KJPS Al-Kitab Journal for Pure Science
Vol.2 (2), ISSN: 2617-1260 (print), 2617-8141(online)
www.kjps.isnra.org

حساب خسائر الطاقة المتاحة في محطة قدرة غازية وبيان تأثير تغير درجة حرارة المحيط عليها

الدكتور سعاد حسن دانوك
استاذ مساعد
الكلية التقنية/كركوك
telebshebab@yahoo.com

سميرة سعدون مصطفى
استاذ مساعد
الجامعة التقنية الوسطى
samiramustafa77@yahoo.com

يحيى حمد الله حسين
طالب ماجستير
الكلية التقنية/كركوك
almuntezer92@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.32441/kjps.02.02.p19

الخلاصة: لغرض تحديد كمية ونوعية الخسائر في الطاقة الممكن الاستفادة منها في انتاج الشغل, اجري هذا التحليل لحساب الطاقة والطاقة المتاحة بالاستناد للقانون الاول والثاني للديناميكا الحرارية. حيث تم دراسة تأثير تغير درجة حرارة المحيط على اداء التوربين. بينت النتائج زيادة في خسائر الطاقة المتاحة في التوربين ككل وفي كل جزء من اجزائه الثلاثة(ضاغط الهواء, غرف الاحتراق والتوربين الغازي) مع زيادة درجة حرارة المحيط. كما بينت النتائج انه وبثبوت الحمل للمحطة, فان خسائر الطاقة المتاحة تكون اكبر في درجات الحرارة العالية منها في درجات الحرارة الواطئة. تركزت خسائر الطاقة المتاحة في غرف الاحتراق حيث كانت نسبة الخسائر في غرف الاحتراق الى الخسائر الكلية في التوربين(87%) يليها ضاغط الهواء بنسبة(9%) بينما كانت خسائر الطاقة المتاحة في التوربين الغازي هي الاقل(4%).

الكلمات الدالة: الطاقة المتاحة, خسائر الطاقة المتاحة, اداء التوربين الغازي

KJPS Al-Kitab Journal for Pure Science
Vol.2 (2), ISSN: 2617-1260 (print), 2617-8141(online)
www.kjps.isnra.org

Exergy destruction calculation in gas turbine power plant and showing the effect of ambient temperature on it

Yahya H. Hussein MSc student Technical College/Kirkuk
Sameerah Saadoon Mustafa Assistant Professor Middle Technical University
Dr.Suad Hassan Danook Assistant Professor Technical College/Kirkuk
almuntezer92@gmail.com telebshebab@yahoo.com

Abstract: The purpose of this paper is to estimate the quantity and quality of the useful energy that could be converted to work, this analysis was carried out based on the energy and exergy analysis by using the first and second laws of thermodynamics. This paper study the effect of varying the ambient temperature on the performance of the turbine. Results showed increasing in exergy destruction in the turbine solely and in each of its three components(Air compressor, Combustion chambers and the gas turbine) with increasing in ambient temperature. Also results showed by keeping the load unchanged, the exergy destruction are bigger in higher ambient temperatures than in lower ones. The exergy destruction concentrated in the combustion chambers, where the percent of exergy destruction in the combustion chambers to the total exergy destruction in the plant was(87%) followed by the air compressor(9%) and the lower exergy destruction was in the gas turbine(4%).

Key words: Exergy, Exergy Destruction, Gas Turbine Performance

KJPS Al-Kitab Journal for Pure Science
Vol.2 (2), ISSN: 2617-1260 (print), 2617-8141(online)
www.kjps.isnra.org

1) المقدمة(Introduction):

1_1)**الغرض من البحث**: يعتبر قطاع انتاج الطاقة الكهربائية من القطاعات المهمة والحساسة جدا خصوصا في البلدان النامية ومنها العراق. حيث انه وعلى الرغم من شحة تزويد الطاقة الكهربائية في معظم محافظات البلد, فان زيادة التضخم السكاني يزيد العبء على محطات القدرة الكهربائية.

ان نوعية الطاقة المفيدة هي الطاقة الممكن تحويلها الى شغل لأجل انتاج الطاقة الكهربائية. وهذه الطاقة التي من الممكن الاستفادة منها وتحويلها الى شغل ميكانيكي يطلق عليها اسم الطاقة المتاحة(Availability) او الاكسيرجي(Exergy). ان هذه الطاقة المتاحة في اغلب العمليات الحقيقة(غير النظرية) قد تعاني بعض الانحلال نتيجة وجود عدة اسباب التي تؤدي لذلك وتجعل العملية غير انعكاسية وبهذا تتولد الانتروبيا(Entropy) والتي تمثل مقياس للطاقة الغير منتظمة والتي فقدت حضها في انتاج الشغل. وتسمى الاسباب التي تؤدي لهذا الانحلال في الطاقة باللاانعكاسيات. وهي عبارة عن عوامل تشتيت للطاقة المتاحة تؤدي الى ضياع فرصت تحول هذا الجزء من الطاقة الضائعة الى شغل. ولغرض تشخيص مواقع الخسائر في الطاقة المتاحة لزيادة الانتاج وبخسائر اقل وبالتالي زيادة كفاءتها وتحسين اداء المحطة, تم اجراء هذا التحليل. ان اجراء تحليل الطاقة المتاحة وخسائرها هو عبارة عن مزج للقانون الاول والثاني للديناميكا الحرارية, لكون القانون الاول لا يعطي اشارة لنوعية الطاقة المفقودة وانما فقط كمية الطاقة المتحولة, في حين يعطي القانون الثاني مؤشر على نوعية الطاقة وهو مهم جدا لغرض الوقوع على اسباب الخسائر التي تحصل وبحث مسبباتها واعطاء التوصيات لغرض تقليلها[16,15,14,13,11,5,4,3,1]. ومن اجل تحديد كمية ونوعية الخسائر في الطاقة المتاحة وتأثرها بدرجة حرارة المحيط, ومعرفة اسبابها وكيفية التقليل منها اجري هذا البحث.

