اویل ایندستری
Oilindustry.ir
CLICK HERE

انتقال نشت سیال در خطوط

نویسنده: مهندس کاوه پزشک
زیرنظرمهندس محمدمهدی فکری

خطوط لوله انتقال نفت و گاز در حال حاضر به بزرگترین وسیله انتقال نفت‌خام، فرآورده‌های نفتی، گازطبیعی، CNG و همچنین انتقال اتان، اتیلن، LPG و فرآورده‌های مختلف هیدروکربوری، تبدیل شده‌اند، با ارزش بودن این سیالات، قابلیت آلایندگی، قابلیت اشتعال یا انفجار و همچنین بوجود آمدن مشکل در فرایند انتقال درصورت خرابی لوله و اتصالات یا نشت سیال، باعث شده تا به موارد ذیل برای جلوگیری از این خسارات توجه ویژه شود:

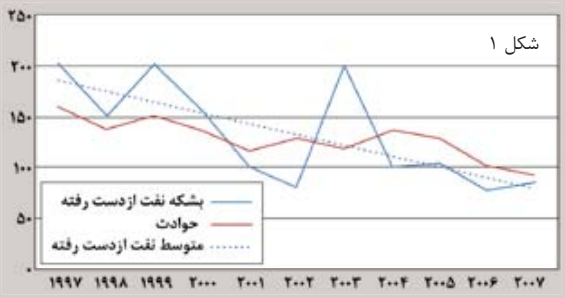
۱- مطالعه و طراحی مناسب تجهیزات و سیستم انتقال مبتنی بر آخرین فناوری‌ها، دانش‌فنی و تجربه

۲- تدوین آیین‌نامه‌ها و استانداردهای طراحی، ساخت تجهیزات، نصب و اجراء

۳- تدوین آیین‌نامه‌ها و استانداردهای آزمایش و بازرسی تجهیزات حین ساخت و QC در مرحله تحویل کالا جهت نصب

۴- تدوین آیین‌نامه‌ها و استانداردهای بازرسی درهنگام نصب و اجراء و آزمایش و بهره‌برداری از خطوط انتقال

شکل ۱



۵- تدوین آیین‌نامه‌ها و الزامات حفاظت، ایجاد حریم و نگهداری از خطوط انتقال

۶- تدوین آیین‌نامه‌ها و استانداردهای حفاظت درمقابل خوردگی و کنترل خوردگی

مجموعه آیین‌نامه‌ها، استانداردها، آزمایشات و بازرسی‌های اشاره شده با این هدف تدوین یا برنامه‌ریزی شده‌اند تا بتوان در دوره بهره‌برداری کمترین نشت یا توقف انتقال سیال را داشت. بخشی از این مقررات ناظر بر فعالیت‌های دوره طراحی، ساخت کالا، نصب و اجراء لوله و تجهیزات مرتبط به آن می‌باشد. رعایت استانداردها و طراحی صحیح مبتنی بر تجربه به بهره‌برداری مطمئن کمک زیادی می‌کند، اما موضوع بحث ما محافظت از خطوط لوله در دوره بهره‌برداری می‌باشد. ایجاد تمهیدات لازم جهت مهار عوامل نشت سیال یکی از اصلی‌ترین پارامترهایی است که قبل از بهره‌برداری باید به آن توجه کرد. نظارت مستمر بر سیستم نشت‌یاب بعد از شروع بهره‌برداری بسیار اهمیت دارد به همین دلیل سیستم‌های تشخیص پیشگیری نشت در خطوط لوله، به جزئی جدانشدنی از این خطوط تبدیل شده‌اند. علاوه بر نشت سیال در اثرخوردگی طبیعی یا آسیب دیدن به وسیله ماشین‌آلات راه‌سازی یا ساختمانی، دربرخی موارد شیادانی پیدا می‌شوندکه از خطوط نفت یا فرآورده اقدام به دزدی می‌نمایند. این کار علاوه بر ازدست رفتن بخشی از سیال، خط لوله را مستعد انفجار یا نشت سیال به طبیعت می‌نماید. با مطالعه اخبار مربوط به نشت سیالات هیدروکربنی می‌بینیم که بخش بزرگی از تالاب‌ها و محیط زیست آبزیان، همچنین جنگل‌ها و مراتع در معرض تهدید نشت این سیالات می‌باشند. برخی از موارد نشت را می‌توان با استفاده از روش‌هایی نظیر ارسال پیگ‌های هوشمند، تشخیص داد و پیشگیری نمود، برخی دیگر از مواردنشت قابل پیشبینی و پیشگیری نیست، اما همواره سیستم‌های نشت‌یاب می‌تواند در اسرع وقت وقوع نشت را تشخیص و اعلان نمایند و در نتیجه قبل از وقوع یک فاجعه به ترمیم خط انتقال اقدام کرد.

با گسترش استفاده از این سیستم‌ها به تدریج آیین‌نامه‌ها و الزامات موردنیاز مطابق خواسته‌های زیست محیطی در حال تدوین و تکمیل می‌باشند. هدف این سیستم، ایجاد توانایی جلوگیری از وقوع یا تشخیص زودهنگام نشت‌های موجود در خطوط لوله می‌باشد. غالباً هزینه آلوده شدن محیط زیست و همچنین تعمیر خطوط انتقال بسیار زیاد می‌باشد، بنابراین هزینه استفاده از این سیستم‌ها در مقابل هزینه‌های نشت احتمالی ناچیز می‌باشد. متاسفانه در کشورهایی که متولی محیط زیست و انتقال نفت و گاز دولت‌ها می‌باشند، غالباً در صورت نشت و آلودگی محیط زیست، به راحتی از خسارات غیرقابل جبران محیط زیست، اغماض می‌شود.

در این مبحث، قصدما معرفی روش‌های محافظت از خطوط لوله و روش‌های تشخیص نشت در خطوط لوله در اثر حوادث طبیعی، تصادف یا خوردگی می‌باشد، اگرچه برخی از این روش‌ها در مورد نشت در تجهیزات و مخازن نیز کاربرد دارند، اما به صورت مشخص مرتبط با موضوع این مقاله نمی‌باشند.

پیشگیری

موثرترین و ارزانترین راه برای جلوگیری از وقوع نشت، انجام اقدامات پیشگیرانه می‌باشد. برخی از این روش‌ها بر پایه اصول ساده‌ای بنا شده‌اند و برخی دیگر نیازمند طراحی مهندسی و تجهیزات پیشرفته می‌باشند. در ادامه عوامل موثر در حفاظت از خطوط انتقال را بررسی می‌کنیم:

۱» ارتقاء سطح کیفی تجهیزات

شاید اولین ایده برای حفاظت لوله، اتصالات و شیرآلات به ویژه تجهیزاتی که در سرویس‌های ترش و در فشار یا دمای بالا استفاده می‌شوند، این باشد که

کیفیت و مشخصات متالوژیکی این تجهیزات را بهبود بخشیم. در طول سال‌های اخیر شاهد آن بوده‌ایم که ضخامت لوله‌ها به میزان قابل توجهی کاهش یافته است، این درحالی است که فشار سیال در این دوره به میزان زیادی افزایش یافته است. تحقق این هدف مرهون ساخت آلیاژهایی است که استحکام فلزات مورداستفاده در ساخت لوله را افزایش داده‌اند. باید به این نکته توجه کنیم که این آلیاژها و تنظیم میزان ترکیبات به صورت گزینشی باعث شده مقاومت در مقابل خوردگی نیز به صورت مناسبی افزایش یابد. فولاد، آلیاژی از آهن و کربن می‌باشد. این آلیاژ دارای استحکام و سختی چندین برابر آهن می‌باشد، اما همچنان به راحتی در محیط‌های مرطوب یا اسیدی خورده می‌شود. با اضافه نمودن کروم، نیکل، مولیبدن، آلومینیوم، مس و تیتانیوم می‌توان فولادزنگ نزن (Stainless Steel) یا فولادهای مقاوم درمقابل خوردگی و با استحکام بالا تولید نمود. مطابق استاندارد معمول خطوط لوله API 5L Grade A دارای استحکام تسلیم (Yield Strength) برابر ۳۰ksi و استحکام کششی (Tensile Strength) برابر ۴۸ksi می‌باشد. این درحالی است که استحکام تسلیم API 5L Grade X80 برابر ۸۰ksi و استحکام کششی آن برابر ۹۰ksi می‌باشد. از سوی دیگر لوله‌ها در نسل قدیم از نوع PSL1 بودند و نسل جدید یعنی PSL2 دارای مقاومت بیشتری درمقابل خوردگی می‌باشند. بنابراین به عنوان مثال با استفاده از لوله X۸۰ ضخامت لوله به میزان زیادی کاهش می‌یابد، همچنین با جایگزین کردن لوله‌های PSL2 به جای لوله‌های PSL1 می‌توانیم عمر خط لوله را به میزان زیادی افزایش دهیم. در جدول ۱ مشخصات لوله‌های مورداستفاده در انتقال نفت و گاز مطابق API 5L را مشاهده می‌کنید.

