CONVERT GAS PNEUMATIC CONTROLS TO INSTRUMENT AIR

تحويل أجهزة التحكم الغازية الهوائية إلى أنظمة الهواء الآلي

ملخص تنفيذي

يتم استخدام أنظمة الأجهزة الهوائية المدعومة بالغاز الطبيعي ذات الضغط المرتفع عبر صناعات الغاز الطبيعي والنفط من أجل التحكم في المعالجة. تتضمن تطبيقات التحكم بالمعالجة النمطية تنظيم الضغط والحرارة ومستوى السائل ومعدل التدفق. ويعد التسرب الدائم للغاز الطبيعي من هذه الأجهزة الخاصة بالتحكم أحد أكبر مصادر انبعاثات الميثان في صناعة الغاز الطبيعي التي تقدر بنحو ٥١ مليار قدم مكعب في العام في قطاع الإنتاج و١٤ قدم مكعب في العام في قطاع النقل ومليار قدم مكعب من المعالجة.

تستطيع الشركات الاقتصاد في التكاليف وتقليل انبعاثات الميثان عن طريق تحويل أنظمة التحكم الهوائي المدعومة بالغاز إلى أنظمة الهواء الآلي المضغوط. تحل أنظمة الهواء الآلي محل الهواء المضغوط للغاز الطبيعي المضغوط مما يعمل على الحد من انبعاثات الغاز وتوفير مزايا الأمان الإضافية. بيد أن التطبيقات فعالة التكلفة تقتصر على تلك المواقع الميدانية التي تتوفر بها الطاقة الكهربائية التي توفرها إحدى المؤسسات أو تتولد ذاتيا.

أعلن شركاء ستار للغاز الطبيعي اقتصادا في التكلفة بنحو ٧٠ ألف قدم مكعب في العام في كل مرفق وذلك نتيجة لاستبدال الأنظمة الهوائية المدعومة بالغاز الطبيعي بأنظمة الهواء التلقائي بمدخرات سنوية تصل إلى ٤٩٠ ألف دولار لكل مرفق. وقد توصل الشركاء إلى أن معظم الاستثمارات في تحويل الأنظمة الهوائية عادت عليهم بالنفع خلال عام واحد. هذا، وسوف تتنوع المدخرات الفردية بناء على تصميم وحالة أجهزة التحكم وأوضاع التشغيل الخاصة.

طرق تقليل انبعاثات غاز الميثان	حجم التوفير في معدلات الغاز الطبيعي (ألف قدم مكعب/سنويًا)	مقدار التوفير في معدلات الغاز الطبيعي (بالدولار/سنويًا)[١]	تكلفة البدء في التنفيذ (بالدولار)[٢]	فترة تعويض تكلفة المشروع (بالأشهر)
استبدال الغاز بالأنظمة الهوائية (في كل مرفق)	٢٠٠٠٠	١٤٠٠٠٠ دولار	٦٠٠٠٠ دولار	٦

[١] تعد القيمة المقدرة للغاز هي ٧,٠٠ دولار/ألف قدم مكعب
[٢] تكلفة تركيب الضاغط والمجفف والملحقات الأخرى والمتطلبات الكهربائية السنوية

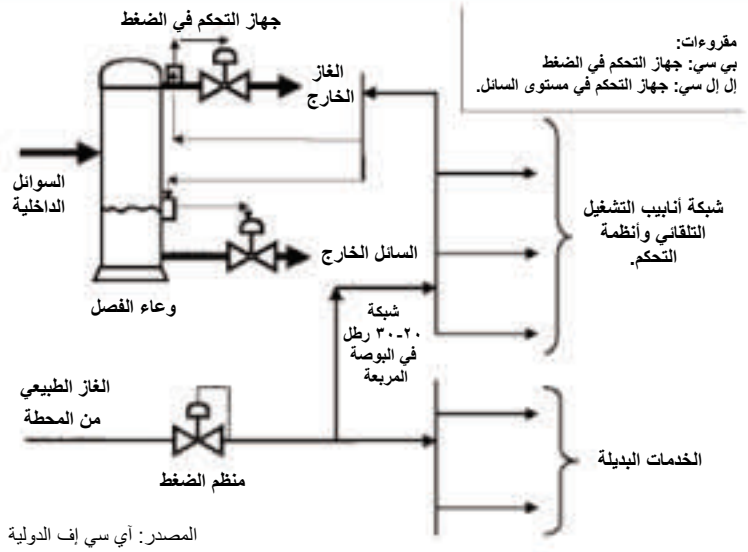
هذه سلسلة واحدة من "ملخصات الدروس المستفادة" التي أعدتها "وكالة الحماية البيئية" (EPA) بالتعاون مع جهات صناعة الغاز الطبيعي بخصوص التطبيقات الفائقة ل"أفضل ممارسات الإدارة" (BMPs) والفرص المذكورة من جانب الشركاء (PROs) التابعة لبرنامج ستار للغاز الطبيعي Natural Gas STAR.

الدروس المستفادة

الخلفية الفنية

تستعين صناعة الغاز الطبيعي بمجموعة من أجهزة التحكم في المعالجة لتشغيل الصمامات التي تعمل على تنظيم الضغط والتدفق والحرارة ومستويات السائل. تقع معظم أدوات التشغيل الآلي والتحكم بين واحدة من ثلاث فئات: (١) هوائية، (٢) كهربائية، أو (٣) ميكانيكية. وفي الغالبية العظمى للتطبيقات تستعين صناعة الغاز الطبيعي بالأجهزة الهوائية التي تستفيد من الغاز الطبيعي المتاح ذات الضغط المرتفع وذلك من أجل توفير الطاقة وإرشادات التحكم المطلوبة. يتم استخدام الأنظمة الهوائية الآلية المدعومة بالغاز الطبيعي ذات الضغط المرتفع عبر صناعة الغاز الطبيعي. في قطاع الإنتاج، يعمل ما يقدر بنحو ٤٠٠٠٠٠ جهاز هوائي على التحكم في تدفقات الغاز والسائل والمستويات ومراقبتها في عوازل وفواصل المياه، والحرارة في مجدد عوازل المياه والضغط في الخزانات الفجائية. تستخدم معظم محطات المعالجة الهواء الآلي بالفعل ولكن مع استخدام بعض أنظمة الغاز الهوائية وتتضمن محطات التجميع/التعزيز التي تعمل على تغذية هذه المحطات الخاصة بالمعالجة. يشتمل هذا القطاع على نحو ١٣٠٠٠ جهاز هوائي. وفي قطاع النقل، يعمل حوالي ٨٥٠٠٠ جهاز هوائي على تشغيل صمامات العزل وتنظيم تدفق وضغط الغاز في محطات الضاغط وخطوط الأنابيب ومرافق التخزين. وقد تم التوصل أيضا إلى وجود أجهزة عدم التسرب الهوائية على تشغيلات العدادات على محطات بوابة شركة التوزيع وشبكات التوزيع بها حيث تعمل هذه الأجهزة على تنظيم التدفق والضغط.

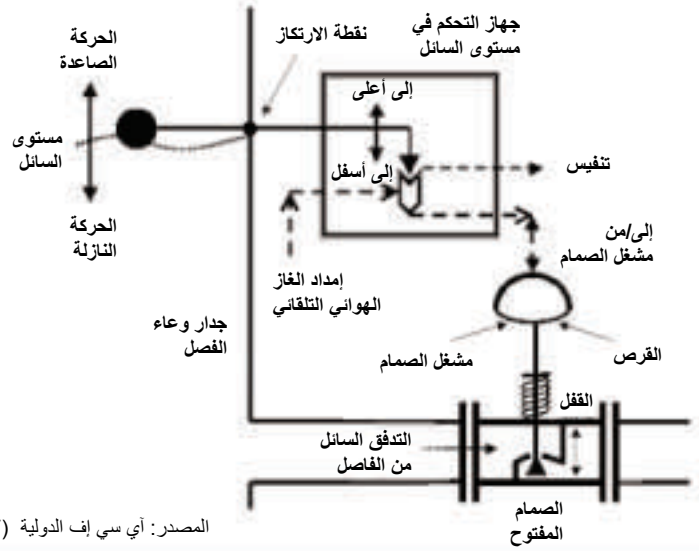
رسم توضيحي ١: نظام التحكم الهوائي بالغاز الطبيعي



المصدر: آي سي إف الدولية (ICF)