1_2)ادبيات البحوث السابقة: هنالك العديد من البحوث التي درست تأثير تغير درجة حرارة المحيط على خسائر الطاقة المتاحة. ففي البحث[9] وجد الباحثون ان زيادة درجة حرارة المحيط تؤدي الى زيادة خسائر الطاقة المتاحة في كل جزء من اجزاء دورة التوربين الثلاثة(ضاغط الهواء, غرفة الاحتراق والتوربين الغازي). في البحث[7] وجد الباحث انه وبزيادة درجة حرارة المحيط تزداد خسائر الطاقة المتاحة في التوربين الغازي وتقل في ضاغط الهواء. اما في بحث[12] فان تأثير تغير

درجة الحرارة للمحيط لم يكن ذو اهمية. اما في بحث[2] فقد وجد الباحثان زيادة في خسائر الطاقة المتاحة في كل من ضاغط الهواء والتوربين الغازي, وفي نفس الوقت انخفاض في خسائر الطاقة المتاحة في غرفة الاحتراق. في بحث[10] وجد الباحث انخفاض في خسائر الطاقة المتاحة في كل جزء من اجزاء التوربين الثلاثة(ضاغط الهواء, غرفة الاحتراق والتوربين الغازي) بارتفاع درجة الحرارة من(0_50) درجة مئوية عند حمل 100%. بحث[6] وجد الباحثان ان خسائر الطاقة المتاحة عندما تكون درجة حرارة المحيط منخفضة اقل من خسائر الطاقة المتاحة في درجات الحرارة العالية للمحيط. واخيرا, فبين البحث[17] ان بزيادة درجة حرارة المحيط تزداد خسائر التوربين الغازي بشكل صغير, وتقل في ضاغط الهواء.

ملخص ادبيات البحوث السابقة: نلاحظ من خلال استعراض نتائج البحوث السابقة اختلافات في النتائج. بالمجموع فان عدد البحوث التي وجدت ارتفاع في خسائر الطاقة المتاحة في ضاغط الهواء مع زيادة درجة حرارة المحيط هي ثلاثة[9,6,2] والتي وجدت انخفاض في خسائر الطاقة المتاحة ايضا ثلاثة[17,10,7], اما بالنسبة لخسائر الطاقة المتاحة في غرفة الاحتراق فقد وجدت البحوث[9,6] زيادة فيها بزيادة درجة حرارة المحيط بينما وجدت البحوث[10,2] انخفاضها. واخيرا, فان اغلب البحوث[17,9,7,6,2] وجدت ارتفاع في خسائر الطاقة المتاحة في التوربين الغازي مع زيادة درجة حرارة المحيط.

2) وصف المحطة والبيانات المأخوذة منها:

2_1) وصف المحطة(Plant Description):

تتكون محطة القدرة الغازية التي تقع في محافظة كركوك في شركة نفط الشمال من توربين متكون من ثلاثة اجزاء رئيسية(ضاغط الهواء, غرف الاحتراق والتوربين الغازي) والمبينة في الشكل رقم(1) وهو من نوع MS5001 من انتاج شركة GE والقدرة التصميمية لأعلى حمل ممكن الوصول اليه تحت ظروف قياسية هي(23.75 ميكا واط) المحطة تتمثل بدورة برايتون مفتوحة ذات عمود ادارة واحد يربط كل من ضاغط الهواء مع التوربين الغازي مع علبة التروس(والتي ترتبط بدورها بالمولد الكهربائي)ووظيفة علبة التروس تعمل على تخفيض سرعة دوران عمود الادارة من (5000 دورة بالدقيقة) الى (3000 دورة بالدقيقة) لكي يتناسب مع السرعة التصميمية للمولد الكهربائي.

KJPS Al-Kitab Journal for Pure Science
Vol.2 (2), ISSN: 2617-1260 (print), 2617-8141(online)
www.kjps.isnra.org

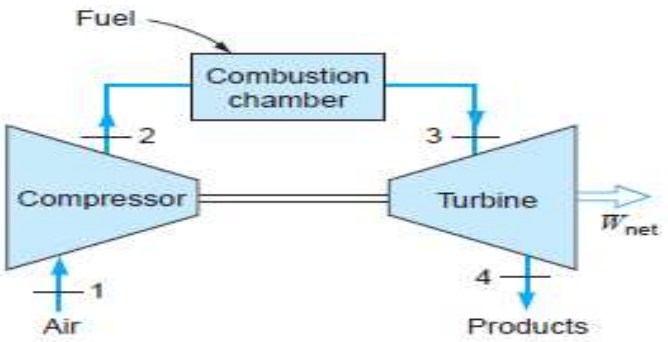
2_2) جمع البيانات(Data Collection):

ان محطة القدرة الغازية التي تم دراستها لا تحتوي على جميع البيانات التي يمكن من خلالها اجراء تحليل للطاقة المتاحة بشكل مباشر, لذلك برزت الحاجة لفرض بعض الفرضيات لتقريب التحليل من الواقع. حيث سوف يتم فرض كل من التالي:

1_ضغط الهواء الداخل لضاغط الهواء ونواتج الاحتراق عند مخرج التوربين الغازي يساوي ضغط الهواء الجوي(1.01325 بار).

