

استفاده از روبات های هوشمند در مانیتورینگ، کنترل و تعمیرات خطوط لوله گاز

چکیده

یکی از روشهای نگهداری و تعمیرات لوله های انتقال گاز در خطوط لوله بین شهری و یا حتی شبکه های شهری استفاده از روباتهای تشخیص دهنده و برطرف کننده عیوب میباشد. اینگونه روباتهای هوشمند با بهره گیری از برنامه های کامپیوتری و سنسورها و تجهیزات آزمایش کننده میتوانند عیوب مختلف را تشخیص داده و اطلاعات جمع آوری شده در طول حرکت خود در داخل لوله ها را در حافظه خود ذخیره کرده و در مقصد تحویل دهند یا بصورت آنلاین جهت مرکز کنترل ارسال کنند و حتی امکان برخی تعمیرات کوچک داخل لوله ها را دارا می باشند و می توانند مسیر حرکت را، بعنوان مثال در انشعابات، بر اساس نیاز انتخاب کنند. مشکلات ساخت و استفاده از چنین روباتهایی: منبع تغذیه و تامین انرژی مورد نیاز آنها، چگونگی برقراری ارتباط با اپراتور یا کنترل کننده دستگاه، چگونگی حرکت در داخل لوله و یا ثابت ماندن مقطعی آن به دلخواه اپراتور، چگونگی وارد نمودن روبات به داخل خط دارای جریان گاز بدون قطع جریان و یا بدون پیگ رسیورها و یا پیگ لانچرهای از پیش تعبیه شده. در این مقاله راهکارهایی نوین جهت حل مشکلات مذکور ارائه میشود. بعنوان مثال استفاده از جریان گاز موجود در لوله جهت تامین انرژی مورد نیاز روبات تا بتواند ماموریت خود را به خوبی انجام دهد. همچنین سایر مسائل فنی مربوط به تامین انرژی روبات ها یا طرز عمل در لوله هایی با مقاطع کوچک در این مقاله بررسی میشوند.

کلمات کلیدی

روبات – بازرسی – تعمیر – خط لوله – گاز – منبع تغذیه – پیگ – نشت

Robot – inspection – repair – pipeline – gas – power source – pig – leak

مقدمه

در جهان میلیاردها کیلومتر خط لوله وجود دارد که مواد مختلفی اعم از آب - نفت خام و گاز را جابجا می کنند. یکی از مهمترین مشکلات مبتلابه مسئولین شرکت های خدماتی از جمله شرکت های گاز، مسئله "نشت" می باشد. نشت در خطوط لوله یک امر کاملاً بدیهی و شناخته شده است و می تواند ناشی از خوردگی - ترک - ساییدگی - فرسایش - خسارات ناشی از حوادث طبیعی غیر مترقبه (طوفان - سیل - زلزله) یا خرابکاری باشد. صرف نظر از عامل نشت - که در برخی موارد راههای جلوگیری هم دارد - تبعات نشت مخصوصاً در خطوط لوله گاز زیان آور است. نشت در خط لوله آب معضل محسوب می شود ولی معمولاً ضرری برای طبیعت ندارد، لیکن نشت گاز حتی بدون انفجار نیز می تواند مرگبار باشد و باعث گاز گرفتگی و خفگی انسانها شود. بنابراین یکی از مهمترین دغدغه های شرکت های گاز، نشت یابی و در پی آن تعمیرات می باشد.

اهمیت و گستردگی کار

موارد زیر گویای اهمیت استفاده از روبات های هوشمند (مخصوصاً برای نشت یابی) و میزان گستردگی کار در صنعت گاز میباشد:

بیش از یکصد سال از عمر شبکه های گازرسانی شهری و خطوط انتقال گاز می گذرد. روبات Explorer (کاوشگر) در سال ۲۰۰۴ در نیویورک صدها فوت از شبکه گاز را که از لوله های چدنی کارگذاری شده در سال ۱۸۹۰ بودند، بازبینی کرده است (۱).

بکارگیری روشهای بازرسی و ابزارهای فناوری نوین یکی از الزامات شرکتهای گاز برای تشخیص و رفع نشت بوده و می باشد. نشت گازی که توسط تکنولوژی های نوین می توانست تشخیص داده شود باعث انفجار و مرگ همه ۹ نفر اعضای یک خانواده شد (۲).

در ایران حدود ۲۵۰۰۰ کیلومتر خط انتقال گاز و ۱۳۰۰۰۰ کیلومتر شبکه توزیع گاز شهری وجود دارد (۳) و این ارقام در حال افزایش می باشند. واحد ایمنی و بازرسی فنی یکی از واحدهای مهم در ساختار شرکتهای گاز استانی در ایران می باشد. شرکت گاز استان مرکزی متولی گازرسانی به بیش از ۱۵۰ شهر و روستا می باشد و حدوداً ۳۸۰۰ کیلومتر شبکه انتقال - تغذیه و توزیع را ایجاد کرده یا توسعه داده و نگهداری می کند. سالانه بالغ بر ۴۰۰۰۰۰۰۰۰ ریال بودجه برای تعمیر و نگهداری شبکه در استان مرکزی هزینه می شود (۴) که بخش عمده آن صرف نشت یابی - حفاری و تعمیرات می شود.