يوضح الرسم التوضيحي (١) نظام تحكم هوائي مدعوما بالغاز الطبيعي. يتكون نظام التحكم الهوائي من أدوات وصمامات التحكم بالمعالجة التي يتم تشغيلها عن طريق الغاز الطبيعي المنظم بنحو ٢٠ إلى ٣٠ رطل لكل بوصة مربعة وشبكة أنابيب التوزيع لإمداد جميع أدوات التحكم. وعلاوة على ذلك، يتم استخدام الغاز الطبيعي أيضا في بعض الخدمات البديلة مثل المضخات الهوائية الصغيرة ومشغلات محرك الضاغط وصمامات القطع العازلة. ويوضح الرسم التوضيحي (٢) رسما بيانيا مبسطا لحلقة التحكم الهوائية وتتم مراقبة وضع المعالجة مثل مستوى السائل في وعاء الفصل من خلال كرة عائمة ترتبط ميكانيكيا بجهاز ضبط مستوى السائل خارج الوعاء. يعمل الارتفاع أو الانخفاض في مستوى السائل على تحريك الكرة العائمة إلى أعلى أو إلى أسفل وينتقل ذلك إلى الصمامات الإبرية الصغيرة داخل جهاز التحكم. يتم توجيه غاز الإمداد الهوائي نحو مشغل الصمام عن طريق الصمام الإبري الذي يضغط على إحدى الفوهات أو يتم تسريب الغاز من مشغل الصمام. يعمل ضغط الغاز المتزايد على مشغل الصمام على دفع القرص الذي يرتبط بغطاء الصمام عن طريق قضيب ويؤدي ذلك إلى فتح غطاء الصمام وزيادة تدفق السائل من وعاء الفصل. يسمح ضغط الغاز الخارج من مشغل الصمام لليابي بدفع غطاء الصمام المغلق.

رسم توضيحي ٢: الرسم التخطيطي للإشارة والتخطيط



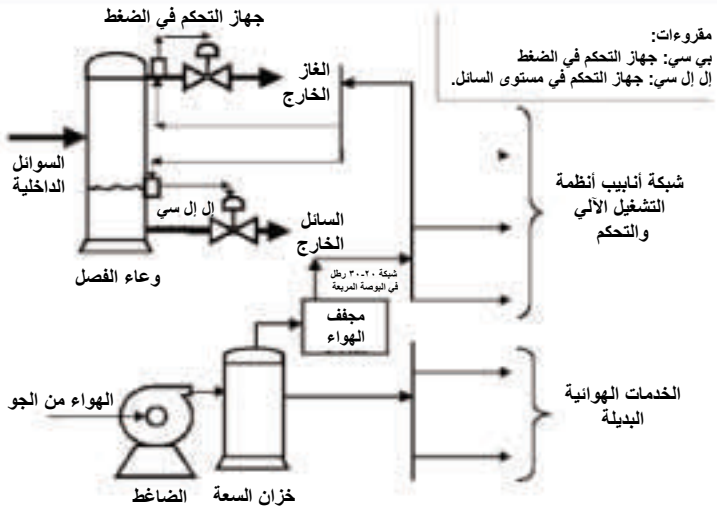
المصدر: آي سي إف الدولية (ICF)

الدروس المستفادة

كجزء من التشغيل الطبيعي، تعمل الأجهزة الهوائية المدعومة بالغاز الطبيعي على إخراج أو تنفيس الغاز إلى الجو وعليه، فهي تعد مصدرا رئيسيا من مصادر انبعاثات الميثان من صناعة الغاز الطبيعي. تُخرج أنظمة التحكم الهوائي غاز الميثان من مفاصل الأنابيب وأدوات التحكم وأي عدد من النقاط خلال شبكة أنابيب التوزيع. يعتمد معدل التسرب الفعلي ومستوى الانبعاثات على تصميم الجهاز. بوجه عام، يكون لأجهزة التحكم ذات التصميم المشابه معدلات تسريب ثابتة مشابهة بغض النظر عن الاسم التجاري. وعلاوة على ذلك، فإن معدل انبعاثات الميثان سوف يختلف أيضا مع ضغط إمداد الغاز الهوائي، ومعدل تكرار التشغيل وعمر الجهاز أو وضعه.

توصل الكثير من الشركاء إلى كون استبدال الهواء المضغوط للغاز الطبيعي في الأنظمة الهوائية يؤدي إلى الاقتصاد في التكاليف حيث إن استخدام نظام الهواء الآلي يعمل على تقليل انبعاثات الميثان مما يؤدي إلى زيادة مبيعات الغاز. وإضافة إلى ذلك فإن الأمان التشغيلي يتزايد بشكل دال من جراء تقليل استخدام المواد القابلة للاشتعال. وتعادل التكاليف الأولية المرتبطة بالتحويل إلى أنظمة الهواء التلقائية التكاليف المالية الأولية لتركيب الضواغط والمعدات ذات الصلة والتكاليف التشغيلية للطاقة الكهربائية اللازمة لمحرك الضاغط . هذا، ويمكن أن يتم إعادة استخدام خطوط أنابيب الإمداد الهوائية بالغاز وأدوات التحكم ومشغلات الصمام الحالية لنظام الغاز الهوائي في نظام الهواء الآلي

رسم توضيحي ٣: نظام الهواء الآلي المضغوط



المصدر: آي سي إف الدولية (ICF)

يوضح الرسم التوضيحي (٣) نظام الهواء الآلي المضغوط في هذه الأنظمة، يتم ضغط الهواء الجوي وتخزينه في خزان السعة وترشيحه وتجفيفه للاستخدام الآلي، لا يحتاج الهواء الذي يتم استخدامه في الخدمات البديلة (مثل المضخات الهوائية الصغرى ومشغلات محرك الغاز، والأدوات الهوائية وعمليات الجلي بالرمل) إلى أن يتم تجفيفه. سوف تعمل جميع الأجزاء الأخرى من نظام الغاز الهوائي بنفس الطريقة مع الهواء والغاز.

تشتمل العناصر الرئيسية لمشروع التحويل إلى الهواء الآلي على الضاغط ومصدر الطاقة وعازل الماء وخزان السعة. فيما يلي وصف لكل عنصر من هذه العناصر مع اعتبارات التركيب الهامة.

★ **الضاغط.** هناك العديد من أشكال وأحجام الضواغط التي يتم استخدامها لتوصيل الهواء الآلي. ضواغط الطنبور الدوار (المندفعة بعيدا عن المركز) إلى الإحلال الإيجابي (الضاغط الترددي). يعتمد حجم الضاغط على حجم المرفق وعدد أجهزة التحكم التي يشغلها النظام ومعدلات التسريب النمطية لهذه الأجهزة. عادة ما يتم تشغيل الضاغط عن طريق محرك كهربائي يمكن تشغيله وإيقافه بناء على الضغط في خزان السعة . ومن أجل تحقيق الدقة، يتم تركيب ضاغط احتياطي كامل.

★ **مصدر الطاقة.** من بين العناصر الرئيسية لنظام التحكم بالهواء الآلي مصدر الطاقة والذي يعد ضروريا لتشغيل الضاغط . ونتيجة لوفرة الغاز الطبيعي ذو الضغط المرتفع، يمكن أن تعمل أنظمة الغاز الطبيعي دون انقطاع لمدة ٢٤ ساعة في اليوم وعلى مدار ٧ أيام في الأسبوع. بيد أن دقة نظام الهواء الآلي تعتمد على دقة الضاغط ومصدر الطاقة. وبالنسبة لمحطات الغاز الطبيعي الكبرى فإما أن يكون لديها نظام قائم للإمداد بالطاقة الكهربائية أو تكون لديها أنظمة خاصة لتوليد الطاقة. ولكن بالنسبة للمرافق الصغرى والأماكن النائية، فمن الصعب ضمان وجود مصدر دقيق للطاقة الكهربائية. في بعض الحالات، يمكن أن تكون ضواغط الهواء التي تعمل بالبطاريات المدعومة بالطاقة الشمسية فعالة التكلفة للمناطق النائية حيث تعمل على تقليل انبعاثات الميثان ومعدل استهلاك الطاقة. وعلاوة على ذلك يتم تطوير خلايا الوقود الصغرى المدعومة بالغاز الطبيعي.

