هفتمین کنفرانس بین‌المللی
مهندسی قابلیت اطمینان و ایمنی

استفاده از دستگاه PILOPACK به عنوان جایگزین دستگاه کنترل پنل سرچاهی

فرید علی‌جانی[۱]، ابوالفضل رستمی‌نیا[۲] و نورالله صفی‌پور[۳]

۱- سرگروه پروژه‌های مهندسی بهره‌برداری، شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب، شرکت بهره‌برداری نفت و گاز مسجدسلیمان، مسجدسلیمان، ایران، falijani436@gmail.com

۲- مهندس ارشد بهره‌برداری، شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب، شرکت بهره‌برداری نفت و گاز مسجدسلیمان، مسجدسلیمان، ایران، ab.rostami594294@gmail.com

۳- رئیس تعمیرات ابزار دقیق بخش مرکزی، شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب، شرکت بهره‌برداری نفت و گاز مسجدسلیمان، مسجدسلیمان، ایران، safipour.n@nisoc.ir

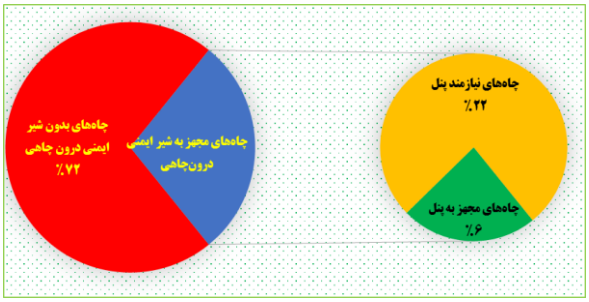
چکیده

ایمن‌سازی چاه‌های نفت و گاز خصوصاً چاه‌هایی که در مناطق حساس مانند حومه مناطق مسکونی، مجاور رودخانه و دریاها و سدها، نواحی نظامی، مرزها، منابع زیست محیطی و ... قرار دارند، از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشد. وظیفه کنترل عملکرد شیرهای ایمنی درون‌چاهی و سرچاهی در حال حاضر بر عهده دستگاه کنترل پنل سرچاهی بوده که در ایران به دلیل تحریم و هزینه بالای تهیه، نگهداری و تعمیر، امکان استفاده از آن فقط برای تعداد محدودی از چاه‌ها امکان‌پذیر می‌باشد و تعداد کثیری از چاه‌های موجود در سطح کشور، علیرغم مجهز بودن به شیر ایمنی درون چاهی، دارای پنل نیستند. در این مقاله ابتدا ایده‌ی نوین ساخت و به‌کارگیری دستگاه PILOPACK مطرح شده و سپس قابلیت اقتصادی و فنی جایگزینی آن با هدف رفع نیاز به استفاده از دستگاه کنترل پنل سرچاهی مورد بررسی قرار گرفته و سپس از نظر هزینه ساخت، تعمیر، نگهداری و تامین قطعات با دستگاه کنترل پنل سرچاهی مقایسه و نتایج آن در قسمت بحث و نتیجه‌گیری ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: دستگاه PILOPACK، کنترل پنل سرچاهی، شیر ایمنی درون چاهی

مقدمه

یکی از مباحث مهم در عملیات راهبری و بهره‌برداری از چاه‌های نفت و گاز، کارکرد ایمن ادوات و تجهیزات تولید نفت و گاز از چاه‌ها می‌باشد. این مهم همواره مد نظر و نقطه نگرانی شرکت‌های تولید نفت و گاز بوده به گونه‌ای که از خود کمیت و کیفیت تولید نیز امری مهم‌تر به شمار می‌آید. تعداد چاه‌های فعال نفت و گاز در سطح یکی از شرکت‌های مهم تولید نفت و گاز ایران هم اکنون بالغ بر ۳۰۰۰ حلقه است که از این تعداد حدود ۸۵۰ حلقه دارای رشته تکمیلی مجهز به شیر ایمنی درون چاهی بوده و از این تعداد نیز تنها حدود ۲۰۰ حلقه مجهز به پنل هستند(نمودار ۱). آن‌گونه که از نمودار برمی‌آید تنها ۶ درصد چاه‌های فعال در این شرکت مجهز به پنل کنترل کننده شیر ایمنی درون‌چاهی هستند و ۲۲ درصد از آنان(۶۵۰ حلقه)، علیرغم صرف هزینه فراوان در خصوص ایمن‌سازی و به‌کارگیری شیر ایمنی درون‌چاهی، به دلیل هزینه بالا و عدم امکان تامین پنل مناسب در شرایط غیر ایمن هستند. از این رو وجود دستگاهی که کنترل شیر ایمنی درون‌چاهی را بر عهده گیرد، امری بدیهی و منطبق با فلسفه به‌کارگیری شیر ایمنی درون چاهی است. چه بسا عدم استفاده از دستگاهی به مانند پنل هیدرولیکی در واقع اتلاف هزینه و سرمایه‌های سازمان در خصوص نصب شیر ایمنی در چاه‌های حفر جدید و تعمیر چاه‌های موجود باشد.