یک شرکت گاز در آمریکا، شبکه توزیعی زیر زمینی بالغ بر یک میلیون مایل را نگهداری می کند (۵). شرکت های گاز امریکایی سالانه بالغ بر ۳۰۰ میلیون دلار (۶) برای تشخیص و تعمیر نشت گاز در شبکه های شهری هزینه می کنند. در امریکا انستیتو تحقیقاتی گاز، با همکاری دانشگاهها و انستیتوی روباتیک بدنبال کاهش این هزینه ها با بکارگیری روباتهای پیشرفته و قابل کنترل از راه دور به حدود ۵۰٪ هستند. از آنجا که

هزینه های حفاری و تبعات آن زیاد می باشند و در گذشته امکان تعیین دقیق محل نشت نبوده و برای یک رفع نشت چندین نقطه حفاری می شده ، لذا بکارگیری روشهایی که منجر به تعیین دقیق محل نشت می باشند باعث کاهش هزینه ها خواهد شد.

یکی از مدیران شرکت های توزیع که ۸۰۰۰ کیلومتر خط لوله را تحت پوشش خود دارد، برای کاوشهای زیر زمینی و زیر دریایی ، احتمالاً یکی از بزرگترین خریداران روباتهای بازرس و تعمیرکار می باشد(۷) .

بیش از ۵۰ درصد خطوط لوله در جهان چند دهه از عمر خود را سپری کرده اند. مدفون شدن خطوط انتقال طولانی در زیر زمین و کف دریا باعث شده است که تشخیص نشت در آنها به سختی انجام شود. در نتیجه کشورهای زیادی مبالغ بسیار هنگفتی را صرف تشخیص عیوب خطوط لوله می نمایند . بنا براین ایمنی و بهره وری بالای خطوط لوله می تواند نقش موثری در اقتصاد بین المللی و زندگی مردم داشته باشد (۸).

و بالاخره اینکه حوادث ناشی از گاز و گستردگی شبکه ها ، استفاده از تکنولوژیهای نوین برای افزایش ایمنی خطوط لوله را به یک اولویت ملی و حتی بین المللی تبدیل کرده است و ما نباید به این مسئله فقط از دیدگاه استانی نگاه کنیم. بلکه باید در این زمینه به انجام اقدامات زیر بنایی در سطح ملی بپردازیم.

پیگ ها و روبات ها

از دیر باز از پیگ ها برای تمیز کردن خطوط لوله نفت و گاز استفاده می شد. قطر پیگ ها برابر قطر لوله ها بوده و با فشار مایع یا گاز داخل لوله حرکت می نمایند. در مبداء و مقصد توسط پیگ لانچر ها و پیگ رسیور ها به خط تزریق و یا از آن برداشت می شوند. به مرور زمان کارشناسان به فکر اضافه کردن سنسورهایی جهت انجام تست هایی از جمله نشت و خوردگی افتادند و با ساخت و بکارگیری پیگ های الکترونیک و یا پیگ های کوچکتر هوشمند (موسوم به smart piglet) در این راستا به فعالیت پرداختند. در سال ۱۹۹۷ در آلاسکا یک پیگ ۱۰۵۵ کیلومتر را به صورت پیوسته طی کرد و اطلاعات حاصل از بازرسی را جمع آوری نمود (۹).

با پیشرفت تکنولوژی ساختن روباتهایی به منظور تشخیص و اخیراً تعمیر شروع شد که در مقایسه با پیگ های سابق دارای موتورهای محرک بوده و مستقل از جریان گاز موجود در لوله به حرکت خود ادامه می دهند و در انشعابات شبکه های شهری ، در صورت نیاز تغییر مسیر میدهند. اغلب روباتها یک کامپیوتر را با خود حمل می نمایند و نرم افزار برنامه ریزی شده در این کامپیوتر آنها را هدایت می نماید . برخی از آنها از راه دور قابل هدایت و کنترل می باشند . مسیر حرکت روبات ها عموماً برنامه ریزی شده می باشد، لیکن روباتهای هوشمند این قابلیت را نیز دارا می باشند که در مناطقی از شبکه شهری که فاقد نقشه as built هستند، خود به کاوش پرداخته و ضمن یادگیری و آشنا شدن با شبکه موجود و تصمیم گیری برای انتخاب مسیر، در پایان ماموریت ، نقشه متمرکز شبکه را نیز تهیه و تحویل نمایند.

