مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (29) العدد (3) 2007
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol. (29) No. (3) 2007

تقييم الإنتاج المشترك للطاقة في محطة توليد إكسيرجيا

الدكتور عدنان عمران*

الدكتور موسى المحمد*

(تاريخ الإيداع 18 / 4 / 2007. قُبِل للنشر في 2007/8/19)

□ الملخّص □

تتصف أنظمة محطات توليد الطاقة الكهربائية التي تستخدم التوربينات البخارية بمردود حراري وإكسيرجي منخفض نسبيا وبجودة إكسيرجية منخفضة نظرا لجملة تحولات الطاقة من شكل إلى آخر لنحصل في النهاية على طاقة كهربائية. يعرض البحث التالي إمكانية رفع مردود هذه المحطات وتحديد أماكن الضياعات فيها باستخدام الطريقة الإكسيرجية.

يتناول البحث حساب الضياعات الإكسيرجية والمردود الإكسيرجي لمحطتي توليد طاقة، إحداهما تكثيفية ذات مخرج واحد والأخرى كهر وحرارية ذات مخرجين وتشتركان بإنتاج استطاعة كهربائية واحدة.

كلمات مفتاحية: لإكسيرجي – محطة توليد تكثيفية – محطة توليد كهروحرارية – المردود الإكسيرجي – الضياعات الإكسيرجية.

* أستاذ مساعد في كلية الهندسة التقنية – جامعة تشرين – طرطوس – سورية.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (29) العدد (3) 2007
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol. (29) No. (3) 2007

Exergy Evaluation of the Bi-production of Energy in Generation Plant

Dr. Adnan Omran [*]
Dr. Moussa Al-Mohamad*

(Received 18 / 4 / 2007. Accepted 19/8/2007)

□ ABSTRACT □

The electrical energy generation plant systems, in which the steam turbine is used, represent a law exergy and heat efficiency as well as a law exergy qulaity due to the energy change from one form into another.

The following research represents the possibility of increasing plant output and limiting loss using the exergy method.

The research calculates both the exergy losses and the exergy efficiency for two-energy generation plants, one with mono-output and the other with two-outputs. They both produce mono-electrical power.

Keywords: Exergy, energy generation plant, exergy efficiency, exergy losses**.**

[*]**Associate Professor, Faculty of Technical Engineering, Tishreen University Tartous, Syria.**

1- المقدمة:

في الوقت الحاضر تتجه كل الأبحاث لرفع جودة الأنظمة الطاقية وتخفيض استهلاك الوقود، والاستثمار الأمثل لأنظمة الطاقة القائمة حاليا وإن إحدى الطرق التي تؤدي إلى رفع المردود الإكسيرجي لأنظمة الطاقة التي تستخدم التوربينات البخارية في توليد الطاقة الكهربائية هي استخدام أكثر من مخرج طاقي في هذه المحطات، وهذا ما سنطبقه في هذا البحث.

تقسم المحطات البخارية لتوليد الطاقة إلى مجموعتين:

- محطات توليد طاقة كهر بائية تسمى المحطات التكثيفية، التي تولد الطاقة الكهربائية فقط (أحادية المخرج).
- محطات توليد الطاقة الكهروحرارية التي تولد الطاقة الكهربائية والحرارية معا(ثنائية المخرج).

وفي عناصر كلا النوعين من المحطات تظهر دوما عمليات ترموديناميكية غير عكوسة ناتجة عن عمليات تحول الطاقة، فمثلا تتحول الطاقة الكيميائية للوقود بشكل غير عكوس إلى حرارة ثم إلى عمل ميكانيكي، الذي بدوره يتحول إلى طاقة كهربائية. وتترافق عملية التحول تلك بضياعات كبيرة تؤدي إلى تخفيض مردود (فعالية) المحطة بالكامل.

