الوطنية

السنة 49 | العدد 558 | يناير 2025

البترول الوطنية
KNPC

عام جديد..

وتستمر الإنجازات

في قطاع النفط والغاز بالكويت

استغلال الحرارة المهدرة

تواجه شركات الطاقة ضغوطاً هائلة لتحقيق التوازن بين السلامة، والكفاءة الاقتصادية، والمسؤولية البيئية. وهذه العوامل الثلاثة مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بكيفية الاستفادة من "الحرارة المهدرة في قطاع النفط والغاز "، إذ تعد الحرارة المهدرة في هذه الصناعة من العوامل التي تؤثر بشكل كبير على البيئة، كما أن عدم الاستفادة منها يقلل المردود الاقتصادي لشركات النفط والغاز.

ولأهمية الصناعة النفطية بالنسبة لدولة الكويت، قدّمت المهندسة زينة كامل فرس رسالة عن "الطرق المبتكرة لاستغلال الحرارة المهدرة في قطاع النفط والغاز بالكويت: إمكانية تطبيق دورة كالينا" ونالت عليها شهادة الماجستير في تخصص الهندسة الميكانيكية مع الابتكار وريادة الأعمال من كلية لندن الجامعية (University College London - UCL).

> رسالة قدمتها زينة فرس ونالت عليها شهادة الماجستير

نظرة عامة على صناعة النفط والغاز

في البداية، ألقت الرسالة نظرة عامة على صناعة النفط والغاز العالمية، مبينة أنها حققت إيرادات تقترب من 4.2 تريليونات دولار خلال عام 2024، مشيرة إلى أن هذا القطاع يملك قدرة فائقة على تشكيل الاقتصاد العالمي، ويؤثر على النقل والتدفئة، وتوليد الكهرباء والإنتاج الصناعي.

وفي عام 2023 وحده، بلغ إنتاج النفط العالمي 96.4 مليون برميل يومياً.

• زينة فرس

• حرق الغاز ممارسة شائعة في الصناعة النفطية لكنها تهدر طاقة قيمة وتلوث البيئة

أهمية الصناعة النفطية في الكويت

تعد الكويت من الدول الرئيسية المنتجة للنفط، وهو بالغ الأهمية لاقتصادها، حيث يمثل ما يقرب من 95 % من صادراتها، وحوالي 90 % من الإيرادات الحكومية. وتمتلك الكويت ما يقرب من 7 % من احتياطيات النفط العالمية.

وسعياً لتحقيق المزيد من النمو، حددت مؤسسة البترول الكويتية هدفاً يتمثل في زيادة إنتاج الغاز الطبيعي إلى 4 مليارات قدم مكعبة يومياً في 2030، وزيادة الطاقة الإنتاجية للنفط إلى 4.75 مليون برميل يومياً بحلول عام 2040.

وتستخدم الكويت نظام طاقة غير مستدام، حيث يأتي 59 % من طاقتها من النفط، و41 % من الغاز الطبيعي، مما يؤدي إلى قضايا بيئية كبيرة، علماً بأن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون تبلغ 21.6 طناً للفرد الواحد. كما أن مستويات تلوث الهواء مرتفعة وتتجاوز توجيهات منظمة الصحة العالمية (WHO) بحوالي 6 مرات.

ويبلغ معدل استهلاك الفرد من الطاقة في الكويت 15,590 كيلو واط/ ساعة، ومن المتوقع أن يتضاعف ثلاث مرات بحلول عام 2030، بسبب استخدام مكيفات الهواء، مما يزيد من الضغط على النظام البيئي، ويتسبب في مخاطر صحية.

أهداف الرسالة

وانطلاقاً من هذه الأهمية للنفط، هدفت الرسالة إلى استكشاف تقنية استعادة الحرارة المهدرة (WHR) لتقليل الآثار الضارة على البيئة، وزيادة كفاءة الطاقة، وذلك عبر تنفيذ تقنية دورة "كالينا" التي تحول الحرارة المهدرة إلى كهرباء، حيث تدل مختلف الدراسات على أن التقنيات الحالية لاستعادة الحرارة المهدرة، مثل: طرق التبريد التقليدية، ودورة "رانكين" العضوية (ORC)، تواجه صعوبات مختلفة في الإدارة الكفؤة للحرارة المهدرة.

ويوجد نقص في الأبحاث حول هذه الأنظمة التي تلبي ظروف الكويت، ومنها تطبيق دورة "كالينا" التي توفر مستوى رفيعاً في الكفاءة واسترجاع الطاقة.

واستخدمت الرسالة برامج "ANSYS" و"MATLAB" لفحص أداء نظام استعادة الحرارة المهدرة في ظل ظروف التشغيل المحلية، مع التركيز على استعادة الطاقة وكفاءتها.