★ **عوازل المياه.** تعد عوازل المياه أو مجففات الهواء جزءا لا يتجزأ من نظام ضاغط الهواء الآلي. يتكثف بخار الماء الموجود في الهواء الجوي عند ضغط الهواء وتبريده ويمكن أن يؤدي إلى عدد من المشكلات لهذه الأنظمة، بما في ذلك تآكل أجزاء الآلة وسد أنابيب الهواء الآلي وفوهات جهاز التحكم. بالنسبة للأنظمة الصغرى، أصبحت المجففات الغشائية اقتصادية. تعد هذه الأنظمة بمثابة مرشحات جزيئية تسمح لجزيئات الأوكسجين والنيتروجين بالمرور عبر الغشاء، وتمسك بجزيئات الهواء. وعلاوة على ذلك فإن هذه الأنظمة تكون شديدة الدقة مع عدم وجود أجزاء متحركة كما يمكن استبدال عنصر المرشح بسهولة. وبالنسبة للتصنيفات الأكبر حجما، تعد مجففات الألومينا أكثر فعالية.

الدروس المستفادة

★ **خزان السعة.** يحجز خزان السعة الهواء الكافي من أجل السماح لنظام التحكم الهوائي بالتزويد المتواصل للهواء ذا الضغط المرتفع دون الحاجة إلى تشغيل ضاغط الهواء بشكل مستمر. يسمح هذا الخزان بسحب كبير للهواء المضغوط في فترة زمنية قصيرة لمشغل المحرك أو المضخة الهوائية أو الأدوات الهوائية دون التأثير على خصائص التحكم في المعالجة.

المزايا الاقتصادية والبيئية

يمكن أن يسفر تقليل انبعاثات الميثان من الأجهزة الهوائية عن طريق التحويل لأنظمة التشغيل الآلي والتحكم في الهواء الآلي عن مزايا اقتصادية وبيئية هامة لشركات الغاز الطبيعي بما في ذلك:

★ العائد المالي الناتج عن تقليل خسائر انبعاثات الغاز. بافتراض كون سعر الغاز الطبيعي ٧,٠٠ دولار لكل ألف قدم مكعب، يمكن تقدير المدخرات من تقليل الانبعاثات بـ ٨٤٠ دولار في العام لكل جهاز أو ٤٩٠٠٠٠ دولار أو ما يزيد في العام لكل مرفق. وفي الكثير من الحالات، يمكن استعادة تكلفة التحويل إلى الهواء الآلي في أقل من عام واحد.

★ زيادة عمر أجهزة التحكم وتحسين الكفاءة التشغيلية. غالبا ما يحتوي الغاز الطبيعي المستخدم في أجهزة وأدوات التحكم الهوائي على غازات تعمل كعناصر تآكل (مثل ثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين) والتي يمكنها أن تقلل العمر التشغيلي الفعال لهذه الأجهزة. وإضافة إلى ذلك، فإن الغاز الطبيعي غالبا ما يخرج منتجات ثانوية من أكسدة الحديد. ويمكن أن تعمل هذه المنتجات على سد الفوهات الصغيرة في الجهاز مما يؤدي إلى عدم وجود كفاءة تشغيلية أو إلى وجود المخاطر. عند استخدام الهواء الآلي، وترشيحه وتجفيفه بالطريقة المناسبة، يقل تراجع النظام ويزداد العمر التشغيلي.

★ تجنب الاستخدام للغاز الطبيعي القابل للاشتعال. يعمل استخدام الهواء المضغوط كبديل عن الغاز الطبيعي على الحد من استخدام المواد القابلة للاشتعال ما يؤدي إلى زيادة أمان محطات معالجة الغاز الطبيعي وأنظمة نقل وتوزيع الغاز، يمكن أن يكون ذلك هاما من الناحية العملية في التركيبات الخارجية حيث تزداد المخاطر ذات الصلة بالمواد الخطيرة والقابلة للاشتعال.

★ انبعاثات أقل لغاز الميثان. تم الإعلان عن انخفاضات كبرى في انبعاثات الغاز بمقدار ٧٠٠٠٠ قدم مكعب لكل مرفق سنويا بناء على الجهاز (الأجهزة) ونوع تطبيق التحكم.

عملية اتخاذ القرار

يمكن تطبيق التحويل من نظام الغاز الطبيعي الهوائي إلى النظام الهوائي الآلي على جميع مرافق ومحطات الغاز الطبيعي. ولكن من أجل تحديد التطبيقات الأكثر فعالية من ناحية التكلفة، فإن ذلك يتطلب دراسة جدوى فنية واقتصادية. يمكن أن تساعد الخطوات الستة المذكورة فيما يلي والمثال العملي مع جداول التكلفة وعروض الأسعار والعوامل الشركات على تقييم فرصها.

الخطوة ١: قم بتحديد الأماكن الممكنة لتركيب أنظمة الهواء الآلي. يمكن استبدال معظم أنظمة التحكم الهوائية التي يتم تشغيلها بالغاز الطبيعي- بالهواء الآلي. سوف تتطلب أنظمة الهواء الآلي استثمارات جديدة للضاغط وعازل المياه والمعدات الأخرى ذات الصلة إضافة إلى مصدر الكهرباء. وبناء عليه، فإن الخطوة الأولى لنجاح مشروع التحويل إلى الهواء الآلي هي دراسة المرافق الموجودة لتحديد أفضل الأماكن للمشروعات فعالة التكلفة. وبوجه عام، يجب دراسة العوامل الرئيسية أثناء القيام بهذه العملية.

★ **مخطط المرفق.** يمكن أن يؤثر مخطط مرفق الغاز الطبيعي بشكل كبير على المعدات وتكاليف تركيب نظام الهواء الآلي. فعلى سبيل المثال، قد لا يكون التحويل إلى الهواء الآلي فعال التكلفة في المرافق اللامركزية التي تكون فيها بطاريات الخزان بعيدة أو متفرقة على مسافة كبيرة. هذا ويعد الهواء الآلي أكثر ملائمة عند استخدامه في البرامج البعيدة عن الشاطئ والمرافق الموجودة على الشاطئ حيث يتم دمج الأنظمة الهوائية في إطار منطقة صغيرة.

عملية اتخاذ القرار بتحويل أجهزة الغاز الهوائية إلى الهواء الآلي

١. قم بتحديد الأماكن الممكنة لتركيبات النظام.
٢. قم بتحديد أفضل سعر للنظام.
٣. قم بتقييم تكاليف المشروع.
٤. قم بتقييم مدخرات الغاز.
٥. قم بتقييم المزايا الاقتصادية.
٦. قم بوضع خطة التطبيق.

الدروس المستفادة

★ **عدد أجهزة التحكم الهوائية.** كلما زاد عدد أجهزة التحكم الهوائي التي يتم تحويلها إلى الهواء الآلي، كلما زادت إمكانية تقليل الانبعاثات وزيادة مدخرات الشركة. ويكون التحويل إلى الهواء الآلي أكثر ربحا عندما تخطط الشركة للتغيير التام للمرفق ككل.

★ **مصدر الطاقة المتاح.** طالما أن معظم أنظمة الهواء الآلي تعتمد على الطاقة الكهربائية لتشغيل الضاغط فإن مصدر الطاقة الكهربائية المستمرة وفعالة التكلفة يعد عنصرا أساسيا في حين يكون لدى المرافق الكبرى غالبًا مصدر قائم للطاقة أو نظام توليد الطاقة الخاص بها فإن المرافق الصغرى والنائية لا يكون لديها مصدرا للطاقة بالنسبة لهذه المرافق، تؤدي تكلفة توليد الطاقة إلى جعل استخدام الهواء الآلي غير مربح. وإضافة إلى ذلك، فإن المرافق ذات المولدات (التوربينات) الخاصة تحتاج إلى تقييم لتحديد ما إذا كانت المولدات (التوربينات) لديها السعة الكافية لدعم نظام ضغط الهواء أم لا حيث أن تكلفة تحسين المولد (التوربين) قد تكون مانعة. يجب أن تعمل المرافق النائية على دراسة بدائل مولد الطاقة التي تتراوح بين المولدات الصغيرة إلى الطاقة الشمسية.

الخطوة ٢: تحديد السعة المثالية للنظام: بمجرد تحديد مواقع المشروع، يجب تحديد السعة الملائمة لنظام الهواء الآلي الجديد. تعد السعة اللازمة خاصية مباشرة لقدر الهواء المضغوط اللازم لكل من التشغيل الهوائي الآلي والوفاء بالمتطلبات الهوائية في أي مؤسسة.