API 5L Grade	A	B	X42	X46	X52	X56	X60	X65	X70	X80
Yield Strength	۳۰	۳۵	۴۲	۴۶	۵۲	۵۶	۶۰	۶۵	۷۰	۸۰
Tensile Strength	۴۸	۶۰	۶۰	۶۳	۶۶	۷۱	۷۵	۷۷	۸۲	۹۰

جدول ۱

۲» بازرسی از تجهیزات

بازرسی و آزمایش لوله و تجهیزات درهنگام ساخت یا موقع تحویل به مشتری دارای اهمیت بسیار زیادی می‌باشد. این بازرسی‌ها لوله‌های دارای عیب را برای رفع مشکل به خط تولید بر می‌گرداند و اجازه نمی‌دهد این تجهیزات مورد استفاده قرارگیرند. باید توجه کنیم که در مرحله نصب لوله‌ها بازرسی کامل و تک به تک لوله‌ها به غیر از بازرسی چشمی معمول نمی‌باشد و معمولاً برخی لوله‌ها به صورت نمونه بازرسی می‌شوند و درنتیجه اطمینان از بازرسی کامل و دقیق در کارخانه بسیار اهمیت دارد.

۳» بازرسی جوش

جوش‌های طولی لوله در کارخانه به دقت بازرسی می‌شوند. در محل اجرای پروژه لوله‌ها به یکدیگر و به اتصالات جوش می‌شوند. بازرسی دقیق این جوش‌ها برای اطمینان از سلامت خط لوله و طول عمر آن بسیار با اهمیت می‌باشد. غالباً پس از بررسی گواهی‌های صادر شده از سوی سازنده کالا و بازرسی چشمی، عملیات جوشکاری آغاز می‌شود. اما تجربه نشان داده ممکن است، در مرحله بازرسی نهایی تولید لوله و اتصالات برخی ایرادات کوچک توسط QC کارخانه دیده نشود یا در مرحله حمل مشکلاتی برای لوله و اتصالات ایجاد شود. به همین دلیل منطقی است که به صورت اتفاقی تعدادی از قطعات آماده جوشکاری به صورت کامل مورد آزمون بازرسی قرار گیرند. این آزمون می‌تواند رادیوگرافی یا آزمون ذرات مغناطیسی باشد. برای نظارت بر عملیات جوشکاری استانداردهای API 1104, ASW D 1.1, ASME IX, EN288 و روال تعریف شده در WPS ، اسناد مورد استناد ناظرین و بازرسان می‌باشند. از بازرسی و آزمون‌های‌استاندارد می‌توان به بازرسی‌چشمی (Visual Inspection) ، بازرسی ابعادی (Dimensional)، آزمون مایعات نافذ (Liquid Penetrant)، آزمون ذرات مغناطیسی (Magnetic Particle) ، بازرسی جریان‌گردابی (Eddy Current)، آزمون اولتراسونیک (Ultrasonic)، آزمون رادیوگرافی (Radiographic)، آزمون اکوستیک (Acoustic)، آزمون نشت (Leak) ، آزمون ترموگرافی (Thermography)، متالوگرافی در محل (In-Situ Metallographic) و هیدروتست (Hydrotesting) اشاره کنیم. از میان روش‌های ذکرشده، رادیوگرافی به وسیله اشعه X یا گاما از گذشته دارای کاربرد فراوانی بوده و دارای نتایج بسیار مطمئنی می‌باشد و برای تمام ضخامت‌های معمول لوله‌کشی مناسب می‌باشد.

۴» حفاظت درمقابل خوردگی

حفاظت خط انتقال در مقابل خوردگی برای حفاظت از خطوط لوله و جلوگیری از نشت سیال دارای اهمیت زیادی می‌باشد، این حفاظت توسط پوشش داخلی و بیرونی لوله، جداسازی عوامل خورنده، جلوگیری از فرسایش فیزیکی و درنهایت به وسیله حفاظت کاتدی تأمین می‌گردد. علاوه بر این موارد غالباً در طراحی ضخامت لوله را به میزان خوردگی مجاز (Corrosion Allowance) افزایش می‌دهند. یکی از روش‌های موثر در تشخیص خوردگی استفاده از کوپن‌های (Coupons) مخصوص خوردگی می‌باشد. این کوپن‌ها قطعاتی از جنس فلزپایه خط لوله می‌باشند که در نقاط مختلف و مطالعه‌شده‌ای از خط لوله قرار می‌گیرند. مشاهده، اندازه‌گیری خوردگی و تحلیل منظم میزان خوردگی راه مناسبی برای تحلیل میزان خوردگی احتمالی لوله و اتصالات می‌باشد. اگرچه ممکن است برخی عوامل باعث خوردگی غیریکنواخت شوند، اما در مجموع میزان خوردگی نمونه‌ها[کوپن‌ها] با خوردگی لوله و اتصالات نسبت نزدیکی دارند.

۵» تنظیم فشار خط انتقال

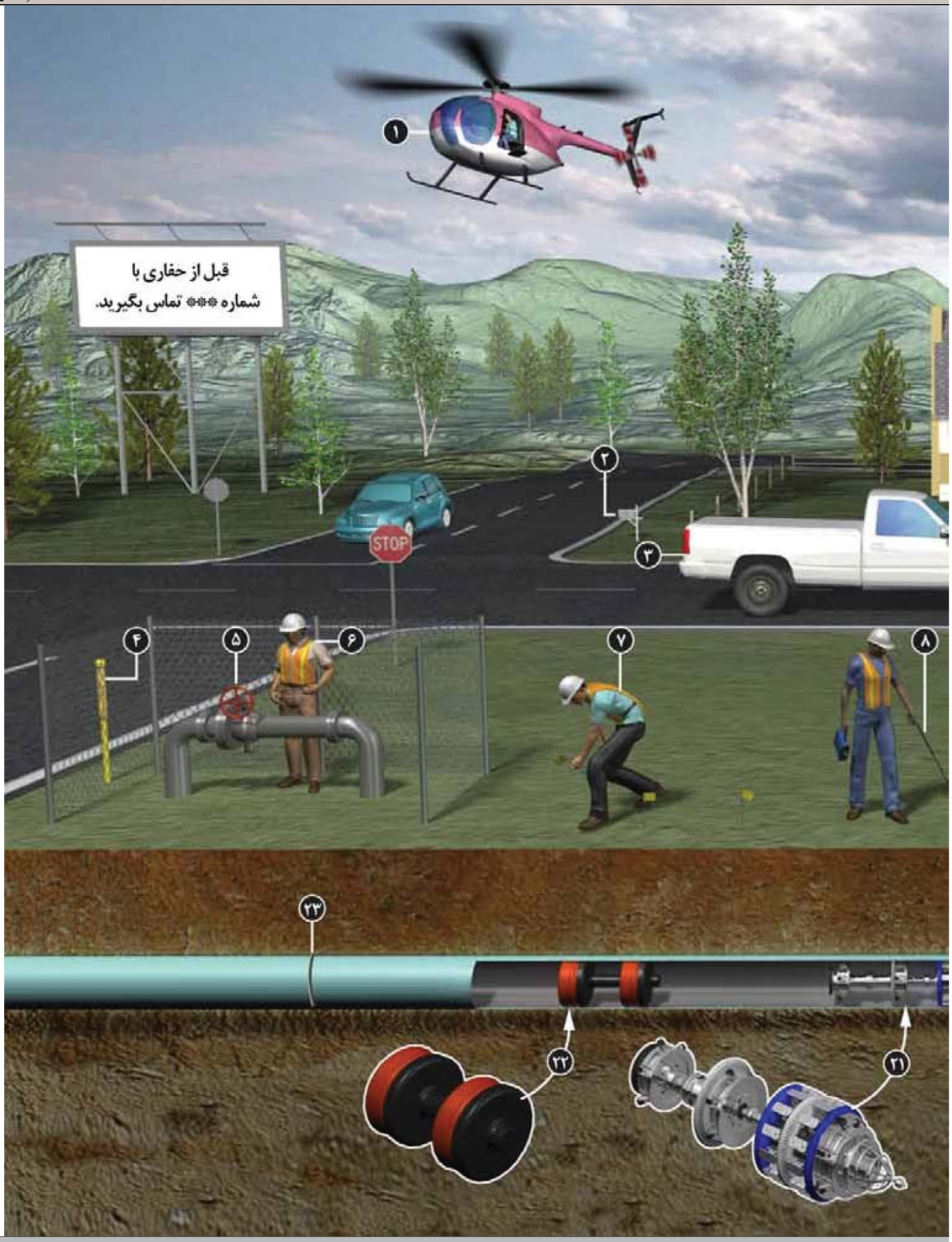
محاسبات و طراحی خط لوله و تجهیزات پمپاژ یا فشرده‌سازی باید به گونه‌ای باشد که هیچ‌گاه در خط انتقال یا تجهیزات شاهد فشار بیش از فشار مجاز نباشیم. در این صورت خط را از آسیب‌دیدگی در مقابل فشار اضافی، محافظت می‌کنیم. بنابراین فشار تخلیه محصول ورودی به خط لوله باید تحت نظارت و تنظیم قرار گیرد. از فشار بیش از فشار کاری مجاز MAOP[Maximum Allowable Operating Pressure] درخط لوله باید جلوگیری شود. این کنترل علاوه بر کنترل توسط تجهیزات ابزاردقیق و سیستم کنترل، می‌تواند توسط شیرهای کنترل فشار PSV[Pressure Safety Valve] یا TSV[Temperature Safety Valve] صورت پذیرد.