وتشير نتائج الرسالة إلى أن دورة "كالينا" يمكن أن تقلل بشكل كبير من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، وتحسن كفاءة الطاقة، مما يساعد الكويت على تحقيق أهداف الاستدامة.

حرق الغاز في مرحلة إنتاج النفط

من الممارسات الشائعة في الصناعة النفطية هو حرق الغاز في مرحلة إنتاج النفط، ويتم ذلك لدواعي السلامة والاقتصاد. فمن منظور السلامة، يتم الحرق للسيطرة على الضغط في المكامن النفطية، إذ قد يؤدي الضغط الزائد أثناء استخراج النفط إلى حالات خطرة، بما في ذلك الانفجارات. ومن الناحية الاقتصادية، يتم اللجوء إلى "الحرق الروتيني" عندما يكون حجم الغاز في المكمن صغيراً جداً، أو عندما يكون موقع الحفر بعيداً. وعلى الرغم من أن هذه الممارسة فعالة من حيث التكلفة، إلا أنها تهدر طاقة قيّمة وتلوث البيئة.

مبادرات عالمية للحد من حرق الغاز

ووفقاً للبنك الدولي، ينبعث أكثر من 350 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون على

• يمكن إعادة حقن الغاز في مكامن النفط للحفاظ على الضغط وزيادة نسبة النفط المستخرج

> "دورة كالينا" يمكن أن تقلل من الانبعاثات وتحسن كفاءة الطاقة

مستوى العالم كل عام، نتيجة حرق الغاز الطبيعي، مما يسهم في تفاقم مشكلة التغير المناخي. واستخدام هذا الغاز يكفي لتوليد طاقة تعادل 750 مليار كيلوواط/ ساعة من الكهرباء، أي أكثر من الاستهلاك السنوي لقارة أفريقيا. علاوة على ذلك، فإن حرق الغاز يهدر فرصة اقتصادية كبيرة.

ولمعالجة هذا الأمر، أُطلقت حملة "صفر حرق روتيني بحلول عام 2030"، التي تحث على التعاون العالمي لتحسين البنية التحتية والتكنولوجيا للحد من حرق الغاز.

تقنيات استعادة الحرارة المهدرة

تستعيد هذه الأنظمة الحرارة من مصادر مختلفة، مثل غازات المداخن والعادم، أو الحرارة الناتجة عن التفاعلات الكيميائية، ومن ثم تستخدم في توليد الكهرباء.

ومن بين هذه التقنيات "دورة كالينا" التي تقدم حلولاً واعدة، نظراً لكفاءتها العالية في تحويل الحرارة المهدرة (منخفضة إلى متوسطة الدرجة) إلى طاقة كهربائية. وهي تتم باستخدام خليط من "الأمونيا" والماء بنسب تؤدي إلى تحسين كفاءة التبادل الحراري، مما يقلل من استهلاك الوقود، ويعزز نسبة استعادة الطاقة.

تحليل مقارن لدورتي "رانكين" و"كالينا" للتطبيقات الصناعية في الكويت

• دورة "رانكين" العضوية (ORC)

هي عملية ديناميكية حرارية تستخدم السوائل العضوية، مثل الهيدروكربونات أو المستخدمة في نظم التبريد، لتحويل الحرارة منخفضة الدرجة إلى طاقة كهربائية. وتبدأ الدورة بضخ السائل العضوي في مبخر، ثم يعمل البخار الناتج على تشغيل التوربين لإنتاج الكهرباء. وبعد ذلك يتدفق عبر مكثف لتحويله مرة أخرى إلى سائل، وبالتالي إكمال الدورة.

ويعتبر هذا النظام مفيداً لأنه يعمل بكفاءة مع مصادر الحرارة منخفضة الدرجة، ومن دون تسخين السائل بشكل مفرط، بالإضافة لتصميمه البسيط وانخفاض كلفته.

وعلى الرغم من هذه المزايا، تواجه هذه الأنظمة العديد من التحديات، منها: التعقيد الكيميائي، والكلفة، وحساسيتها للتغيرات في ظروف التشغيل. وعادة ما تتراوح كفاءة دورة "رانكين" ما بين 10 و25 %.

ويلعب هذا النظام دوراً مهماً في المشاريع ذات الحجم الصغير والمتوسط.

• دورة "كالينا"

تعمل دورة "كالينا" على تسخين خليط الأمونيا والماء إلى أن يتبخر. ونظراً لانخفاض درجة غليان الأمونيا مقارنة بالماء، يصبح البخار غنياً بالأمونيا، ومن ثم يتم فصله عن السائل المتبقي. ويتم توسيع هذا البخار الغني بالأمونيا باستخدام التوربينات، مما يحول الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية.

