Journal of Alasmarya University: Basic and Applied Sciences
Vol. 6, No. 5, December 2021, Special Issue for Forth Conference on Engineering Science and Technology (CEST-2021)
مجلة الجامعة الأسمرية: العلوم الأساسية والتطبيقية
المجلد 6 ،العدد 5، ديسمبر 2021، عدد خاص بالمؤتمر الرابع للعلوم الهندسية والتقنية (CEST-2021)

حساب الكفاءة الأيزونتروبية للتوربين الغازي بإستخدام البيانات التشغيلية للوحدة الأولى بمحطة الخمس الغازية

موسى اللافي[1،*] ، عبد الرحمن شلاوح [2]، مصطفى قناو[3]

[1]قسم التقنية الميكانيكية، المعهد العالي للعلوم والتقنية الخمس، ليبيا، *mm.allafi@gmail.com*
[2]قسم التقنية الميكانيكية، المعهد العالي للعلوم والتقنية الخمس، ليبيا، *a28626494@gmail.com*
[3]قسم التقنية الميكانيكية، المعهد العالي للعلوم والتقنية الخمس، ليبيا، *llll2018kk@gmail.com*

الملخص

تلعب الكفاءة الأيزونتروبية للتوربين الغازي دورا مهما في الاستفادة من الطاقة الحرارية وتحولها إلى طاقة حركية لإدارة التوربين، وبسبب اللاإنعكاسية في الدورة الحرارية للضاغط والتوربين فإن الدورة المثالية للتوربين الغازي تختلف عن الحقيقية، مما ينتج عنه حيود عن القيم المثالية للضغط ودرجة الحرارة مسببا تدني الكفاءة الحقيقية للتوربين الغازي عن المثالية. تم في هذا البحث استخدام البيانات التشغيلية للتوربين الغازي (الوحدة الاولى بمحطة الخمس الغازية) لحساب الكفاءة الأيزونتروبية للتوربينة حيث اختيرت البينات لتشمل معظم أشهر السنة. تبين النتائج أن الكفاءة الأيزونتروبية للتوربين تتمحور حول القيمة 90%، كما تبين أن قيمة الهدر في الطاقة الحرارية التي تدخل للتوربين بسبب تدني الكفاءة يبلغ من 12% الى 15% من درجة الحرارة النظرية الخارجة من التوربين، وتبين أن درجة الحرارة الحقيقية الخارجة من التوربين والمطروحة في الهواء تصل في الصيف إلى ما يقارب 489 درجة مئوية بينما تنخفض في الشتاء لتصل إلى ما يقارب 367 درجة مئوية.

الكلمات الدالة:
التوربين الغازي.
الكفاءة الأيزونتروبية.
نسبة الإنضغاط.

*البريد الإلكتروني للباحث المراسل: *mm.allafi@gmail.com*

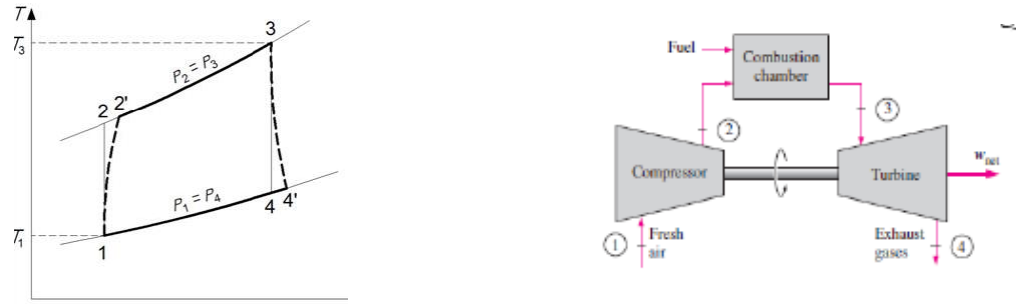
1. المقدمة

أنشأت محطة الخمس الغازية سنة 1993ف حيث تعمل توربيناتها الغازية بدورة برايتون (جول) المفتوحة التي يدخل فيها الهواء المصفى تحت الظروف الجوية إلى الضاغط ليضغط أديباتيا ثم إلى غرفة الإحتراق حيث تضاف طاقة حرارية ثم إلى التوربين لتتمدد الغازات أديباتيا إلى الضغط الجوي فتنتج طاقة حركية من شأنها أن تدير التوربين ناقلا الحركة إلى محور متصل بالضاغط ومولد الكهرباء كما مبين بالشكل (1).

