REDUCING EMISSIONS WHEN TAKING COMPRESSORS OFF-LINE / تقليل الانبعاثات عند فصل الضاغطات

ملخص تنفيذي

تستخدم الضاغطات في نظام الغاز الطبيعي لنقل الغاز الطبيعي من مواقع الإنتاج والمعالجة إلى أنظمة التوزيع الاستهلاكي. وعندما تنفصل الضاغطات قد يتسرب الغاز الطبيعي من عدة مصادر وتعتمد كمية الغاز المتسرب على نظام الضغط. ففي الأنظمة منعدمة الضغط تنجم انبعاثات غاز الميثان عن "تصريف" أو تسرب الغاز عالي الضغط والمتبقي داخل الضاغط وعن الغاز المتسرب باستمرار من صمامات عزل الوحدات. أما في الأنظمة محكمة الضغط فقد يتسرب الغاز الطبيعي من صمام التصريف المغلق ومن ذراع التحكم في الضاغط.

وقد رأي شركاء ستار (STAR) للغاز الطبيعي أن إجراء بعض التغييرات البسيطة على إجراءات المعالجة قد توفر المال وتقلل كثيرًا من انبعاثات غاز الميثان. ويعمل الحفاظ على ضغط الضاغطات عند انفصالها لأسباب تشغيلية على تحقيق تعويض تكلفة المشروع ـــ أي عندما يؤدي تجنب "التصريف" إلى تخفيض تكاليف رأس المال وتقليل الانبعاثات. هناك أيضًا خياران آخران لتقليل انبعاثات غاز الميثان إما بتوصيل أنابيب التصريف بمنظومة غاز الوقود مما يسمح باستخدام الغاز المتسرب بصورة طبيعية أثناء انفصال الضاغط. أيضًا يمكن تركيب قفل الضغط الساكن على ذراع الضاغط لمنعه من تسريب الغاز أثناء الإغلاق. تتضمن فوائد هذه الإجراءات تقليل الانبعاثات الكلية للغاز وخفض معدلات التسرب وتكلفة الوقود مع وجود فترة تعويض تكلفة المشروع تقل عن العام في معظم الحالات.

طرق تقليل انبعاثات غاز الميثان	حجم التوفير في معدلات الغاز الطبيعي (ألف قدم مكعب/سنويًا)	مقدار التوفير في معدلات الغاز الطبيعي (بالدولار/سنويًا)[٢]	تكلفة البدء في التنفيذ (بالدولار)	فترة تعويض تكلفة المشروع (بالأشهر)
الاختيار الأول: الإبقاء على الضغط	٤٤٠٠	٣٠٨٠٠	٠	
الاختيار الثاني: الإبقاء على الضغط وتحويل الغاز المتسرب إلى وقود	+١٣٤٥[١]	+١٣٤٥[١]	+١٣٤٥[١]	٣
الاختيار الثالث: الإبقاء على الضغط وتركيب قفل الضغط الساكن فورًا	+١٢٠٠[١]	+٨٤٠٠[١]	+٤٢١٠[١]	٧

[١] الإنتاج المضطرد
[٢] قيمة الغاز=٧,٠٠/أ. ق. م

هذه سلسلة واحدة من "ملخصات الدروس المستفادة" التي أعدتها "وكالة الحماية البيئية" (EPA) بالتعاون مع جهات صناعة الغاز الطبيعي بخصوص التطبيقات الفائقة لـ"أفضل ممارسات الإدارة" (BMPs) والفرص المذكورة من جانب الشركاء (PROs) التابعة لبرنامج ستار للغاز الطبيعي Natural Gas STAR.