کاربردها

از پیگ ها برای تمیز کردن لوله ها استفاده میشده و هنوز هم می شود. روباتها قابلیت های بیشتری دارند لذا از روباتها ی هوشمند برای منظورهای زیر می توان استفاده کرد:

- ۱- عایقکاری لوله ها قبل از لوله گذاری در خطوط انتقال و توزیع
- ۲- تهیه نقشه های as built
- ۳- نشت یابی از درون یا از بیرون لوله ها
- ۴- تشخیص خوردگی
- ۵- تشخیص از بین رفتن پوشش لوله ها
- ۶- تشخیص کاهش ضخامت لوله ها که می تواند در آینده باعث ترک خوردگی لوله شود
- ۷- انتقال سنسورهای خاص و یا تجهیزات تعمیراتی به نقطه خاصی از شبکه از درون لوله ها
- ۸- بازرسی و پاکسازی مناطق پرمخاطره نظیر مناطقی که گاز نشت کرده و امکان حضور انسان نیست

۹- بر طرف کردن شکستگی و خوردگی خطوط لوله از درون و در نتیجه کاهش هزینه های تعمیرات و نگهداری به میزان ۵۰ %

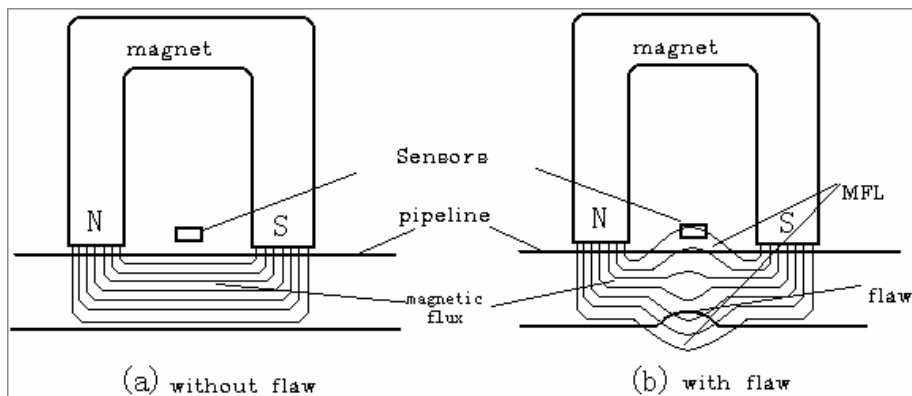
- ۱۰- انجام اقدامات بازرسی و تعمیر بدون نیاز به قطع جریان گاز
- ۱۱- انجام بررسی های لازم برای اطمینان از اینکه سیستم حفاظت کاتدیک بی عیب و نقص است
- بمنظور جلوگیری از خوردگی
- ۱۲- برداشتن پوشش (عایق) لوله ها به صورت هوشمند به منظور انجام عملیات تعمیراتی و یا عایقکاری مجدد

۱۳- تشخیص له شدگی و تغییر شکل خطوط لوله بر اثر فشارهای خارجی
با توجه به اهمیت نشت یابی ، بیشتر به این زمینه فعالیت روبات ها خواهیم پرداخت. برای نشت یابی روشهای زیر وجود دارد:

- ۱- عکسبرداری با لیزر
 - ۲- تشخیص صدای ناشی از نشت گاز
 - ۳- روش شار مغناطیسی
 - ۴- روش تحلیل موج ultrasonic (۱۰)
- روشهای بکار گرفته شده در پیگ ها و روبات ها برای انجام آزمایشات لازم بایستی لزوما از روشهای تست غیر مخرب باشند. اغلب پیگ ها و روبات ها برای تشخیص نشت از روش شار مغناطیسی استفاده می کنند. در بخش بعدی به تشریح این روش در حوصله این مقاله می پردازیم.

نشت یابی به روش شار مغناطیسی

در این روش دستگاهی موسوم به MFL با تشخیص نشت شار مغناطیسی ناشی از وجود عیب و نقص در لوله، بر اساس شکل زیر محل ترک یا خوردگی را تشخیص میدهد. اگر لوله فاقد نقص و یکپارچه باشد، همه شار مغناطیسی از داخل آن عبور میکند. در غیر اینصورت اعوجاج رخ میدهد که توسط سنسور قابل تشخیص است و این به منزله عدم یکپارچگی لوله تلقی خواهد شد و به عنوان خرابی گزارش می شود.

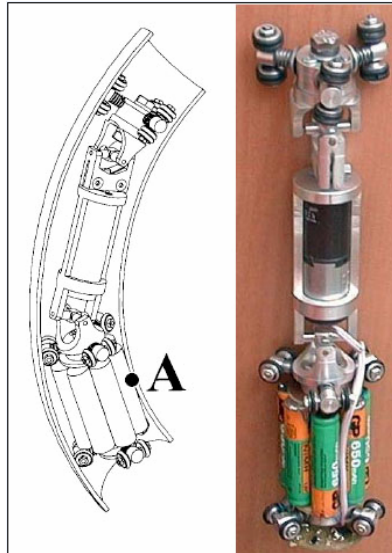


شکل ۱ - نشت یابی به روش شار مغناطیسی

روباتهای کاوشگر

بسته به منطقه جغرافیایی، خطوط لوله قاعدتا بایستی هر هفت سال یک بار مورد بازرسی کامل قرار بگیرند. دوربین های مخصوص و سایر تجهیزات ابزار دقیق می توانند توسط روباتهای کاوشگر برای بازرسی به داخل لوله ها تزریق شوند.