شکل ۱: مقایسه تعداد چاه‌های مجهز به شیر ایمنی درون‌چاهی به تعداد کل چاه‌ها و وضعیت تجهیز آنان به پنل

شایان ذکر است که کنترل عملکرد شیر ایمنی درون‌چاهی در حال حاضر در ایران تنها با کنترل پنل سرچاهی صورت می‌پذیرد. پیشنهاده حاضر به معرفی ایده‌ای جدید می‌پردازد که با توجه به محدودیت‌های مالی و وجود تحریم‌های ظالمانه در تامین قطعات کنترل پنل سرچاهی، خواهد توانست عملکرد ایمن شیر ایمنی درون‌چاهی را تضمین کند. در این پیشنهاده، پس از معرفی تجهیزات ایمنی در مسیر تولید از چاه، به معرفی مختصری از پنل هیدرولیکی سرچاهی و عملکرد آن پرداخته خواهد شد. سپس ضمن معرفی ایده و دستاورد جدید به نام دستگاه PILOPACK، مقایسه مزایا و معایب هرکدام از دستگاه‌های پایش عملکرد شیر ایمنی درون‌چاهی صورت خواهد پذیرفت. در پایان هم نتیجه‌گیری از مطالب ارائه خواهد شد.

آشنایی با تجهیزات ایمنی تولید از چاه

ایمنی تولید از چاه‌های تولید نفت و گاز با به‌کارگیری تجهیزات مختلفی میسر خواهد شد که در زیر به توضیحاتی در خصوص آنان ارائه شده است:

۱. شیر ایمنی درون چاهی(SSSV)[۱]که در مناطق خشکی معمولاً در عمق حدود ۷۰ متری چاه و در مناطق دریایی در عمق ۲۰۰ تا ۲۰۰۰ فوت زیر سطح بستر دریا نصب می‌شوند[۱]. شیرهای ایمنی درون‌چاهی از منظر نوع ساز و کار کنترل ، نوع نصب و نوع ساختار درونی تقسیم‌بندی می‌شوند که در زیر به اختصار تشریح شده است:

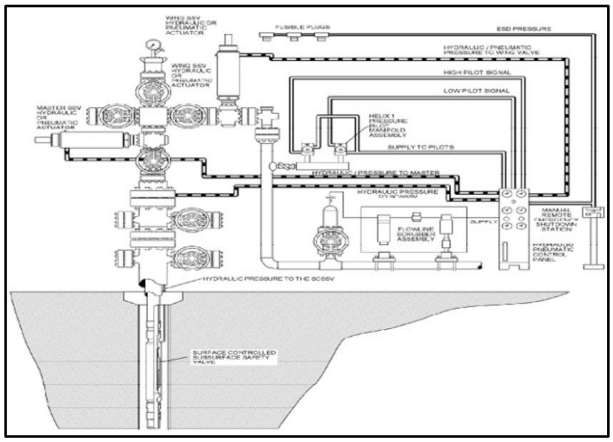
از نظر نوع ساز و کار کنترل، شیرهای ایمنی درون‌چاهی به سه نوع کنترل شونده از سطح (SCSSV)[۲] و کنترل‌شونده از درون چاه (SSCSV)[۳] و شیر ایمنی چاه‌های تزریقی (SSISV)[۴]تقسیم می‌شود. در نوع اول، با اعمال ساز و کار هیدرولیکی یا الکتریکی از سطح، باعث باز و بسته شدن شیر ایمنی درون چاهی شده و توسط حسگرهای فشاری موسوم به به فرمانده فشار[۵]، فشار هیدرولیک یا جریان الکتریکی در مواقع رخداد شرایط از پیش تنظیم، تخلیه یا قطع شده و باعث بسته شدن اضطراری[۶]شیر خواهد شد. از این نوع شیر بیشتر در چاه‌های خشکی استفاده می‌شود (شکل ۲).

در نوع دوم، شیر نسبت به اختلاف فشار یا افت فشار درون لوله مغزی حساسیت داشته و در مواقعی که عملکرد فشار درون لوله مغزی با اختلال مواجه شود(فشار و سرعت سیال و یا اختلاف فشار بیش از حد تنظیمی مورد نظر، کم یا زیاد شود)، مسیر جریان را قطع خواهد نمود. این نوع شیر اغلب در مناطق دریایی مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۳).

در نوع سوم که در چاه‌های تزریقی به کار گرفته می‌شود؛ شیر باعث جلوگیری از برگشت سیال تزریقی شده و به واقع، مانند شیر یک‌طرفه درون‌چاهی عمل خواهد نمود[۲].