يتم تقييم المردود (الفعالية) الترموديناميكية لعملية تحول الحرارة إلى عمل من خلال المردود الحراري التالي [4]:

$$\eta_T = \frac{\oint dL}{\int dQ_1} = 1 - \frac{\int dQ_2}{\int dQ_1} < 1 \qquad (1)$$

يظهر من هذه العلاقة أنه كلما ازداد العمل ازدادت قيمة هذا المردود، التي لا يمكن أن تصل إلى الواحد حتى لو حصلنا على عمل أعظمي عندما تقترب درجات حرارة المصادر الحرارية الباردة والساخنة من بعضها البعض، أي:

$$L_{\max} = \left[1 - T_0 \int \frac{dQ_1}{T_1} / \int dQ_1\right] Q_1 \qquad (2)$$

حيث T_0 – درجة حرارة الوسط المحيط.

T_1 – درجة حرارة المصدر الترموديناميكي الساخن.

2- أهمية البحث وأهدافه:

يهدف البحث إلى تقييم العمليات الترموديناميكية الحاصلة في دورة محطة توليد للطاقة باستخدام الطريقة الإكسيرجية في تحديد الضياعات فيها، ويبين أهمية الإنتاج المشترك للطاقة في رفع المردود الإكسيرجي لمحطة طاقة ثنائية المخرج.

3- طريقة البحث ومواده:

إن الطريقة المعتمدة في إجراء هذا البحث هي الطريقة الإكسيرجية التي تعطي تقييما واضحا وفعّالا للعمليات الترموديناميكية الحاصلة في دورة المحطة ومدى قربها من العكوسية أو بعدها عنها، وتقرير مدى الضياعات الإكسيرجية فيها وطرق تحسين ورفع مردود هذه العمليات في دورة المحطة، وهذا ما تمّ اعتماده في هذا البحث من خلال مايلي:

3-1 المردود الحراري والمردود الإكسيرجي:

إن المردود الحراري (الطاقي) لا يستطيع أن يعطي صورة واضحة وصحيحة عن العمليات الترموديناميكية الحاصلة في الأنظمة الترموديناميكية [1]، لأن قيمة هذا المردود أقل من الواحد للعمليات العكوسة (دورة كارنو $\eta_{car} < 1$) وبالتالي فإن المعيار الوحيد الذي يعطي صورة واضحة وصحيحة عن العمليات الترموديناميكية هو المردود الإكسيرجي الذي من خلاله يمكننا الحكم على العملية الترموديناميكية من حيث قربها أو بعدها عن العكوسية وبالتالي يمكن للمردود الإكسيرجي أن يكون أصغر أو مساوياً للواحد $\eta_{ex} \leq 1$.

لذا في هذا البحث سنقوم باستخدام الطريقة الإكسيرجية في تقييمنا لعمل المحطة وتبيان قرب وبعد العمليات الجارية عن العكوسية، وذلك بهدف رفع المردود من خلال الإنتاج المشترك للطاقة في المحطة المدروسة.

3-2 الضياعات الإكسيرجية في أنظمة المحطات:

إن أسباب لاعكوسية العمليات الحقيقية في عناصر المحطات هي: وجود عمليات التبادل الحراري عند درجات حرارة مختلفة، وجود الاحتكاك، انخفاض نوعية الطاقة خلال تحولها، ضياع الطاقة بسب عدم إمكانية استخدامها تقنيا مثلا مع نواتج الاحتراق المطروحة إلى الوسط المحيط والتي تملك درجة حرارة أعلى من درجة حرارة الوسط المحيط. وكما أن عملية تمدد الجسم العامل عند تحويل الحرارة إلى عمل تترافق بالاحتكاك، الذي يتحول من جديد إلى حرارة تصرف على زيادة أنتالبي الجسم العامل وعلى تسخين العناصر وأجزاء الآلة، وبالتالي تضيع هذه الحرارة في الوسط المحيط [6].

