

## بحث في تطوير المحطات الغازية إلى محطات ومراكز كهروحرارية

### مزدوجة مخصصة لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية

تميزت السنوات الأخيرة بارتفاع نسبة استخدام المحطات الغازية لإنتاج الطاقة الكهربائية المطلوبة لتغطية حمل الشبكة الكهربائية . ولحل المشاكل السلبية في التصميم الأساسي لهذه المحطات والإيفاء بالمتطلبات المستقبلية لاستهلاك الطاقة الكهربائية والمياه العذبة مع الحفاظ على أدنى مستوى من التلوث للوسط المحيط والأخذ بعين الاعتبار الموقع الجغرافي للمحطة تم في الدراسة الحالية بحث فاعلية تطوير التصميم الأساسي للوحدات التربينية الغازية إلى محطات ومراكز كهروحرارية مزدوجة أحادية أو ثنائية الضغط مخصصة لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية . وبصفة مقياس لفاعلية التصاميم المقترحة تم اعتماد مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة نتيجة لتطوير التصميم الأساسي للوحدة التربينية الغازية إلى محطة مزدوجة أو مركز كهروحراري مزدوج مخصص لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية باستخدام وحدات التحلية المتعددة التأثير مقارنة مع محطة تعويضية لإنتاج الطاقة الكهربائية ووحدة تحلية من نوع التناضح العكسي لإنتاج مياه التحلية . وقد بينت نتائج الدراسة فاعلية تطوير المحطات الغازية إلى مراكز كهروحرارية مزدوجة مخصصة لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية باستخدام وحدات التحلية المتعددة التأثير . حيث بلغ مقدار التوفير الأدنى بكمية الوقود المستهلكة لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية في الشبكة **421 ton/year** لكل **MW** من الطاقة التصميمية للوحدة التربينية الغازية وطبقا لذلك مقدار الانخفاض في كمية أكاسيد النيتروجين **0.971 ton/year.MW** وثنائي اوكسيد الكربون **1296.7 ton/year.MW** وذلك على افتراض إن معدل استهلاك الطاقة الكهربائية لوحدة التحلية من نوع التناضح العكسي **10 kW.hr** لكل **ton** من مياه التحلية المنتجة وكفاءة المحطة التعويضية لإنتاج الطاقة الكهربائية . % 50 كما إن استخدام نظام مشترك لإنتاج مياه التحلية بين وحدات التحلية المتعددة التأثير ومن نوع التناضح العكسي عن طريق استغلال الطاقة الكهربائية والطاقة الحرارية المنتجة للوحدة التربينية البخارية في المركز الكهروحراري المزدوج يؤدي إلى زيادة كمية مياه التحلية المنتجة وتحقيق إنتاجية نوعية مرتفعة تساوي تقريبا . **42.4 ton/hr.MW** أما في حالة القيم المنخفضة لمعدل استهلاك الطاقة الكهربائية لوحدة التحلية من نوع التناضح العكسي **5 kW.hr/ton** فتشير نتائج الدراسة إلى فاعلية تطوير الوحدات التربينية الغازية إلى محطات مزدوجة مخصصة لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية باستخدام وحدات التناضح العكسي . حيث بلغ مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية **380.9 ton/year.MW** في حالة المحطات المزدوجة الأحادية الضغط و **428 ton/year.MW** في حالة المحطات المزدوجة ثنائية الضغط .

تعتبر الطاقة والمياه العذبة من أهم الموارد الطبيعية والضرورية للحياة وأساس التطور العمراني والتنمية الزراعية والتقدم الصناعي في جميع المجتمعات . ونتيجة لنضوب مصادر الطاقة التقليدية والزيادة المستمرة في الحاجة البشرية للطاقة والمياه العذبة اصبح من الضروري الاقتصاد في استهلاك المتوفر من هذه الموارد الطبيعية والبحث عن وسائل وطرق متعددة للإيفاء بالمتطلبات المستقبلية للطاقة والمياه. وذلك عن طريق استغلال المصادر الثانوية للطاقة والطاقات الجديدة والمتجددة في إنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية. [ 2 , 1 ] وتشير الدراسات الحديثة في مجال تحلية مياه البحر إلى فاعلية استخدام وحدات التحلية من نوع التناضح العكسي و وحدات التحلية المتعددة التأثير لإنتاج مياه التحلية. [ 3 ] حيث يتم تجهيز هذه الوحدات بالطاقة الكهربائية أو بنوعي الطاقة ( الحرارية والكهربائية ) عن طريق المحطات التي تعمل بمصادر الطاقة التقليدية أو الجديدة

وقد تميزت السنوات الأخيرة بارتفاع نسبة استخدام المحطات الغازية لإنتاج الطاقة الكهربائية المطلوبة لتغطية حمل الشبكة الكهربائية للجماهيرية الليبية. ووفقا لبيانات الشركة المصنعة [ 5 ] فإن الوحدات التربينية الغازية المستخدمة في هذه المحطات مصممة بحيث تعمل بنظام الدورة المزدوجة . لذلك ومع الأخذ بعين الاعتبار خصوصية منحنى حمل استهلاك الطاقة الكهربائية لشبكة الجماهيرية وكذلك الحاجة إلى توفير مياه التحلية في الموقع الجغرافي لهذه المحطات تم في الدراسة الحالية بحث فاعلية تطوير هذه المحطات الغازية إلى محطات ومراكز كهروحرارية مزدوجة يتم فيها استغلال الطاقة الحرارية لغازات العادم الخارجة من الوحدات التربينية الغازية في عملية الإنتاج المشترك للطاقة الكهربائية ومياه التحلية.