الدروس المستفادة

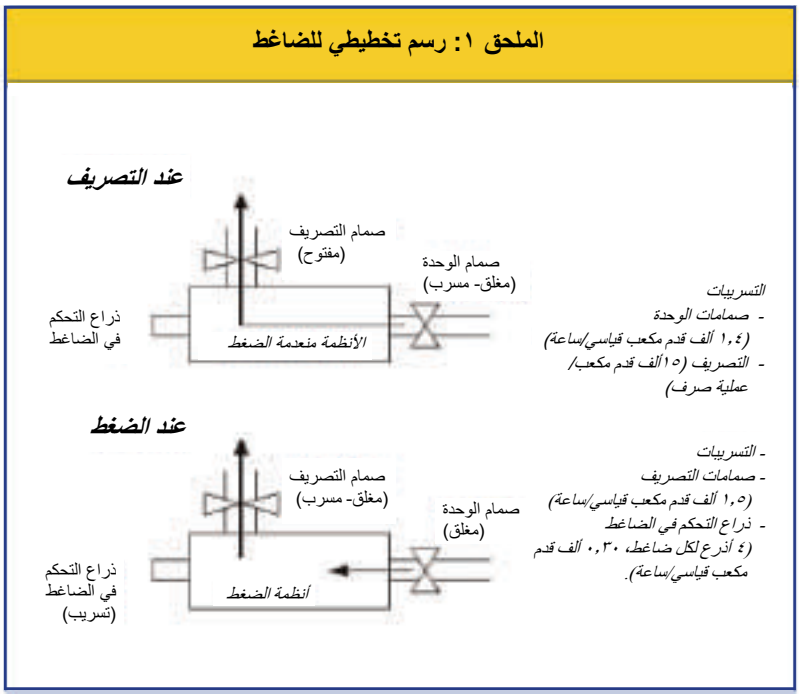
الخلفية الفنية

يتم تركيب الضاغطات المستخدمة في نظام الغاز الطبيعي متصلة ومنفصلة لاستيفاء الطلب المتغير على الغاز. ولأغراض الصيانة أو عند الطوارئ يتم استخدام ضاغطات منفصلة. وعند الانفصال يكون الإجراء المثالي المتبع هو "التصريف" أو تسريب الغاز عالي الضغط والمتخلف في الضاغط. ومع تصريف الضاغط، يستمر التسرب من صمامات عزل الوحدات.أما مع الضاغطات محكمة الضغط، فقد يتسرب الغاز الطبيعي من صمام التصريف المغلق ومن ذراع التحكم في الضاغط (انظر الملحق ١).

يعتمد عدد مرات تصريف الضاغط للأغراض التشغيلية على حالة التشغيل. فهناك بعض ضاغطات الحمل الأساسي التي تعمل معظم الوقت ولا يتم تصريفها إلا ثلاث مرات فقط سنويًا. ويكون زمن التوقف لهذه الضاغطات حوالي ٥٠٠ ساعة سنويًا. في حين نجد ضاغطات الحمل الذروي التي تتماشى بالزيادة مع زيادة الطلب والضغط المرتفع على خطوط الأنابيب وبالنقصان مع انخفاض الطلب في السوق. يمكن أن يحدث الفصل بهذه الضاغطات بمتوسط ٤٠ مرة في العام أي ٤٠٠٠ ساعة تقريبًا.

يختلف معدل ضاغطات الحمل الأساسي عن ضاغطات الحمل الذروي وذلك بين شركات خطوط الأنابيب نظرًا لاختلاف استراتيجيات التشغيل، طبيعة النظام والأسواق. ففي بعض خطوط الأنابيب يكون ٤٠ بالمائة من الضاغطات أساسية الحمل وفي البعض الآخر يعمل ٧٥ بالمائة منها بطريقة الحمل الأساسي.

الملحق ١: رسم تخطيطي للضاغط



يعد أهم مصدر لانبعاثات غاز الميثان والمرتبطة بفصل الضاغطات هو تصريف أو تسرب الغاز المتخلف في الضاغط (أي عند خلو النظام من الضغط). وفي المتوسط سينجم عن التصريف الواحد خروج حوالي ١٥ ألف قدم مكعب من الغاز إلى الهواء.

تعتبر صمامات عزل الوحدات مصدرًا آخرًا لانبعاثات غاز الميثان من الضاغطات المفصولة. تقوم هذه الصمامات الكبيرة بعزل الضاغط عن خط الأنابيب ويمكنها أن تسرب كميات كبيرة من الغاز الطبيعي بين ضغط خطوط الأنابيب المرتفع والضغط الجوي. ويكون متوسط معدل التسريب من صمامات الوحدة الواحدة هو ١٤٠٠ قدم مكعب. وعلى الرغم من أن صمامات الوحدة يتم صيانتها باستمرار لتقليل التسريب فإنه ينجم عن صعوبة الوصول إليها المزيد من التسريب بين فترات الصيانة الدورية.