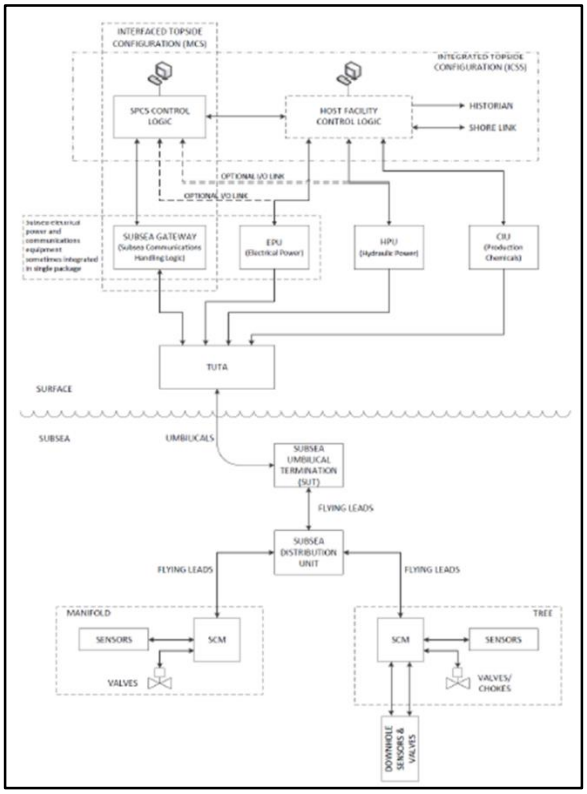
از نظر نوع نصب، شیرهای ایمنی درون چاهی به دو نوع بازیافت شونده با کابل و بازیافت شونده با لوله مغزی تقسیم‌بندی می‌شوند. در نوع بازیافت شونده با کابل، شیر توسط ابزارهای خاصی به کمک کابل چاه‌پیمایی و یا دستگاه لوله مغزی سیار ، نصب و یا خارج خواهد شد. در نوع بازیافت شونده با لوله مغزی، شیر به عنوان قطعه‌ای از رشته تکمیلی به درون چاه رانده شده و تعویض آن منوط به خارج سازی آن با دکل است. نوع بازیافت شونده با کابل در چاه‌های خشکی و نوع بازیافت شونده با لوله مغزی در چاه‌های دریایی مورد استفاده قرار می‌گیرد[۳].

شیر ایمنی درون‌چاهی از نظر ساختار درونی و ساز و کار بسته شدن نیز به سه نوع زبانه‌ای و توپی و پاپت[۷] تقسیم‌بندی می‌شود (شکل ۴ تا ۷).

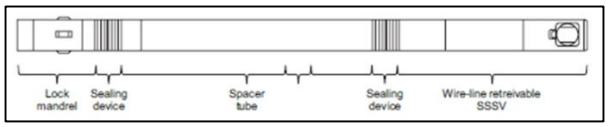


شکل۲: شمای اتصال کنترل پنل سرچاهی به شیرهای ایمنی و نحوه کارکرد سامانه ایمنی چاه در مناطق خشکی

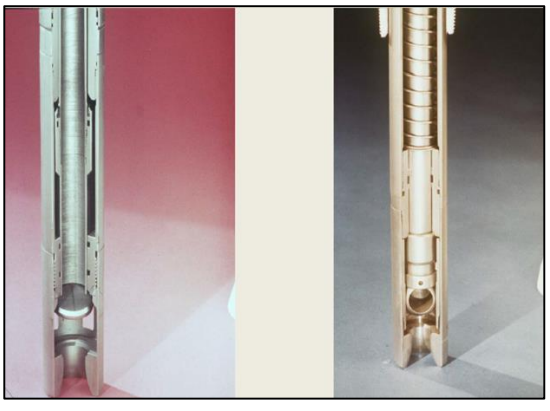
[۱]Subsurface Safety Valve
[۲]Surface Control Subsurface Safety Valve
[۳]Subsurface Control Safety Valve
[۴]Subsurface Injection Safety Valve
[۵]Pilot
[۶]Tripping
[۷]Poppet



شکل ۳: نمونه‌ای از یک سامانه کنترل هوشمند جریان چاه در مناطق دریایی

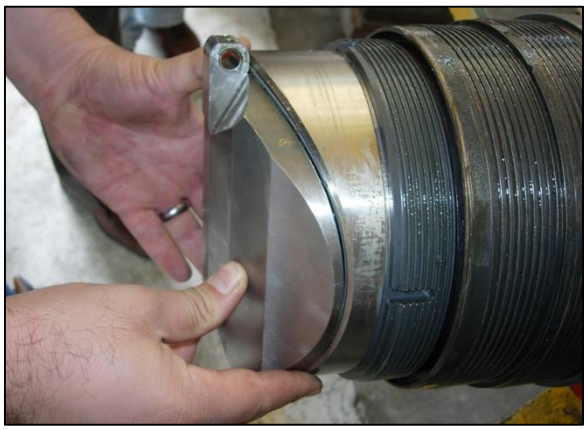


شکل ۴: اجزای مختلف شیر ایمنی درون چاهی از نوع بازیافت شونده



شکل۵: برش مقطعی از شیرهای ایمنی درون چاهی با بندآور زبانه‌ای و توپی

شکل ۶: اجزای درونی شیر ایمنی درون چاهی(حلقه–پیستون عمل‌گر و فنر بندآور شیر)