## التصاميم المدروسة للمحطات الغازية :

تتضمن المحطات الغازية المدروسة أربع وحدات تربينية غازية من أحد الأنواع التالية , **GT8C** ) **GT11N** , **GT13E2** للشركة المصنعة . ( **ABB** ) وهذه الوحدات التربينية الغازية مصممة بدورة بسيطة وبمحور واحد يتصل من جهة الضاغط بالمولد الكهربائي إما بصورة مباشرة أو عن طريق مخفض سرعة كما هو الحال في الوحدة التربينية الغازية . **GT8C** ) وبذلك فإن الوحدة التربينية الغازية تضم الأجزاء الأساسية التالية : ضاغط محوري للهواء ، غرفة احتراق حلقيّة أو مفردة اعتمادا على نوعية التصميم للوحدة التربينية الغازية ، تربينة غازية تعمل بنظام مفتوح لتبريد الريش عن طريق الهواء المسحوب من أو من بعد الضاغط ، والمولد الكهربائي . والجدول ( 1 ) يبين الخواص والمواصفات التصميمية للوحدات التربينية الغازية السابقة الذكر أعلاه. [ 5 ]

## التصاميم المقترحة للمحطات والمراكز الكهروحرارية المزدوجة:

بهدف زيادة فاعلية المحطات الغازية ( الفقرة (2) ) وتغطية احتياجات المنطقة من المياه العذبة تم في الدراسة الحالية اقتراح تطوير التصميم الأساسي للوحدات التربينية الغازية ( الجدول ( 1 ) ) لتعمل بنظام الدورة المزدوجة وعملية الإنتاج المشترك للطاقة الكهربائية ومياه التحلية . وبذلك سوف يعتمد تصميم الجزء البخاري في التصميم المقترح على نوعية التقنية المستخدمة لتحلية مياه البحر . لذلك تضمن موضوع الدراسة نوعين من التصاميم:

\*التصميم المدروس الأول ( محطة مزدوجة مخصصة لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية):

يتكون التصميم المقترح للمحطة المزدوجة ( الشكل ( 1 ) ) من الوحدة التربينية الغازية و البخارية ووحدة التحلية هذا بالإضافة إلى مرجل استغلال الطاقة الحرارية لغازات العادم . ( **WHB** ) وبذلك يتم في الوحدة التربينية الغازية إنتاج مقدار من الطاقة الكهربائية ( **NGT** على أساس كمية الطاقة الحرارية الناتجة من حرق الوقود داخل هذه الوحدة . أما الجزء المتبقي

من هذه الطاقة مع غازات الاحتراق الخارجة من التربينة الغازية فإنه يجهز إلى المرجل . حيث يتم داخل المرجل استغلال هذه الطاقة الحرارية في إنتاج البخار عند الخواص . ( **PSB** , **TSB** ) وكذلك في تسخين مياه التغذية للمرجل في الموفر . هذا بالإضافة إلى تسخين المتكثف الأساسي المسحوب من

المكثف في المسخن الغازي . مما يؤدي ذلك إلى تقليل كمية البخار

الجدول ( 1 ) الخواص والمواصفات التصميمية للوحدات التربينية الغازية.  
المدلول

الرمز

القيمة

الوحدة

**GT8C**

**GT11N**

**GT13E2**

نسبة الضغط للهواء في الضاغط.

**PRC**

**15.7**

**15.5**

**14.6**

-

درجة الحرارة الابتدائية للغازات قبل التربينية الغازية .

**T3**

**1100**

**1085**

**1100**

**C**

درجة حرارة طرح غازات الاحتراق إلى الوسط المحيط .

**Tex**

**516**

**530**

**524**

**C**

كمية غازات الاحتراق المطروحة للوسط المحيط .

**G gas**

**175**

**400**

**532**

**kg/sec**

الطاقة الكهربائية المنتجة للوحدة التربينية الغازية.

**NGT**

**50.0**

**114.7**

**165.1**

**MW**

كفاءة الوحدة التربينية الغازية

**EGTU**

**34.4**

**33.4**

**35.7**

**%**

معدل استهلاك الطاقة الحرارية النوعي.