2_الكفاءة الكهربائية للمولد الكهربائي والميكانيكية للتوربين تساوي 98% لكل منهما.

اما بخصوص درجة الحرارة لنواتج الاحتراق عند مدخل التوربين الغازي فيحصل عليها من خلال اجراء موازنة للطاقة على غرف الاحتراق بعد فرض كمية الوقود المتدفق.



شكل(1): يبين الدورة مفتوحة والاجزاء الرئيسية الثلاثة للتوربين[5]

3) تحليل الطاقة المتاحة(Exergy Analysis):

3_1) المعادلات العامة(General Equations):

KJPS Al-Kitab Journal for Pure Science
Vol.2 (2), ISSN: 2617-1260 (print), 2617-8141(online)
www.kjps.isnra.org

تتكون الطاقة المتاحة من عدة مكونات وهي الطاقة المتاحة الفيزيائية, الطاقة المتاحة الكيميائية, الطاقة المتاحة الحركية والطاقة المتاحة الكامنة. وتعطى بالقانون التالي[11,8]:

$$\dot{E}_X = \dot{E}_X^{PH} + \dot{E}_X^{CH} + \dot{E}_X^{KN} + \dot{E}_X^{PT} \dots (1)$$

اما بالنسبة للطاقة المتاحة الكامنة والحركية فغالبا ما تكون قيمتها صغيرة جدا ولذلك يمكن اهمالها.

يمكن تمثيل الطاقة المتاحة الفيزيائية بالعلاقة التالية[11,5]:

$$\dot{E_X}^{PH} = \dot{m}[(h - h_0) - T_0(s - s_0)] = \dot{m}[C_{p,av}(T - T_0) - T_0(s - s_0)] \dots (2)$$

الحد الاخير من المعادلة يمثل التغير في الانتروبيا ويمكن حسابه من المعادلة التالية[10,7]:

$$s - s_0 = C_{p,av} \ln\frac{T}{T_0} - R\ln(\frac{P}{P_o}) \dots (3)$$

تحسب الحرارة النوعية عند متوسط درجة الحرارة بين الحالتين ومعادلتها عبارة عن دالة لدرجة الحرارة متعددة الحدود[5].

اما بالنسبة للطاقة المتاحة الكيميائية للوقود في غرفة الاحتراق فهنالك علاقة تقريبية تربط كل من الطاقة المتاحة الكيميائية مع القيمة الحرارية الصغرى(Lower heating value) مع عدد ذرات الكاربون والهيدروجين في المركب, وللطور الغازي فإنها تكون بالصيغة التالية[3]:

$$\frac{\bar{e}_{x_i}^{ch}}{\overline{LHV_i}} = 1.033 + 0.0169\frac{b}{a} - \frac{0.0698}{a} \dots (4)$$

حيث يمثل(a) عدد ذرات الكاربون في المركب و(b) عدد ذرات الهيدروجين في المركب.

لا يوجد هنالك طاقة متاحة كيميائية في ضاغط الهواء كون تركيب الهواء فيه مشابه لتركيبه في الهواء الجوي. اما بالنسبة للتوربين الغازي فسيكون هنالك جزء صغير من الاختلاف نتيجة احتراق الوقود واستهلاك جزء من الاوكسجين وانتاج ثنائي اوكسيد الكاربون وبخار الماء, وتحسب الطاقة المتاحة الكيميائية لنواتج الاحتراق من المعادلة التالي[11]:

KJPS Al-Kitab Journal for Pure Science
Vol.2 (2), ISSN: 2617-1260 (print), 2617-8141(online)
www.kjps.isnra.org

$$\bar{e}_{x_3}{}^{ch} = \sum_{i=1}^{j} y_i \, \bar{e}_{x_i}{}^{ch} + \bar{R}T_0 \sum_{i=1}^{j} y_i \ln y_i \ldots (5)$$

2_3) موازنة الطاقة المتاحة وحساب خسائرها(Exergy Balance and Destroyed):

لحساب خسائر الطاقة المتاحة, نجري موازنة الطاقة المتاحة على كل جزء من اجزاء التوربين. تتمثل المعادلة العامة لموازنة الطاقة المتاحة بالمعادلة التالية[15,13,11,8,5,3,1]:

$$\frac{dE_{X,cv}}{dt} = \sum_{j}(1 - \frac{T_0}{T_j})\dot{Q}_j - \dot{W}_{cv} + \sum_{i} \dot{m}_i \, e_{x,i} - \sum_{e} \dot{m}_e \, e_{x,e} - \dot{E}_{X,D} \ldots (6)$$

وبفرضية الحالة المستقرة(steady state) فلن يكون هنالك تراكم للطاقة المتاحة في النظام, وايضا بفرض ان جميع العمليات التي تتم في اجزاء التوربين الثلاثة تكون اديباتية(Adiabatic), وبعد اعادة ترتيب المعادلة اعلاه نحصل على المعادلة العامة التالية:

$$\dot{W}_{cv} = \sum_{i} \dot{m}_i \, e_{x,i} - \sum_{e} \dot{m}_e \, e_{x,e} - \dot{E}_{x,D} \ldots (7)$$

الان, سوف نقوم بتطبيق هذه المعادلة على الاجزاء الثلاثة للتوربين وكالتالي:

1_موازنة الطاقة المتاحة لضاغط الهواء:

ان اشارة الشغل لحجم السيطرة في معادلة(7) وضعت بفرضية كون الشغل ينتج من النظام, اما في حالة كون الشغل ينتج على النظام فيكون بالإشارة السالبة, وبهذا بعد تغيير اشارة الشغل في الحد الايسر الى الاشارة السالبة ومن ضرب المعادلة في سالب واحد نحصل على معادلة موازنة الطاقة المتاحة لغرفة الاحتراق التالية:

$$\dot{W}_c = \dot{E}_{X,2} - \dot{E}_{X,1} + \dot{E}_{X,D,c} \ldots (8)$$

ولحساب خسائر الطاقة المتاحة نطبق القانون التالي:

$$\dot{E}_{X,D,c} = \dot{m}_a * T_0 * (s_2 - s_1) \ldots (9)$$

KJPS Al-Kitab Journal for Pure Science
Vol.2 (2), ISSN: 2617-1260 (print), 2617-8141(online)
www.kjps.isnra.org

2_موازنة الطاقة المتاحة للتوربين الغازي:

بالاستعانة بمعادلة(7) مع تعويض ما يماثل كل حد نحصل على معادلة موازنة الطاقة المتاحة للتوربين الغازي كالتالي:

$$\dot{W}_t = \dot{E}_{X,3} - \dot{E}_{X,4} - \dot{E}_{X,D,t} \dots (10)$$

ولحساب خسائر الطاقة المتاحة نطبق القانون التالي:

$$\dot{E}_{X,D,t} = \dot{m}_g * T_0 * (s_4 - s_3) \dots (11)$$

3_موازنة الطاقة المتاحة لغرف الاحتراق:

باستعمال معادلة (7) مع التعويض عن الحد الايسر من المعادلة بقيمة صفر لعدم وجود شغل منتج او مستهلك في غرف الاحتراق, وتعويض عن مدخلات الطاقة المتاحة ومخرجاتها بما يساويها, نحصل على المعادلة التالي لخسائر الطاقة المتاحة في غرفة الاحتراق:

$$\dot{E}_{X,D,cc} = \dot{E}_{X,2} + \dot{E}_{X,f} - \dot{E}_{X,3} \dots (12)$$

4) النتائج والمناقشة(Results and Discussion):

تم اجراء حسابات خسائر الطاقة المتاحة وقوانين الديناميكا الحرارية الاول والثاني بواسطة استخدام برنامج الماتلاب عن طريق كتابة برنامج بالاستناد الى القوانين التي ذكرت. في التحليل كانت درجة حرارة المحيط هي نفسها درجة حرارة الهواء الداخل لضاغط الهواء.

KJPS Al-Kitab Journal for Pure Science
Vol.2 (2), ISSN: 2617-1260 (print), 2617-8141(online)
www.kjps.isnra.org

جدول رقم(1):بيانات التحليل للطاقة

No.	T_1 °C	T_2 °C	T_3 °C	T_4 °C	T_f °C	P_2 Bar	P_f Bar	$\dot{m}_a$ kg/s	$\dot{m}_f$ kg/s
1	32.6	338	880.95	443	49.2	7.8	8.7	91.3524	1.4244
2	38.2	345	894.35	460	50.3	7.6	8.7	93.2977	1.4785
3	45.8	356	902.35	479	52.5	7.5	8.7	101.5832	1.6066
4	47	358	898.15	483	52.9	7.4	8.7	108.1819	1.6902

في جدول رقم(1) يوجد نوعين من البيانات, النوع الاول هو البيانات المحصول عليها مباشرة من المحطة والتي تشمل جميع البيانات عدا درجة حرارة نواتج الاحتراق عند مدخل التوربين المولد(T_3) والتدفق الكتلي للوقود($\dot{m}_f$) والتان تم الحصول عليهما من خلال فرضية نسبة الوقود وايجاد درجة الحرارة من خلال موازنة الطاقة المتاحة على غرفة الاحتراق.

جدول رقم(2):قيم انواع الطاقة المتاحة

No.	$\dot{E}_{X,1}^{PH}$ kW	$\dot{E}_{X,2}^{PH}$ MW	$\dot{E}_{X,f}^{PH}$ MW	$\dot{E}_{X,f}^{CH}$ MW	$\dot{E}_{X,3}^{PH}$ MW	$\dot{E}_{X,3}^{CH}$ MW	$\dot{E}_{X,4}^{PH}$ MW	$\dot{E}_{X,4}^{CH}$ MW
1	0	25.299	0.4312944	72.524	63.144	1.0295	15.033	1.0295
2	0	25.901	0.4551911	75.278	64.978	0.9609344	15.91	0.9609344
3	0	28.569	0.5061238	81.801	70.672	0.8734793	17.862	0.8734793
4	0	30.388	0.5344042	86.057	74.571	0.8812952	19.174	0.8812952

اما جدول رقم(2) فيبين الطاقة المتاحة بنوعيها الكيميائية والفيزيائية عند كل مدخل ومخرج في التوربين. حيث يبين الجدول كما تم ذكره سابقا نوعين من الطاقة المتاحة, ونلاحظ وجود نوع واحد للطاقة المتاحة وهو الطاقة المتاحة الفيزيائية في

KJPS Al-Kitab Journal for Pure Science
Vol.2 (2), ISSN: 2617-1260 (print), 2617-8141(online)
www.kjps.isnra.org

نقطة 1 و2 اي في مدخل ومخرج ضاغط الهواء لعدم وجود طاقة متاحة كيميائية نتيجة لعدم وجود اختلاف في التركيب لكل من النقطتين مع الهواء الجوي.