★ **متطلبات الهواء الآلي:** تكون احتياجات الهواء المضغوط للنظام الهوائي مكافئة لحجم الغاز الذي يتم استخدامه للتشغيل الآلي الحالي- والذي يتم تكييفه مع الخسائر في الهواء أثناء عملية التجفيف. يمكن أن يتم تحديد الحجم الحالي من استخدام الغاز بواسطة القراءة المباشرة للعداد. (في حالة تركيب العداد). وفي الأنظمة التي لا تشتمل على عداد، يتم الاستعانة بالقاعدة القائمة على التجربة لتحديد حجم أنظمة الهواء بالنسبة لكل قدم مكعب في الدقيقة من الهواء الآلي لكل حلقة تحكم (تتكون من جهاز التحكم الهوائي وصمام التحكم).

القاعدة القائمة على التجربة

قدم مكعب من الهواء في الدقيقة/حلقة التحكم

يجب بعد ذلك تعديل التقدير الأولي لاحتياجات الهواء الآلي بحيث تمثل معدلات فقد الهواء أثناء عملية التجفيف. وعلى أساس نموذجي، النسبة التي تعادل ١٧% من مدخلات الهواء. ونتيجة لذلك فإن الحجم المقدر لاستخدام الهواء الآلي هو ٨٣% من إجمالي الإمداد بالهواء المضغوط، بمعنى تقسيم استخدام الهواء المقدر على ٨٣%. لا تستهلك المجففات الهواء، وعليه، فإنها لا تحتاج إلى أي تعديل.

القاعدة القائمة على التجربة

يتم استهلاك ١٧% من مرشحات غشاء مدخلات الهواء في مجفف الهواء عن طريق مجفف الغشاء.

★ متطلبات الهواء البديل. من المعتاد أن يتم استخدام الهواء المضغوط للأغراض البديلة فيما يتعلق بمشغلات المحرك والمضخات الهوائية والأدوات الهوائية (مثل مفاتيح الربط التي تعمل بالطاقة) والجلي باستخدام الرمل. وعلى خلاف الهواء الآلي، لا يتم تجفيف الهواء البديل. يعد ترددات وأحجام استخدامات هذا الهواء البديل إضافية. سوف تحتاج الشركات إلى تقييم هذه الخدمات الخاصة بالهواء المضغوط على أساس خاص بالموقع مع السماح بإمكانية التوسع بالموقع. ومن بين القواعد القائمة على التجربة افتراض كون المعدل الأقصى للهواء المضغوط اللازم للأغراض البديلة عل أساس دوري سوف يكون ضعف المعدل الثابت المستخدم للهواء البديل.

القاعدة القائمة على التجربة

استخدامات الهواء الغازي: ١/٣ بالنسبة للهواء الآلي، ٢/٣ بالنسبة للهواء البديل

يوضح الرسم التوضيحي (٤) كيف يمكن تقييم حجم ضاغط الهواء. بالاعتماد على القاعدة القائمة على التجربة ١ قدم مكعب في الدقيقة/حلقة التحكم قد يتحول استخدام الغاز الحالي إلى ٣٥ قدم مكعب في الدقيقة تقريبا من الهواء الآلي. من أجل التكيف مع استهلاك الهواء الخاص بالمجفف (١٧% من مدخلات الهواء)، سوف تكون هناك حاجة إجمالية إلى ٤٢ قدم مكعب في الدقيقة من الهواء الآلي. يتطلب التحليل إلى العوامل في الهواء البديل حوالي ٧٠ قدم مكعب في الدقيقة وقد يحتاج المشروع إلى إجمالي ١١٢ قدم مكعب في الدقيقة من الهواء المضغوط.

الدروس المستفادة

الرسم التوضيحي ٤: حساب حجم الضاغط لتحويل أجهزة التحكم الهوائية بالغاز الطبيعي إلى الهواء الآلي	
المعطيات	بالنسبة لمتوسط حجم موقع الإنتاج مع أجهزة التحكم الهوائي، إزالة الماء بالجليكول، الضغط، ٣٥ حلقة تحكم، متوسط ١٠ أقدام مكعبة في الدقيقة من استخدام الغاز البديل للمضخات الهوائية وتشغيل محرك الضاغط .
A IAu IAs UAs L	= إجمالي الهواء المضغوط = استخدام الهواء الآلي = الإمداد بالهواء الآلي = الإمداد بالهواء البديل = حلقات التحكم
	القاعد القائمة على التجربة: ١ قدم مكعب في الدقيقة لكل حلقة تحكم من أجل تقدير أنظمة الهواء الآلي. القاعد القائمة على التجربة: يتم تجنيب ١٧% من الهواء في المجففات الغشائية. القاعد القائمة على التجربة: ١/٣ من إجمالي الهواء المستخدم للأدوات، ٢/٣ من إجمالي الهواء المستخدم للخدمات البديلة.
	الحساب: A = سعة ضاغط الهواء المطلوبة
A IAu IAs UAs A	= الإمداد بالهواء الآلي+ الإمداد بالهواء البديل = حلقات التحكم* (١- قدم مكعب في الدقيقة/حلقة) = الإمداد بالهواء الآلي (١٠٠%- % هواء متجنب في المجفف =الإمداد بالهواء الآلي (جزء من استخدام الهواء البديل) (جزء من استخدام الهواء الآلي. = (٣٥*١)/(١٠٠%-١٧%)+ (٣٥*١) (٢/٣)/(١/٣)= ١١٢ قدم مكعب في الدقيقة.

الخطوة ٣: تقدير تكاليف المشروع. تعد التكاليف الرئيسية المرتبطة بتركيب وتشغيل نظام الهواء الآلي هي نفس تكاليف الضواغط والمجففات وخزانات السعة وتكاليف الطاقة. وسوف تعتمد تكاليف التركيب الفعلية على الحجم والموقع والعوامل الأخرى الخاصة بالموقع. يتكلف التحويل النمطي لنظام التحكم الهوائي بالغاز الطبيعي إلى نظام الهواء الآلي حوالي ٤٥٠٠٠ إلى ٧٥٠٠٠ دولار.

مؤشرات نيلسون للأسعار

من أجل تقدير التضخم في تكاليف تشغيل وصيانة المعدات، يتم استخدام مؤشرات نيلسون فارار للتكلفة الربع سنوية (المتاحة في العدد الأول الذي يتم إصداره كل ربع عام في مجلة النفط والغاز) وذلك من أجل تحديث التكاليف في الوثائق الخاصة بالدروس المستفادة.

يتم استخدام مؤشر عمليات التكرير من أجل مراجعة تكاليف التشغيل بينما يتم استخدام مؤشر الآلات: التكلفة المفصلة لتكرير النفط من أجل تحديث تكاليف المعدات.

من أجل استخدام تلك المؤشرات في المستقبل، ابحث ببساطة عن أحدث رقم لمؤشر نيلسون فارار ثم قم بقسمة هذا الرقم على رقم مؤشر نيلسون فارار في فبراير/ شباط ٢٠٠٦ وفي النهاية يتم ضرب الناتج في التكاليف الملائمة المذكورة في الدروس المستفادة.

من أجل تقدير تكاليف أحد المشروعات، يجب حساب جميع المصروفات ذات الصلة بالضاغط والمجفف وخزان السعة ومصدر الطاقة. يرغب معظم البائعين في تقديم التقديرات الخاصة بتكاليف المعدات ومتطلبات التركيب (بما في ذلك حجم الضاغط وقوة الحصان الخاصة بالمحرك ومتطلبات الطاقة الكهربائية وسعة التخزين). وبدلا من ذلك، فإن المشغلين يمكنهم الاستعانة بالمعلومات التالية عن عناصر النظام الرئيسي من أجل تقدير التكلفة الإجمالية لنظام الهواء الآلي.

★ **تكاليف الضاغط .** من الشائع أن يتم تركيب ضاغطين في المرفق الواحد (أحدهما يعمل والآخر احتياطي) وذلك من أجل ضمان الدقة والسماح بإجراء الصيانة والإصلاح دون تعطيل الخدمة. هذا، ويجب أن تكون سعة كل ضاغط من الضواغط كافية لمعالجة إجمالي حجم الهواء المضغوط المتوقع للمشروع (بمعنى كل من الهواء الآلي والهواء البديل). يوضح الرسم التوضيحي (٥) تقديرات التكاليف الخاصة بشراء وحدة الضواغط الصغرى والمتوسطة والكبرى. وبالنسبة للضواغط الحلزونية، يجب أن يتوقع المشغلون إصلاح الوحدة كل ٥ إلى ٦ سنوات. يتضمن ذلك استبدال القلب المركزي للضاغط بتكلفة تعادل ٣٩٢٩ دولار تقريبا مع تكلفة عمالة إضافية ٧٢٠ دولار و٦٥٠ دولار رصيد لاستبدال القلب المركزي.