شکل ۷: زبانه شیر ایمنی و نشیمنگاه آن(نشت بندی فلز به فلز)

۲. شیر ایمنی سطحی (SSV) [۱]یا سرچاهی که در بالای شیرهای اصلی تاج چاه نصب می‌شوند(شکل ۸) و خود به دو نوع UX (شکل ۹)و X (شکل۱۰) تقسیم‌بندی می‌شوند.

نوع UX که رایج‌ترین نوع شیر ایمنی سرچاهی در مناطق نفت‌خیز ایران است، به وسیله فشار سیال چاه باز می‌شود به طوری که فشار از طریق شیرهای سوزنی[۲] و یک‌طرفه سرعتی[۳] بر روی پیستون اعمال می‌شود و آن را به طرف پائین حرکت می‌دهد. در محفظه بالایی، فنری روی ساقه شیر قرار گرفته که در جهت مفالف حرکت پیستون ایستادگی می‌کند. پس کافی است که اندکی فشار بیشتر بر روی پیستون وارد آید تا شیر باز شود و همین امر باعث باز شدن سریع آن می‌گردد(شکل ۱۱). تا زمانی که فشار روی پیستون برقرار است شیر باز می‌ماند ولی هنگامی که فشار سیال روی پیستون از طریق فرمانده‌های فشار کم و زیاد(نصب بر خود شیر، نصب بر روی میز کنار چاه و یا کنترل پنل) رها شود، شیر توسط نیروی ذخیره شده در فنر به سرعت بسته شده و مسیر جریان چاه را قطع خواهد نمود. در حال حاضر شیرهای ایمنی که بر روی

[۱]Surface Safety valve
[۲]Needle valve
[۳]Velocity Check Valve

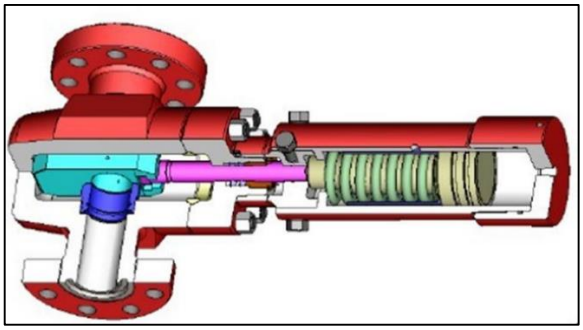
چاه‌های شرکت فوق‌الذکر نصب می‌شود اغلب از نوع BAKER-E بوده که ساز و کار عمل آن مشابه نوع UX بوده و موارد استفاده از نوع UX محدودتر شده است.

نوع X که به کمک نیروی حاصل از فشار جریانی نفت و گاز روی سرویس قرار می‌گیرد. به این صورت که فشار از طریق سوراخی که در وسط لوله اصلی می‌باشد عبور کرده و وارد محفظه بالای پیستون می‌شود که با باز شدن شیر سرعتی این فشار به زیر پیستون منتقل شده و باعث بالا رفتن میله اصلی در نتیجه باز شدن شیر ایمنی سطحی می‌گردد. از این رو نسبت به شیرهای UX فشار بیشتری برای باز شدن نیاز دارند و معمولاً مورد استفاده جدید قرار نمی‌گیرند[۴].

شکل ۸: موقعیت قرارگیری شیر ایمنی سرچاهی بر روی تاج چاه

شکل ۹: شیر ایمنی سطحی رایج در مناطق نفت‌خیز جنوب از نوع UX یا BAKER-E و پایلوت‌های آن

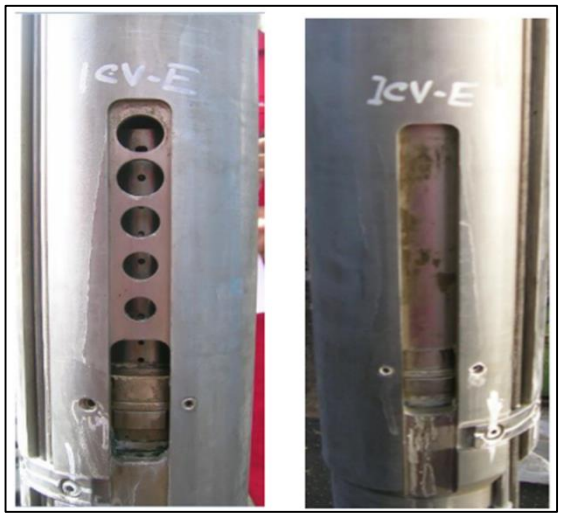
شکل ۱۰: شیر ایمنی سطحی از نوع X و نحوه اتصال مسیر تغذیه آن به وسط بدنه شیر