حدود ۳۰٪ خطوط لوله گاز غیر قابل پیگ پیمایی هستند (بخاطر خمیدگی و تغییر مسیر آنها و یا بخاطر اینکه خطوط لوله بسادگی چنین دستگاه بزرگی را نمی توانند در خود جای دهند). بنابراین رقابت در طراحی کاوشگرها شبیه بسته بندی ۱۲ کیلوگرم در یک بسته ۶ کیلوگرمی است. روبات ها بایستی در حد امکان کوچکتر و سبکتر بوده تا بتوانند در لوله های ۶ یا ۸ اینچی جا بگیرند و با موفقیت اتصالات را پشت سر بگذارند. همچنین باید بتواند منبع تغذیه خود را حمل کند. اخیرا متخصصین روی ساخت و بکارگیری یک روبات ۴ اینچی کار می کنند که از هفت قسمت تشکیل شده است و قطعات آن توسط اتصالات مفصلی به هم وصل شده اند. روباتها توسط چرخهای کوچکی که به بدنه لوله فشار می آورند، در داخل لوله حرکت می کنند و قابل انعطاف می باشند.



شکل ۲- روباتهای کوچک و قابلیت انعطاف

سیستم روباتهای هوشمند مبتنی بر تکنولوژی کنترل - تکنولوژی شبکه - سیستم کدینگ و دکدینگ ویدئویی - انتقال سیگنالهای ویدئویی - ارتباط با استفاده از میکرو کامپیوترهای چند سیگناله - تکنولوژی پایگاه داده ها - نرم افزار کامپیوتر و تکنولوژی روبات ها می باشد.

افراد و شرکت های مختلفی در زمینه روباتهای کاوشگر فعالیت دارند. مثلا schempf در طول ۲۰ سال گذشته تعدادی روبات (از جمله Jason برای کاوش زیر دریاها - نپتون برای بازرسی مخازن سوخت از روی زمین) طراحی و ساخته است. آخرین آن روباتی بوده که در جنگ شهرها در عراق بکار گرفته شد.



شکل ۳ - روبات کاوشگر

روبات Explorer (کاوشگر) یکی از مهمترین و بهترین روبات های موجود در این زمینه می باشد که توانسته است با انجام موفقیت آمیز ماموریت های خود کاربران خود را راضی و خوشحال کند (۱). پروژه مذکور در طی حدود سه سال طراحی - پیاده سازی - آزمایش و نهایی شده و تا کنون به انجام عملیات متعددی در شبکه های گاز شهری پرداخته است. کاوشگر محصول گروه گاز نیویورک - NYGAS - NASA و بخش انرژی امریکا بوده و هدف از تعریف این پروژه تولید یک وسیله برای بازرسی های ویدئویی در محدوده وسیعی از خطوط لوله گازدار بوده است. مزایای Explorer به شرح زیر است:

- ۱- بازرسی بصری در محدوده وسیعی از خطوط لوله گازدار برای خوردگی - نشت - آثار خرابی در یک بار عبور روبات از خط
- ۲- نگهداری پیشگیرانه و سیستم های برنامه ریزی کار برای خطوط توزیع شهری
- ۳- پتانسیل بالا برای کاهش هزینه های تعمیر با استفاده از انتخاب روشهای تعمیر مناسب بر اساس مشاهدات انجام شده در برخی تعمیرات اضطراری در سرتاسر کشور
- ۴- توانایی طی کردن فواصل طولانی تر در یک بار تزریق به خط بدون قطع سرویس
- ۵- توانایی عبور از داخل لوله های راست و خمیده (قابلیت انعطاف)
- ۶- در خطوط لوله گاز ۶ و ۸ اینچ حرکت می کند
- ۷- نیاز به کابل برای تغذیه و تبادل اطلاعات ندارد.

Explorer می تواند چندین مایل از خطوط لوله گازدار را طی کند و با استفاده از ۵ دوربین چشمی همراه خود نشت ها را پیدا کند. Explorer در درون لوله های گاز می تواند ساعتها به جستجو پرداخته و در صورت نیاز در اتصالات لوله ۴۵ یا ۹۰ درجه تغییر جهت دهد. شخص کنترل کننده می تواند مستقیماً با استفاده از کنترل از راه دور بی سیم از روی زمین آنرا کنترل کند. بنابراین نیروی انسانی فقط کافی است در صورت نیاز یک نقطه را حفاری کند تا از آنجا روبات را به خط لوله گاز تزریق نماید.

Explorer نرم افزار بسیار قوی و مخصوصی دارد که تا ۹۰ درجه تغییر مسیر را بدون دخالت انسان امکان پذیر می سازد. برای مثال میتوان از نرم افزار Dr Robot – i90 (۱۱) ، برای آن نام برد.

Explorer با کمک دوربینهای انتهایی، می تواند حفره هایی را که اغلب بر اثر رسوخ آب در لوله های فولادی ایجاد می شود، پیدا کند. سنسورهای مغناطیسی اضافی یا سنسورهای دیگر نیز ممکن است برای بازرسی لوله های فولادی مورد نیاز باشند که Explorer قادر به حمل آنها نیز می باشد. اگر چه Explorer دستگاه الکتریکی است که در لوله های حاوی گاز قابل اشتعال کار می کند، اما به دلیل اینکه روبات عاری از اکسیژن می باشد، انفجاری رخ نخواهد داد. در نتیجه خطرناکترین بخش از فرآیند استفاده از اینگونه روبات ها ، تزریق روبات به درون لوله و نهایتاً بازیابی آن از لوله خواهد بود!