إن العمل الأعظم في المعادلة (2) هو أكبر عمل يمكن أن نحصل عليه من النظام الذي يحوي المصدر الترموديناميكي البارد المتمثل بالوسط المحيط، وسندعو هذا العمل الصافي الإكسيرجي المفيد ونرمز له ب E. لذلك تتكون الحرارة المقدمة للنظام Q_1 حسب المعادلة (2) من جزأين مختلفين بالنوعية:

E – الإكسيرجي وهو الجزء المتحول إلى عمل عند شروط محددة.

$T_0 \int dQ_1 / T_1$ – الجزء غير المتحول من الحرارة عند نفس الشروط.

إن ميكانيزم ظهور الضياعات الإكسيرجية يمكن اعتباره على الشكل التالي:

- ضياع الإكسيرجي الناتج عن الاحتكاك والتبادل الحراري غير العكوس، والذي لا يمكن الاستفادة منه حسب قانون الترموديناميك الثاني، أي لا يمكن تحويله من جديد إلى عمل، وهذا الضياع لا يدخل في العمل الحقيقي المفيد.

لذلك تكون الإنتاجية الإكسيرجية على أقطاب المولد الكهربائي للمحطة مساوية إلى:

$$E_{Nel} = E - T_0 \sum \Delta S_{sys} \qquad (3)$$

حيث $-T_0 \sum \Delta S_{sys}$ – مجموع ضياعات الإكسيرجي في النظام.

E – الإكسيرجي أو جزء الحرارة المتحول إلى عمل.

في محطات توليد الطاقة التكثيفية تنتج الضياعات الإكسيرجية عن التبادل الحراري غير العكوس بين نواتج الاحتراق والماء في مرجل المحطة وتنتقل إلى الوسط المحيط من خلال مياه تبريد مكثف التوربين، كذلك الأمر تحدث الضياعات في التوربين بسبب التمدد غير العكوس للبخار (التمدد غير الإيزوأنتروبي) [5].

إن التحول الكيميائي للطاقة إلى حرارة يحدث خلال احتراق الوقود وهذا التحول يترافق بضياعات إكسيرجية سنوردها في موضوع حسابات المحطة.

يتم تقييم الجدوى الإكسيرجية للمحطة التكثيفية من خلال المردود الإكسيرجي للمحطة الذي يمثل نسبة إكسيرجي خرج المحطة (الإنتاجية الإكسيرجية للمحطة) إلى إكسيرجي دخلها الذي يتمثل بإكسيرجي الوقود الداخل للمحطة [1]

$$\eta_E = \frac{E_{Nel}}{E_0} \qquad (4)$$

حيث E_0 – إكسيرجي الوقود الداخل إلى مرجل المحطة.

ويتم تقييم الجدوى الإكسيرجية لمحطة الطاقة الكهروحرارية من خلال مردودها الإكسيرجي الذي يمثل هنا نسبة الإكسيرجي المفيد الخارج من المحطة (المتمثل بإكسيرجي مخرج الحرارة والمخرج الكهربائي للمحطة) إلى إكسيرجي الوقود الداخل إلى مرجل المحطة:

$$\eta_E^T = \frac{E_{Nel} + E_T}{E_0} \qquad (5)$$

حيث E_T – إكسيرجي المخرج الحراري للمحطة .

وقيمته:

$$E_E = Q_T\left[1 - T_0 \int \frac{dQ_T}{T_T} / \int dQ_T\right] \qquad (6)$$

حيث T_T – درجة حرارة حامل الحرارة (درجة حرارة مياه الشبكة المعطاة لمستهلك ما).

3-3 الحساب الإكسيرجي لمحطة طاقة تكثيفية:

1- إكسيرجي الوقود الداخل إلى مرجل المحطة على اعتبار أن هذا الوقود سائل:

$$E_0 = 0{,}97 Q_H^P \dot{B} \qquad [Kw] \qquad (7)$$

Q_H^P – حرارة احتراق الوقود $[kj/kg]$.