تتكون التوربينات الغازية في محطات التوليد بشكل أساسي من ضاغط للهواء ثم غرفة إحتراق ثم توربين موصل بمحور دوران مع الضاغط، كما يتكون من أجزاء مساعدة أخرى مثل مراوح التبريد والمضخات..إلخ. تكمن أهمية كفاءة التوربين الغازي في تقليل هدر الطاقة والإستفادة من كامل التحول الثيرموديناميكي لها، لذا فإنه كلما تحولت الطاقة الحرارية المضافة للنظام إلى شغل في التوربين كلما كان إقتصاديا أكثر، وبسبب الإحتكاك والخسائر الأخرى في الطاقة أثناء تشغيل التوربينات فإن الإجراءات

ISSN: 2706-9524 (Print) ISSN: 2706-9532 (Online)

الأديباتية الحقيقية (اللاإنعكاسية) تختلف عن تلك المثالية (الإنعكاسية) [1] [2]. الشكل (1) يبين حيود دورة برايتون المثالية عن الدورة الحقيقية (الفعلية) ويعود السبب في هذا الحيود كما ذكر سابقا إلى اللاإنعكاسية والتي تحدث في الأجزاء الرئيسية للدورة (الضاغط والتوربين) وكذلك إنخفاض الضغط في ممرات الجريان وغرفة الإحتراق، مما ينتج عنه كفاءة جديدة لكل من الضاغط والتوربين تسمى الكفاءة الأيزونتروبية [3].



الشكل 1 يبين دورة برايتون المفتوحة للتوربين الغازي

أظهرت البحوث السابقة أن الكفاءة الأيزونتروبية تكون دائما أعلى من الكفاءة البوليتروبية [4]، يرجع السبب في ذلك إلى وجود عدد من مستويات الضغط بين المستويين الرئيسيين الإبتدائي والنهائي [3]. كما أظهرت البحوث السابقة مدى تأثير الكفاءة الأيزونتروبية للتوربين على كفاءة النظام حيث بينت الدراسات أن زيادة الكفاءة الأيزونتروبية تزيد من كفاءة النظام [5].

وكذلك في بعض الدراسات إتضح أنه بإرتفاع الكفاءة الأيزونتروبية للتوربين من 70 الى 100% فإن القدرة المنتجة تزداد وترتفع الكفاءة الحرارية من 47.6 الى 58.2 % في الدورة المدمجة[6]، وبينت بعض الدراسات أن الكفاءة الكلية للنظام تتغير من 26.6% إلى 34.1% بتغير الكفاءة الأيزونتروبية للتوربين من 50% إلى 90% [7].

تهدف هذه الدراسة إلى إستنتاج الكفاة الإيزونتروبية للتوربين الغازي بالوحدة الأولى بمحطة الخمس الغازية بإستخدام البيانات التشغيلية، التوربين الغازي قيد الدراسة مصنع من قبل شركة SIEMENS من النوع XGT13E1 ، نسبة الإنضغاط التصميمية للضاغط 12 و الكفاءته الحرارية التصميمية 35% وسرعته 3000 دورة بالدقيقة والقدرة القصوى المنتجة التصميمية هي 150 ميجا وات وذلك عند درجة حرارة محيط 15 درجة مئوية.

2. البيانات التشغيلية للوحدة التى تمت دراستها

استخدمت في هذه الدراسة البيانات التشغيلية لتلك الوحدة المأخوذة من سجلات التشغيل للمحطة، وقد تم إختيار خمسة قراءات من كل يوم عند الساعة 12، 4، 8 صباحا و 12، 4 بعد الظهر لعدة أشهر تمثل أياما مختلفة من السنة، وتم حساب متوسط قراءات كل يوم وسجلت البيانات في الجدول (1).