Explorer یک نمونه از پیگ های هوشمند است. دیگری roboscan می باشد که توسط شرکت foster – miller طراحی و ساخته شده است و در لوله های گاز ۲۰ اینچ بکار گرفته میشود. بر خلاف Explorer به roboscan کابل متصل می شود. هزینه ساخت Explorer بین ۵۰ تا ۱۰۰ هزار دلار برای تولید یک یادو دستگاه و برای تولید انبوه بین ۲۵ تا ۶۰ هزار دلار می باشد. اما در نهایت روبات های بازرسی اینگونه قابل فروش نخواهند بود بلکه شرکتهای توزیع کننده گاز می توانند خدمات آنها را خریداری نمایند. خرید خدمات اینگونه روبات ها نیز بر اساس واحد طول (متر – فوت) می باشد.

تزریق به خط



شکل ۴ - نقطه تزریق روبات به خط لوله

همانگونه که در شکل ۴ مشاهده می شود، برای تزریق روباتها یا پیگ های هوشمند به خط گازدار از saddle یا زینی که به صورت مورب به خط لوله وصل میشود، استفاده می شود. پس از بستن زین به خط لوله و بستن شیر مناسب به انتهای خروجی زین ، عملیات هات تپ انجام شده و لوله آماده تزریق روبات می شود. قبل از تزریق روبات ، عملیات هواگیری از محفظه روبات بایستی انجام شود به گونه ای که به هیچ عنوان اکسیژن همراه روبات وارد خط لوله نگردد و الا همانگونه که قبلا اشاره شده این کار بسیار خطرناک بوده و باعث انفجار خواهد شد. جهت اتصال دستگاه فوق به خط لوله برای تزریق روبات بایستی در جهت حرکت روبات باشد. در موقع خروج روبات از خط لوله نیز بایستی احتیاطهای لازم صورت پذیرد تا حادثه ای بوقوع نپیوندد. جهت اتصال دستگاه فوق برای خروج روبات نیز بایستی متناسب با جهت جریان گاز و حرکت روبات باشد.

منابع تغذیه

- منبع تغذیه بایستی بتواند نیازهای روبات به منبع انرژی را تامین کند. موارد زیر بایستی مد نظر باشند:
- ۱- ابعاد، جرم ، حجم روباتها - تجهیزات آنها - روشهای حرکت ، سرعت حرکت و انرژی مورد نیاز
 - ۲- ماموریت روبات : نوع سنسور - روش انتقال اطلاعات - نوع تعمیرات

۳- محدوده فعالیت های روبات : قطر لوله ها - طول مسافت حرکت روبات و موانعی که باید

بر آنها فایق آید

موارد فوق به صورت کلی مطرح گردیده اند و سیر تکاملی آنها دارای تغییرات زیادی می باشد. مثلا روبات های ابتدایی صرفا کار بازرسی از لوله را انجام می دادند و روبات های جدید تعمیرکار بوده و حتی در ماموریت های محدود بازرسی ، انواع سنسورها موجود است. قاعدتا وقتی روبات ها دارای سنسورهای چندگانه و مختلفی باشند، نیازهای انرژی و به تبع آن ابعاد و حجم منبع تغذیه آنها افزایش پیدا می کند. روباتهای طراحی شده برای کارهای تعمیراتی پیچیده تر خواهند بود و نیاز به مانور بیشتر و توانایی حمل ابزار و مصالح تعمیر دارند. به همین علت آنها سنگین تر و بزرگ تر خواهند بود و نیاز به انرژی بیشتری دارند. مصرف کننده های انرژی در روبات شامل بخشهای زیر می باشند:

۱- سنسورها

۲- سیستمهای ارتباطی و مخابراتی

۳- کامپیوتر on-board

۴- تجهیزات تعمیر (در صورت وجود)

۵- واحد جابجایی (موتور حرکت دهنده)

برای محاسبات ابتدایی طراحی ، تخمین زده می شود که روبات به ۲۰۰ وات توان الکتریکی نیاز دارد. برای روبات ۴ منبع توان در نظر گرفته شده : توربین بادی - باتریهای شارژی - سلولهای سوختی و ژنراتورهای ترمو الکتریک رادیو ایزوتوپ .

توربین بادی

با توجه به اینکه حرکت روبات از حرکت گاز خیلی آهسته تر می باشد بنابراین به نظر میرسد که یک توربین ژنراتور بادی On-board تنظیم شده با سرعت حرکت گازی که از روبات عبور میکند می تواند نیازهای انرژی روبات را تامین کند. یک توربین با پروانه به قطر ۳۰ سانتی متر به عنوان بزرگترین سایز عملی ارزیابی شده است که برای استفاده در یک خط انتقال ۵۶ اینچ می باشد. 10 ft/sec ماکزیمم سرعت انتقال گاز از روبات ارزیابی شده که با سرعت فوق و فشار گاز 1500 psi توربین مذکور ۳۲ وات توان تولید خواهد کرد. میزان توان تولیدی با کاهش جریان گاز افت شدیدی می کند به نحوی که در ۴۰% جریان ماکزیمم (یعنی 6 ft/sec) همان توربین ۷ وات تولید خواهد کرد. بر اساس این محاسبات نتیجه شد که توربین بادی نمی تواند توان کافی برای حرکت روبات را فراهم کند.