الان سوف نضع القيم التي تم الحصول عليها لخسائر الطاقة المتاحة في كل حالة للنظام. يبين الجدول رقم(3) خسائر الطاقة المتاحة في كل من ضاغط الهواء وغرف الاحتراق والتوربين الغازي بالإضافة الى الخسائر الكلية في المحطة.

جدول رقم(3):خسائر الطاقة المتاحة

No.	$\dot{E}_{X,D,c}(MW)$	$\dot{E}_{x,D,cc}(MW)$	$\dot{E}_{X,D,t}(MW)$	$\dot{E}_{X,D,T}(MW)$
1	3.6273	34.081	0.9636285	38.672
2	3.8087	35.696	1.1381	40.643
3	4.191	39.331	1.8279	45.35
4	4.5999	41.527	2.1913	48.318
Total	16.2269	150.635	6.1209285	-
Average	4.056725	37.65875	1.5302321	-

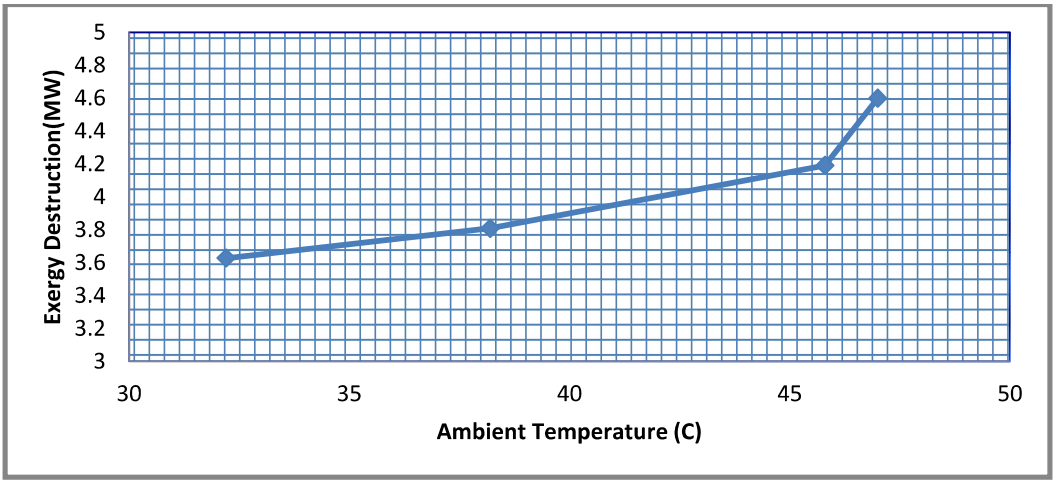
تم اخذ قيم متوسط خسائر الطاقة المتاحة في كل جزء لتبيان نسبة خسائر الطاقة المتاحة في كل جزء من هذه الاجزاء كمعدل للقراءات الاربعة.

تمت دراسة تأثير تغير درجات الحرارة للمحيط عند حمل عالي(17,5ميكا واط) اي ما يشكل نسبة(74%) تقريبا من الحمل الاقصى للمحطة.

في الشكل رقم(1) الذي يبين علاقة خسائر الطاقة المتاحة بدرجة حرارة المحيط نلاحظ زيادة خسائر الطاقة المتاحة في ضاغط العواء مع زيادة درجة الحرارة للمحيط. ان من اسباب الزيادة هو زيادة كمية الهواء الداخلة الى ضاغط الهواء

KJPS Al-Kitab Journal for Pure Science
Vol.2 (2), ISSN: 2617-1260 (print), 2617-8141(online)
www.kjps.isnra.org

وكذلك زيادة درجة حرارة الهواء الخارج من التوربين وانخفاض ضغط الهواء الخارج والذي يؤدي الى تحول جزء الطاقة الميكانيكية الى درجة حرارة اعلى وبالتالي زيادة الانتروبيا للهواء وبالتالي زيادة خسائر الطاقة المتاحة .