الجدول 1 يبين متوسط خمس قراءات لكل يوم

T_1 (C)	**T_3 (C)**	T_4 (C)	اليوم
21	906	409	3- مارس
18	918	414	15- مارس
18	935	419	18- مارس
20	937	421	5- مايو
34	994	467	16 - مايو
28	986	458	10- يونيو
32	961	446	24- يونيو
30	1035	487	19- اغسطس
30	1015	476	31- اغسطس
24	889	367	1-اكتوبر

3. النظريات والحسابات

تم حساب نسبة الإنضغاط r_p ودرجة الحرارة المثالية الخارجة من التوربين T4s والكفاءة الأيزونتروبية للتوربين η_t بإستخدام المعادلات التالية:

$$r_p = \frac{p_2}{p_1} \quad (1)$$

$$T_{4s} = \frac{T_3}{(r_p)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}} \quad (2)$$

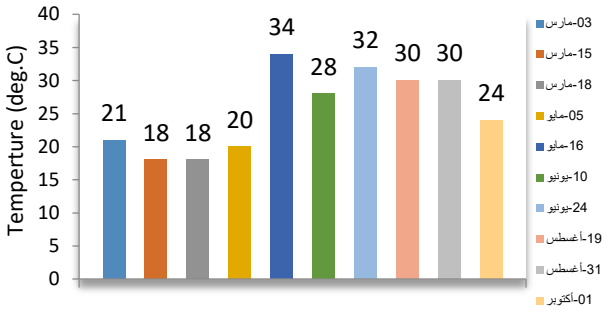
$$\eta_t = \frac{T_3 - T_4}{T_3 - T_{4s}} \quad (3)$$

حيث أن p_1 و p_2 هما ضغط الهواء عند مدخل الضاغط و ضغط الهواء عند مخرج الضاغط على التوالي كما استخدمت قيمة الثابت γ = 1.333. تم إستخدام برنامج الإكسل لحساب القيم ورسم المخططات للبيانات موضوع الدراسة.

4. النتائج والمناقشة

1.4 درجات الحرارة الداخلة للضاغط

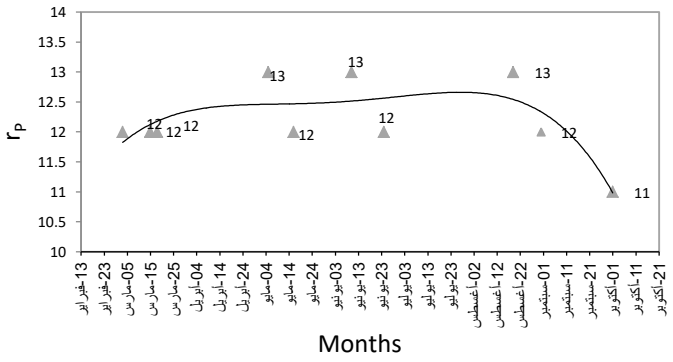
يبين الشكل (2) متوسط درجات الحرارة الداخلة للضاغط والتي تمثل درجة الحرارة T_1 على مخطط دورة برايتون، من الواضح إرتفاع درجة الحرارة خلال أشهر الصيف حيث تصل إلى متوسط 32 درجة مئوية بينما تنخفض إلى متوسط 18 درجة مئوية في الأشهر الباردة وهذا موافق للبحث [7].



الشكل 2 يبين متوسط درجات الحرارة الداخلة للضاغط (T_1)

2.4 نسبة الانضغاط

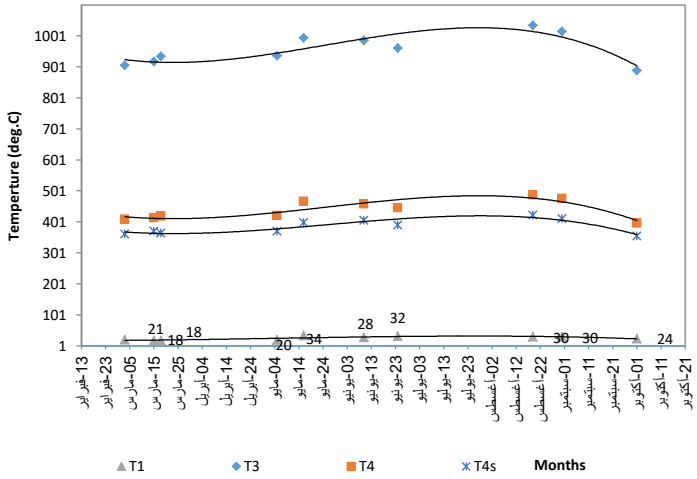
يبين الشكل (3) متوسط نسب الإنضغاط للضاغط والذي يبين تغير نسبة الإنضغاط بتغير درجة الحرارة حيث تتمحور حول القيمة 12.