هناك ذراع التحكم في الضاغط وصمامات التصريف والذين يعدون من مصادر الانبعاثات من الضاغطات المنفصلة. ستقوم الوصلات المانعة بذراع التحكم في الضاغط بالتسريب خلال أعمال التشغيل العادية إلا أن هذا التسريب يزداد تقريبًا بمقدار أربع مرات (إلى حوالي ٧٥ قدم مكعب قياسي/الساعة لكل ذراع أو ٣٠٠ قدم مكعب قياسي/الساعة لكل ضاغط ذو أربع اسطوانات) وذلك عندما يتعطل الضاغط ويصبح كامل الضغط وليس مصرفًا. وتحدث التسريبات خلال الثغرات بين حلقات الوصلات المانعة والثلمات الداعمة والتي تسدها الحركة الديناميكية لذراع التحكم والزيوت التزليقية. انظر *الدروس المستفادة لوكالة الحماية البيئية* (EPA): *تقليل انبعاثات غاز الميثان من ذراع التحكم في الضاغط*. قد يكون المعدل النمطي للتسرب من صمامات التصريف في أنظمة الضغط هو ١٥٠ قدم مكعب قياسي/الساعة.

الدروس المستفادة

قام شركاء ستار (STAR) للغاز الطبيعي بتقليل انبعاثات غاز الميثان من الضاغطات المفصولة بدرجة كبيرة وذلك لأسباب تشغيلية عن طريق تطبيق أحد أو أكثر المعايير التالية:

١- حافظ على معدل ضغط الضاغط. تجنب انبعاثات تصريف الضاغط عن طريق الإبقاء على الضاغطات كاملة الضغط. هذا سيؤدي إلى خفض معدل التسريب بدرجة كبيرة من ١٤٠٠ قدم مكعب قياسي/الساعة عند صمام الوحدة إلى تقريبًا ٤٥٠ قدم مكعب قياسي/الساعة من صمام التصريف وذراع التحكم. ومع عدم إجراء أية تغييرات على الوحدة فإن ذلك هو أفضل معيار لجميع الضاغطات كلما أمكن ذلك.

٢- حافظ على الضغط ووصل أنابيب التصريف بمنظومة الوقود. سيسمح توصيل أنابيب التصريف بمنظومة غاز الوقود باستخدام الغاز المتسرب عند فصل الضاغط. وعند تعادل الضغط بين منظومة الوقود والضاغط، يطفو الضاغط عند ضغط غاز الوقود (وهو ١٠٠ - ١٥٠ رطل لكل بوصة مكعبة). ويقل التسرب والتصريف من ذراع التحكم بالضاغط إلى حوالي ١٢٥ قدم مكعب قياسي/الساعة. ويستمر التسرب من صمامات الوحدة إلى الضاغط في تغذية منظومة الوقود عن طريق وصلة التهوية.

٣- حافظ على الضغط وقم بتركيب قفل الضغط الساكن. يعمل قفل الضغط الساكن بذراع الضاغط على الحد من تسريبات ذراع التحكم خلال عملية الإغلاق والمحافظة على معدل ضغط الضاغط. يتم تركيب قفل الضغط الساكن على كل ذراع تحكم خارج حلقات الحشو التقليدية. ويعمل المتحكم التلقائي عندما يتم إغلاق الضاغط وبذلك يضع قفلًا محكمًا حول الذراع ثم يزيل المتحكم القفل عند التشغيل. ويحدث التسريب فقط عندما يكون صمام التصريف ١٥٠ قدم مكعب قياسي/الساعة عند ضغط المنظومة.

الفوائد الاقتصادية والبيئية

يؤكد شركاء ستار (STAR) للغاز الطبيعي إمكانية تحقيق فوائد بيئية واقتصادية جمة بالقيام ببعض الخطوات البسيطة لتجنب تصريف أو انعدام الضغط في الضاغطات المفصولة كلما أمكن ذلك:

- ★ **تقليل الانبعاثات الغازية:** يمكن أن يوفر ضغط الضاغطات المفصولة ١٥ قدم مكعب قياسي/الساعة عند كل مرة يتم فيها فصل الضاغط. وإذا تم القيام بتصريف وحدات الحمل الأساسي ثلاث مرات سنويًا وتصريف وحدات الحمل الذروي أربعين مرة في العام فسيتم توفير ما بين ٤٥ و٦٦٠ ألف قدم مكعب سنويًا.
- ★ **معدلات التسريب المنخفضة:** يعمل الحفاظ على ضغط الضاغطات كاملا على تجنب التسريبات الجسيمة خلال صمامات الوحدة والتي تصل إلى ٤٧٥ ألف قدم مكعب سنويًا لوحدات الحمل الأساسي و٣٨٠٠ ألف قدم مكعب سنويًا لوحدات الحمل الذروي.
- ★ **تقليل تكاليف الوقود:** يتم توصيل الغاز المتسرب من الضاغط بمنظومة غاز الوقود بدلا من تركه يتسرب من الضاغطات وذلك يساعد في تقليل تكاليف الوقود.