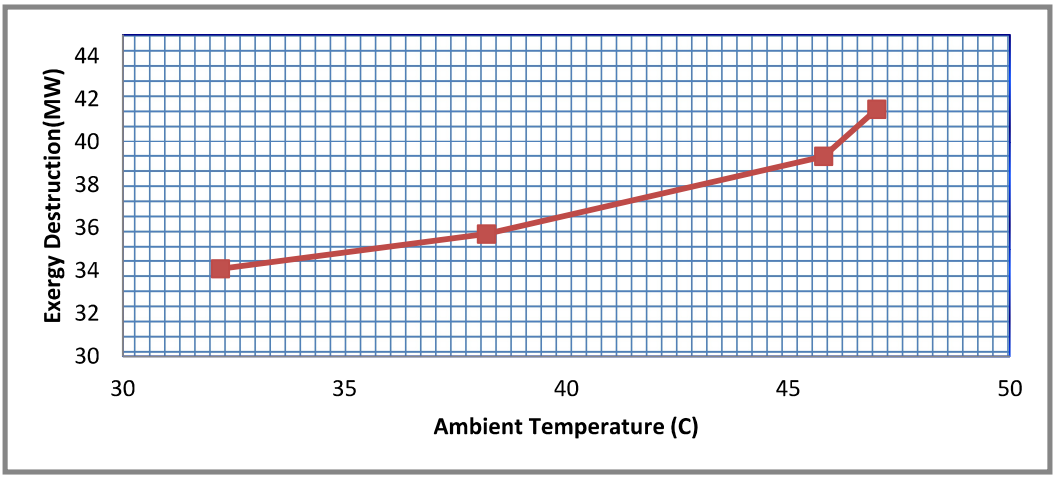


الشكل(2): يبين خسائر الطاقة المتاحة في ضاغط الهواء

حيث لوحظ ان الزيادة تكون اكبر في درجات الحرارة العالية. فبين القراءتين 1و2 فان زيادة درجة الحرارة درجة مئوية واحدة يؤدي الى زيادة خسائر الطاقة المتاحة بقيمة تقريبا 0,03 ميكا واط كمعدل, اما بين القراءتين 2 و3 فكانت القيمة اكبر من 0,05 ميكا واط واخيرا فكانت القيمة بين القراءتين 3 و4 اكبر من 0,34 ميكا واط لكل ارتفاع في درجة الحرارة درجة مئوية واحدة. الشكل رقم(2) الذي يبين علاقة خسائر الطاقة المتاحة بدرجة حرارة المحيط في غرف الاحتراق نلاحظ زيادة خسائر الطاقة المتاحة مع زيادة درجة الحرارة للمحيط. من التحليل الطاقة والطاقة المتاحة اللذان يظهران زيادة في معدل احتراق الوقود, وبسبب كون عملية الاحتراق غير انعكاسية وينتج عن هذه اللاانعكاسية انتروبيا والتي تقلل من الطاقة المفيدة والتي يمكن تحولها الى شغل, فان زيادة استهلاك الوقود سوف يتسبب بزيادة كمية الانتروبيا المتولدة وبالتالي زيادة خسائر الطاقة المتاحة بالإضافة الى انخفاض الضغط للهواء القادم من ضاغط الهواء وزيادة كمية الهواء المتدفق لغرف

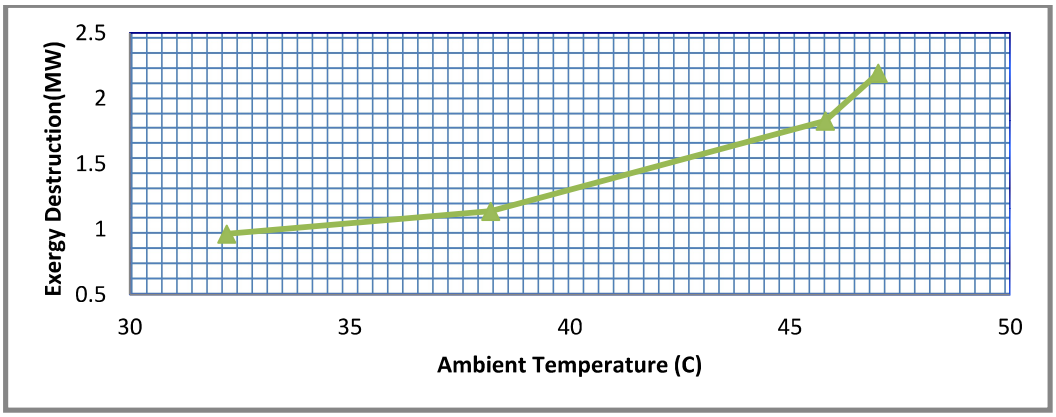
KJPS Al-Kitab Journal for Pure Science
Vol.2 (2), ISSN: 2617-1260 (print), 2617-8141(online)
www.kjps.isnra.org

الاحتراق.



الشكل(3): يبين خسائر الطاقة المتاحة في غرف الاحتراق

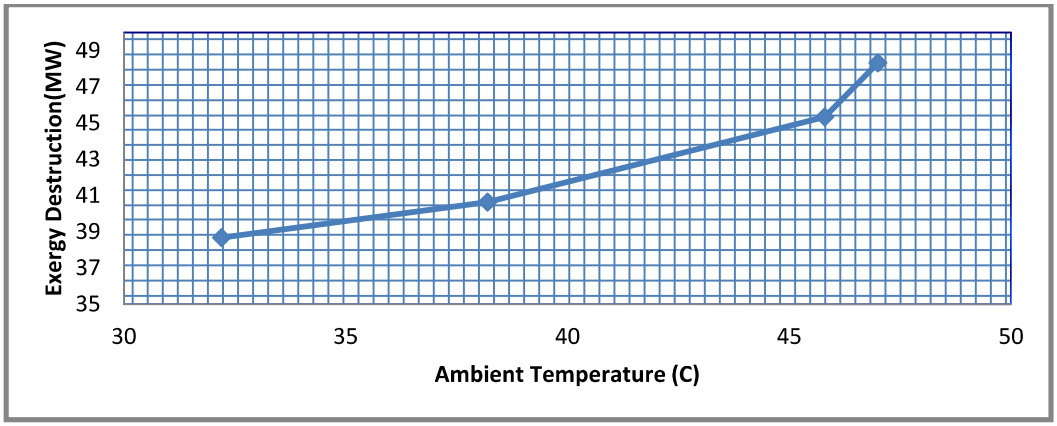
كما في ضاغط الهواء, فان خسائر الطاقة المتاحة في غرف الاحتراق تكون في درجات الحرارة العليا اعلى منها في درجات الحرارة الصغرى. حيث بين القراءتين 1و2 كانت الخسائر تقريبا 0,29 ميكا واط, وكانت بين القراءتين 2و3 الخسائر 0,5 ميكا واط تقريبا واخيرا كانت 1,8 ميكا واط تقريبا بالمعدل بين القراءتين 3و4(طبعا لكل درجة حرارة مئوية وبالمعدل). الشكل رقم(3) يبين علاقة خسائر الطاقة المتاحة بدرجة حرارة المحيط في التوربين الغازي وكما في ضاغط الهواء وغرفة الاحتراق فان خسائر الطاقة المتاحة تزداد بزيادة درجة حرارة المحيط.