۶» آزمون هیدرواستاتیک

بعد از تکمیل عملیات جوشکاری و آماده شدن خط انتقال و قبل از استفاده از سیستم به وسیله آب تحت فشار آزمایش می‌شود. در این آزمایش فشار آب تا حد مشخص شده توسط استاندارد یا سازنده بالا برده می‌شود. اگر خط انتقال درحال سرویس دچار نشت شود و نشتی آنقدر کوچک باشد که نتوان محل آن را پیدا کرد، می‌توان با آزمایش هیدرواستاتیک (Hydrostatic Test) محل نشت را پیدا نمود. اگر خط لوله، محتوی گاز باشد، گاز داخل خط لوله و یا بخشی از خط لوله، قبل از آزمایش خط لوله می‌بایست با آب جابه‌جا گردد. در برخی موارد، خط لوله می‌تواند با محصولی که در خط لوله وجود دارد، نظیر نفت‌خام یا فرآورده، آزمایش شود. اما این آزمایش ممکن است خطرناک باشد. از هوای فشرده نیز برای آزمایش هیدرواستاتیک می‌توان استفاده نمود.

جلوگیری و تشخیص نشت

۱- گشت‌زنی منظم هوایی
۲- ارسال سالیانه اطلاعات ایمنی مربوط به خط انتقال به اهالی، ادارات مرتبط و پیمانکاران محلی
۳- گشت‌زنی منظم زمینی
۴- نصب علائم هشداردهنده در طول خط و بازرسی سالانه از آنها
۵- شیر قطع اضطراری LBV[Line Break Valve]
۶- بازرسی سالانه از شیرآلات
۷- خدمات تعیین مسیر خط انتقال
۸- جستجوی نشتی به صورت سالیانه
۹- سیستم حفاظت کاتدی
۱۰- آندهای سیستم حفاظت کاتدی
۱۱- میتر برای اندازه‌گیری حجم سیال
۱۲- سنسور دما
۱۳- سنسور فشار
۱۴- مرکز نظارت و کنترل ۲۴ ساعته
۱۵- آزمایش هیدرواستاتیک، قبل از استفاده از خط انتقال
۱۶- جایگزینی لوله به جای لوله معیوب در طی عملیات تعمیرات
۱۷- آزمایش لبه‌های لوله
۱۸- ضخامت اضافه یا غلاف در مناطق شهری یا عبور لوله از تقاطع‌ها
۱۹- پوشش محافظ
۲۰- لوله با استحکام کششی بالا
۲۱- پیگ‌رانی برای تشخیص خوردگی
۲۲- تمیزکردن لوله به وسیله پیگ برای جلوگیری از خوردگی یا انسداد خط
۲۳- رادیوگرافی جوش‌ها


قبل از حفاری با
شماره *** تماس بگیرید.
STOP
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
۲۳
۲۲
۲۱

شکل ۲: یک نمونه Pig تمیزکننده خط انتقال

با توجه به طول خط لوله، کل خط لوله را می‌توان یکباره یا به صورت بخش بخش آزمایش نمود. آزمایش فشار به صورت معمول، ۱۲۵ درصد از حداقل نیروی اعمال شده به لوله در وضعیت کار یا ۱۱۰ درصد نرخ ANSI در مورد درپوش‌ها و دیگر اجزای خط لوله‌ها می‌باشد. اگر فشار به خارج‌شدن سیال ادامه یابد و مایع خاصی به سطح زمین نیامده باشد، فشار از خط لوله برداشته شده و بخش موردنظر به دو بخش تقسیم میگردد و درپوش‌های بین نقطه‌های انتهایی بخش قبلی بسته می‌شوند. بعد از اینکه این مرحله تکمیل گردید، بخش باقیمانده از هر دو بخش موجود به صورت هیدرواستاتیکی آزمایش می‌شود. در یک قسمت باید با فشار آزمایش گردد و فشار در قسمت دیگر باید خارج شود. این فرایند تا زمانی که نشت کشف شود، ادامه پیدا کند. هنگامی که محل نشت تعیین شد، فشار آزادشده و محل نشت تعمیر می‌گردد.

۷» پیگ‌رانی

با شروع بهره‌برداری از خطوط انتقال نفت و گاز، مواد همراه این سیالات یا برخی ترکیبات نفت‌خام، به تدریج لخته شده و باعث انسداد خطوط لوله به ویژه در محل اتصالات یا خم‌ها می‌شود. میزان لخته‌شدن در خطوط انتقال گازطبیعی در اثر تشکیل هیدرات بسیار سریع صورت پذیرد و باعث انسداد لوله‌ها می‌شود. از طرف دیگر باقی ماندن این لخته‌ها در داخل لوله باعث افزایش سرعت خوردگی در آن محل می‌شود. بنابراین در این خطوط لازم است در دوره‌های کوتاه مدت لوله‌ها پاک شوند. در برخی کاربردهای دیگر نظیر انتقال CNG به دلیل استفاده از فیلترها و جداکننده‌های متعدد این لخته‌ها یا وجود ندارد یا در صورت وجود در یک دوره بسیارطولانی لازم است پاک شوند. برای پاک کردن داخل این لوله‌ها از یک تجهیز با نام توپک (PIG) در عملیاتی به نام پیگ‌رانی (Pigging) استفاده می‌شود. دلیل این نام‌گذاری صدایی است که در موقع حرکت این تجهیز تولید می‌شود و شبیه صدای خوک (Pig) می‌باشد. در شکل ۲ یک نمونه از PIG را مشاهده می‌کنید. توپک (PIG) توسط تجهیزی به نام ارسال‌کننده (Luncher Trap) به داخل خطوط لوله ارسال و با فشار سیال به جلو رانده می‌شود. به دلیل وجود یک المان پاک‌کننده در بدنه، توپک در طول مسیر لوله را پاک نموده و در نهایت در مقصد وارد تجهیزی به نام دریافت‌کننده (Reciever Trap) می‌شود. به صورت کلی می‌توانیم هدف استفاده از توپک را به صورت زیر دسته‌بندی نماییم.

۱- پاک کردن لخته‌ها و تمیز کردن داخل لوله به منظور جلوگیری از انسداد لوله و جلوگیری از افزایش خوردگی داخل لوله

۲- در برخی از موارد از یک خط انتقال برای ارسال چندین سیال استفاده می‌شود، به عنوان مثال ممکن است از یک خط لوله برای انتقال بنزین، نفت‌سفید، گازوئیل یا سیال مایع دیگر استفاده شود. برای جلوگیری از مخلوط شدن باقی‌مانده سیال قبلی در موقع ارسال سیال جدید، از توپک پاک‌کننده استفاده می‌شود.

۳- در سال‌های اخیر برای بازرسی داخلی لوله و اتصالات از نوعی توپک به نام توپک هوشمند (Intelligent Pig) می‌شود. این توپک به تجهیزات مختلف اندازه‌گیری ضخامت نظیر تجهیزات اولتراسونیک مجهز می‌باشد. با ارسال این توپک در یک دوره برنامه‌ریزی شده و منظم می‌توانیم وضعیت خوردگی خط انتقال را زیرنظر داشته و کنترل نماییم.

۸» امنیت خط لوله

علاوه بر تمهیدات فنی، لازم است برای جلوگیری از ورود بدون اجازه، سوءاستفاده یا فعالیت‌هایی که ممکن است به خط لوله آسیب وارد نماید، اقدامات ایمنی توسط عوامل بهره‌برداری از خط لوله صورت پذیرد. اقدامات امنیتی خط انتقال (Pipeline Security) می‌تواند شامل مواردی نظیر: قفل و زنجیرکردن درپوش‌ها، نصب نرده در اطراف محل‌های وجود درپوش و قفل نمودن درهای ورودی به محل، نصب سیستم‌های دوربین مداربسته، زنگ خطر و غیره باشد.

۹» گشت‌زنی

غالباً عوامل موثر در تخریب خطوط لوله یا بروز حادثه، دارای مقدماتی بوده یا اینکه عامل به تدریج باعث بروزخطر می‌شود. گشت‌زنی (Patrolling) منظم می‌تواند جلوی برخی از عوامل تخریبی را بگیرد. به عنوان مثال بسیاری از خطوط لوله از کشتزارها، مراتع و جنگل‌ها یا مناطق شهری می‌گذرند، به کارگیری ماشین‌آلات ساختمانی، عمرانی یا کشاورزی در حریم خطوط انتقال می‌تواند باعث آسیب‌دیدن این خطوط شود. با گشت‌زنی منظم می‌توان جلوی فعالیت این ماشین‌آلات را گرفت. همچنین نشت سیال به ویژه مایعات را می‌توان به صورت چشمی نیز نشاهده نمود. در این موارد اگرچه ممکن است از زمان نشت سیال روزها گذشته باشد، اما با این حال مشاهده نشت در صورتیکه سایر مکانیزم‌های نشت‌یابی موفق به تشخیص نشده‌اند، می‌تواند جلوی حادثه‌ای بزرگ را بگیرد.