عملية اتخاذ القرار

يمكن بسهولة وفعالية من حيث التكاليف خفض انبعاثات غاز الميثان الناجمة عن انفصال الضاغطات عن طريق اتباع الخطوات الأربع التالية:

الخطوة ١: حدد بدائل التصريف. هناك ثلاثة اختيارات والمذكورة في قسم الخلفية الفنية والتي يمكن القيام بها عند فصل الضاغطات لأسباب تشغيلية:

- ★ **المحافظة على ضغط الضاغط**
- ★ **المحافظة على الضغط ووصل أنابيب التصريف بمنظومة الوقود**
- ★ **المحافظة على الضغط وقم بتركيب قفل الضغط الساكن**

يعد أفضل اختيار لجميع الضاغطات هو تجنب خلوها من الضغط كلما أمكن ذلك. يوفر الاختياران ٢ و٣ التوفير الإضافي للغاز عند اتباعهما مع الاختيار ١. يمكن استخدام الاختيار ٢ عند فصل الضاغط لأغراض الصيانة أو الطوارئ حيث سيؤدي تفريغ الغاز المتسرب من الضاغط أثناء تصريفه في منظومة الوقود إلى تقليل الانبعاثات وتوفير المال.

الخطوة ٢: حساب مقدار وقيمة مفقودات الغاز الطبيعي. تعتبر مفقودات الغاز الطبيعي الكلية من الضاغطات المفصولة والمصرفة هي مقدار المفقودات الناجمة عن تسريب الضاغط وعن صمامات الوحدة خلال الفترة التي يكون فيها الضاغط خالٍ من الضغط. وتشمل المعطيات الأساسية لحساب المفقودات الكلية لكل ضاغط سنويًا:

الدروس المستفادة

محتوى غاز الميثان في الغاز الطبيعي

تحتوي خطوط أنابيب الغاز الطبيعي عالي الجودة الموجودة بقطاع النقل على حوالي ٩٣% من غاز الميثان. ويمكن تقدير نسب انخفاض انبعاثات غاز الميثان بتطبيق محتوى الميثان في خطوط أنابيب الغاز عالي الجودة على مدخرات الغاز الطبيعي والتي تم حسابها في هذه الوثيقة.

- ★ عدد مرات التصريف **في** العام (B)
- ★ حجم الضاغط المضغوط بين صمامات وحدة العزل (V). يعتمد حجم الغاز المتسرب لكل مرة تصريف على حجم تجويف الضاغط والأنابيب بين صمامات العزل والضغط. ويمكن حساب ذلك مباشرة باستخدام قانون هنري (يتناسب الحجم عكسيًا مع الضغط أو $P_1V_1=P_2V_2$) الرقم القياسي لوكالة الحماية البيئية EPA هو ١٥ ألف قدم مكعب لكل مرة تصريف).
- ★ فترات **ومدد** الإيقاف (T)
- ★ معدل التسريب عند صمامات الوحدة .(U)يمكن قياس تسريبات صمامات الوحدة عند التصريف باستخدام أدوات قياس محمولة. وعامة تزداد معدلات التسريب عند قياسها بعد آخر أعمال صيانة الصمامات. ويستخدم الرقم القياسي ١٤٠٠ قدم كعب قياسي/الساعة في هذا التحليل.

ويتم حساب المفقودات الكلية (TL) كما يلي: .TL=BV+TU والقيمة الكلية (TV) أو تكلفة هذه الانبعاثات هي عدد المرات (TL) سعر الغاز (P) أو .TV=TL × P

من السهل الحصول على معظم هذه المعلومات من سجلات التشغيل أو لوحة المواصفات أو يمكن تقديرها. يوضح الملحق ٢ نموذجين لحساب المفقودات أحدهما لضاغط الحمل الأساسي والآخر لضاغط الحمل الذروي.