باتریهای شارژی

برای استفاده از باتری های قابل شارژ انتخاب های زیادی وجود دارد. باتری باید بتواند انرژی مورد نیاز روبات را تا زمان شارژ بعدی تامین کند. شارژ می تواند توسط یک اتصال مکانیکی در لوله و یا با بیرون آوردن روبات انجام شود. قیمت باتری نیز عامل مهم دیگری است که در دانسیته ی انرژی بالاتر در نظر گرفته می شود.

سلول های سوختی

سلول سوختی مورد استفاده در روبات داخل لوله گازدار می تواند از گاز طبیعی احاطه شده در اطرافش به عنوان سوخت استفاده کند. سلول سوختی نیاز به اکسیدانت دارد، که از منبع خارجی تامین می شود. حمل اکسیژن توسط روبات فوق العاده خطرناک است و غیرممکن می باشد و باید مخزن اکسیژن به مراتب پر شود که بسیار خطرناک است. پیروکسید هیدروژن (محلول ۵۰%) می تواند جایگزین مطمئن تری باشد. به عنوان کاتالیست عموماً یدید پتاسیم یا دی اکسید منگنز استفاده می شود. یکی از محدودیت های پیروکسید هیدروژن به عنوان منبع اکسیژن این است که اکسیژن فقط ۲۳% حجم محلول را تشکیل می دهد. ثانیاً هنگامیکه اکسیژن خالی شد باید محلول پیروکسید تازه جایگزین شود که این امر شارژ مجدد سلول های سوختی روبات را پر زحمت تر می کند و در ضمن هر گونه نشستی محلول در لوله تولید خطر می کند.

ژنراتورهای ترموالکتریک رادیو ایزوتوپ (RTGs)

RTG ها برخوردار از مزیت ممتاز طول عمر و عدم قطع شدن سرویس دهی نسبت به دیگر گزینه ها می باشند. استرانتیوم-۹۰ و پلوتونیوم-۲۳۸ دو رادیو ایزوتوپ هستند که نیمه عمر آنها ۲۸ سال و ۸۷ سال می باشد که در RTG های موجود استفاده شده اند. این نیمه عمر بالا مزیت ممتاز RTG ها می باشد. RTG ها با حرارت تجزیه رادیو ایزوتوپ ها کار می کنند و تولید نیرو می کنند. در حال حاضر باطریهای قابل شارژ بعنوان بهترین گزینه موجود در کاربردهای روباتیک در خطوط لوله گاز مورد ملاحظه هستند که با پیشرفت تکنولوژی در حال کاهش قیمت و سهولت استفاده نسبت به RTG ها می باشند. مقبولیت بیشتری در عموم داشته و محدودیتهای کمتری دارند اما نسبت به RTG ها دارای تعداد تعویض و جایگزینی بیشتری هستند.

ارتباطات در روباتیک

در زمان استفاده از روباتها یکی از مسائل مهم مبتلابه، چگونگی ارتباط آنها با اپراتور در حین بازرسی – تعمیر – انجام دستورات اپراتور و هنگام بروز مشکلات پیش بینی نشده جهت روبات می باشد. تا قبل از ۲ سال گذشته هیچگونه راه حل و تکنولوژی جهت برقراری ارتباط آنلاین با روبات داخل لوله وجود نداشت. شاید یکی از مسائلی که باعث ساخت و بوجود آمدن صنعت روباتیک داخل لوله شد، برطرف شدن مشکل برقراری ارتباط بوده است. طبق بررسی ها و آزمایشات انجام شده و دانش موجود امکان ارتباط بی سیم از داخل لوله های فلزی با بیرون وجود نداشت. زیرا سطح فلزی لوله مانند یک رفلکتور (بازتاب کننده) سیگنال را در خود بازتاب کرده و از عبور آن جلوگیری می کند و تمام سیگنالهایی که به لوله منتقل شوند به زمین الکتریکی منتقل می شوند که این امر یکی از مشکلات موجود روباتیک بوده است. در ادامه نتایج اخیر حاصل از چندین روش مورد استفاده جهت ارتباط بین اپراتور و روبات مورد بررسی قرار می گیرند:

- ۱- با اتصال یک سیم متحرک به روبات - علاوه بر تامین انرژی الکتریکی آن، امکان تبادل اطلاعات بوجود می آید
 - ۲- ارتباط از طریق سیگنالهای فراصوتی - بدین گونه که روبات مجهز به سیستم ارسال و دریافت اطلاعات از طریق سیستم های فراصوتی شود
 - ۳- استفاده از خط لوله به عنوان یک موج بر، سیگنالها بداخل آن تزریق شده و از طریق آن اطلاعات ارسال و دریافت می شوند.
- حال به مقایسه روشهای فوق می پردازیم:
- در روش اول، مشکلات: حمل سیم و قدرت موتورهای روبات - گیر کردن و دست و پاگیر بودن سیم - امکان نشت الکتریکی از اطراف سیم وجود دارد. علاوه بر موارد مذکور ایجاد خطرات در هنگام ورود و خروج آن به داخل لوله گاز را نیز باید ذکر کرد. از مشکلات دیگر محدود بودن طول و افت ولتاژ را می توان نام برد. مزایای استفاده از سیم: تامین انرژی روبات - پهنای باند زیاد برای تبادل اطلاعات.
- در روش دوم، مشکل حمل سیم وجود ندارد و ارتباط بی سیم خواهد بود. از معایب این روش اختلالات در فراصوت و برقراری ارتباط در فواصل کم را می توان نام برد. همچنین پهنای باند برای تبادل اطلاعات کم است.
- در روش سوم، امکان ارتباط بی سیم به وجود آمده و تداخل پیش نمی آید. همچنین محدودیت فاصله برای ارتباط وجود ندارد و پهنای باند نیز زیاد است به نحوی که ارتباط تا فاصله چندین کیلومتری امکان پذیر بوده و می توان تصاویر ویدئویی دارای حجم اطلاعات بالا را مبادله کرد. لذا این روش بیشتر مورد استفاده قرار می گیرد.

تکنولوژی آب بندی فعال شده با فشار برای رفع نشتی

این فناوری بیش از ۷ سال است که به صورت موفق در صنایع نفت و گاز به کار گرفته شده است. با استفاده از این تکنولوژی می توان نشت را در تجهیزات متنوع و در محدوده وسیعی از حالت‌های مختلف برطرف کرد. در این روش افت فشار در مکان نشتی باعث می شود که مایع آب بندی در محل نشت پلیمریزه شده و به آب بند جامد تبدیل شود و جلوی نشت را بگیرد.

برای برطرف کردن نشت دو روش وجود دارد: روش خارجی و داخلی. شیوه غالب کنونی روش خارجی می باشد که مستلزم حفاری در محل نشت است. روش داخلی هزینه و خطرات کمتری برای محیط زیست و انسان دارد. مزیت روش خارجی بازیافت مجدد استقامت لوله می باشد اما نیاز به حفاری و پاک نمودن سطح خارجی لوله دارد که تکنیکهای آن: اسلیو های جوشکاری شده - اسلیوهای پیچ دار یا بولتی - تعمیر به روش کامپوزیت فیبر مسلح می باشد. در روش تعمیر داخلی مزیت عدم نیاز به حفاری وجود دارد اما عموماً برای برطرف کردن نشت بکار می رود و امکان بازیافت مجدد استقامت لوله وجود ندارد. از جمله روشهای داخلی:

- ۱- تعمیر لوله بوسیله روباتهای جوشکار قابل کنترل از راه دور از سایز ۶ اینچ تا ۴۰ اینچ و فاصله ۴۰ متر تا ۱۵۰ متر
- ۲- تعمیر بوسیله کامپوزیت فیبر مسلح
- ۳- پیچ فلزی قابل انبساط از سایز ۵/۸ اینچ تا ۹ اینچ که از معایب آن کاهش سایز لوله در محل نشت می باشد
- ۴- اسلیو تعمیر داخلی که ترکیبی از کامپوزیت فیبر مسلح و پیچ آستری قابل انبساط می باشد.
- ۵- واکنش آب بند فعال شده با فشار مانند اثر لخته شدن خون در محل زخم می باشد. آب بند در داخل لوله تا زمانی که از محل نشت آزاد شود به صورت مایع می باشد. فقط در نقطه اختلاف فشار در محل نشت واکنش آب بند رخ می دهد که محل نشت را اتصال دهد. مابقی ماده آب بند در داخل لوله به صورت مایع باقی مانده و می تواند از سیستم خارج شود. باقی ماندن مایع آب بند در داخل لوله می تواند مشکلاتی را در پی داشته باشد. مثلاً رسیدن آن به برخی تجهیزات که باعث بروز مشکل در آنها میشود. همچنین لازم است مقدار زیادی مایع آب بند به داخل لوله تزریق شود تا کار آب بندی نشت به درستی انجام شود.

پیشنهادهات

- ۱- استفاده از روبات برای انتقال مایع آب بند از داخل به محل نشت و تزریق موضعی آن – این روش دارای قابلیت اطمینان بالا و عدم ایجاد مشکلات تزریق آب بند در لوله است.
- ۲- ارتباط روبات ها با شیرهای هوشمند برای بستن اتوماتیک مسیر گاز در مواقع اضطراری
- ۳- باقی گذاشتن روبات ها در خط لوله و پارک کردن آنها در محل مخصوص و شارژ آنها بدون خروج از لوله – با توجه به اینکه خطر ناکترین مرحله در فرآیند استفاده از روباتها تزریق و برداشتن آنها از خط است.
- ۴- تشخیص نیاز به ایجاد loop در شبکه در مواقع افت فشار
- ۵- اندازه گیری فشار داخل لوله برای کنترل مصرف
- ۶- ارزیابی سنسورهای موجود برای روباتهای داخل لوله
- ۷- تشکیل یک کمیته تخصصی در شرکت ملی گاز ایران برای توسعه فعالیت های متخصصین در زمینه آشنایی با روباتهای کاوشگر و بکارگیری و بومی سازی آنها (با همکاری مستمر با مراکز و اساتید دانشگاهها) – همچنین پیگیری پیشنهادهات واصله جهت ارتقای قابلیت های روبات ها و رفع مشکلات موجود اعم از تغذیه و ارتباطات