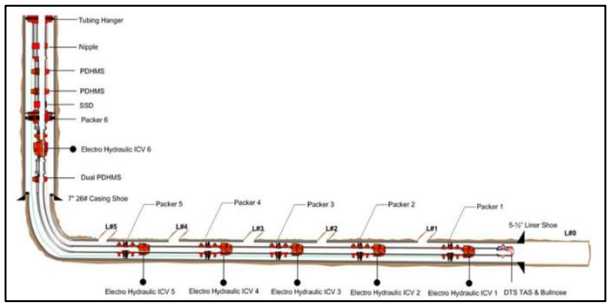
شکل ۱۱: ساختار داخلی یک شیر ایمنی سرچاهی از نوع UX

۳. شیر کنترل درون چاهی (DHCV) [۱]که علاوه بر تامین ایمنی چاه، وظیفه کنترل میزان جریان جهت تولید بهینه و صیانتی از مخزن و چاه را نیز بر عهده دارد(شکل ۱۲). از این فناوری در چاه‌های هوشمند[۲]و به خصوص چند شاخه‌ای[۳] و تکمیل چندگانه[۴] استفاده می‌شود(شکل ۱۳) که در حال حاضر فرآیند اولیه مطالعات و امکان‌سنجی اجرای آن در سطح کشور، توسط گروه‌های فنی و پژوهشی مربوطه در دست پی‌گیری و اقدام می‌باشد. شیرهای مذکور با به‌کارگیری فرمان‌های هیدرولیکی، الکتریکی، الکتروهیدرولیکی و موج‌های پس‌فشاری[۵] سیال تولیدی چاه کنترل می‌شوند[۵].

[۱] Downhole control Valve
[۲] Intelligent well
[۳] Multi- Lateral
[۴] Multiple Completion
[۵] Back Pressure Wave

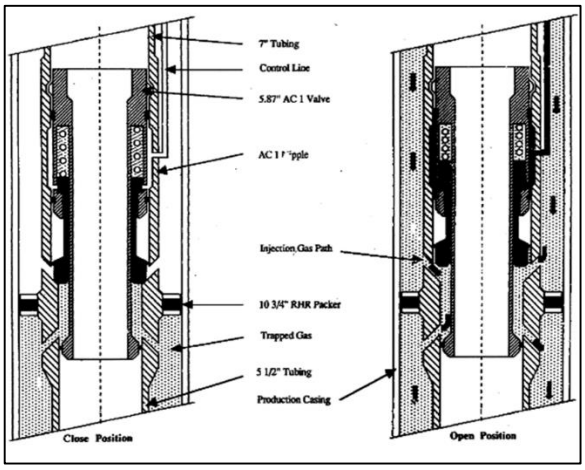


شکل ۱۲: شیر کنترل درون چاهی در حالت بسته(سمت راست) و حالت کاملاً باز(سمت چپ)



شکل ۱۳: نحوه‌ی به‌کارگیری شیر کنترل درون چاهی برای یک چاه چند لایه‌ای

۴. شیر ایمنی فضای دالیزی (DHASV)[۱] که در چاه‌های تزریقی گاز(خصوصاً در چاه‌های دریایی) کاربرد گسترده‌ای دارند. علیرغم این که شیرهای تزریق گاز خود به مانند یک شیر یک‌طرفه عمل می‌کنند، اما نمی‌توان از آنها به عنوان یک تجهیز ایمنی در مقابل فوران سیال چاه از دالیز استفاده کرد. از این رو شیر ایمنی درون‌چاهی فضای دالیزی که به عنوان قسمتی از رشته تکمیل به همراه لوله مغزی به درون چاه رانده می‌شود، مورد استفاده قرار می‌گیرد. ساز و کار شیر مذکور شبیه شیر ایمنی درون‌چاهی بوده با این تفاوت که به جای مسیر اصلی تولید چاه مسیر گاز تزریقی فرازآوری را تحت کنترل خود قرار می‌دهد(شکل ۱۴).[۶]