الدروس المستفادة

رسم توضيحي ٥: تكاليف ضاغط الهواء						
حجم الخدمة	حجم الهواء (بالقدم المكعب في الدقيقة)	نوع الضاغط	القدرة بالحصان	تكاليف المعدات (بالدولار)	الخدمة السنوية	عمر الخدمة (بالسنوات)
صغيرة	٣٠	ترددي	١٠	٣,٢٧٥[١]	٤٣٤	١
متوسطة	١٢٥	حلزوني	٣٠	١٦,٣٧١	٨٦٨	٥-٦[٢]
كبيرة	٣٥٠	حلزوني	٧٥	٢٨,٨١٢	٨٦٨	٥-٦[٢]
[١] اشتملت التكلفة على الضاغط الجهاز مع خزان السعة [٢] تكاليف إصلاح الضاغط ٣,٩٢٩ دولار إضافة إلى ٥٠٠ دولار كرصيد لاستبدال القلب المركزي للضاغط.						

★ خزان السعة. تشتمل أنظمة الهواء المضغوط على خزان السعة الذي يعمل على الحفاظ على ضغط ثابت مع تشغيل وإيقاف ضاغط الهواء. تعد القاعدة القائمة على التجربة في تحديد حجم خزان السعة هي سعة ١ جالون لكل قدم مكعب في الدقيقة من الهواء المضغوط. يوضح الرسم التوضيحي (٦) تكاليف المعدات الخاصة بخزانات السعة الصغيرة والمتوسطة والكبيرة. ليس هناك تكاليف تشغيل أو صيانة خاصة بخزانات السعة.

القاعدة القائمة على التجربة

سعة خزان ١ جالون/١ قدم مكعب في الدقيقة من الهواء.

الرسم التوضيحي ٦: تكاليف خزان السعة		
حجم الخدمة	حجم الهواء (بالجالون)	تكلفة المعدات بالدولار
صغيرة [١]	٨٠	٦٥٥
متوسطة	٤٠٠	١٩٦٤
كبيرة	١٠٠٠	٣٩٢٩
[١] يتم تقديم ضواغط الهواء الترددية الصغرى بقدرة ١٠ حصان وأقل مع خزان تنظيم التدفق		

★ تكاليف مجفف الهواء. بما أن الهواء الآلي يجب أن يكون جافا جدا من أجل تجنب حدوث انسداد أو أكسدة، يتم وضع الهواء المضغوط عبر المجفف بوجه عام. يعد أكثر المجففات استخداما في التطبيقات من الصغيرة إلى المتوسطة هو المجفف الغشائي القابل للنفاذ. يمكن أن تستخدم أنظمة الهواء الكبرى مجففات متعددة الأغشية أو مجففات الألومينا الأكثر فعالية للتكلفة. تعمل المجففات الغشائية على ترشيح الزيت والمواد الصلبة الجزيئية ولا تشتمل على أي أجزاء متحركة. ونتيجة لذلك فإن تكاليف التشغيل السنوية تظل منخفضة. يوضح الرسم التوضيحي (٧) بيانات تكلفة المعدات والخدمة للمجففات ذات الحجم المختلف. قد يتطلب المجفف ذا الحجم الملائم تكييف الحجم المتوقع من الغاز المطلوب لنظام الهواء الآلي.

الرسم التوضيحي ٧: تكاليف مجفف الهواء				
حجم الخدمة	حجم الهواء بالقدم المكعب في الدقيقة	نوع المجفف	تكلفة المعدات بالدولار	الخدمة السنوية عمر الخدمة (بالسنوات)
صغيرة	٣٠	غشائي	١٩٦٤	٧٢٤
متوسطة	٦٠[1]	غشائي	٥٨٩٣	٢٨٩٤
كبيرة	٣٥٠	ألومينا	١٣٠٩٦	٤٣٤١
[1] حجم غشائي أكبر. استخدم الوحدات المتعددة ذات الحجم الأكبر				

باستخدام المعلومات السابقة الخاصة بالمعدات، يمكن حساب التكلفة الإجمالية للمشروع. يوضح الرسم التوضيحي (٨) ذلك باستخدام المثال السابق الخاص بمرفق الإنتاج من الحجم المتوسط مع متطلبات الهواء الآلي التي تقدر بنحو ٤٢ قدم مكعب في الدقيقة ومتطلبات الهواء البديل التي تقدر بنحو ٧٠ قدم مكعب في الدقيقة (الإجمالي ١١٢ قدم مكعب في الدقيقة من الهواء المضغوط). ومن أجل تقدير التكلفة التركيبية للجهاز، من الممارسات المعروفة في الصناعة افتراض كون تكلفة عمال التركيب تعادل تكلفة شراء المعدات (بمعنى مضاعفة تكلفة شراء المعدات لتقدير التكلفة التركيبية). قد يكون ذلك ملائما بالنسبة لأنظمة الهواء الآلي الجاف الكبرى أما بالنسبة لأجهزة الهواء الآلي الصغرى، يتم استخدام عامل ١,٥ لتقدير التكلفة التركيبية الإجمالية (تكون تكلفة عمال التركيب نصف تكلفة المعدات).

الرسم التوضيحي ٨: حساب تكاليف التركيب الإجمالية		
المعطيات		
	الضواغط (٢) خزانات السعة (٢- صغيرة) المجفف الغشائي عامل التكلفة التركيبية	= ٣٢٧٤٢ دولار (رسم توضيحي ٥) = ١٣١٠ دولار (رسم توضيحي ٦) = ٥٨٩٣ دولار (رسم توضيحي ٧ = ١,٥
حساب إجمالي التكلفة التركيبية		
	تكلفة المعدات	= تكلفة الضاغط + تكلفة الخزان + تكلفة المجفف = ٣٢٧٤٢ دولا + ١٣١٠ دولار + ٥٩٨٣ دولار = ٣٩٩٩٥ دولار
	إجمالي التكلفة	= تكلفة المعدات + عامل تكلفة التركيب ٣٩٩٤٥ دولار ١,٥ = ٥٩٩١٧ دولار

إضافة إلى تكاليف المرفق، من الضروري أيضا تقييم تكاليف الطاقة المرتبطة بتشغيل النظام. تعد أهم التكاليف التشغيلية لضواغط الهواء هي تكلفة الكهرباء إلا إذا كان الموقع به سعة توليد ذاتي زائدة. للاستمرار في المثال السابق، لنفترض شراء كل كيلو وات/ساعة من الكهرباء بسعر ٧,٥ سنتات. وأن أحد الضواغط في وضع الاستعداد مع عمل ضاغط آخر بسعة تامة نصف الوقت (عامل تشغيل ٥٠%) فإن تكلفة الطاقة الكهربائية سوف تعادل ١٣١٤٠ دولار في العام. يتضح هذا الحساب في الرسم التوضيحي ٩.

الدروس المستفادة

الرسم التوضيحي ٩: حساب تكلفة الكهرباء		
المعطيات		
	طاقة المحرك العامل التشغيلي (OF) تكلفة الكهرباء	= ٣٠ حصان (PH) = ٥٠% = ٠,٠٧٥ دولار/كيلو وات ساعة.
حساب الطاقة المطلوبة		
	الطاقة الكهربائية	= طاقة المحرك العامل التشغيلي تكلفة الكهرباء = ٣٠ حصان ٨٧٦٠ ساعة/سنة ٠,٠٥، ٠,٠٧٥ دولار/كيلو - ساعة/٠,٠٧٥ حصان/كيلو وات = ١٣١٤٠ دولار/سنة

الخطوة ٤: تقييم مدخرات الغاز: من أجل تقييم مدخرات الغاز التي تنتج عن تركيب نظام الهواء الآلي، من الضروري تحديد معدلات التسرب العادية (التسرب المستمر من شبكات الأنابيب وأجهزة التحكم، وما إلى ذلك) إضافة إلى أعلى معدلات تسرب (ترتبط بالحركة في أجهزة التحكم). من بين الطرق التي يمكنها المساعدة في ذلك صياغة قائمة بأجهزة التحكم وتقدير معدلات تسريبها العادية والعالية وتردد التشغيل وتقييم التسرب من شبكات الأنابيب. عادة ما ينشر مصنعوا أجهزة التحكم معدلات الانبعاثات لكل نوع من أنواع الأجهزة ولكل نوع من أنواع التشغيل. يجب زيادة المعدلات بنحو ٢٥% بالنسبة للأجهزة التي تعمل دون تدفق منذ ١٠ سنوات بنحو ٥٠% بالنسبة للأجهزة التي تم وقفها منذ أكثر من ١٠ سنوات وذلك من أجل تقدير التسرب المتزايد ذا الصلة بعوامل البلى الناتج عن الاستعمال.وبدلا عن ذلك فإن تركيب عداد قد يكون أكثر دقة شريطة إجراء المتابعة على مدار فترة زمنية طويلة بالقدر الكافي من أجل اعتبار الاستخدام البديل للغاز (في المضخات ومشغلات المحركات وتفعيل صمامات العزل).