ونظراً لتشابه الأوزان الجزيئية لكل من الأمونيا والماء، يمكن استخدام توربينات الضغط الخلفي بشكل فعال لضمان التحويل الجيد للطاقة.

وبعد الخروج من التوربينات، يتحد البخار مع السائل، ويدخل في جهاز استرداد عالي الحرارة. وفي هذه المرحلة، يتم نقل الحرارة المتبقية في البخار لتسخين خليط السائل الوارد قبل أن يعود إلى المبخر، ثم يمر الخليط عبر مكثف حيث يبرد ويتكثف في سائل، وبالتالي يكمل الدورة.

وتساهم مرونة نظام "كالينا" في زيادة استخراج الطاقة من مصادر الحرارة، كما

● استخدمت "البترول الوطنية" تقنيات متطوّرة في "الوفود البيئي" للحفاظ على البيئة

> **استعادة الحرارة المهدرة تقلل الآثار الضارة على البيئة**

تساعد في زيادة الكفاءة الحرارية بنسبة 50 %، وهي أكبر بكثير من نظام "رانكين".

وعلى الرغم من أن تكاليف الإعداد والصيانة الأولية تكون أعلى، إلا أن الكفاءة في تحويل الحرارة منخفضة الدرجة إلى كهرباء تعوض هذه التكاليف. ويؤدي استخدام النظام إلى فوائد اقتصادية وتشغيلية، خصوصاً عند السعي إلى تحديث نظم استرجاع الطاقة.

وفي الكويت، التي تتمتع بدرجات حرارة عالية وعمليات مكثفة للنفط والغاز، فقد لا تكون أنظمة استعادة الحرارة المهدرة كافية، مما يتطلب حلاً يناسب ظروف الكويت. ولا تزال الأبحاث نادرة حول استخدام نظام دورة "كالينا" في بيئات مماثلة.

التنفيذ والأثر الاقتصادي

يختلف اعتماد تقنيات استعادة الحرارة المهدرة اختلافاً كبيراً حسب المنطقة، ويتأثر بعوامل، مثل: تكاليف الطاقة، والنشاط الصناعي، وأهداف الاستدامة.

وفي أوروبا، دفعت اللوائح البيئية الصارمة وتكاليف الطاقة المرتفعة إلى اعتماد "تقنية استعادة الحرارة المهدرة" في الصناعات الثقيلة التي ترافقت مع الحوافز الضريبية التي حسنت الجدوى الاقتصادية.

وتشجع أمريكا الشمالية استخدام "تقنية استعادة الحرارة المهدرة" من خلال إعفاءات ضريبية وائتمانات مالية، لا سيما في قطاعي البتروكيماويات والتكرير.

وفي آسيا، وخاصة الصين، أدت الإعانات واللوائح الحكومية للحد من التلوث واستهلاك الفحم إلى زيادة كفاءة تقنيات استعادة الحرارة المهدرة وقدرتها التنافسية.

استفادة الكويت

ويمكن للكويت أن تستفيد بشكل كبير من دمج أنظمة استعادة الحرارة المهدرة بما يتماشى مع تحقيق أهدافها البيئية.

ومع ذلك، فإن التحديات الاقتصادية والتشغيلية لنشر هذه الأنظمة، مثل الظروف التشغيلية المتقلبة، وتعقيدات تعديل البنى التحتية الحالية، تشكل حواجز كبيرة.

وبينما توفر تقنيات استعادة الحرارة المهدرة تكاليف تشغيلية منخفضة وفوائد بيئية، فإن التبني الأوسع يتطلب تقييماً شاملاً لتأثيرات دورة حياتها، بدءاً من تاريخ إنشائها، وحتى تفكيكها، وذلك لضمان أن تكون الفوائد الاقتصادية والبيئية طويلة الأجل تفوق الاستثمار الأولي.

مناقشة

ومن وجهة نظر اقتصادية، تمحورت خطة العمل الأولية لتنفيذ دورة "كالينا" في الكويت حول ثلاث فرضيات هي:

1. تقييم استعداد دولة الكويت لتبني الممارسات المستدامة: من الضروري تشجيع استثمارات القطاع الخاص، وخلق فرص العمل والنمو الاقتصادي في مجال التكنولوجيا النظيفة.

ويمكن أن تؤدي مواءمة هذه السياسات مع أهداف الاستدامة إلى جذب الاستثمار، وتحسين كفاءة الطاقة، وتقليل التكاليف التشغيلية المرتبطة بالامتثال البيئي.