الشكل(4): يبين خسائر الطاقة المتاحة في التوربين الغازي

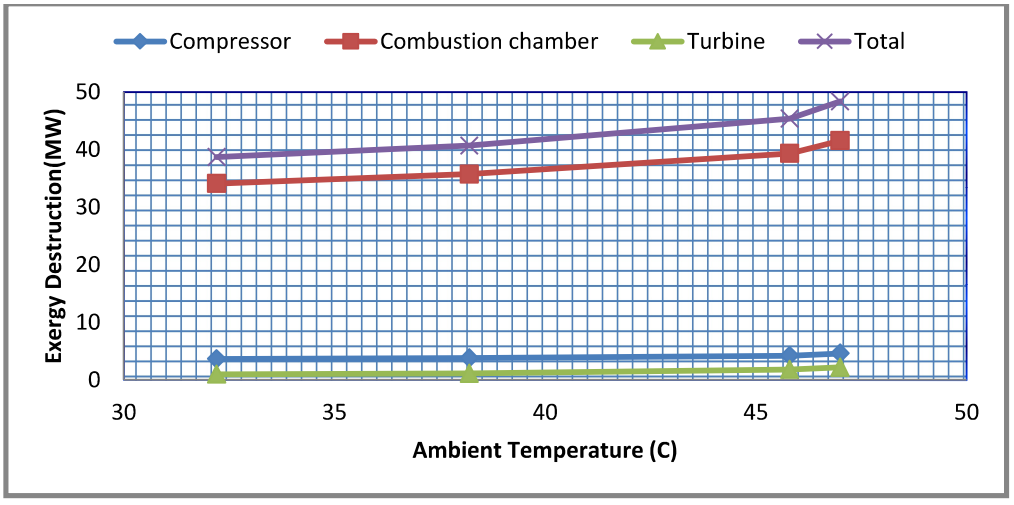
KJPS Al-Kitab Journal for Pure Science
Vol.2 (2), ISSN: 2617-1260 (print), 2617-8141(online)
www.kjps.isnra.org

كانت خسائر الطاقة المتاحة بين القراءات 1و2 وبعدها 2و3 واخيرا 3و4 لكل درجة حرارة مئوية تقريبا(0,03, 0,09 و0,3) ميكا واط بالمعدل على التوالي. كما هو الحال في كل جزء من اجزاء التوربين فان مجموع ذلك هو ايضا له نفس العلاقة بزيادة درجة الحرارة. حيث الشكل(4) يمثل هذه العلاقة وكانت الخسائر بين القراءات لكل درجة حرارة مئوية تقريبا(0,35, 0,6 و2,5) ميكا واط بالمعدل على التوالي.



الشكل(5): بين خسائر الطاقة المتاحة الكلية في التوربين

الشكل الذي يلي يمثل الخسائر في كل جزء من اجزاء التوربين بالإضافة للخسائر الكلية في التوربين.

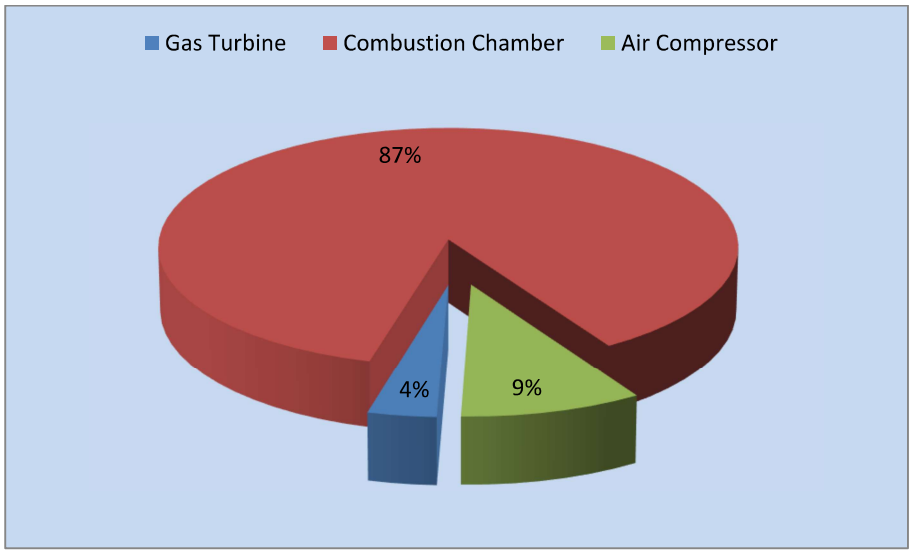


الشكل(6): العلاقة بين خسائر الطاقة المتاحة ودرجة الحرارة

KJPS Al-Kitab Journal for Pure Science
Vol.2 (2), ISSN: 2617-1260 (print), 2617-8141(online)
www.kjps.isnra.org

5) الاستنتاج(Conclusions):