الملحق ٢: عينة الحسابات

الافتراضات	الحمل الأساسي	الحمل الذروي
عدد مرات التصريف/سنويًا	٣	٤٠
حجم الغاز المضغوط (قدم مكعب قياسي)	١٥٠٠٠	١٥٠٠٠
ساعات الانفصال/سنويًا	٥٠٠	٤٠٠٠
معدل تسريب صمام الوحدة (قدم مكعب قياسي)	١٤٠٠	١٤٠٠
العينة ١: ضاغط الحمل الأساسي		
الانبعاثات الكلية	=(٣×١٥ ألف قدم مكعب) + (٥٠٠ ساعة × ١,٤ قدم مكعب/ساعة) =٧٤٥ أ. قدم مكعب/سنويًا	
القيمة الكلية	=٧٤٥ أ. قدم مكعب/سنويًا× ٧,٠٠ دولار/قدم مكعب قياسي =٥٢١٥ دولار سنويًا	
العينة ٢: ضاغط الحمل الذروي		
الانبعاثات الكلية	=(٤٠ × ١٥ ألف قدم مكعب) + (٤٠٠٠ ساعة × ١,٤ ألف قدم مكعب/ساعة) =٦٢٠٠ ألف قدم مكعب/سنويًا	
القيمة الكلية	=٦٢٠٠ ألف قدم مكعب/سنويًا × ٧,٠٠ دولار/ألف قدم مكعب =٤٣٤٠٠ دولار سنويًا	

الخطوة ٣: احسب تكاليف كل بديل. تشمل تكاليف كل بديل استثمار رأس المال وتكاليف العمليات الإضافية والصيانة. أيضًا يرتبط معدل ترشيح الضاغط المفصول بالاختيار المتبع. وفيما يلي ملخص لتكاليف كل اختيار.

- ★ الاختيار ١. المحافظة على الضاغط كامل الضغط. ليس لهذا الاختيار رؤوس أموال أو تكاليف العمليات أو الصيانة. وعندما يتم القيام بذلك يكون معدل التسريب عند ذراع التحكم بالضاغط (٣٠٠ قدم مكعب قياسي) وعند صمام التصريف (١٥٠ قدم مكعب قياسي) ليصل المجموع إلى حوالي ٤٥٠ قدم مكعب قياسي عندما يكون الضاغط كامل الضغط.

الدروس المستفادة

★ **الاختيار ٢. المحافظة على ضغط الضاغط ووصله بمنظومة غاز الوقود.** يشمل هذا الاختيار تركيب الأنابيب والصمامات للتوصيل بين الضاغط المسرب للغاز ومنظومة غاز الوقود بمحطة الضاغط. وتتراوح تكلفة تغيير المعدة ما بين ١٢١٥ إلى ٢١٦٠ دولار لكل ضاغط. ومن أهم محددات التكلفة هي حجم الضاغط وعدد التركيبات والصمامات ودعامات الأنابيب وحجم الأنابيب وطول الأنابيب وما إذا كان قد تم تركيب المحلل الآلي. وعندما يتعادل الضغط في الضاغط مع ضغط خط الوقود ينخفض التسريب من ذراع التحكم بالضاغط إلى حوالي ٥٠ قدم مكعب قياسي ومن صمام التصريف إلى حوالي ٧٥ قدم مكعب قياسي ليكون المجموع الإجمالي ١٢٥ قدم مكعب قياسي.

★ **الاختيار ٣. المحافظة على الضغط وتركيب قفل الضغط الساكن على ذراع التحكم في الضاغط.** على الرغم من كونه سهل التنفيذ من الناحية التقنية وملائمة استخدامه مع الاختيارين الآخرين فإن الاختيار ٣ ليس فعالاً من حيث التكاليف عند اتباعه مع الاختيار ٢ (لأن معدلات التسريب تكون أقل كثيرًا عند طفو الضاغط عند ضغط خط الوقود المنخفض). تتكلف أقفال الضغط الساكن حوالي ٦٧٥ دولار لكل ذراع بالإضافة إلى ١٣٥٠ دولار تكلفة المشغل الآلي للضاغط كاملاً. بذلك تكون التكلفة الكلية ٤٠٥٠ دولار لكل ضاغط ذو أربعة أذرع. ومع وقف التسريب من ذراع التحكم في الضاغط يبقى التسريب من صمامات التصريف تقريبًا ١٥٠ قدم مكعب قياسي.

مؤشر نيلسون (Nelson) للأسعار

لتقدير التضخم في تكاليف تشغيل وصيانة المعدات، يتم استخدام مؤشرات نيلسون فرار للتكلفة الربع سنوية (Nelson-Ferrar Quarterly Cost Indexes) (ويمكن الاطلاع عليها في العدد الأول الذي يصدر كل ربع عام من *مجلة النفط والغاز*)، وذلك لتحديث التكاليف في وثائق "الدروس المستفادة".

استخدم مؤشر عمليات التكرير "لمراجعة تكاليف التشغيل"، بينما يستخدم "مؤشر الآلات: التكلفة المفصلة لتكرير النفط" بغرض تحديث تكاليف المعدات.