$\dot{B}$ – استهلاك الوقود في المرجل $[kg/\sec]$.

ويحسب استهلاك الوقود من العلاقة التالية:

$$\dot{B} = \frac{Q_{el}}{Q_H^P . \eta_b} \qquad (8)$$

حيث $Q_{el} = D_0 . \Delta i$ – الحرارة المصروفة على إنتاج الطاقة الكهربائية $[Kw]$.

Δi – فرق الأنتالبي بين مدخل التوربين (مخرج المرجل) ومياه تغذية المرجل.

D_0 – تدفق البخار الخارج من المرجل.

η_b – المردود الحراري للمرجل.

2- ضياع الإكسيرجي في المرجل.

يتكون ضياع الإكسيرجي في مرجل المحطة من ضياع ناتج عن استخدام الإكسيرجي الكيميائي للوقود ΔE_G ومن ضياع ناتج عن لاعكوسية عملية احتراق الوقود والتبادل الحراري في المرجل ΔE_T ويتحدد كل منهما كما يلي:

$$\Delta E_1 = \Delta E_G + \Delta E_T \qquad (9)$$

حيث:

$$\Delta E_G = E_0(1 - \eta_b)$$

و

$$\Delta E_T = T_0 . D_o . \Delta s_1$$

Δs_1 – تغير أنتروبي البخار الخارج من المرجل ومياه التغذية الداخلة إلى المرجل.

يتحدد تدفق البخار الخارج من المرجل أو الداخل إلى التوربين عندما يحتوي التوربين على مأخذ للبخار من العلاقة التالية:

$$D_o = \frac{N_{el}}{l.\eta_{el}(1-Y_R.\alpha_R)} \qquad (10)$$

حيث N_{el} – الاستطاعة على أقطاب المولد $[Kw]$.

l – العمل الحقيقي للتمدد في التوربين.

η_{el} – المردود الكهروميكانيكي للمولد.

Y_R – معامل الاستخدام غير الكامل للبخار في التوربين ويمثل نسبة عمل تمدد البخار بعد المأخذ إلى العمل الكلي لتمدد البخار.

α_R – معامل يمثل نسبة فرق الأنتالبي بين الماء الداخل إلى المرجل والخارج من المكثف إلى فرق الأنتالبي بين البخار الخارج من مأخذ التوربين والخارج من المكثف (حصة البخار المستخدمة لتسخين مياه تغذية المرجل.

3- تزايد إكسيرجي البخار في المرجل $[Kw]$.

$$E_b = Q_{el}(1-T_0\frac{\Delta s}{\Delta i}) \qquad (11)$$

حيث Δs – تغير أنتروبي البخار الخارج من المرجل ومياه التغذية الداخلة إلى المرجل.

Δi – تغير أنتالبي البخار الخارج من المرجل ومياه التغذية الداخلة إلى المرجل.

4- ضياعات الإكسيرجي الناتجة عن لاعكوسية عملية تمدد البخار في التوربين $[Kw]$.

$$\Delta E_2 = T_0.\Delta s_T \varepsilon_R D_0 \qquad (12)$$

Δs_T. – فرق الأنتروبي بين مدخل التوربين ومدخل المكثف.

ε_R – معامل يساوي:

$$\varepsilon_R = 1-\frac{\alpha_R.\Delta s_R}{\Delta s_T} \qquad (13)$$

Δs_R – فرق الأنتروبي بين البخار في مأخذ التوربين ومدخل المكثف.

5- ضياع الإكسيرجي الناتج عن التبادل الحراري غير العكوس في مسخن الماء.

$$\Delta E_3 = T_0 D_0\{s' - [\alpha_R s'' + (1-\alpha_R)s_1'']\} \qquad (14)$$

حيث s' – أنتروبي الماء المتكاثف الخارج من المسخن.

s'' – أنتروبي البخار الداخل إلى المسخن.

s_1'' – أنتروبي البخار المتكاثف الخارج من مكثف التوربين والداخل إلى المسخن.