گشت‌زنی در مسیر خط لوله به طور پیاده یا هوایی با استفاده از هلیکوپتر یا هواپیما صورت می‌گیرد. در سال‌های اخیر از ماهواره‌ها نیز برای گشت‌زنی استفاده می‌شود. برخی از شرکت‌های بهره‌بردار اقدام به نصب سیستم‌های دوربین مدار بسته (CCTV) و دریافت اطلاعات از طریق SCADA می‌نمایند، که درواقع یک نوع گشت‌زنی پیشرفته محسوب می‌شود. در این حالت یک سیستم کنترل نرم‌افزاری بر پایه کامپیوتر و به صورت ۲۴ ساعته تصاویر دریافتی را پردازش نموده و بر وضعیت خط لوله نظارت می‌کند. البته این سیستم‌ها غالباً پارامترهای دیگری نظیر فشار یا دمای خط را نیز کنترل می‌کنند. موارد تحت نظارت در گشت‌زنی را می‌توانیم اینگونه دسته‌بندی نماییم:

» گشتن برای یافتن نشتی مانند نشت یک محصول مایع از سطح زمین؛

» گوش‌دادن به صدا مانند گوش‌کردن به صدایی شبیه خارج شدن با فشار گاز از لوله؛

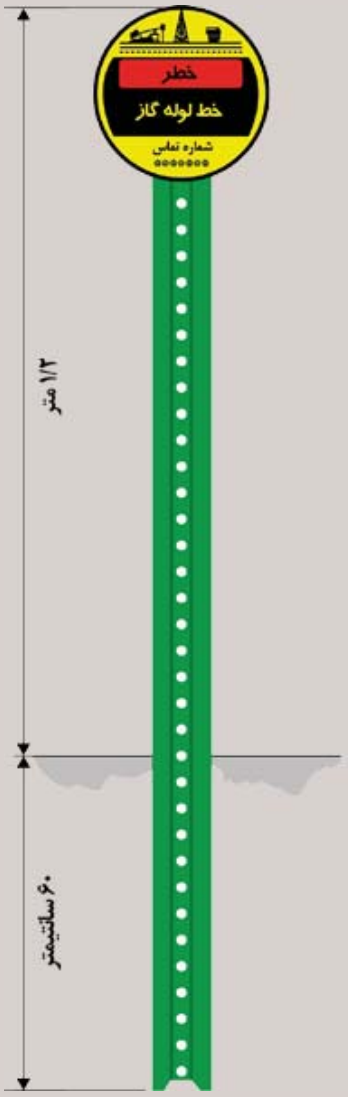
» فرسایش یا زنگ‌زدگی به وجود آمده توسط مایع با فشار زیاد؛

» خارج‌شدن گاز از لوله یا سطح زمین و استشمام بوی گاز که ممکن است از یک مجرای گازی خارج شده باشد؛

» نظارت بر فشار در محل‌هایی در طول مسیر خط لوله، که دریچه‌های مخصوص به همراه تجهیزات اندازه‌گیری فشار نصب شده است؛

در گشت‌زنی همزمان از بینایی و تجهیزات پیشرفته ابزاردقیق استفاده می‌شود، این تجهیزات قادر به تشخیص

صدا، بو یا گرمای ناشی از خروج سیال با حساسیت صدها برابر حساسیت حس انسان، می‌باشند.
برای گشت‌زنی لازم است تمهیدات و تدارک زیر در زمان طراحی و اجرای خطوط لوله درنظرگرفته شوند:
» جلوگیری از پوشیده شدن مسیرخط لوله توسط درختان و بوته‌ها و ...، به طوریکه بتوان مطمئن شد خط لوله در مسیری درست، بدون برخورد با بوته‌ها و درختان قرار گرفته که اگر یک نشتی به وجود آمد، بتوان به راحتی محل آن را پیدا نمود و برای ترمیم آن اقدام نمود؛
» نصب تجهیزات اندازه‌گیری یا تشخیص؛
» نصب درپوش‌های بسته عملیاتی با کنترل از راه دور: در طول ساخت لوله، متناسب با طول لوله، در پوش‌هایی در طول خط لوله نصب می‌شوند. حداقل فضای درپوش‌ها توسط مقررات تعیین می‌گردد. اگر



شکل ۳: یک نمونه علامت هشداردهنده خط لوله

یک نشت یافت شود و محل نشت تعیین گردد، با استفاده از درپوش سریعاً جریان سیال قبل و بعد از محل نشت را قطع می‌کنند. طراح خط لوله ممکن است، محرک‌های اتوماتیک یا کنترلی را در برخی از درپوش‌ها طراحی نماید. اگر یک نشت یافت شود، کنترل‌کننده خط لوله می‌تواند عملیات خط لوله را متوقف کرده و از دور دریچه‌های محرک را ببندد. این عمل موجب جلوگیری از نشت می‌گردد.درپوش‌های در طول مسیر خط لوله‌ها در محل‌های استراتژیک نصب می‌شوند. این محل‌ها ممکن است در پایین‌ترین قسمت اصلی مخزن‌های آب و در سطح پایین خط قرار گرفته باشد. اگر یک نشتی در یک معبر رودخانه‌ای در حال زیادشدن باشد، اگر جلوی انتقال خط لوله گرفته شده یا فشار در آن ناحیه کاهش یابد، درپوش‌های چک‌شده بسته شده و جلوی محصول را در لوله می‌گیرد.

۱۰» علامت‌گذارهای خط لوله (نشانگرها)

استفاده از علایم هشداردهنده، می‌تواند بسیار سودمند باشد زیرا در بسیاری از موارد آسیب به صورت غیرعمد در جریان فعالیت‌های اجرایی و عمرانی به خطوط لوله وارد می‌شود. برای این منظور علایم هشداردهنده‌ای در طول مسیر یا در تقاطع با جاده و راه‌آهن و همچنین عبور لوله از رودخانه، دریاچه یا تالاب‌ها نصب می‌شود. هدف از نصب این علایم این است تا به افراد آن منطقه بفهماند که از این مسیر خط لوله عبور کرده است. یک مقاطعه‌کار یا فرد دیگری که قصد دارد در آن محل کار خاصی را انجام دهد، با دیدن علامت‌گذاری‌ها، مسیر خط لوله و حریم آن را تشخیص خواهد داد. همچنین می‌توان با شماره تماسی که بر روی علایم حک شده تماس گرفته و در مورد جزئیات و عمق آن خط لوله اطلاعاتی به دست آورد. این کار برای جلوگیری از ساخت و سازهایی است که باعث ضربه‌زدن به خط لوله شده و منجر به سوراخ شدن یا شکستن خط لوله می‌شود. برخی از نکات مهم در علامت‌گذاری‌ها عبارتند از:
» نشانگرها باید در محل عبور افراد، محل عبور قطار و راه‌آهن، اطراف رودخانه‌ها و به مقدار کافی در اطراف خطوط لوله طوری قرار بگیرند که کاملا نشان بدهند که در آن منطقه خط لوله وجود دارد. توصیه شده که هر زمان لازم بود، در دو سمت محل عبور علامت‌گذاری شود.
» نشانگرها باید در مناطقی هم که لوله‌ها در بالای زمین و قابل دسترسی عموم هستند، نصب گردند.
» کلمات «احتیاط»، «اخطار» یا «خطر» بعد از کلماتی مانند «مواد نفتی» [یا نام هر مایع خطرناک در حال انتقال]، یا «خط لوله دی اکسید کربن»، تمام آنها باید با کلماتی با خط درشت و با فاصله یک اینچ از همدیگر نوشته شده باشند.
» نام عامل و شماره تلفن‌های وی (به علاوه کد محل) تا بتوان در تمام اوقات با او تماس گرفت.
» تابلوهای نمایش‌دهنده یا نشانگرها باید در هر محلی مانند بزرگراه‌ها، راه‌آهن و اطراف رودخانه‌ها که گمان می‌رود نیاز به نشان‌دادن وجود خط لوله است، نصب گردند و در مناطقی که احتمال آسیب بیشتر برای افراد وجود دارد، باید تابلو یا نشانگرهای بیشتری نصب گردد.
» تابلوها یا نشانگرها باید طوری باشند که به راحتی قابل خواندن بوده و تیره و کدر نباشند.
» تابلوها یا نشانگرها باید نشان‌دهنده کلمه «گاز» [یا نام سیال مورد انتقال]باشند. همچنین، نشانگر باید نام شرکت عملیاتی و شماره تلفن‌ها را در خود جای داده باشد (به علاوه کد محل) تا بتوان در مواقع لازم با آن شرکت تماس حاصل کرد.
کد ASME B31.4 برای خطوط انتقال مایعات خطرناک و کد ASME B31.8 برای خطوط انتقال و توزیع گاز و همچنین کد API RP 1109 برای راهنمایی بیشتر می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.
» نشانگرهای هوایی تقریبا در فواصل یک مایلی از همدیگر نصب می‌شوند. این نشانگرها برای این منظور استفاده می‌شوند که اگر گشت‌هایی هوایی، یک حفره، ساخت و ساز یا تخطی را در اطراف خط لوله مشاهده کردند، بتوانند با مرکز عملیاتی خط لوله تماس گرفته و گزارش آن اعمال را ارائه دهند. شکل ۳ یک نمونه نشانگر هوایی خط لوله را نشان می‌دهد.
» در محل تقاطع و عبور خط لوله از عرض رودخانه تابلوهای بزرگی در دو طرف مسیر رودخانه نصب می‌شوند و بیانگر وجود خط لوله در زیر رودخانه می‌باشند. این کار زمانی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند که خط لوله در زیر آب‌های جاری نصب شده باشد، تا در اثر پاروزدن قایق یا عملیات پاک‌سازی دریاچه، آسیبی به خط لوله و افراد نرسد.