الشكل 3 يبين متوسط نسبة الانضغاط (r_p)

3.4 درجات الحرارة داخل التوربين الغازي

من الواضح تأثير درجة الحرارة الداخلة للضاغط (T1) على كل من درجة الحرارة الداخلة للتوربين (T3) ودرجة الحرارة الحقيقية الخارجة من التوربين (T4) ودرجة الحرارة المثالية الخارجة من التوربين (T4s) حيث يبين الشكل (4) أن العلاقة كانت طردية. كما يتبين أن درجة الحرارة الحقيقية الخارجة من التوربين والمطروحة في الهواء (T4) تصل في الصيف إلى ما يقارب 489 درجة مئوية بينما تنخفض في الشتاء لتصل إلى ما يقارب 367 درجة مئوية.

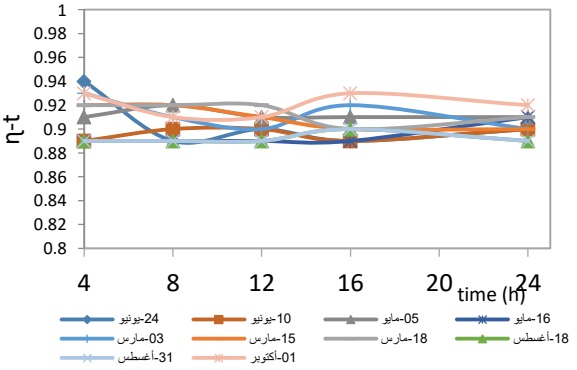


الشكل 4 يبين متوسط قيم درجات الحرارة (T1، T3، T4، T4s)

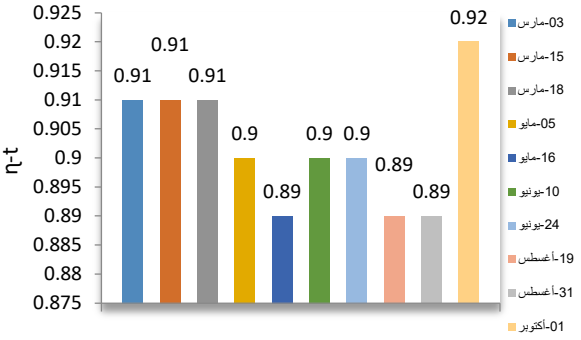
كما بينت النتائج أن درجة الحرارة الحقيقية الخارجة من التوربين (T4) تكون دائما أعلى من درجة الحرارة المثالية الخارجة من التوربين (T4s)، حيث يكون هناك هدر لجزء من الطاقة الحرارية التي تدخل للتوربين بسبب تدني الكفاءة يبلغ من 12% الى 15% من درجة الحرارة النظرية الخارجة من التوربين.

4.4 الكفاءة الأيزونتروبية

من خلال الشكل (5) يتبين أن الكفاءة الأيزونتروبية للضاغط بشكل عام تتمحور حول القيمة 0.9 أي 90%، كما يبين الشكل (6) العلاقة بين الكفاءة الأيزونتروبية للتوربين ودرجات الحرارة (T3) و (T4) وهذا موافق لنتائج البحثين [5] [7].



الشكل 5 يبين الكفاءة الأيزونتروبية (η_t) خلال أشهر الدراسة



الشكل 6 يبين الكفاءة الأيزونتروبية (η_t)

5. الإستنتاجات

بناء على النتائج المتحصل عليها في هذه الدراسة يمكن إستنتاج أن نسبة الإنضغاط تتمحور حول القيمة 12، وأن درجة الحرارة الداخلة للضاغط (T1) أثرت بشكل طردي على كل من درجة الحرارة الداخلة للتوربين (T3) ودرجة الحرارة الخارجة من التوربين (T4)، وأن درجة الحرارة الحقيقية الخارجة من التوربين والمطروحة في الهواء (T4) تصل في الصيف إلى ما يقارب 489 درجة مئوية بينما تنخفض في الشتاء لتصل إلى ما يقارب 367 درجة مئوية، كما يمكن إستنتاج أن هناك هدر لجزء من الطاقة الحرارية التي تدخل للتوربين بسبب تدني الكفاءة يبلغ من 12% الى 15% من درجة الحرارة النظرية الخارجة من التوربين، وأن الكفاءة الأيزونتروبية للضاغط بشكل عام تتمحور حول القيمة 90 %.