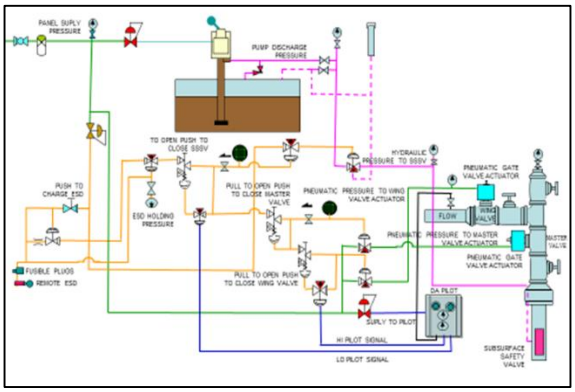
شکل ۱۴: شیر ایمنی فضای دالیزی و عملکرد آن در حالت باز(سمت راست) و بسته(سمت چپ)

آشنایی با کنترل پنل هیدرولیکی سر چاهی (WHCP)[۲]

کنترل پنل به عنوان دستگاهی برای پایش فشاری تسهیلات تاج چاه و خط لوله جریانی و همچنین روی سرویس قرار دادن و از سرویس خارج نمودن شیر ایمنی سرچاهی و درون‌چاهی در شرایط از پیش تعیین شده به کار می‌رود. دستگاه مذکور به هنگام رخداد افزایش یا کاهش فشار غیر مترقبه در قبل و بعد از کاهنده سر چاهی با توجه به عملکرد چاه و کلاس کاری تسهیلات سرچاهی و خط لوله جریانی و جهت جلوگیری از رخداد اتفاقات غیر ایمن ناشی از نشت سیالات و آسیب زننده به تجهیزات و کارکنان و محیط زیست، باعث بسته شدن شیر ایمنی سرچاهی و درون‌چاهی می‌شود(شکل ۱۵). همچنین یکی از کاربردهای مهم دیگر دستگاه، سهولت در روی سرویس آوردن و باز نمودن شیرهای ایمنی درون‌چاهی و سرچاهی با کمک گرفتن از پمپ روغن پنوماتیکی درون دستگاه است. جهت نیل به این هدف، دستگاه می‌بایست از یک منبع سیال گاز فشرده(اعم از هوا، نیتروژن و یا گاز چاه) بهره‌مند گردد. همین کارکردهای چندگانه باعث افزایش تعداد قطعات و پیچیدگی‌های خاص در هزینه ساخت، راه‌اندازی، راهبری، تامین و تعمیر قطعات آن خواهد شد(شکل ۱۶). با این حال استفاده از این دستگاه در چاه‌های مجهز به شیر ایمنی درون‌چاهی(و حتی بدون شیر ایمنی درون چاهی) کاملاً ضروری است به گونه‌ای که عدم به‌کارگیری کنترل پنل در این گونه چاه‌ها، در واقع وجود شیر ایمنی درون چاهی را بی معنا می‌سازد. عواملی که باعث بستن شیرهای ایمنی توسط پنل خواهند شد عبارتند از: کاهش در فشار هیدرولیک پنل، کاهش در فشار تغذیه هوا(گاز) پنل، کاهش و یا افزایش فشار سیال تولیدی چاه[۷].

[۱] Downhole annulus Safety valve

[۲] Wellhead Control Panel



شکل ۱۵: نمودار کاری تجهیزات پایشی فشار و کارکرد پنل (شرکت BAKER)

شکل ۱۶: تجهیزات داخلی یک نمونه دستگاه کنترل پنل هیدرولیکی و پیچیدگی و تعدد تجهیزات آن(پنل شرکت BAKER)

معرفی دستگاه PILOPACK

این دستگاه با استفاده از نصب و تلفیق مجموعه‌ای از پایلوت‌های معمول و مرسوم در سطح شرکت‌های تولید نفت و گاز در ایران، می‌تواند با پایش فشار مسیر تولید چاه، عملکرد شیر ایمنی درون‌چاهی را در چاه‌هایی که دارای کنترل پنل نیستند، تحت کنترل قرار دهد. این دستگاه متشکل از سه پایلوت است؛ پایلوت‌های نوع B، D و M. فشار مسیر خط لوله جریانی چاه از انشعاب موجود بعد از کاهنده(یا بسته به شرایط فشاری چاه، از قبل کاهنده) از طریق یک لوله فولاد آلیاژی مناسب با فشار و ترکیب درصد سیال چاه به دستگاه وارد شده و پس از پایش، در صورتی که فشار سیال از حد مورد تنظیم پایلوت‌ها فراتر رفته یا کمتر شود، پایلوت‌های B و D ضمن تخلیه فشار هیدرولیکی اعمالی بر پایلوت M، باعث ترخیص فشار روغن هیدرولیکی وارد بر مسیر تغذیه شیر ایمنی درون‌چاهی شده و موجب بسته شدن آن خواهد شد. از آنجایی که در چاه‌های مجهز به پنل هیدرولیکی سرچاهی طبق منطق اعمال شده بر آن، جهت جلوگیری از اعمال فشار یک‌طرفه به زیر شیر زبانه شیر ایمنی درون‌چاهی و احتمال رخداد ضربه قوچ ، ابتدا شیر ایمنی سرچاهی بسته شده و پس از حدود ۶۰ ثانیه شیر ایمنی درون‌چاهی بسته خواهد شد[۸]. در این دستگاه نیز فشار تنظیمی پایلوت‌ها به گونه‌ای تنظیم خواهد شد که ابتدا شیر ایمنی سرچاهی از طریق پایلوت‌های نصب شده بر روی آن بسته شود و پس از کاهش فشار ناشی از بسته شدن شیر ایمنی سرچاهی، شیر ایمنی درون‌چاهی بسته شود. به عنوان نمونه در جدول ۱ مقادیر فرضی تنظیم فشار پایلوت‌ها جهت تشریح بیشتر ارائه شده است:

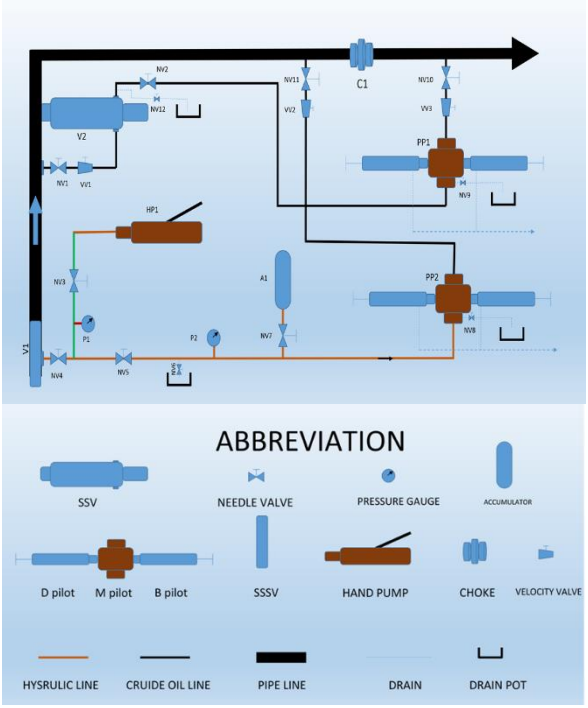
جدول ۱: مثالی از فشار تنظیمی پایلوت‌های شیر ایمنی درون‌چاهی و سرچاهی برای یک چاه فرضی

فشار بسته چاه(پام)	۶۲۰	
فشار قبل از کاهنده(پام)	حداکثر	۵۲۰
	حداقل	۵۰۰
فشار بعد از کاهنده(پام)	حداکثر	۳۶۰
	حداقل	۳۴۰
شیر ایمنی سرچاهی	فشار تنظیمی بالا(پام)	۵۵۰
	فشار تنظیمی پائین(پام)	۴۸۰
شیر ایمنی درون‌چاهی	فشار تنظیمی بالا(پام)	۳۸۰
	فشار تنظیمی پائین(پام)	۳۲۰

همچنین این دستگاه در مجموعه‌ای با قابلیت قفل(به مانند پنل‌های موجود) طراحی شده است که محل شارژ روغن کنترل شیر ایمنی درون‌چاهی نیز در آن تعبیه شده و عملاً نیاز به رفتن بهره‌بردار به درون حوضچه چاه که مخاطراتی مانند گاززدگی، سقوط از ارتفاع موقع بستن اتصالات پمپ دستی به فلنج آکنددار و نیز به هنگام پر بودن سلر از آب را مرتفع می‌سازد که این مهم نیز می‌تواند کمک شایانی به ایمنی و سلامت کارکنان و تسریع و بهینه‌سازی روی سرویس قرار دادن شیر ایمنی درون‌چاهی بنماید.

همچنین دستگاه مجهز به فشارسنج و شیر ایمنی ترخیص فشار مازاد بر روی مسیر روغن تغذیه شیر ایمنی درون‌چاهی است(مثلاً اگر فشارکاری تاج چاه ۳۰۰۰ پام باشد، شیر ترخیص فشار مازاد بایست در فشار ۲۸۰۰ پام تنظیم شده و عمل کند) تا از افزایش فشار ناخواسته بیش از حد مسیر تزریق که منجر به خرابی آکندها و عدم تثبیت فشار روغن کنترل و در نتیجه باز نشدن شیر ایمنی و تعمیر چاه خواهد شد، جلوگیری نماید.

در شکل ۱۷ نمودار کاری و نحوه اتصال و ادوات موجود در دستگاه نمایش داده شده است.