مشکلات موجود

- ۱- عدم وجود مرکزی (بعنوان مثال در شرکت ملی گاز ایران) برای ایجاد تمرکز در فعالیت های تحقیق و توسعه در این زمینه – ظاهراً اهمیت موضوع به خوبی مورد توجه قرار نگرفته است.
- ۲- عدم استقبال بایسته از طرحهای پژوهشی و نارضایتی اساتید دانشگاه از این امر – **دانشگاهها** بایستی بعنوان مراکز اصلی و قوی تحقیق و توسعه با صنعت تعامل لازم را داشته باشند که متأسفانه در این زمینه مشکلات زیادی وجود دارد.
- ۳- در دسترس نبودن اطلاعات دقیق از میزان خطوط انتقال و شبکه های توزیع شهری و بروز نبودن اطلاعات در پایگاههای اینترنتی
- ۴- عدم وجود منابع اطلاعاتی دقیق لازم جهت برآورد هزینه های بازرسی ، نشت یابی و تعمیر و نگهداری به تفکیک (شاید به دلیل ضرورتهای مالی)

نتیجه گیری

با توجه به موارد مطرح شده در این مقاله، لزوم بکارگیری روباتهای هوشمند برای بازرسی و تعمیرات موضعی در شبکه های گاز شهری خصوصا از درون لوله ها محرز گردید. این امر باعث کاهش حوادث جانی ناشی از نشت گاز گردیده و همچنین باعث کاهش چشمگیر در هزینه های نشت یابی و حفاری و تعمیرات می گردد. شواهد نشان میدهد که در کشور ما هنوز از این تکنولوژی استفاده چندانی نگردیده و لازم است از اینگونه روبات ها در ابتدا به صورت پایلوت و نهایتا عملیاتی در سطح کشور استفاده گردد.

مراجع

- 1- Byron Spice, "Gazette Flexible robot can crawl through gas lines, searching for problems", <http://www.postgazette.com/pg/04201/348366.stm> {online}
- 2- John German, "Tragic gas explosion propels potential pipeline safety technologies onto national priority list", http://www.sandia.gov/LabNews/LN10-06-00/gas_story.html {online}
- ۳- برنامه ریزی ، "گزارش ماهانه" ، شرکت ملی گاز ایران ، فروردین ۸۶
- ۴- واحد برنامه ریزی ، "گزارش عملکرد ماهیانه" ، شرکت گاز استان مرکزی ، اسفند ۸۵
- 5- National Robotics Engineering Consortium, "Gas Mains Repair and Inspection System for Live Entry Environments (GRISLEE)", http://www.ri.cmu.edu/projects/project_357.html {online}
- 6- Hagen Schempf, "GRISLEE: Gasmain Repair and Inspection System for Live Entry Environments", http://www.ijrr.org/contents/22_07/abstract/603.html {online}
- 7- Scandinavian Oil-Gas Magazine, "Robot repairs in depth", <http://www.scandoil.com/moxie/news/pipeline/robot-repair-in-depth.shtml> {online}
- 8- Yang-Lijian, Fong-Haiying and Wong-Yumei, "Research on intelligent pipeline magnetic flux leakage detector", <http://www.ndt.net/article/apcndt01/papers/11922/11922.htm> {online}
- 9- NDT, "Pipeline Inspection", <http://www.ndt-ed.org/AboutNDT/SelectedApplications/PipelineInspection/PipelineInspection.htm> {online}
- 10- LI Jian(李健) , WANG Li-kun(王立坤) , ZHOU Yan(周琰) , JIN Shijiu(靳世久), "Study on Detection Technique for Pipeline Leakage", <http://scholar.ilib.cn/A-tianjdxsb-e200302007.html> {online}
- 11- Dr Robot Inc, "i90 Robot Explorer Program", <http://www.drrobot.com/> {online}

Intelligent Robots on Monitoring, Control and Maintenance of Gas Pipelines

Abbas Khosrobaigy
NIGC- Markazy Province Gas Company
Alireza Eskanian
NIGC- Markazy Province Gas Company

Abstract

One way for repairing and maintenance of gas pipelines on transportation and distribution network is using Inspector and Repairing Robots. These intelligent Robots with using software programs, sensors, inspection equipment could detect defects and collect information through pipeline on their memory and deliver on target or transmit them online to control center and even capable do small repair and maintenance. These are capable to choice their route according to need, for example on junctions. Many of problems for using and making of these Robots are: their power supplies, how to transmit data through pipeline to operator or controller, how to move or fit in pipes on demand to operator choice, how insert robots into pipeline without breaking gas flow or without installed pig receiver/launchers. In this paper, new solving methods for these problems are presented, for example with using of gas flow inside the pipeline, we can supply the Robot's need for energy to doing it's mission. Also technical information of supplying energy or moving on small diameter pipelines is discussed.