۱۱» مقررات

تدوین و به کارگیری مقررات (Regulations) و آیین‌نامه‌های اجرایی (Directives) درزمینه مراقبت از

خطوط لوله انتقال، از اعمال سلیقه‌های شخصی جلوگیری می‌کند. این مقررات علاوه تعیین محل نصب علایم هشداردهنده، حاوی یک برنامه سرکشی منظم می‌باشند. این مقررات غالباً برگرفته از کدهای استاندارد می‌باشد که بر اساس شرایط خط انتقال و سیال، اختصاصی‌سازی می‌شوند.در این قسمت به یک نمونه از این مقررات اشاره می‌کنیم:

» گشت‌زنی در محل خط لوله در فواصل دو هفته یک بار انجام می‌شود، گشت‌زنی از خطوط لوله LPG یا آمونیاک باید هر هفته یکبار انجام گیرد.

» انتخاب و تکمیل سیستم کشف نشت، نیازمند در نظر گرفتن احتمال ریسک و عواقب نشت می‌باشد.

» عواملی که باعث کاهش ریسک در زمان تعیین نوع و فراوانی نظارت می‌گردند، عبارتند از: سرویس، محل، ساخت و ساز، عملیات همراه با فشار پایین در سیستم خط لوله، سابقه نشت.

» زمان پاسخگویی نیز باید موردنظر گرفته شود. هرچه زمان پاسخگویی طولانی‌تر باشد، عملیات کشف، سریع‌تر انجام خواهد گرفت.

یک سیستم جامع کشف نشت، شامل مواردی نظیر: گشت‌زنی در مسیر،آنالیزفشار، نظارت بر تغییرات در جریان یا فشار، توازن حجمی سیال و برخی روش‌های دیگر می‌باشد.

آشکارسازی نشت در خط لوله

روش‌های آشکارسازی نشت (Pipeline Leak Detetion) مواد نفتی عمدتاً مبتنی بر استفاده از حس بویایی، حس شنوایی، حس بینایی، تحلیل فشار وحجم سیال یا حس اثر سیال توسط سنسورها می‌باشند. استفاده از روش‌های مبتنی بر حس غالباً فقط برای هشدار مناسب می‌باشند. به عنوان مثال استفاده از مرکاپتان‌ها برای بودارکردن CNG در خطوط توزیع از گذشته کاربرد داشته است، این نوع روش‌ها مناسب هشدار به عموم و به صورت غیرفنی می‌باشند. قدرت بویایی از یک فرد تا فرد دیگر تفاوت دارد، همچنین عوامل محیطی متعددی نظیر باد، دما، رطوبت یا حتی

شکل ۴: استفاده از سگ برای تشخیص نشت گاز

خواب و بیدار بودن افراد، می‌تواند در اثربخش بودن این روش تاثیر جدی داشته باشد. بنابراین از گذشته محققین به دنبال روش‌هایی بوده‌اند که از یک سو به شرایط محیطی و عوامل انسانی وابستگی نداشته باشند و از سوی دیگر به اندازه کافی دقیق و سریع باشند تا قبل از وقوع حادثه یا هزینه زیاد، بتوان نشت را آشکار نمود. استفاده از سگ‌های آموزش دیده تا تحلیل تصویر ماهواره‌ای محدوده گسترده این تشخیص را نشان می‌دهد. در این بخش روش‌های مختلف آشکارسازی نشت را به صورت مختصر بررسی می‌کنیم، لازم است توجه کرد که برخی از این روش‌ها عملیاتی نشده‌اند یا امکان عملیاتی شدن را نداشته و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نمی‌باشند.

۱» استفاده از حیوانات آموزش دیده نظیر سگ‌های آموزش دیده

سگ و برخی حیوانات دیگر از حس بویایی قوی برخوردارهستند. با آموزش می‌توان این حیوانات را در مورد بوهای خاصی شرطی نمود. در این حالت از آنها می‌توان برای پیداکرن محل نشت گاز یا سیال استفاده نمود.

۲» تحلیل وضعیت پوشش گیاهی

با نشت سیالات هیدروکربنی، پوشش گیاهی (Vegetation) اطراف این نشت دچار تغییر می‌شود. این تغییر ممکن است به صورت خشک شدن پوشش گیاهی یا تغییر رنگ این پوشش دیده شود. تصویربرداری ماهواره‌ای یا گشت‌های زمینی و هوایی به خوبی این تغییر را مشاهده می‌کنند.

۳» تحلیل وضعیت حضور حشرات

برخی از حشرات (Insects) نظیر مگس‌ها، سوسک‌ها و عنکبوت‌ها Flies, Roaches, Spiders بوی گاز را دوست دارند و به سمت آن جذب می‌شوند. در محل نشت گاز برخی از میکرو ارگانیسم‌ها رشد می‌کنند، رشد این موجودات ریز زنده باعث جذب برخی حشرات می‌شود. از سوی دیگر نشت گاز یا سیالات نیز باعث دفع و فراری دادن برخی دیگر از حشرات می‌شود. در مجموع، بررسی وضعیت حشرات نسبت به وضعیت عادی راهنمای خوبی است که می‌تواند نشان‌دهنده نشت سیال باشد.

۴» وضعیت رشد گیاهان قارچی

گیاهان قارچی (Fungus-Like growth) غالباً در محل دریچه‌ها و شیرآلات رشد می‌کنند. نشت گاز یا برخی سیالات دیگر باعث رشد سریع‌تر این گیاهان می‌شود. همچنین ممکن است رنگ این گیاهان درصورتی که ازقبل وجود داشته باشند، تغییر کند. معمولاً رنگ این گیاهان در اثر تنفس گاز به سمت رنگ زرد متمایل می‌شود.

۵» تحلیل تجمع یا فرار پرندگان، آبزیان یا حیوانات

مشابه حشرات و قارچ‌ها، پرندگان، آبزیان یا سایرحیوانات نیز نسبت به نشت گاز یا سیالات دیگر واکنش نشان می‌دهند. لازم است در هرمنطقه واکنش حیوانات آن منطقه بررسی شده و اطلاعات بدست آمده مبنای مقایسه آن با واکنش حیوانات در شرایط نشت قرار گیرد. البته هرنوع رفتار غیرمعمول این موجودات می‌تواند نشان‌دهنده وقوع یک اتفاق باشد. البته باید توجه کرد که این گونه روش‌ها، کمکی محسوب می‌شوند و نمی‌توان تنها به آنها تکیه نمود.

۶» مشاهده چشمی به وسیله گشت‌زنی منظم زمینی یا هوایی

مشاهده خط لوله درهنگام گشت‌زنی زمینی یا هوایی، ساده‌ترین روش برای اطمینان از سلامت خط انتقال می‌باشد. گشت‌زنی باید به صورت منظم و طبق برنامه صورت پذیرد. همچنین در موقع طراحی و اجرای خط لوله باید توجه کرد که همه مسیر لوله قابل دسترس باشد. در هنگام گشت‌زنی غالباً از تجهیزات نوری یا آشکارسازهای گاز برای کمک به افزایش حساسیت فرد مشاهده کننده استفاده می‌شود.