ويمكن استخدام هذه المؤشرات مستقبلاً كما يلي: يتم البحث عن أحدث رقم لمؤشر نيلسون فرار (Nelson-Ferrar) الساري في فبراير/شباط ٢٠٠٦ وفي النهاية يتم ضرب الناتج في التكاليف المناسبة الواردة في "الدروس المستفادة".

الملحق ٣: تكاليف رؤوس الأموال ومعدلات التسريب للبدائل

	الاختيار ٣: المحافظة على الضغط وقم بتركيب قفل الضغط الساكن	الاختيار ٢: المحافظة على الضغط ووصل الغاز المتسرب بغاز الوقود	الاختيار ١: المحافظة على الضغط
٤٠٥٠ دولار/ضاغط	١٦٨٨ دولار/ضاغط	لا يوجد	رأس المال
التسريب عند الانفصال			
٧٥ ألف قدم مكعب/سنويًا ٥٢٥ دولار	٦٣ أ. ق. م/سنويًا ٤٤١ دولار	٢٢٥ ألف قدم مكعب/سنويًا ١٥٧٥ دولار	الحمل الأساسي
٦٠٠ ألف قدم مكعب/سنويًا ٤٢٠٠ دولار	٥٠٠ ألف قدم مكعب/سنويًا ٣٥٠٠ دولار	١٨٠٠ ألف قدم مكعب/سنويًا ١٢٦٠٠ دولار	الحمل الذروي
ملاحظة: عند التحميل الأساسي يكون عدد ساعات الانفصال للضاغط ٥٠٠ ساعة/سنويًا وعند التحميل الذروي تكون ساعات الانفصال للضاغط ٤٠٠٠ ساعة/سنويًا. تكلفة الغاز= ٧,٠٠ دولار/ألف قدم مكعب			

يوضح الملحق ٣ التكاليف المرتبطة بهذه الاختيارات. ويعتبر التسريب عند الانفصال هو مجموع مرات التسريب من ذراع التحكم بالضاغط وصمام التصريف وتحليله باستخدام ساعات الانفصال في الملحق ٢.

الخطوة ٤: قم بالتحليل الاقتصادي. وعند تقدير مقدار وقيمة مفقودات الغاز الطبيعي وتكاليف كل بديل قم بالتحليل الاقتصادي. من أحد أقصر الطرق لتقييم الاقتصاديات هي من خلال تحليل التدفقات النقدية المخصومة والذي يتم فيه المقارنة بين تكاليف العام الأول لكل اختيار والقيمة المخصومة للكمية الصافية للغاز المدخر.

بالنسبة للاختيار ١ تعتبر المدخرات هي الفرق بين كمية مفقودات الغاز الطبيعي (والمحسوبة في الملحق ٢) والتسريبات الناجمة عن الانفصال عندما يبقى الضاغط كامل الضغط (والمحسوبة في الملحق ٣). وتشتق مدخرات الاختيارين ٢ و٣ من تقليل تسريب الغاز الصافي في الاختيار ١ عن طريق تغيير المعدة.

الدروس المستفادة

يظهر الملحق ٤ تقييم المدخرات في الاختيار ١ والمدخرات التقديرية للبدء في تنفيذ الاختيارين ٢ و٣ بالإضافة إلى الاختيار ١. يوضح الاختيار ١ فترة تعويض تكلفة المشروع الفورية دون الحاجة لأية استثمارات. أما بالنسبة للاختيار ٣، فلا تغطي المدخرات التقديرية أثناء العمل بطريقة الحمل الأساسي استثمار المعدة خلال فترة الخمس سنوات. أضف إلى ذلك أن المدخرات التقديرية لتركيب أقفال ذراع التحكم بالإضافة إلى توصيل أنابيب الغاز المتسرب ومنظومة الغاز الوقودي (الاختيار ٢) ليست هي المفضلة من الناحية الاقتصادية بالنسبة لطريقتي الحمل الأساسي أو الذروي.