6- ضياعات الإكسيرجي الناتجة عن الاحتكاك الميكانيكي.

$$\Delta E_4 = E_{Nel}(1-\eta_{eM}) \qquad (15)$$

η_{eM} – المردود الكهروميكانيكي للمولد.

7- ضياعات الإكسيرجي في مكثف التوربين.

وتبسيطاً للعملية سنفترض أن درجة حرارة تكاثف البخار في المكثف مساوية لدرجة حرارة الوسط المحيط، لذلك تكون الضياعات الإكسيرجية في مكثف التوربين مساوية للصفر.

8- المردود الإكسيرجي لمحطة الطاقة التكثيفية حسب الطاقة الكهربائية المنتجة [2].

$$\eta_E = \frac{E_{Nel} - E_{N'}}{E_0} = \eta_b^E . \eta_T^E . \eta_{N'}^E \qquad (16)$$

حيث $\eta_b^E = \frac{E_b}{E_0}$ – المردود الإكسيرجي للمرجل.

$\eta_T^E = \frac{E_{Nel}}{E_b}$ – المردود الإكسيرجي للتوربين.

$\eta_{N'}^E = \frac{E_{Nel} - E_{N'}}{E_{Nel}}$ – المردود الإكسيرجي للأجهزة المساعدة.

$E_{N'}$ – الاستطاعة الإكسيرجية المصروفة على تشغيل الأجهزة المساعدة.

9- المصروف النوعي للوقود منسوبا للطاقة الكهربائية المنتجة.

$$b_E = \frac{0{,}123}{\eta_E} \qquad (17)$$

3-4 الحساب الإكسيرجي لمحطة طاقة كهر وحرارية:

تختلف هذه المحطة عن المحطة التكثيفية بوجود مأخذ في التوربين يتوزع منه البخار إلى مسخن الماء وإلى مبادل حراري آخر لتسخين مياه الشبكة المقدمة للمستهلك الحراري [3].

في هذه الحالة يصبح تدفق البخار الخارج من المرجل:

$$D_0 = \frac{N_{el}}{l(1 - Y_R \alpha_R - Y_T \alpha_T)\eta_{el}} \qquad (18)$$

حيث $Y_R = Y_T$ – معامل الاستخدام غير الكامل للبخار في التوربين.

α_R – معامل يمثل نسبة تغير انتالبي مياه التغذية والمياه المتكاثفة منقوصا منه تغير إنتالبي مياه المتكاثف بين مخرج مسخن الماء ومخرج المكثف إلى تغير انتالبي البخار بين مأخذ التوربين ومخرج المكثف.

α_T – حصة البخار الخارج من التوربين والذاهب إلى المبادل الحراري المرتبط بشبكة الماء.

2- الحرارة المعطاة لمستهلك حراري ما $[Kw]$:

$$Q_T = \alpha_T . D_0 . \Delta i . \eta_{sys} \qquad (19)$$

حيث $\eta_{sys} = 0{,}97 - 0{,}98$ – مردود وحدة شبكة الماء الساخن المعد للاستخدام.

Δi – فرق الأنتالبي بين مدخل المبادل الحراري ومخرجه.

3- الحرارة المصروفة على إنتاج الطاقة الكهربائية:

$$Q_{el} = .D_0 . \Delta i - Q_T / \eta_{sys} \qquad (20)$$

Δi – تغير الأنتالبي بين مدخل التوربين ومياه التغذية.