محتوى الميثان في الغاز الطبيعي

يحتوي الغاز الطبيعي غير المترابط في قطاع الإنتاج على ٧٨,٨% تقريبا من الميثان ويشتمل الغاز الطبيعي عالي الجودة الخاصة بخطوط الأنابيب في قطاع النقل على ٩٣% تقريبا من غاز الميثان. يمكن إجراء حساب تقريبي للتخفيضات في انبعاثات غاز الميثان وذلك عن طريق مقارنة محتوى الغاز الملائم مع مدخرات الغاز الطبيعي التي يتم حسابها في هذه الوثيقة.

الدروس المستفادة من وكالة حماية البيئة (EPA): تقدم خيارات تقليل انبعاثات غاز الميثان من الأجهزة الهوائية في صناعة الغاز الطبيعي والمعلومات الخاصة بالعلامة التجارية والنموذج والمعلومات الخاصة باستهلاك الغاز لمجموعة كبيرة من الأجهزة الهوائية المستخدمة حاليا. وعلاوة على ذلك، يتم تقديم المعلومات الخاصة بالمصنع وبيانات القياس الميدانية الفعلية عند إتاحتها أيضا (انظر الملحق بهذا التقرير). من أجل تبسيط حساب مدخرات الغاز لغرض تحليل هذا الدرس المستفاد، يمكننا الاستعانة بالقواعد السابقة القائمة على التجربة تشتمل مدخرات الغاز بالنسبة للمثال الخاص بمرفق الإنتاج متوسط الحجم في الرسم التوضيحي (٤) على ٣٥ قدم مكعب في الدقيقة- مستخدمة في أجهزة الضبط الغازية الهوائية والتي تم تقديرها على أساس تحفظي إضافة إلى الغاز المستخدم في بعض الأحيان لمشغلات محرك الضاغط والمضخات الهوائية الكيميائية الصغرى ومضخات النقل (لاحظ أن استبدال استخدامات الغاز تلك سوف تترجم إلى مدخرات مباشرة فيما يخص انبعاثات الغاز). لا يتم استخدام الغاز الطبيعي للأدوات الهوائية أو الجلي بالرمل ولذلك فإن الهواء المضغوط الإضافي لهذه الخدمات لا يقلل من معدلات انبعاثات غاز الميثان. بافتراض استخدام معدل سنوي من الغاز بنحو ١٠ أقدام مكعبة في الدقيقة في الخدمات غير الآلية المدعومة بالغاز الطبيعي، يمكن أن تكون مدخرات الغاز ٤٥ قدم مكعب في الدقيقة. كما هو موضح في الرسم التوضيحي ١٠، فإن ذلك يعادل ٢٣٦٥٢ قدم مكعب/دقيقة كل عام بفوائض سنوية تبلغ ١٦٥٦٠٠ دولار.

الرسم التوضيحي ١٠: حساب مدخرات التكاليف		
المعطيات		
	استخدام الغاز الآلي الهوائي استخدام الغاز غير الهوائي الآخر	= ٣٥ قدم مكعب/دقيقة = ١٠ قدم مكعب/دقيقة
حساب قيمة الغاز المتوفرة		
	حجم الغاز الطبيعي المتوفر	= الاستخدام الآلي + الاستخدام الآخر = ٣٥ قدم مكعب/دقيقة + ١٠ قدم مكعب/دقيقة = ٤٥ قدم مكعب دقيقة
	الحجم السنوي للغاز المتوفر	= ٤٥ قدم مكعب دقيقة * ٥٢٥٦٠٠ دقيقة/عام/١٠٠٠ = ٢٣٦٥٢ قدم مكعب دقيقة/عام
	القيمة السنوية للغاز المتوفر	= الحجم * ٧,٠٠/قدم مكعب/دقيقة = ٢٣٦٥٢/قدم مكعب/دقيقة/عام * ٧,٠٠ دولار/قدم مكعب دقيقة = ١٦٥٦٠٠ دولار/عام

الخطوة ٥: تقييم المزايا الاقتصادية: يمكن تقييم فعالية التكلفة الخاصة باستبدال أنظمة التحكم الهوائية بالغاز الطبيعي بأنظمة الهواء الآلي وذلك بالاستعانة بالتحليل الاقتصادي المباشر للتكاليف والفوائد.

يوضح الرسم التوضيحي (١١) تحليل التكاليف والفوائد للمثال الخاص بمرفق الإنتاج ذا الحجم المتوسط. يتم تحليل التدفق النقدي على مدار فترة خمس سنوات من خلال توضيح مدى وتوقيت التكاليف من الرسم التوضيحي ٨ والرسم التوضيحي ٩ (بين أقواس) والفوائد من الرسم التوضيحي ١٠. يتم تقدير تكاليف الصيانة السنوية المرتبطة بالضواغط ومجفف الهواء من الرسم التوضيحي (٥) والرسم التوضيحي (٧)، إضافة إلى الفحص الرئيسي على مدار خمس سنوات للضاغط بموجب الرسم التوضيحي (٥). يعادل صافي القيمة الحالية الفوائد مطروحا منها التكاليف المتراكمة على مدار فترة خمس سنوات مع خصم نسبة ١٠% كل عام. يعكس المعدل الداخلي للعائد معدل الخصم الذي تعادل القيمة الصافية الحالية الناتجة عن الاستثمار من خلاله صفر.

الخطوة ٦: وضع خطة التطبيق بعد تحديد الجدوى والمزايا الاقتصادية للتحويل لنظام الهواء الآلي قم بوضع خطة نظامية لتطبيق التغييرات المطلوبة. يمكن أن يتضمن ذلك تركيب عداد لقياس الغاز في خطة الإمداد بالغاز مع تقدير عدد حلقات التحكم وضمان عدم انقطاع الطاقة الكهربائية لتشغيل الضواغط واستبدال أجهزة التحكم القديمة والمهملة والذي يعد معدل تسريبها مرتفع. من الموصى به أن يتم إجراء جميع التغييرات اللازمة مرة واحدة وذلك من أجل تقليل تكاليف العمالة وتوقف العمليات. قد يشتمل ذلك على استراتيجية مماثلة لتركيب أجهزة ذات معدل تسريب أقل فيما يتعلق بالتحول إلى أنظمة الهواء الآلي. هناك مدخرات اقتصادية يتم جنيها من وراء المحافظة على استخدام الهواء الآلي وهي تكون مشابهة لتلك المدخرات الناتجة عن استخدام أجهزة هوائية ذات معدل تسريب أقل تعمل بانبعاثات غاز الميثان. عندما يتم استبدال الأجهزة الهوائية الخاصة، كما هو الحال في الأنظمة الميكانيكية والإلكترونية البديلة، يجب أن يتم استبدال الأجهزة الهوائية الحالية على أساس اقتصادي مشابه بناء على المناقشة في الوثيقة المرفقة. *"الدروس المستفادة". خيارات لتقليل انبعاثات الغاز من الأجهزة الهوائية في صناعة الغاز الطبيعي.*

الدروس المستفادة

الرسم التوضيحي ١١: التحليل الاقتصادي للتحويل إلى نظام الهواء الآلي.						
	العام صفر	العام الأول	العام الثاني	العام الثالث	العام الرابع	العام الخامس
تكلفة التركيب	٥٩٩١٧					
تكلفة التشغيل والصيانة (بالدولار)	٠	(١٣١٤٠)[١] (٤٦٣٠)[٢]	(١٣١٤٠) (٤٦٣٠)[٢]	(١٣١٤٠) (٤٦٣٠)[٢]	(١٣١٤٠) (٤٦٣٠)[٢]	(١٣١٤٠) (٤٦٣٠)[٢]
تكاليف الإصلاح بالدولار	٠	٠	٠	٠	٠	(٦٢٨٦)[٣]
التكلفة الإجمالية بالدولار	(٥٩٩١٧)	(١٧٧٧٠)	(١٧٧٧٠)	(١٧٧٧٠)	(١٧٧٧٠)	(٢٤٠٥٧)
مدخرات الغاز بالدولار	٠	١٦٥٦٠٠٤	١٦٥٦٠٠	١٦٥٦٠٠	١٦٥٦٠٠	١٦٥٦٠٠
التدفق النقدي السنوي	(٥٩٩١٧)	١٤٧٨٣٠	١٤٧٨٣٠	١٤٧٨٣٠	١٤٧٨٣٠	١٤١٥٤٣
التدفق النقدي التراكمي	(٥٩٩١٧)	٨٧٩١٢	٢٣٥٧٤٢		٥٣١٤٠١	٦٧٢٩٤٤
٥	فترة العائد					
٢٤٦%	معدل العائد الداخلي					
٤٩٦٥٧٠ دولار	صافي القيمة الحالية (٥)					