6. المراجع

[1]. أ.الزوبيدي وآخرون. كفاءة التوربين الغازي عند درجات حرارة الجو المختلفة، 2011 [عبر الإنترنت] متوفر على الرابط: WWW.SCIENCEDIRECT.COM/SCIENCE/ARTICLE [تم الوصول في 10 يوليو / تموز 2021].

[2]. ف.البصراوي *وآخرون*. تأثيرات درجة الحرارة المحيطة على أداء التوربينات الغازية الدقيقة بنظام التوليد المشترك في المنطقة الباردة ، 2011 [عبر الإنترنت] متوفر على الرابط: WWW.RESEARCHGATE.NET/PUBLICATION [تم الوصول في 1 يوليو / تموز 2021].

[3]. ك. باثيراتانا. الديناميكية الحرارية للتوربينات الغازية وطرق تحليل الأداء باستخدام بيانات الكتالوج المتاحة. رسالة ماجستير، السويد: جامعة جافل، 2013.

[4]. م. ماريجا *وآخرون*. تحليل مفصل لتأثير كفاءة التوربين وكفاءة الضاغط على الكفاءة الحرارية والفاعلية لدورة برايتون.، 2014 [عبر الإنترنت] متوفر على الرابط: WWW.RESEARCHGATE.NET/PUBLICATION [تم الوصول في 1 يوليو / تموز 2021].

[5]. ج.اولدرك. الكفاءة الأيزونتروبية لضاغط الطرد المركزي يعمل بغاز حقيقي، 2018 [عبر الإنترنت] متوفر على الرابط: WWW.RESEARCHGATE.NET/PUBLICATION [تم الوصول في 15 يوليو / تموز 2021].

[6]. ت.ك.ابراهيم *وآخرون*. تأثير الكفاءة الأيزونتروبية على اداء محطة القدرة ذات الدورة المدمجة، 2015 [عبر الإنترنت] متوفر على الرابط: WWW.RESEARCHGATE.NET/PUBLICATION [تم الوصول في 15 يوليو / تموز 2021].

[7]. أ.صدقي *وآخرون*. تأثير الكفاءة الأيزونتروبية على كفاءة النظام ككل، 2018 [عبر الإنترنت] متوفر على الرابط: WW.SCIENCEDIRECT.COM/TOPICS/ENGINEERING [تم الوصول في 6 يوليو / تموز 2021].

CALCULATION OF THE ISOTROPIC EFFICIENCY OF A GAS TURBINE USING THE OPERATIONAL DATA OF THE FIRST UNIT OF THE AL-KHOUMS GAS POWER PLANT

Musa Allafi[1,*], Abduelrhman Shalawh[2], Mustafa Ganaw[3]

[1]Mechanichal Department, Higher Institute of Sciences and Technology-Khoums, Libya, *mm.allafi@gmail.com*
[2]Mechanichal Department, Higher Institute of Sciences and Technology-Khoums, Libya
a28626494@gmail.com
[3]Mechanichal Department, Higher Institute of Sciences and Technology-Khoums, Libya, *llll2018kk@gmail.com*

ABSTRACT

The isotropic efficiency of a gas turbine is very important for using thermal energy and converting it into kinetic energy to rotate the turbine, and because of the irreversibility in the thermal cycle of the compressor and turbine, the ideal cycle of the gas turbine is different from the real one, which results in a deviation from the ideal values of pressure and temperature, causing the real efficiency of the gas turbine to be lower than the ideal. In this paper, the operational data of the gas turbines (first unit in Al-khoums power plant) were used to calculate the isotropic efficiency of the turbine, where the data were chosen to include most months of the year. The results showed that the isotropic efficiency of the turbine is about 90%, and it was found that the value of the heat energy lost from turbine due to low efficiency ranges from 12% to 15% of the theoretical temperature leaving the turbine. And it was found that the real temperature comes out of the turbine and is thrown into the air up to about 489 degrees Celsius in summer, while it drops in winter to about 367 degrees Celsius.

***Keywords**:*
Gas Turbine
Isotropic Efficiency
Pressure Ratio

[*]*Corresponding Author Email: mm.allafi@gmail.com*