شکل ۱۷: نمودار کاری و نحوه اتصال و ادوات موجود در دستگاه PILOPACK

جدول ۲: مقایسه عوامل فنی و غیر فنی مختلف بین کنترل پنل و دستگاه PILOPACK

عامل مقایسه	کنترل پنل	دستگاه PILOPACK
وزن	بسیار زیاد – با جرثقیل	کم – به سهولت
محدوده‌ی قیمت	۲،۵۰۰،۰۰۰،۰۰۰ تومان	۵۰۰،۰۰۰،۰۰۰ تومان
پیچیدگی	بسیار زیاد	کم
منبع تامین قطعات	داخلی - خارجی	داخلی
قطعات متحرک	دارد	ندارد
تولید بار اول	خیر	بله
نیاز به منبع تغذیه سیال فشرده	دارد	ندارد
سهولت در نصب	کند	سریع
سهولت در کاربری	نیازمند آموزش خاص	آسان
قابل تعمیر توسط شرکت‌های تولید نفت و گاز	خیر	بله
نیازمند سرویس و پایش روزمره	بله	خیر
سرعت رفع اشکالات عمده	کند – نیازمند تامین قطعه از سازنده	سریع – قابل رفع توسط ابزاردقیق شرکتها
کنترل شیر ایمنی سطحی	بله	خیر – کنترل توسط پایلوتهای خود شیر ایمنی سطحی انجام می‌شود

بحث و نتیجه‌گیری

۱. استفاده از سامانه‌ای که بتواند کنترل عملکرد شیر ایمنی درون‌چاهی و سرچاهی را بر عهده بگیرد، همان‌گونه که از ضروریات پدافند غیر عامل است، کاملاً ضروی و حیاتی است.

۲. ایمنی کارکنان، چاه، تاسیسات و ساکنین اطراف محیط تولید نفت و گاز و همچنین جلوگیری از آلودگی محیط زیست با مواد هیدروکربنی از مزایای استفاده از دستگاه PILOPACK می‌باشد.

۳. با توجه به مقایسه صورت گرفته بین کارائی دستگاه PILOPACK و کنترل پنل سرچاهی مرسوم در صنعت نفت ایران در جدول ۲، می‌توان دریافت که دستگاه مذکور می‌تواند جایگزین مطمئنی برای پنل‌های سرچاهی در چاه‌های مجهز به شیر ایمنی درون‌چاهی بدون پنل باشد.

۴. با توجه به حدود قیمت برآورد شده برای دو دستگاه در جدول ۲، برای هر چاه صرفه‌جویی هزینه‌ای حداقل معادل ۸۰ درصد برابر با ۲۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰ ریال(معادل ۲ میلیارد تومان) لحاظ خواهد شد که برای ایمن نمودن ۶۵۰ حلقه چاه مجهز به شیر ایمنی درون‌چاهی بدون پنل در شرکت مذکور، مبلغ ۱،۳۰۰ میلیارد تومان از هزینه‌های مورد نیاز کاسته خواهد شد.

۵. از مزایای اصلی دستگاه PILOPACK قابلیت تولید داخل ۱۰۰ درصدی، ویژگی تولید بار اول بودن آن و عدم وجود قطعات متحرک است که برتری بالایی نسبت به کنترل پنل سرچاهی است.

۶. برتری کنترل پنل سرچاهی بر دستگاه PILOPACK، قابلیت کنترل همزمان بر شیرهای ایمنی درون‌چاهی و سرچاهی است. اما این موضوع با توجه به وجود پایلوت‌های مخصوص شیر ایمنی سرچاهی در چاه‌های مورد نظر که در حال حاضر بر روی آنها نصب هستند، عملاً مرتفع شده است.

مراجع

[1] *Specification for Subsurface Safety Valve Equipment, API Specification 14A*, Twelfth Edition, January 2015

[2] *Design, Installation, Operation, Test, and Redress of Subsurface Safety Valve Systems, API Recommended practice 14B*, Sixth edition, September 2015

[3] *Standard for Subsea Production Control System, API Standard 17 F*, Fourth Edition, November 2017

[۴]کتابچه آموزشی ابزار دقیق مجتمع آموزش شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب

[5] S. Jacob, N. Abdulbaqi, Ch. Verma, "Case Study of Intelligent Completion with New Generation Electro-Hydraulic Down hole Control System," SPE-182761-MS, SPE Kingdom of Saudi Arabia Annual Technical Symposium and Exhibition held in Dammam, Saudi Arabia, 25–28 April 2016

[6] J. L. Geyelin, "Field Experiences in Down hole Annulus Safety Valves," SPE 19278/1, Offshores Europe 89, Aberdeen, September 1989.

[۷]کتابچه آموزشی کنترل پنل هیدرولیکی شرکت Baker
[۸]م. آقامینی، و ح. نصیری ، "بررسی اثر پدیده ضربه قوچ بر طراحی شیر ایمنی درون‌چاهی مورد استفاده در چاه‌های پر فشار"، اولین کنفرانس ملی(نفت، گاز و پتروشیمی)، شیراز، آذر ماه ۱۳۹۳