[١] الطاقة الكهربائية: ٧,٥ سنت لكل كيلو وات/ساعة
[٢] تشتمل تكاليف الصيانة على ١٨٣٦ دولار لخدمة الضاغط و٢٨٩٤ دولار لاستبدال غشاء مجفف الهواء.
[٣] تكلفة صيانة الضاغط: ٣٩٢٩ دولار، وتتضخم بنسبة ١٠% في العام.
[٤] قيمة الغاز = ٧,٠٠ دولار/قدم مكعب في الدقيقة
[٥] القيمة الصافية الحالية وهي تعتمد على معدل خصم يبلغ ١٠% في الخمس سنوات.

عند تقييم خيارات تحويل أجهزة التحكم الهوائية بالغاز إلى الهواء الآلي، قد يؤثر سعر الغاز الطبيعي على عملية صنع القرار. يوضح الرسم التوضيحي ١٢ تحليلاً اقتصاديًا لتركيب ضاغطين بقوة ٣٠ حصان وخزانا سعة متوسطا الحجم ومجفف غشائي متوسط الحجم بأسعار غاز طبيعي مختلفة.

الرسم التوضيحي ١٢: أثر 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	٧٠٩٧١ دولار	١١٨٢٨٦ دولار	١٦٥٦٠٠ دولار	١٨٩٢٥٧ دولار	٢٣٦٥٧١ دولار
فترة تعويض تكلفة المشروع (بالأشهر)	١٤	٨	٥	٥	٤
المعدل الداخلي للعائد (IRR)	٨٤%	١٦٦%	٢٤٦%	٢٨٦%	٣٦٥%
صافي القيمة الحالية =١٠%	١٣٧٨٥٣ دولار	٣١٧٢١١ دولار	٤٩٦٥٧٠ دولار	٥٨٦٢٤٩ دولار	٧٦٥٦٠٧ دولار

الدروس المستفادة

تجارب الشركاء

أعلن العديد من شركاء ستار للغاز الطبيعي التابعة لوكالة حماية البيئة (EPA) عن كون تحويل أنظمة التحكم الهوائية بالغاز الطبيعي إلى أنظمة تعمل بالهواء الآلي المضغوط هي المصدر الوحيد والأكثر أهمية لتقليل معدلات انبعاثات غاز الميثان كما يعد أيضا مصدرا للتوفير الأساسي في التكاليف. يوضح الرسم التوضيحي (١٣) التالي الإنجازات التي أعلن عنها العديد من شركاء ستار للغاز الطبيعي.

الرسم التوضيحي ١٣: تجربة الشريك المعلن عنها

شريك ستار (STAR) للغاز	وصف المشروع	تكلفة المشروع (بالدولار)	معدل انخفاض الإنبعاثات السنوية (قدم مكعب/دقيقة/ عام)	المدخرات السنوية (دولار / سنويا)[١]	فترة تعويض تكلفة المشروع (بالأشهر)[٢]
يونوكال (Unocal) الآن شيفرون (Chevron)[٣]	قام الشريك بتركيب نظام ضغط هواء في مرفق Bayou الخاصة به للمياه العذبة جنوب فير ميليون، باريس، لويزيانا	٧٩٠٠٠ دولار	٦٩٣٥٠ دولار	٤٨٥٤٥٠ دولار	٢
تيكساكو (Texaco) الآن شيفرون (Chevron)[٣]	قام الشريك بتركيب نظام الهواء المضغوط لتشغيل الأجهزة الهوائية في ١٠ مرافق بجنوب لويزيانا	٥٢٠٠٠ دولار	٢٣٠٠٠ دولار	١٦١٠٠٠ دولار	٤
شيفرون (Chevron)[٣]	وتم التحويل إلى أجهزة تحكم هوائية إلى هواء مضغوط بما في ذلك التركيبات الجديدة	١٢٧٠٠٠ دولار على مدار عامين	٣١٧٠٠ دولار	٢٢١٩٠٠ دولار	٧
إكسون موبيل ExxonMobil[٤]	أنظمة هواء مركبة في ثلاث محطات أقمار صناعية خاصة بالإنتاج وبطارية تخزين مركزية واحدة في وحدة غاز ثاني أكسيد الكربون	٧٢٠٠٠ دولار	١٩١٦٣	١٣٤١٤١ دولار	٧
شل Shell	استخدمت أجهزة تعمل بالهواء الآلي على ما يزيد عن ٤,٣٠٠ صمام على برامج بعيدة عن الشاطئ	غير متاح	٥٢٣٨٠٠	٣٧٢٩٦٠٠	غير متاح
ماراثون Marathon	قامت بتركيب أنظمة الهواء الآلي في مرافق المكسيك الجديد	غير متاح	١٢٠-٣٨٠٠ لكل مرفق	٤٨٠ - ٢٢٦٠٠٠ دولار	غير متاح

[١] قيمة الغاز = ٧,٠٠ دولار/قدم مكعب/دقيقة
[٢] تم الحساب بموجب تكاليف الشركاء المعلن عنها ومدخرات الغاز التي تم تحديثها بتكاليف ٢٠٠٦
[٣] تم جمع البيانات الخاصة بهذا التقرير قبل اندماج تكساكو – شيفرون (Texaco - Chevron) و يونوكال – شيفرون (Unocal- Chevron)
[٤] تم تجميع بيانات هذا التقرير قبل اندماج إكسون/ موبيل (Exxon/Mobil)

عند تقييم خيارات تحويل أجهزة التحكم الهوائية بالغاز إلى الهواء الآلي، قد يؤثر سعر الغاز الطبيعي على عملية صنع القرار. يوضح الرسم التوضيحي ١٢ تحليلاً اقتصاديًا لتركيب ضاغطين بقوة ٣٠ حصان وخزانا سعة متوسطا الحجم ومجفف غشائي متوسط الحجم بأسعار غاز طبيعي مختلفة.

الدروس المستفادة

تكنولوجيا أخرى

اشتملت تجارب معظم الشركاء في استبدال الأجهزة الهوائية المدعومة بالغاز الطبيعي والتشغيل الآلي للتحكم بأجهزة التحكم البديلة تركيب أنظمة الهواء الآلي المضغوط. فيما يلي بعض البدائل الإضافية للأجهزة الهوائية التي تعمل بالغاز:

- **النيتروجين السائل:** في أحد الأنظمة الذي يعمل بالنيتروجين السائل، يتم استبدال خزان السعة وضاغط الهواء والمجفف باسطوانة تشتمل على نيتروجين سائل عالي التبريد. يسمح منظم الضغط بامتداد غاز النيتروجين في شبكة الجهاز والأنابيب بمستوى الضغط المطلوب. يتم استبدال زجاجات النيتروجين السائل على أساس دوري. تتطلب الأجهزة العاملة بالنيتروجين السائل معالجة السوائل عالية التبريد والتي يمكن أن تكون باهظة الثمن إضافة إلى معالجة المخاطر المتحملة التي تتعلق بالأمان. تحتاج الطلبات الكبرى على نظام النيتروجين السائل إلى جهاز مبخر.
- **أجهزة التحكم الميكانيكية ونظام التشغيل الآلي.** تتمتع أجهزة التشغيل الآلي والتحكم الميكانيكية بتاريخ طويل من الاستخدام في صناعة الغاز الطبيعي والنفط. وعادة ما تتميز هذه الأجهزة بعدم وجود العناصر الهوائية والكهربائية ويكون تصميمها بسيطا ولا تحتاج إلى مصدر للطاقة. يعمل مثل هذا الجهاز باستخدام الياي، والرافعات والحواجز وقنوات التدفق والعجلات اليدوية. لكن هناك العديد من العيوب لهذه الأجهزة وذلك مثل التطبيق المحدود والحاجة إلى المعايير المستمرة ونقص الحساسية وعدم القدرة على معالجة التغييرات الكبرى واحتمالية وجود أجزاء لاصقة،
- **الأجهزة الكهربائية الإلكترو هوائية:** نتيجة للتكنولوجيا المتطورة وزيادة التعقيد. يتزايد استخدام الأجهزة الإلكترونية وأجهزة التحكم. وتعد مزايا هذه الأجهزة هي أنها لا تحتاج إلى أي أجهزة ضغط لتزويد الطاقة لتشغيل الجهاز، بينما يتم استخدام مصدر بسيط للطاقة ١٢٠ فولت. وهناك ميزة أخرى وهي أن استخدام الجهاز الإلكتروني وأجهزة التحكم يعد أقل خطرًا من استخدام اسطوانات الغاز الطبيعي أو النيتروجين عالي التبريد. أما النقص الذي تعاني منه هذه الأجهزة فيكمن في اعتمادها على مصدر الطاقة غير المنقطع وارتفاع التكاليف بشكل كبير.