4- الإكسيرجي الكيميائي للوقود (الإكسيرجي الداخل للمحطة):

$$E_0 = 0{,}97 Q_H^P \dot{B}$$

حيث يعطى مصروف الوقود في هذه المحطة من العلاقة التالية:

$$\dot{B} = \left(Q_{el} + Q_T / \eta_{sys}\right) / Q_H^P . \eta_b \qquad (21)$$

5- ضياعات الإكسيرجي في المرجل:

$$\Delta E_1 = \Delta E_G + \Delta E_T$$

$$\Delta E_G = E_0(1-\eta_b) \quad \text{و} \quad \Delta E_T = T_0 \Delta s D_0$$

6- تزايد إكسيرجي البخار في المرجل:

$$E_b = Q_{el} + Q_T / \eta_{sys})(1 - T_0 \Delta s / \Delta i) \qquad (22)$$

7- الضياعات الإكسيرجية في التوربين والمولد:

$$\Delta E_2 = T_0 . \Delta s . \varepsilon_R . D_0$$

حيث

$$\varepsilon_R = 1 - \frac{(\alpha_R + \alpha_T).\Delta s_R}{\Delta s_T}$$

7- ضياع الإكسيرجي في مكثف التوربين يساوي للصفر لأن $T_0 = T_K$.

8- المردود الإكسيرجي لمحطة الطاقة الكهروحرارية حسب إنتاج الطاقة الكهربائية والحرارية:

$$\eta_E = \frac{(E_{Nel} - E_{N'}) + E_T}{E_0} = \eta_b^E . \eta_T^E . \eta_{N'}^E \qquad (23)$$

حيث E_T - إكسيرجي الحرارة المقدمة للمستهلك:

$$E_T = Q_T (1 - T_0 \Delta s / \Delta i)$$

حيث Δs و Δi - فرق الأنتروبي والأنتالبي بين مدخل المبادل الحراري (مأخذ التوربين) ومخرجه.

9- المصروف النوعي للوقود

$$b^E = 0{,}123 / \eta_E$$

3-5 التطبيق الحسابي:

نجري الحساب على محطتين: المحطة الأولى تكثيفية يحتوي التوربين فيها على مأخذ للبخار. والمحطة الثانية كهروحرارية يحتوي التوربين فيها على مأخذ للبخار يتفرع عنه فرع لتقديم الطاقة الحرارية للمستهلك من خلال المبادل الحراري. إن شكل الدورة الترموديناميكية واحدٌ لكلا المحطتين كما هو موضح لاحقاً. وتتكون هذه الدورة من العمليات التالية:

$0 \to 4$ - عملية تشكل البخار في المرجل تحت ضغط ثابت.

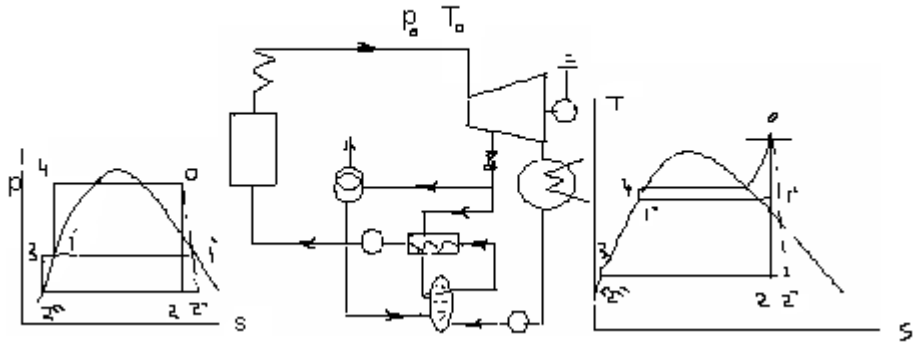
$2 \to 0$ - عملية تمدد البخار في التوربين ايزوانتروبيا وإنتاج عمل.

$2'' \to 2$ - تكاثف البخار في مكثف التوربين.

$3 \to 2''$ - ضخ الماء المتكاثف من المرجل إلى المسخن مع رفع الضغط حتى ضغط المسخن.

$1'' \to 3$ - تسخين الماء في مسخن الماء تحت ضغط ثابت.