2. الجاهزية التقنية للبنية التحتية القائمة في الكويت: تعزيز الجاهزية التقنية يحسن كفاءة الطاقة ويحقق وفورات في التكاليف على المدى الطويل من خلال إطالة عمر المعدات وتقليل التآكل.

3. تقييم الحوافز الاقتصادية التي تقدمها الكويت حالياً: من شأن الإعانات لأنظمة الطاقة المستدامة أن تجعل الاستثمار أكثر جاذبية وجدوى.

نتائج البحث

أظهرت دورة "كالينا" تحقيق وفورات كبيرة في استهلاك الطاقة مع كفاءة تشغيلية بلغت

> تقنية دورة "كالينا" تحول الحرارة المهدرة إلى كهرباء

89 %. وقد حقق النظام توفيراً يومياً في الطاقة بمقدار 1,786 كيلوواط/ ساعة عند تشغيل مصفاة نفط تعمل على مدار 24 ساعة.

ويمثل هذا الانخفاض حوالي 17 % من إجمالي الطاقة الأولية المستهلكة في محطة الطاقة، مما يؤكد إمكانات دورة "كالينا" في تقليل الاستهلاك الكلي للطاقة. كما كشفت نتائج الرسالة عن الآتي:

- توفير سنوي قدره 651 ميجاواط/ ساعة من الطاقة.
- توفير 18,250 جالوناً من الوقود.
- الحد من انبعاث أكاسيد النيتروجين (NOx) بمقدار 1,630 كجم، وأكاسيد الكبريت (SOx) بمقدار 130.4 كجم.
- تقليل 326 كجم من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO_2).

وفي حين أن النتائج الفنية والتشغيلية واعدة، فقد كشف التحليل المالي عن بعض التحديات المحتملة والتعقيدات المالية المرتبطة بتنفيذ دورة "كالينا" في الكويت. كما سلّط الضوء على الحاجة إلى تخطيط مالي طويل الأجل وبيئة تنظيمية داعمة لضمان نجاح المشروع.

الحلول التكنولوجية لاسترجاع غاز الشعلة

توجد العديد من المقترحات التكنولوجية للحد من حرق الغاز، والاستفادة من الطاقة للغاز المحترق، منها: إعادة حقن الغاز في مكامن النفط للحفاظ على الضغط فيها وزيادة نسبة النفط المستخرج، أو تحويل الغاز إلى سوائل (GTL) كالديزل وأنواع وقود أخرى، أو تحويله إلى أشكال يسهل نقلها مثل الغاز الطبيعي المسال (LNG) والغاز الطبيعي المضغوط (CNG). ومع ذلك، فإن التحديات اللوجستية والخصوصية الإقليمية وحوافز السوق غير الكافية غالباً ما تحد من هذه التقنيات.

الخاتمة

تقدم دورة "كالينا" حلاً مفيداً لاستعادة الحرارة المهدرة في القطاع الصناعي بالكويت، لا سيما في تقليل استهلاك الوقود وانبعاثات غازات الاحتباس الحراري. وهذا يتماشى مع الأهداف الوطنية للكويت لتحسين كفاءة الطاقة وتقليل إنتاجها الكربوني، فضلاً عن دعم المبادرات العالمية، مثل أهداف الأمم المتحدة للتنمية المستدامة (SDGs)، وعلى وجه التحديد الهدف (7) الخاص بالطاقة النظيفة وميسورة التكلفة، و(13) المعني بالعمل المناخي، و(8) المتعلق بالعمل اللائق والنمو الاقتصادي. وبالإضافة إلى ذلك توفر دورة "كالينا" فرصة لتعزيز التنوع والشمول في قطاع الطاقة بالكويت. ويمكن أن توفر فرصاً للمهنيين من خلفيات متنوعة.

ومع ذلك، فإن فترة الاسترداد الممتدة تتطلب تخطيطاً مالياً دقيقاً لضمان الجدوى الاقتصادية.

شركة نفط الكويت

على امتداد ست سنوات، عملت شركة نفط الكويت على تخفيض نسبة حرق الغاز من 17 % إلى 1 % فقط من إجمالي إنتاجها من الغاز، بوفر بلغ 780 مليون دينار. كما خفضت استهلاك الطاقة بنسبة 21 %، وقامت بتقليل كمية الطاقة المستخدمة في منشآتها بنسبة 21 %، أي ما يعادل 33 ميجاواط يومياً.

وتهدف جهود الاستدامة في شركة نفط الكويت إلى تحقيق الحياد الكربوني، من خلال تقليل حرق الغاز إلى أقل من نصف في المئة. وتماشياً مع اتفاقية باريس للمناخ، تستثمر شركة نفط الكويت في الطاقة الشمسية، والهيدروجين الأزرق، وتخطط لاستخدام 10 % من الطاقة المتجددة في قطاعاتها.