ورغم تمتع هذه الخيارات بالمزايا، فإن الأنظمة التي تستخدم الهواء بدلا من الغاز الطبيعي هي أكثر البدائل المستخدمة لاستبدال أجهزة التحكم الهوائي التي تعمل بالغاز الطبيعي. إنه لمن الضرورة بمكان أن تلاحظ أن المحافظة على الإمداد الدائم والدقيق بالهواء الجاف والمضغوط في بيئة المحطة يحتاج إلى تكلفة كبيرة رغم كون ذلك أكثر توفيرا من الغاز الطبيعي. وبناء عليه، فإن الاستراتيجية المشابهة الخاصة بتركيب الأجهزة ذات معدل التسريب المنخفض فيما يتعلق بالتحول إلى أنظمة الهواء الآلي (انظر *الدروس المستفادة : الخيارات المتاحة لتقليل انبعاثات الميثان من الأجهزة الهوائية في صناعة الغاز الطبيعي*) ووضع جدول صيانة من أجل المحافظة على دقة الأجهزة وأجهزة التحكم يعد غالبا أقل تكلفة يمكن أن تعمل هذه الإجراءات على تقليل استهلاك الهواء الآلي في النظام ككل وبناء عليه فإن ذلك يؤدي إلى تقليل كل من حجم نظام الضغط واستهلاك الكهرباء على مدار عمر المحطة.

الدروس المستفادة

تتمثل الدروس المستفادة من شركاء ستار للغاز الطبيعي فيما يلي:

- يشتمل تركيب أنظمة الهواء الآلي على احتمالية زيادة العوائد وتقليل انبعاثات الميثان بشكل كبير.
- يمكن لأنظمة الهواء الآلي زيادة دورة الحياة الخاصة بالجهاز ويمكن أن يؤدي ذلك إلى تجميع كميات ضئيلة من الكبريت والغازات الحمضية المختلفة عند التحكم فيها باستخدام الغاز الطبيعي. ومن ثم فإن ذلك يضيف إلى المدخرات المحتملة ويعمل على زيادة الفعاليات التشغيلية.
- غالبا ما تحتاج المواقع النائية والمرافق التي لا يكون لديها مصدرًا دقيقا للكهرباء إلى تقييم مصادر توليد الطاقة البديلة. عند كون ضواغط الهواء المدعومة بالطاقة الشمسية ملائمة فإنها تمثل بديلا مفيدا على المستوى الاقتصادي والبيئي عن الكهرباء باهظة الثمن في مناطق الإنتاج البعيدة. وهناك بديل آخر وهو توليد الكهرباء في الموقع باستخدام المولدات (التوربينات) الصغيرة التي تعمل بالغاز الطبيعي.
- غالبا ما تكون الاستراتيجية المشابهة لتركيب الأجهزة ذات معدل التسريب المنخفض فيما يتعلق بالتحويل إلى أنظمة الهواء الآلي أقل تكلفة.
- يمكن استخدام البنية التحتية القائمة وعليه فلا حاجة لاستبدال الأنابيب. بيد أن الأنابيب الحالية يجب أن تكون خالية من الحطام المتراكمة.
- عادة ما يتم تشحيم ضواغط الهواء الدوارة بالزيت الذي يجب أن يتم ترشيحه من أجل المحافظة على عمر المجففات الغشائية وعمر استخدامها.
- سوف يعمل استخدام الهواء الآلي على تقليل المخاطر التي تتعلق بالأمان والتي ترتبط باستخدام الغاز الطبيعي القابل للاشتعال في الأجهزة الهوائية.
- قد تكون الأنظمة التي تعمل بالنيتروجين بديلا عن الهواء الآلي في بعض الحالات الخاصة لكنها تكون باهظة الثمن كما يعد التعامل مع الغاز عالي التبريد أمرا يتعلق بالأمان.
- اذكر معدلات الانخفاض في انبعاثات غاز الميثان الناتجة عن تحويل أجهزة التحكم الهوائية التي تعمل بالغاز إلى أجهزة تعمل بالهواء الآلي في تقريرك السنوي لـ "ستار" للغاز الطبيعي.

الدروس المستفادة

المراجع

أدامز، مارك، *الاستراتيجية الهوائية الآلية لتقليل التسرب والتطبيق العملي*، شركة فيشر كونتروكز انترناشيونال، ١٩٩٥.

بيتلر سي إم ريف، دي إل رويتر، سي أوه وجيمس إم إيفانز. *مراقبة أجهزة التحكم لمكثفات عازل المياه بالجليكول: مناهج الاختبار والنمذجة*، راديان انترناشيونال ذزم.م، معهد أبحاث الغاز، إس بي إي ٣٧٨٧٩، ١٩٩٧.

الاتصال الشخصي: كوبربيل وشركة سي آند بي للمبيعات والخدمات

فيشر، كيفين إس رويتر، كيريتس، ليون، ميل آند جورج جاميز، *تحسين التحكم في انبعاثات عازل المياه بالجليكول*. شركة راديان، شركة كلوراد ودينفر للخدمات العامة، معهد أبحاث الغاز.

الاتصال الشخصي: فردريك، جيمس، سيبريت اينرجي ٧٦.

جيمس. جيه بي، رويتر، سي أوه وسي إم بيتلر، *نتائج الاختبار المدني لعملية أر- بتكس للتحكم في انبعاثات عازل المياه بالجليكول*، معهد أبحاث الغاز، شركة راديان، إس بي إي ٢٩٧٤٢، ١٩٩٥.

الاتصال الشخصي. بول إم. يو. إس. برنامج إي بي إيه "ستار للغاز الطبيعي.

جوبتا، أرون، أنصاري، آر راي وإيه كيه ساه. *تقليل فقد الجليكول من وحدة إزالة المياه من الغاز في برنامج بعيد عن الشاطئ في بومباي أوفشور*- دراسة حالة، إن إيه كيه آر، آي أوه جي بي تي، أوه إن جي سي، الهند، إس بي بي إي، ٣٦٢٢٥، ١٩٩٦.

ريد- لورانس، إس *التنبؤ بقدرات عوازل المياه بالجليوكل*، إس بي إي. إيه آي إم إي، زملاء لورانس ريد.

سكالفانا، ديفيد بي، *تاريخ حالة لتقليل انبعاثات الغاز من أجهزة التحكم الهوائية ذات معدل التسريب المرتفع بعيدا عن الشاطيء*، Chevron الولايات المتحدة الأمريكية، شركة إنتاج إس بي إي ٣٧٩٢٧، ١٩٩٧.

شيفليين، في إتش *استعادة الهيدروكربون من بخار جهاز إعادة غلي الجليكول مع مكثف تبريد الجليكول*، شركة Texaco إس بي إي ٢٥٩٤٩، ١٩٩٣.

شيفليين، فيرنون إتش، *تقليل انبعاثات الميثان من عوازل المياه بالجليكول*، Texaco، إي بي تي دي إس بي إي ٣٧٩٢٩، ١٩٩٧.

سولز، جيه آر وبي في تران، *ضاغط الهواء المزود بالطاقة الشمسية. مصدر طاقة جيد من الناحية الاقتصادية والبيئية للأماكن النائية*. شركة أوتيس انجينيرينج إس بي إي ٢٥٥٥٠، ١٩٩٣.

الدروس المستفادة

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

EPA xxx
xxx 2006

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

EPA xxx
٢٠٠٦ xxx