$4 \to 1''$ - ضخ الماء المتكاثف والمسخن إلى المرجل ورفع الضغط إلى ضغط المرجل



المعطيات الأولية لكل من المحطتين:

الاستطاعة Mw	الضغط $p_0[bar]$	درجة الحرارة $t_0[C^\circ]$	ضغط المكثف $p_2[bar]$	حصة البخار في المأخذ α_T	حرارة احتراق الوقود $Q_H^P[Mj/kg]$
50	130	540	0,05	0,4	30

البارامترات الأساسية للنقاط المميزة في الدورة هي (من مخطط $i-s$):

	0	1′	2	2′	2″	3	1″	4
$i[kj/kg]$	3443	2792	2004	2220	137	137	670	670
$p[bar]$	130	6	0,05	0,05	0,05	6	6	130
$t[C^\circ]$	540	174	33	33	33	33	159	159
$s[kj/kgK]$	6,57	6,82	6,57	7,28	0,47	0,47	1,93	1,93

وفيما يلي نتائج حسابات المحطة التكثيفية.

نتائج الحساب الإكسيرجي لمحطة طاقة تكثيفية	
1- إكسيرجي الوقود $[Mw]$	$E_0 = 131,68$
2- ضياع إكسيرجي الوقود غير المستخدم في المرجل $[Mw]$	$\Delta E_G = 7,9$
3- ضياع الإكسيرجي الناتج عن لاعكوسية الاحتراق والتبادل الحراري في المرجل $[Mw]$	$\Delta E_T = 65,3$
4- الضياعات الإكسيرجية في المرجل $[Mw]$	$\Delta E_1 = 70$
5- تزايد إكسيرجي البخار في المرجل $[Mw]$	$E_{el} = 62,27$
6- ضياع الإكسيرجي في التوربين نتيجة التمدد غير العكوس $[Mw]$	$\Delta E_2 = 8,7$
7- ضياع الإكسيرجي في مسخن الماء $[Mw]$	$\Delta E_3 = 2,675$
8- ضياعات الإكسيرجي الناتج عن الاحتكاك الميكانيكي $[Mw]$	$\Delta E_4 = 1$

9- ضياع الإكسيرجي في مكثف التوربين $[Mw]$ ($t_K = t_0$)	$\Delta E_5 = 0$
10- المردود الإكسيرجي للمرجل	$\eta_b^E = 0{,}47$
11- المردود الإكسيرجي للتوربين	$\eta_T^E = 0{,}80$
12- المردود الإكسيرجي للأجهزة المساعدة	$\eta_{N'}^E = 0{,}94$
13- ضياعات الإكسيرجي في الأجهزة المساعدة $[Mw]$	$\Delta E_{N'} = 3{,}4$
14- المردود الإكسيرجي للمحطة التكثيفية	$\eta_E = 0{,}353$
15- الاستهلاك النوعي للوقود $[kg.ful / Kw.h]$	$b^E = 0{,}35$

نتائج حساب المحطة الكهروحرارية:

نتائج الحساب الإكسيرجيي لمحطة الطاقة الكهروحرارية	
1- إكسيرجي الوقود $[Mw]$	$E_0 = 157{,}66$
2- ضياع إكسيرجي الوقود غير المستخدم في المرجل $[Mw]$	$\Delta E_G = 9{,}46$
3- ضياع الإكسيرجي الناتج عن لاعكوسية الاحتراق والتبادل الحراري في المرجل $[Mw]$	$\Delta E_T = 78{,}23$
4- الضياعات الإكسيرجية في المرجل $[Mw]$	$\Delta E_1 = 87{,}7$
5- تزايد إكسيرجي البخار في المرجل $[Mw]$	$E_{el} = 74{,}54$
6- ضياع الإكسيرجي في التوربين نتيجة التمدد غير العكوس $[Mw]$	$\Delta E_2 = 7{,}94$
7- ضياع الإكسيرجي في مسخن الماء $[Mw]$	$\Delta E_3 = 2$
8- ضياعات الإكسيرجي الناتج عن الاحتكاك الميكانيكي $[Mw]$	$\Delta E_4 = 1$
9- ضياع الإكسيرجي في مكثف التوربين $[Mw]$ ($t_K = t_0$)	$\Delta E_5 = 0$
10- إكسيرجي الحرارة المقدمة للمستهلك $[Mw]$	$E_T = 16{,}89$
- المردود الإكسيرجي للمرجل	$\eta_b^E = 0{,}47$
11- المردود الإكسيرجي للتوربين	$\eta_T^E = 0{,}89$
12- المردود الإكسيرجي للأجهزة المساعدة	$\eta_{N'}^E = 0{,}93$
13- ضياعات الإكسيرجي في الأجهزة المساعدة $[Mw]$	$\Delta E_{N'} = 5{,}6$
14- المردود الإكسيرجي للمحطة التكثيفية	$\eta_E = 0{,}39$
15- المصروف النوعي للوقود $[kgful / Kw.h]$	$b^E = 0{,}317$