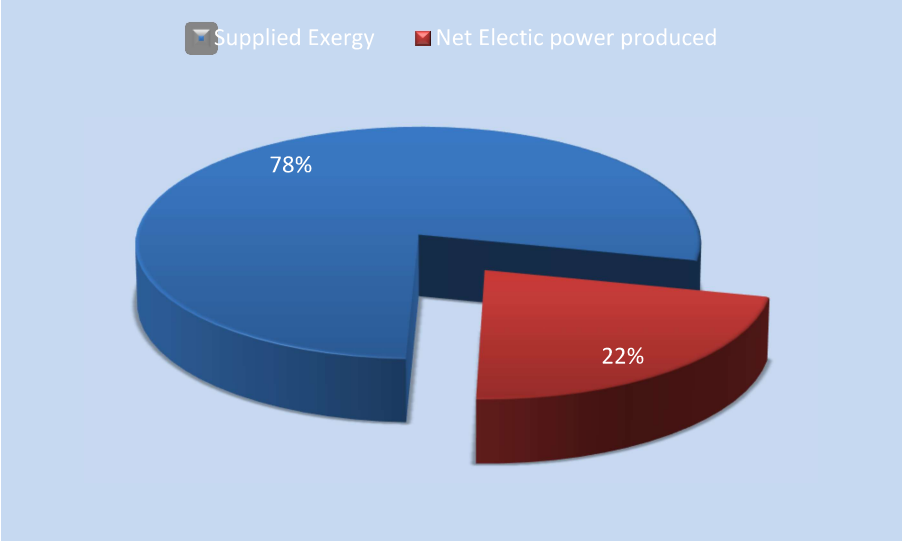
تم اجراء تحليل للطاقة المتاحة لبيان اداء التوربين في محطة قدرة غازية لإنتاج الطاقة الكهربائية وبيان تأثير تغيرات درجة حرارة هواء المحيط. بينت النتائج ان الجزء الاعظم من خسائر الطاقة المتاحة تحدث في غرفة الاحتراق يليها ضاغط الهواء واقلها التوربين الغازي كمعدل للقراءات الاربعة. كما بينت النتائج ان زيادة درجة حرارة المحيط يزيد من خسائر الطاقة المتاحة في التوربين ككل وفي كل جزء من اجزائه وان هذه الزيادة تكون في درجات الحرارة العالية اكبر منها في درجات الحرارة الواطئة.



الشكل(7): يبين نسب متوسط خسائر الطاقة المتاحة في كل جزء من اجزاء التوربين

ان جزء صغير من الطاقة المتاحة في الوقود يتحول الى طاقة كهربائية. الشكل ادناه يبين النسبة الصافية لتحول الطاقة المتاحة الكلية الداخلة للتوربين عن طريق الوقود الغازي كمعدل للقراءات الاربعة الى طاقة كهربائية مستفاد منها.

KJPS Al-Kitab Journal for Pure Science
Vol.2 (2), ISSN: 2617-1260 (print), 2617-8141(online)
www.kjps.isnra.org



الشكل(8): يبين نسبة تحول الطاقة المتاحة للوقود الى طاقة كهربائية

ولهذا يتطلب وضع تقنيات لتقليل درجة حرارة الهواء الداخل للتوربين من خلال تصميم مبرد هوائي في مدخل ضاغط الهواء.

6) المصادر (References):

[1] Annamalai, Kalyan, Ishwar K. Puri, and Milind A. Jog. ***Advanced thermodynamics engineering***. CRC press, 2010.

[2] A. Mousafarash and M. Ameri, "***Exergy and exergo-economic based analysis of a gas turbine power generation system***," Open Access J. J. Power Technol., vol. 93, no. 1, pp. 44–51, 2013.

[3] Bejan, Adrian. ***Advanced engineering thermodynamics***. John Wiley & Sons, 2016.

[4] C. Borgnakke and R. E. Sonntag, ***Fundamentas of Thermodynamics***. 2009.

[5] Cengel, Yunus A., and Michael A. Boles. "***Thermodynamics: An Engineering Approach***, Seventh edition, Mc. Graw-Hill, New York, 2013.

[6] E. Henry Okechukwu and O. Albert Imuentinyan, "***Exergy analysis of Omotosho phase 1 gas thermal power plant***," Int. J. Energy Power Eng., vol. 2, no. 5, pp. 197–203, 2013.

[7] F. F. Hatem, "***Exergy Losses Calculation for a 125 MW Combined Power Plant***," Journal, vol. 27, 2009.

[8] I. Dincer and M. A. Rosen, ***Exergy: Energy, Environment and Sustainable Development***, 2013.

[9] Ibrahim, Thamir K., et al. "***Thermal performance of gas turbine power plant based on exergy analysis***." Applied Thermal Engineering 115 (2017): 977-985.

[10] L. Pattanayak, "***Thermodynamic modeling and Exergy Analysis of Gas Turbine Cycle for Different Boundary conditions***," Int. J. Power Electron. Drive Syst. J., vol. 6, no. 2, pp. 2088–8694, 2015.

[11] Moran, Michael J., et al. ***Fundamentals of engineering thermodynamics***. John Wiley & Sons, 2010.

[12]M. N. Parth, "***Exergy Analysis of Gas Turbine Power Plant***," Int. J. Sci. Eng. Res., vol. 5, no. 2, 2014.

[13]P. K. Nag, "***Basic and applied thermodynamics***." p. 985, 2002.

[14]Rajput, R. K. ***Engineering Thermodynamics: A Computer Approach***. Jones & Bartlett Publishers, 2009.

[15]S. Klein and G. Nellis, ***Thermodynamics***. 2011.

[16]Singh, Onkar. ***Applied thermodynamics***. New Age International, 2009.

[17]حميد حيدر هاشم, د.ابو بكر اعويدات سالم, "***حساب خسائر الاكسيرجي لمحطة قوى مشتركة***", الطاقة والحياة– العدد(الثالث والعشرون) الصيف(يونيو)2006.