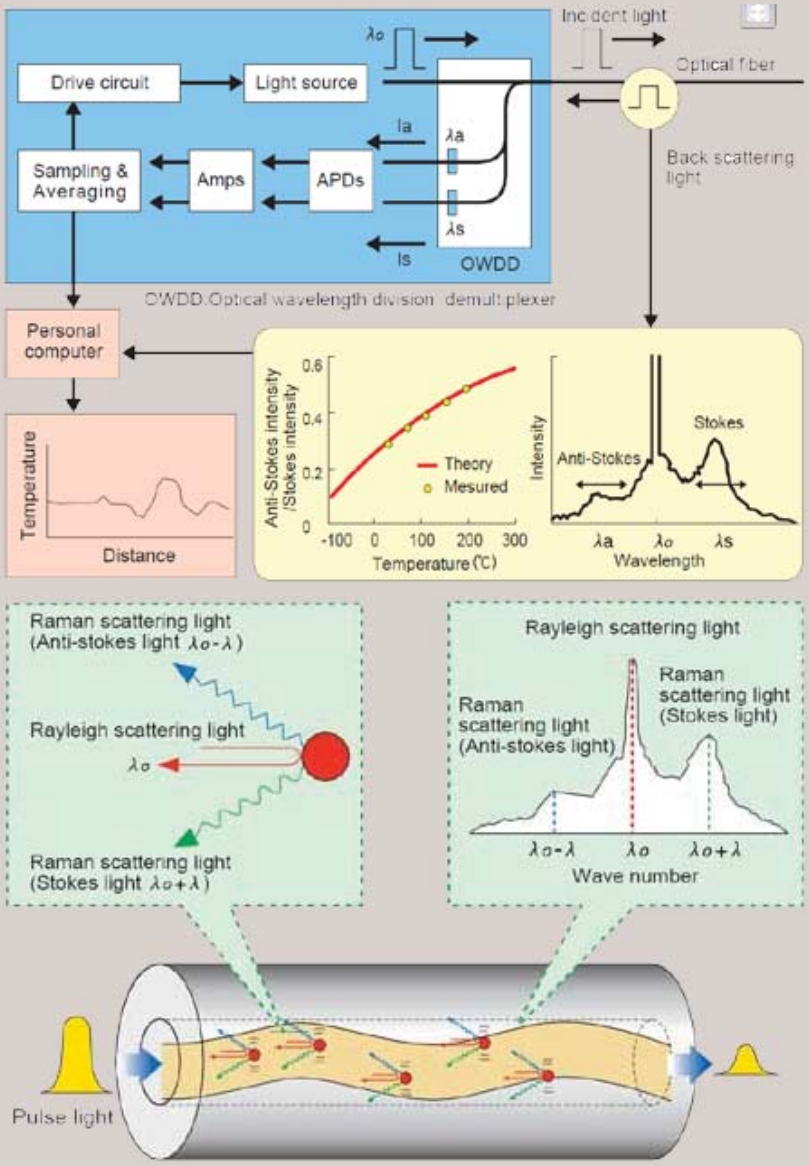
۷» تصویربرداری فراطیفی ماهواره‌ای

تصویربرداری فراطیفی ماهواره‌ای (Satellite HyperSpectral Imaging) عنوان فرایندی است که به کمک تصویربرداری ماهواره‌ای و تحلیل این تصاویر به صورت پردازش تصویر (Image processing) می‌توانیم به صورت مکانیزه به تحلیل اطلاعات

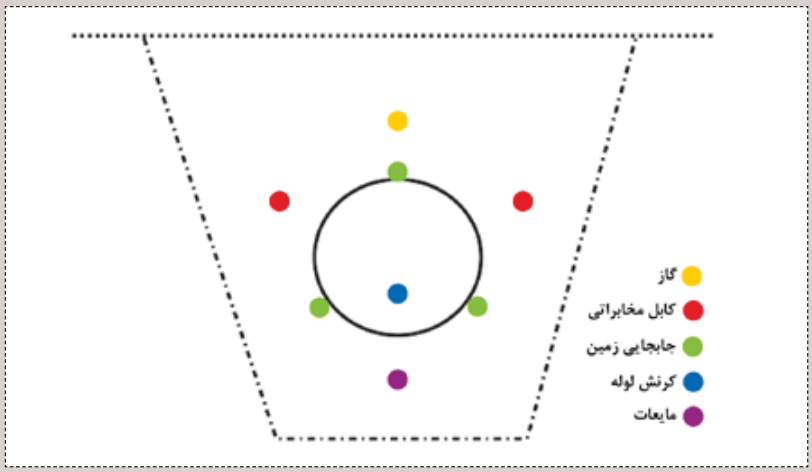
بپردازیم. این روش ضمن دقیق بودن ، نسبت به روش‌های زمینی سریع‌تر و ارزان‌تر می‌باشد. به عنوان نمونه در سال‌های اخیر برای برآورد میزان گازفلری که در سطح جهان می‌سوزد، به جای اندازه‌گیری تک تک فلرها در سطح جهان، از تصویربرداری فراطیفی ماهواره‌ای استفاده می‌شود. در صورت نشت سیال به داخل خاک، دمای محلی که سیال با خاک مخلوط شده تغییر می‌کند. ماهواره می‌تواند با استفاده از تصاویر دقیق برداشته شده و تحلیل این اطلاعات، واقعه رخ داده را تشخیص دهد. تفاوت دما درمحل خروج سیال از لوله بیشتر می‌باشد، درنتیجه ماهواره محل دقیق نشت را نیز می‌تواند تشخیص دهد. در مورد لوله‌های دریا، اگرچه تفاوت دما کمتر است، اما تغییر شفافیت آب در محل خروج سیال به تشخیص ماهواره‌ای کمک می‌کند. با توجه به نظارت مستمر ماهواره‌ها بر سطح زمین، استفاده از این روش مطمئن و اقتصادی می‌باشد.

۸» سنسورفیبرنوری

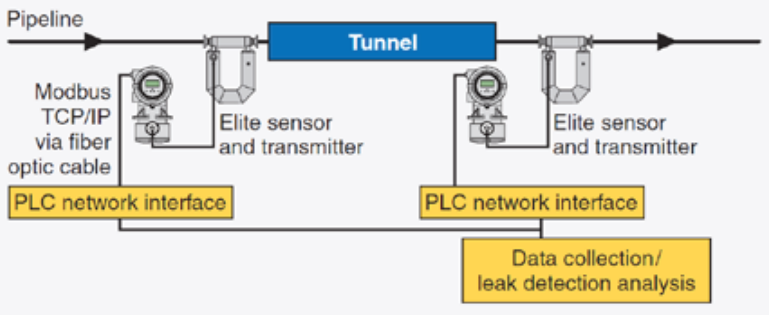
یک رشته فیبر نوری بخش اصلی سنسورفیبرنوری (Fiber Optic Sensor) را تشکیل می‌دهد. این سنسور دارای حساسیت یکسان در تمام طول خود می‌باشند. به دلیل پیوستگی فیبرنوری، این رشته‌های فیبر جایگزین هزاران سنسور مجزا (Point sensor) می‌گردد. تضعیف کم سیگنال در فیبرنوری، امکان مونیتورینگ فواصل بسیار طولانی [تا ۲۵ کیلومتر] را فراهم می‌کند. مبنای عملکرد این سنسور پدیده‌های Brillouin Scattering و Raman Scattering می‌باشد. این پدیده‌ها در فیبرنوری از جنس‌های مختلف، دارای حساسیت‌های متفاوتی می‌باشد. برای موضوع مورد بحث ما شیشه از نوع سیلیکا (SiO_2) بهترین کارائی را دارد. شکل‌های ۵ و ۶ تاثیر دما بر سیگنال داخل رشته‌های فیبرنوری را نشان می‌دهد. . اثر Brillouin Scattering پاسخی شناخته شده و تکرارپذیر به پارامترهای خارجی نظیر کرنش و خمش دارد و اثر Raman Scattering به دما حساس بوده و در برابر پخش نور داخل رشته‌های فیبر نوری، پاسخ شناخته‌شده‌ای دارد. بنابراین فیبرنوری متاثر از پدیده‌های اشاره شده در مقابل فشار و دمای بیرونی، بر روی پالس‌های ارسالی به داخل رشته‌های فیبرنوری دارد. همانگونه که قبلاً نیز اشاره کردیم، خروج و نشت سیال همراه با تغییر دما در محل خروج و همچنین جاهایی است که سیال با خاک مخلوط می‌شود. یکی دیگر از مزایای سنسورفیبرنوری، امکان تعیین دقیق محل نشت باتوجه به محل بروز پدیده‌های فوق می‌باشد. این سنسور به واسطه پدیده Brillouin



شکل ۵ : مکانیزم آشکارسازی نشت توسط فیبر نوری



شکل ۶ : چیدمان فیبر نوری برحسب کاربرد در اطراف خط لوله



شکل ۷ : سیستم تشخیص نشتی به وسیله اندازه‌گیری توسط تجهیزات ابزاردقیق

Scattering به فشارهای خارجی نیز حساس می‌باشد و درنتیجه علاوه بر نشت در صورت ورود فشار به خط انتقال ناشی از وقایع طبیعی یا عملیات عمرانی، این فعالیت‌ها نیز تشخیص داده می‌شوند.

۹» سایرکابل‌ها

اگرچه سنسورفیبرنوری دارای کارایی بسیارخوبی می‌باشد، اما برخی از شرکت‌ها کابل‌های ویژه‌ای را که علاوه بر مزایای فیبرنوری، دارای حساسیت و امکانات بیشتری می‌باشند. همچنین باید به این موضوع دقت نمود که سیالات مختلف درموقع نشت، تغییر دمایی یکسانی ایجاد نمی‌کنند، بنابراین کابل‌های خاص با توجه به اینکه برای سیالات مختلف به صورت اختصاصی ساخته می‌شوند، حساسیت بیشتری به سیال مورد نظر دارند. یکی از این کابل‌ها که ساخت زیمنس می‌باشد، LEOS[leak and location system] می‌باشد که باتوجه به مواد مصرفی به تغییر دمای کم حساس می‌باشد. حساسیت آن در حد یک بشکه سیال در روز (1 bbl/day) می‌باشد. از این کابل می‌توان برای خطوط لوله دریایی نیز استفاده نمود.