الملحق ٤: المقارنات الاقتصادية للاختيارات

	الاختيار ١: المحافظة على الضغط		الاختيار ٢: المحافظة على الضغط ووصل بين الغاز المتسرب وغاز الوقود		الاختيار ٣: المحافظة على الضغط وقم بتركيب قفل الضغط الساكن	
	الحمل الأساسي	الحمل الذروي	الحمل الأساسي	الحمل الذروي	الحمل الأساسي	الحمل الذروي
مدخرات الغاز الصافية (ألف قدم مكعب/سنويًا)	٥٦٠	٤٤٠٠	+٢٠٧	+ ١٣٤٥	+١٥٠	+١٢٠٠
المدخرات بالدولار/سنويًا[1]	٣٦٤٠ دولار	٣٠٨٠٠ دولار	١٤٩٩ دولار	٩٤١٥ دولار	١٠٥٠ دولار	٨٤٠٠ دولار
استثمار المعدات	صفر	صفر	١٦٨٠ دولار	١٦٨٠ دولار	٤٠٥٠ دولار	٤٠٥٠ دولار
فترة تعويض تكلفة المشروع	فورية	فورية	سنة	شهرين	أربع سنوات	ستة أشهر
المعدل الداخل للعائد[2]	أعلى من ١٠٠٠%	أعلى من ١٠٠٠%	٨٢%	٥٦٠%	٩%	٢٠٧%

[1] افتراض أن قيمة الغاز ٧,٠٠ دولار/ألف قدم مكعب
[2] فترة الخمس سنوات (غير شاملة تكاليف التشغيل أو الصيانة السنوية)

إرشادات التنفيذ

فيما يلي الإرشادات التي يتبعها شركاء ستار (STAR) للغاز الطبيعي لتقييم الاختيارات وخفض الانبعاثات الناجمة عن الضاغطات المفصولة:

- عادة ما تقوم الشركات بالصيانة الدورية للمحطة كاملة بين من ١٢ إلى ١٨ شهر عن طريق إصلاح صمامات وحدة العزل وإجراء التعديلات الأساسية مثل توصيل الغاز المتسرب بمنظومة غاز الوقود. وعند قرب انتهاء الدورة التشغيلية ما بين فترات الصيانة يحتمل زيادة نسب التسريب من صمامات الوحدة وصمامات التصريف وذراع التحكم في الضاغط.
- تثور قضية الأمان عندما يتسبب الإبقاء على ضغط الغاز في ضاغط لا يعمل في زيادة تسريب ذراع التحكم. يؤدي تركيب قفل الضغط الساكن على أذرع الضاغط إلى الحد من هذا التسريب.
- يكون توصيل الضاغطات المفصولة بمنظومة غاز الوقود فعالًا فقط عندما يكون هناك طلب كافٍ على استهلاك الغاز عند معدل تسريب صمام عزل الوحدة (يقدر ب ١,٤ ألف قدم مكعب/ساعة).
- أحكم غلق صمامات عزل الوحدة حيث سيؤدي هذا الإحكام إلى الحد من ٩٠ بالمائة من الانبعاثات السنوية أثناء الإغلاق أو التصريف. لكن تكون الإصلاحات مكلفة من حيث المادة المصنوع منها الصمام والعمالة والانبعاثات الناجمة عن الإغلاق وتنفيس المحطة بالكامل للوصول إلى هذه الصمامات.

الدروس المستفادة

دراسة الحالة: تجربة شريك

مع الاهتمام المتزايد بزيادة المدخرات وتقليل تسريب الغاز، قامت الشركة (أ) بالعديد من الإجراءات للمساعدة في تقليل التسريب من ذراع التحكم بالضاغط. وخلال فترة فصل الضاغطات عن الخدمة، قامت الشركة بتوصيل الضاغط إلى منظومة غاز الوقود. وعند الضغط الأسطواني للضاغط انخفض التسريب من أذرع التحكم وصمامات التصريف وذلك بصورة كبيرة. وبالنسبة لاسطوانات الضاغط والبالغة ٣٠٢٢ (ومجموع عدد وحدات الضاغط ٥٧٧) فهي تعمل ٤٠ بالمائة من الوقت وبذلك ارتفعت مدخرات الغاز الكلية إلى ١,٥٨ مليار قدم مكعب سنويًا.

عند تقييم اختيارات تقليل الانبعاثات عند فصل الضاغطات قد يؤثر سعر الغاز الطبيعي على عملية اتخاذ القرار. ويوضح الملحق ٥أ تحليلاً اقتصاديًا للحفاظ على ضغط الضاغط وتوصيل تنفيس الغاز بمنظومة غاز الوقود عند اختلاف أسعار الغاز الطبيعي.