4- النتائج والمناقشة:

1- تبين الدراسة أن تطبيق مفهوم المردود الحراري لا يعطي تقييما واضحا لعمل الأنظمة الطاقية، كونه يربط بين أشكال مختلفة من مفاهيم الطاقة (العمل والحرارة) $\eta_T = L/Q < 1$ حتى في العمليات العكوسة.

2- إن المردود الإكسيرجي يعطي صورة واضحة عن طبيعة العمليات الترموديناميكية الحاصلة في الأنظمة الطاقية ومدى اقترابها من العكوسية وبالتالي $\eta_E \leq 1$.

3- تم في هذا البحث تحديد الضياعات الإكسيرجية في عناصر المحطة كلا على حدة، الأمر الذي يحكم على جودة كل عنصر من عناصر المحطة.

4- يبين الحساب العملي لمحطتي توليد وحيدة المخرج (تكثيفية) وثنائية المخرج (كهروحرارية) تشتركان بإنتاج استطاعة كهربائية واحدة ($50Mw$)، أن الإنتاج المشترك يرفع المردود ويحسن الأداء بشكل واضح.

الاستنتاجات والتوصيات:

1- إن الطريقة الإكسيرجية هي الطريقة المثلى لتحديد فعالية الأنظمة الطاقية مقارنة بالطريقة الكلاسيكية الطاقية.

2- إن الإنتاج المشترك للطاقة في محطة التوليد يرفع المردود الإكسيرجي بمقدار لا بأس به، ففي مثالنا 4% عما هو عليه في محطة توليد وحيدة المخرج.

3- إن الضياعات الإكسيرجية الكبرى في دورة المحطة تظهر في المرجل خصوصا في نواتج الاحتراق.

4- إن تخفيض الضياعات الإكسيرجية في المرجل يتطلب البحث عن طرق ترموديناميكية ترفع من المردود وذلك من خلال استخدام أنظمة الطاقة الارتباطية التي تستفيد من الإكسيرجي المهدور في غازات الاحتراق، الأمر الذي يؤدي حتما إلى زيادة مردود المحطة.

المراجع:

1- المحمد، موسى؛ عمران، عدنان. *المردود الإكسيرجي والطريقة الجديدة لتقييم جودة أنظمة الطاقة الحرارية، مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية، العدد 10/ 2001.*ص 6-12

2- المحمد، موسى؛ عمران، عدنان. *الأنظمة الطاقية المركبة وجودتها الإكسيرجية*، مجلة جامعة تشرين للبحوث العلمية، العدد 10 /2001، 5-8.

3- عمران، عدنان. *الترموديناميك الهندسي* الجزء الثاني. 2004، 188-205.

4-ШАРОВ, Ю.И. *Определение эффективности работы теплофикационной энергетической установки* 1991.42-50 .

5-РЫЖКИ В.Я *Тепловые электрические станции –М.Энергия.*1983,446.,

6- БРОДЯНСКИЙ, В.М. *Энергетические основы трансформаций тепл.*1981.