۱۰» اندازه‌گیری به وسیله تجهیزات ابزارقیق

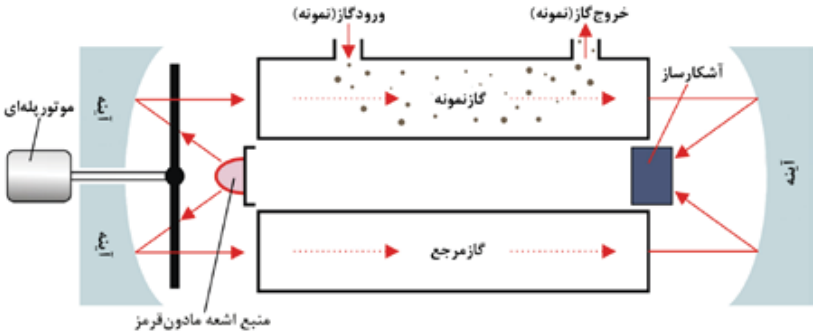
در بسیاری از موارد هدف از اندازه‌گیری، تعیین مقدار سیالی است که فروخته یا خریده شده می‌باشد. اندازه‌گیری با استفاده از تجهیزات جریان‌سنج (Flowmeter) یا دستگاه‌های ویژه اندازه‌گیری حجم یا وزن انجام می‌شود. برخی از تجهیزات نظیر ATGs اگرچه برای هدف دیگری طراحی شده‌اند، اما به دلیل نزدیکی هدف ATGs و اندازه‌گیری حجم سیال خط انتقال، به صورت یک امکان جانبی ATGsها با اضافه نمودن تجهیزات انتخابی (Option) قادر به تشخیص نشت در خط انتقال می‌باشند. در اینجا دو موضوع اصلی مطرح می‌باشد. موضوع اول Mass balance می‌باشد. در این مورد میزان سیال ارسال شده و سیال دریافت شده در طرف دیگر به صورت مستمر اندازه‌گیری می‌شود. هدف از این اندازه‌گیری تعیین میزان سیال ارسالی و دریافتی است، اما به وسیله آن می‌توان نشت سیال را نیز تشخیص داد. در این مکانیزم علاوه بر تشخیص نشت می‌توانیم میزان سیال نشت را نیز تعیین کنیم. موضوع دوم Rate of Change می‌باشد. در این مورد تغییر در جریان سیال ارسالی مونیتور می‌شود. در یک سیستم بسته با فشار ثابت غالباً میزان جریان ارسالی نیز ثابت می‌باشد. با این حال به دلیل تراکم پذیری سیالات گازی و همچنین امکان متفاوت بودن ترکیب سیال گازی در زمان‌های مختلف ممکن است این روش منجر به اعلان‌های خطا نیز شود.

برای اندازه‌گیری جریان (Flow) روش‌های متعددی وجود دارد. فلومترهای مغناطیسی، فلومترهای ارفیس‌دار، فلومترهای توربینی، فلومترهای تونل گردابی (Vortx shedding)، فلومترهای اولتراسونیک، فلومترهای جابجایی مثبت و فلومترهای کوریولیس، پرکاربردترین فلومترها در صنعت نفت، گاز و پتروشیمی می‌باشند. اگرچه ممکن است از فلومترهای دیگر نیز در این صنایع استفاده شود. انتخاب نوع فلومتر بستگی به کاربرد و هدف استفاده کننده دارد. گاهی لازم است فقط بدانیم، جریان سیال وجود دارد، گاهی لازم است با استفاده از جریان، حجم سیال انتقال یافته را اندازه‌گیری نماییم. در هرکدام از این کاربردها و با توجه به دقت مورد نیاز و هزینه‌ای که می‌توانیم بپردازیم، نوع فلومتر را می‌توانیم انتخاب نماییم. در گذشته برای اندازه‌گیری میزان سیال هنگامی که این سیال فروخته شده یا به بخش دیگری تحویل می‌شد، از فلومترهای جابجایی مثبت PD[Positive Displacement] استفاده می‌شد. غالباً این فلومترها را مطابق برنامه کالیبره کرده و بر این کالیبراسیون سازمان یا ادارات استاندارد نظارت می‌نمایند. در سال‌های اخیر روش‌های اندازه‌گیری دیگر به ویژه اولتراسونیک و Coriolis کاربرد بیشتری یافته‌اند. از فلومترهای اولتراسونیک به صورت گسترده برای اندازه‌گیری انواع سیال استفاده می‌شود. انواع جدید این نوع فلومتر قادر است بدون نصب بر روی خط انتقال و به صورت Portable جریان سیال را اندازه‌گیری نمایند. فلومترهای Coriolis می‌توانند بدون اثرپذیری از تغییرات ویسکوزیته، دانسیته، دما و فشار، حجم سیال را اندازه‌گیری و به صورت مستقیم قادر به اندازه‌گیری جرم سیال نیز می‌باشند. شکل ۷ یک سیستم کامل بر مبنای اندازه‌گیری را نشان می‌دهد. شکل ۸ نیز تجهیز اصلی اندازه‌گیری از نوع Coriolis با نام Micromotion ساخت شرکت Emerson را نشان می‌دهد.

۱۱» استفاده از آشکارسازها و فرایندهای شیمیایی

این روش به کارگیری تجهیزات الکترونیکی و استفاده از فرایندهای شیمیایی یا فیزیکی، نسبت به روش‌های دیگر دقیق‌تر و سریع‌تر می‌باشد و از گذشته کاربرد داشته است. در سال‌های اخیر تجهیزات آشکارساز گاز و مایعات پیشرفت زیادی نموده‌اند. عموماً استفاده از این تجهیزات ارزان‌تر و مطمئن‌تر از استفاده از روش‌هایی نظیر گشت می‌باشد. البته باید توجه کرد که در صورت استفاده از این روش‌ها بازهم به نظارت و گشت‌زنی نیاز می‌باشد، اما میزان این گشت‌زنی‌ها بسیار کمتر است و صرفاً برای کنترل وضعیت تجهیزات انجام می‌شود. برای تشخیص نشت سیالات خاص که تشخیص نشت آن به وسیله روش‌های دیگر امکان‌پذیر یا دقیق نمی‌باشد، غالباً می‌توان از روش Chemical

شکل ۸ : سیستم تشخیص نشتی Micromotion ساخت شرکت Emerson



شکل ۹: مکانیزم عملکرد سیستم آشکارساز گاز

Based Systems استفاده نمود. مجموعه تجهیزات و روش‌های مرتبط با آشکارسازها و تشخیص برپایه فرایندهای فیزیکی یا واکنش‌های شیمیایی بسیار گسترده می‌باشد و بررسی کامل آنها در حوصله این مقاله نمی‌باشد. در ادامه به صورت مختصر به این موارد اشاره می کنیم:

بو (Odor)

استفاده از مواد بودار نظیر مرکاپتان‌ها برای هشدار درصورت نشت گاز، در خطوط توزیع گاز کاملاً مرسوم می‌باشد. همچنین دربخش قبل به استفاده از حس بویایی سگ در پیداکردن نشت و محل نشت، اشاره کردیم. استفاده از سنسورهای حساس به بو برپایه آشکارسازی به روش Chemical Based Systems نشت را تشخیص می‌دهند. با توجه به طولانی بودن خطوط انتقال و اینکه غالباً این خطوط به صورت دفنی می‌باشند و بو به راحتی به سطح زمین نمی‌رسد، این روش در تشخیص نشتی خطوط انتقال کمتر کاربرد داشته وبیشتر مناسب مناطق مسکونی می‌باشد.

صدا (Sound)

درجنگ جهانی دوم آلمان‌ها برای یافتن کشتی‌ها و زیردریایی‌های متحدین از میکروفون‌های حساسی استفاده می کردندکه قادر بودند از فاصله زیاد صدای موتورکشتی را تشخیص دهند. همین اصل را به صورت تکامل یافته می‌توان در مورد نشت سیال به کارگرفت. درموقع خروج سیال از لوله یک صدای ممتد تولید می‌شود که اثر آن تا چندکیلومتری به وسیله میکروفون‌های دقیق قابل دریافت می‌باشد. ایراد این سیستم امکان ایجاد نویز و صداهای ناخواسته از منابع دیگر می‌باشد. صداهای ناخواسته ممکن است باعث اشتباه سیستم و تشخیص نادرست شده یا باعث اعوجاج بر روی صدای نشت شده و امکان تشخیص را کاهش‌دهند.

برای تشخیص نشت توسط صدا روش دیگری نیز وجود دارد که دقیق‌تر و حساس‌تر می‌باشد. در این روش که به Acoustic monitoring یا Acoustic Emission Systems نیز معروف می‌باشد، از پخش امواج اولتراسونیک (Ultrasonic) و دریافت بازتاب امواج یا دریافت موج تغییر یافته در طرف دیگر استفاده می‌شود. مزیت این سیستم شامل تشخیص مکان نشت و نداشتن تداخل با عملکرد خط لوله است. علاوه بر این ، به سادگی با اندازه‌های مختلف لوله سازگارند، اما تعداد زیادی از حسگرهای صوتی برای بررسی خطوط لوله ی طولانی مورد نیاز می‌باشد. این فناوری قادر به تشخیص نشت‌های کوچکی که ایجاد موج صوتی در سطوح متفاوت از الگوی نویز پس زمینه نمی کنند نیست، تلاش برای تشخیص نشت‌های کوچک در این روش می‌تواند منجر به اعلام نشت‌های اشتباه شود.