الملحق ٥أ: تأثير سعر الغاز على التحليل الاقتصادي

	٣ دولارات / ألف قدم مكعب	٥ دولارات / ألف قدم مكعب	٧ دولارات / ألف قدم مكعب	٨ دولارات / ألف قدم مكعب	١٠ دولارات / ألف قدم مكعب
قيمة الغاز المدخر	٤٠٣٥ دولار	٦٧٢٥ دولار	٩٤١٥ دولار	١٠٧٦٠ دولار	١٣٤٥٠ دولار
فترة تعويض تكلفة المشروع (بالأشهر)	٥	٣	٣	٢	٢
المعدل الداخلي للعائد (IRR)	%٢٤٠	%٤٠٠	%٥٦٠	%٦٤٠	%٨٠١
صافي القيمة الحالية =١٠%	%١٣٦١٦	%٢٣٨١٣	%٣٤٠١٠	%٣٩١٠٩	%٤٩٣٠٦

يوضح الملحق ٥ب تحليلاً اقتصاديًا للحفاظ على ضغط الضاغط وتركيب قفل الضغط الساكن على أذرع الضاغط عند اختلاف أسعار الغاز الطبيعي.

الملحق ٥ب: تأثير أسعار الغاز على التحليل الاقتصادي

	٣ دولارات / ألف قدم مكعب	٥ دولارات / ألف قدم مكعب	٧ دولارات / ألف قدم مكعب	٨ دولارات / ألف قدم مكعب	١٠ دولارات / ألف قدم مكعب
قيمة الغاز المدخر	٣٦٠٠ دولار	٦٠٠٠ دولار	٨٤٠٠ دولار	٩٦٠٠ دولار	١٢٠٠٠ دولار
فترة تعويض تكلفة المشروع (بالأشهر)	١٤	٩	٦	٦	٥
المعدل الداخلي للعائد (IRR)	%٨٥	%١٤٧	%٢٠٧	%٢٣٦	%٢٩٦
صافي القيمة الحالية =١٠%	%٩٥٩٧	%١٨٦٩٥	%٢٧٧٩٣	%٣٢٣٤٢	%٤١٤٣٩

الدروس المستفادة

الدروس المستفادة

سيجد الشركاء أن تجنب التصريف المعتاد للضاغط والحد من أو استخدام الغاز المتسرب هي طرق تؤدي إلى تقليل الانبعاثات الخطيرة وخفض التكاليف. يكون التوفير بالحفاظ على المنتج أو تغيير غاز الوقود. وتعتبر الدروس الأساسية والمستفادة من شركاء ستار (STAR) للغاز الطبيعي:

- ★ تجنب التصريف كلما أمكن ذلك. يمكن تحقيق المدخرات الفورية بدون أية تكاليف عن طريق الحفاظ على ضغط الضاغطات المفصولة.
- ★ عرف الموظفين الميدانيين بفوائد تجنب التصريف.
- ★ حدد جدول إغلاق الضاغطات لتحديد ما إذا كانت ستعمل بالحمل الأساسي أو الذروي. استخدم هذه المعلومة للقيام بالتحليل الاقتصادي متبعًا الاختيارات ٢ و٣.
- ★ وضح بالتفصيل جدول التعديل التحديثي للضاغطات مع أنظمة غاز الوقود ولتركيب قفل الضغط الساكن بذراع التحكم في الضاغط عندما يبرر ذلك اقتصاديًا.
- ★ سجل نسب الانخفاض بكل ضاغط.
- ★ يجب أن تُضمن نسب الانخفاض في انبعاثات غاز الميثان في التقارير السنوية التي يتم تسليمها كجزء من برنامج ستار (STAR)للغاز الطبيعي.

المراجع

بوردرز، روبرت إس سي ليي كووك ، اتصال شخصي

كامبل، شركة أليستير جيه.بنتلي نيفادا، هستون، تكساس، *الموازنة البصرية للضاغطات الترددية*

"التسريب أثناء إغلاق الضاغط"مجلة خطوط الأنابيب والغاز، ديسمبر/كانون ثان ١٩٨٥

فرانس ضاغط برودكتز. *المعدات الميكانيكية - تصميم ونظرية التشغيل*، النشرة ٦٩١

ماهوليك، جيمس. فرانس ضاغط برودكتز، اتصال شخصي

مينوتي، مارسيللو، إنرون، اتصال شخصي

الدروس المستفادة

1EPA
United States
Environmental Protection Agency
Air and Radiation (6202J)
1200 Pennsylvania Ave., NW
Washington, DC 20460

EPAxxx
xxx 2006

1EPA
الولايات المتحدة
وكالة الحماية البيئية
الهواء والإشعاع (٦٢٠٢ جيه)
١٢٠٠ طريق بنسلفانيا، إن دبليو
واشنطون، دي سي ٢٠٤٦٠

EPAxxx
٢٠٠٦ xxx