نمونه‌گیری گاز (Gas sampling)

محققین و دانشمندان تلاش کرده‌اند با استفاده از خواص شیمیایی عناصر و مواد و همچنین ساخت تجهیزات آشکارساز مبتنی بر رفتارهای فیزیکی گاز، به آشکارسازهای مطمئن، ارزان و کم حجم دست یابند. پلاتین (Platinum) در حضور متان (و برخی گاز یا بخارهای قابل اشتعال دیگر) به میزان بیشتری نسبت به زمانی که در هوای عادی قرار گرفته است اکسیده شده و باعث بالارفتن موضعی دما می گردد. دکتر الیور جانسون (Dr. Oliver Jhanson) در سال ۱۹۲۶ میلادی با استفاده از این واقعیت و با استفاده از آرایش الکتریکی(پل وتسون)، موفق به آشکارسازی گازمتان گردید. مکانیزم عمل در این آزمایش به این صورت می‌باشد که در دو شاخه از پل وتسون رشته‌سیم‌هائی از جنس پلاتین قرارداده می‌شود. یکی از این رشته سیم‌ها از محیط به وسیله گازخنثی (Inert gas) جدا می‌شود و رشته سیم دیگر در معرض گاز قرار می گیرد. به دلیل تاثیر گاز بر رشته سیم پلاتینی، مقاومت الکتریکی این شاخه از پل به هم می‌خورد و در نتیجه جریان ضعیف الکتریکی دوسر عقربه ایجادمی گردد. این جریان متناسب با نوع و چگالی گاز می‌باشد. شکل ۱۰ ، نوعی دستگاه اندازه‌گیری قابل حمل مبتنی بر روش یاد شده را نشان می‌دهد. این دستگاه توانایی آشکارسازی چندنوع گاز به ویژه گازمتان را دارا می‌باشد. نوع کوچکتری از این آشکارساز را در قسمت بالای شکل مشاهده می کنید، این دستگاه قادر به اندازه‌گیری میزان گازمتان می‌باشد و با توجه به حجم و وزن کم آن، می‌توان از آن به عنوان آشکارساز شخصی(همراه) همیشه همراه داشت و از آن استفاده نمود. روش دیگر اندازه‌گیری و آشکارسازی گاز، استفاده از اشعه مادون قرمز (Infrared) می‌باشد. اصول این روش مبتنی بر عبور اشعه مادون قرمز از داخل محیط شامل گاز قابل‌انفجار و نمونه‌مرجع، مشابه شکل ۹ می‌باشد، با اندازه‌گیری میزان نوری که از نمونه عبور می‌نماید و میزان نوری که از سلول مرجع عبور می کند و به آشکارساز مادون‌قرمز می‌رسد، می‌توان چگالی گاز موجود در نمونه را اندازه‌گیری نمود، روش کاتالیزور پلاتین و مادون قرمز هرکدام محاسن و معایبی دارند که استفاده‌کننده بر حسب دقت یا هزینه مورد نظر خود یکی از این دو نوع سیستم آشکارسازی را می‌تواند انتخاب نماید.

۱۲» تحلیل فشار نقطه

درصورت نشت در خط لوله اولین پارامتری که تغییر می کند، فشار می‌باشد. اندازه‌گیری فشار در نقاط مختلف و جمع‌آوری آنها توسط یک سیستم مرکزی نظیر DCS یا SCADA به خوبی به ما برای تشخیص بروز حادثه و نشت سیال کمک می کند. به کارگیری این روش مستلزم نصب تعداد زیادی سنسورهای اندازه‌گیری فشار و انتقال اطلاعات می‌باشد. علاوه بر مشکل اشاره شده در این روش محل نشت سیال نیز به صورت دقیق مشخص نمی‌شود. به همین دلیل از این روش به صورت مستقل کمتر استفاده می‌شود. غالباً از این پارامتر ATG[Automatic Tank Gauging] استفاده می‌شود.

شکل ۱۰: یک دستگاه آشکارساز گاز

۱۳» پروفایل دما

تشـخیص به وسـیله تغییرات دمایی در عمل به وسـیله تصویربرداری‌های حرارتی به وسـیله ماهواره، هواپیما و گشت‌زن‌ها یا به وسیله سنسورهای کابلی و فیبرنوری به کارگرفته می‌شود. از نظر عملی تشخیص بر اساس تغییر دما، روشی مناسب و دقیق می‌باشد و فناوری مرتبط با آن به میزان کافی توسعه یافته است.

۱۴» ردیابی رادیواکتیویته

اسـتفاده از ردیابی رادیواکتیو (Radioactive Tracings)، روشـی به نسـبت کند می‌باشد. این روش مناسب بازرسـی‌های دوره‌ای می‌باشـد. در این روش از یک ماده رادیواکتیو با مقدارکم و نیمه عمر کوتاه[بیشتر از مدت بازرسـی] نظیر Br-82 با نیمه عمر ۳۵/۲۸۳۳ سـاعت اسـتفاده می‌شـود. این روش کاملاً عملی بوده و در ایران نیز توسـط مرکز تحقیقات هسته‌ای بر روی خط انتقال رفسنجان[متعلق به شرکت خطوط لوله و مخابرات نفت ایران] آزمایش گردیده اسـت. اما با توجه به مشکلات احتمالی اسـتفاده از رادیواکتیویته در خط انتقال که از مکان‌های زیستی مختلف عبور می‌نماید، به نظر می‌رسد بررسی روش‌های دیگر و یافتن روش دارای صرفه اقتصادی و عملی بودن، می‌تواند جایگزین مناسبی به جای روش رادیواکتیو باشد.

۱۵» آشکارسازی مکانیکی نشت

در گذشته و قبل از عمومی شدن تجهیزات الکترونیکی ابزاردقیق، استفاده از تجهیزات مکانیکی در بخش‌های مختلف صنعت نفت و گاز کاربرد داشـته اسـت. این کاربرد به شـکلی بوده که می‌توانستیم به وسیله تجهیزات و تابلوهای کنترل نیوماتیکی، یک کارخانه را به خوبی نظارت و کنترل نماییم. در مورد آشکارسـازی نشت نیز این موضوع صدق می‌نمود. شـکل ۱۱ یک نمونه از تجهیزی را نشـان می‌دهد که قادر بود نشـت را در یک سیسـتم تشـخیص داده و نتیجه را به صورت آلارم یا پیام نیوماتیکی به سیسـتم کنترل منتقل نماید. این تجهیز بر پایه تغییر فشار داخل سیستم عمل می‌نماید. اگرچه در خطوط لوله و تجهیزات متصل به آن، فشار ثابت است اما در مجموع استفاده از این تجهیز برای این خطوط چندان مناسب نمی‌باشد، این تجهیز مناسب استفاده در داخل یک مجتمع یا کارخانه می‌باشد.

۱۵» SCADA-based Systems

یکی از نکات مهم در بحث نظارت بر نشـت و سـلامت خطـوط لوله، دریافت اطلاعـات به صورت منظم می‌باشـد. درگذشـته تکیه بردریافت اطلاعات مبتنی بر حضور فیزیکی و گزارش بوده است. در این راه از تلفن و سیسـتم‌های مخابراتی برای ارتباط ایستگاه‌های گشت‌زنی با تلمبه‌خانه‌ها/ ایستگاه‌های تقویت فشار یا مرکز کنترل اسـتفاده می‌شده اسـت. یکی از دلایل نام گذاری شـرکت متولی انتقال نفت خام و فرآورده ایران به نام"شرکت خطـوط لوله و مخابـرات نفت ایران" همین موضوع می‌باشـد. شـاید در نگاه اول کلمه "خطـوط لوله" و کلمه "مخابرات" غیر متجانس به نظر برسـند، اما دلیل این نام‌گذاری لزوم وجود مخابرات در کنار خط لوله می‌باشـد تا در صورت بروز مشـکل در اسـرع وقـت موضوع به جاهای مختلف مخابره گردد. با پیشـرفت سیستم‌های مخابراتی پرسرعت و دیجیتال، به تدریج امکان ارسال اطلاعـات بـه سیسـتم‌های کنتـرل مرکـزی DCS[Distibuted Control System] مهیـا گردیـد. باکاربردی شدن ماهواره‌ها و امکان به کارگرفتن آنها در دریافت و کنترل تجهیزات زمینی سیسـتم کنترل از نـوع SCADA[Supervisory Control And Data Aquisition] وارد این صنعت شـدند. سیسـتم کنترل

شکل ۱۱: آشکارساز مکانیکی نشت

SCADA مبتنی بر جمع‌آوری اطلاعات زمینی و ارسال آنها به سیستم کنترل مرکزی از طریق ماهواره می‌باشد. سیسـتم کنترل نیز از همین کانـال می‌تواند، تجهیزات خطوط لوله را کنترل نماید.

سیستم‌های کنترل SCADA می‌توانند یک شبکه ساده را به بر پایه اصول ساده و روابط منطقی کنترل نمایند، اما در شـبکه‌های پیـچیـده معمـولاً از شـبکه‌های عصبـی (Neural Networks) برای کنتـرل کارآمدتر شبکه استفاده می‌شود.

شکل ۱۲: سیستم مبتنی بر SCADA

منبع

1: Pipeline Planning and Construction Field Manual, E. Shashi Menon, Ph.D.