**Q GTU**

**10465.1**

**10778.4**

**10084.0**

**MJ/MW.hr**

المستنزفة من التربينية البخارية لخزان نزع الهواء والغازات المذابة . ويتم تجهيز كمية البخار المنتجة في المرجل إلى الوحدة التربينية البخارية عند الخواص الابتدائية للبخار قبل التربينية البخارية , **P O** ( ) .  
حيث تتمدد كمية البخار هذه داخل التربينية البخارية حتى الضغط التصميمي للبخار في

المكثف ( PK ) وذلك بعد أن يتم استنزاف كمية البخار اللازمة لخزان نزع الهواء و الغازات المذابة . وبهذا يتم تحويل جزء من كمية الطاقة الحرارية المجهزة للوحدة التربينية البخارية إلى طاقة كهربائية ( NST ) ويتم وفقاً للتصميم المدروس سحب مكثف البخار من المكثف ودفعه إلى المسخن الغازي . الذي يعمل على تسخينه إلى درجة حرارة أصغر من درجة حرارة التشبع المقابلة لضغط البخار في خزان نزع الهواء والغازات المذابة بمقدار

( 3 Co ) أما مياه التغذية فتسحب عن طريق مضخة هذه المياه من خزان نزع الهواء والغازات المذابة ( D ) وتدفع إلى موثر المرجل .

وتتكون وحدة التحلية من نوع التناضح العكسي في التصميم المقترح ( الشكل ( 1 ) من الأجزاء الأساسية التالية : منظومة المعالجة الأولية لمياه البحر ، مضخة رفع ضغط المحلول الملحي إلى ضغط التناضح العكسي ، مجموعة مرشحات المعالجة ذات الغشاء الانتقائي ، منظومة المعالجة النهائية لمياه التحلية المنتجة.

ومن الجدير بالذكر فإن التصميم المقترح يمكن أن يتضمن مرجل ثاني الضغط لاستغلال الطاقة الحرارية لغازات العادم الخارجة من الوحدة التربينية الغازية بدلا من المرجل الأحادي الضغط ( الشكل ( 1 ) وكذلك فإن وحدة التحلية من نوع التناضح العكسي يمكن أن تكون مصممة بمرحلتين للضغط ومجهزة بتربينة مائية أو بمبادل ضغط لاسترجاع الطاقة الهيدروليكية للمياه المالحة المستنزفة من مرحلة الضغط العالي

وبناء على ما تقدم سوف يتم وفقاً للتصميم المدروس استغلال الطاقة الكهربائية المنتجة للوحدة التربينية البخارية إما بشكل كامل أو بشكل جزئي لإنتاج مياه التحلية عن طريق وحدة التناضح العكسي . هذا مع الأخذ بعين الاعتبار مقدار الانخفاض في الطاقة الكهربائية المنتجة للوحدة التربينية الغازية نتيجة للمقاومة الهيدروليكية للمرجل وكذلك الاستهلاك الذاتي للطاقة الكهربائية في الجزء البخاري من المحطة المزدوجة.

\*التصميم المدروس الثاني ( مركز كهروحراري مزدوج مخصصة لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية

يتضمن التصميم المقترح للمركز الكهروحراري المزدوج ( الشكل ( 2 ) مقارنة مع التصميم المدروس الأول تربينة بخارية من نوع الضغط المقابل ووحدة تحلية متعددة التأثير ( MED ) بدلا من

التربينة التكثيفية ووحدة التحلية من نوع التناضح العكسي . وبذلك يتم في التصميم المدروس الثاني استغلال الطاقة الحرارية لغازات العادم الخارجة من الوحدة التربينية الغازية في عملية الإنتاج المشترك للطاقة الكهربائية والطاقة الحرارية اللازمة لوحدة التحلية المتعددة التأثير. حيث يتم كما هو مبين في الشكل ( 2 ) تجهيز الطاقة الحرارية للتأثير الأول من وحدة التحلية عن طريق كمية البخار المسحوبة من تربينة الضغط المقابل بعد نهاية إجراء التمدد داخل هذه التربينة ومعدل التدفق الإضافي للمياه في المسخن الغازي .

وتتكون وحدة التحلية في التصميم المقترح من عدة مبخرات مربوطة بشكل متتابع وتجهز على التوازي بكمية المحلول الملحي اللازمة لإنتاج مياه التحلية . وتضم المبخرات التي تشكل تأثيرات وحدة التحلية ( بداخلها على مساحة سطحية تعتبر كمكثف لكمية البخار المجهزة للتأثيرات . وبهذه الطريقة يتم تكثيف البخار المجهز لوحدة التحلية في التأثير الأول ، أما التأثيرات الأخرى لغاية التأثير الأخير فتعتبر كمكثفات للبخار الثانوي المتولد داخل مبخرات وحدة التحلية . و يعمل المكثف

المتكامل بالمبخر الأخير لوحدة التحلية على تكثيف كمية البخار المنتجة في هذا التأثير . ويتم الاستفادة من الطاقة الحرارية لمياه التحلية المنتجة في تأثيرات وحدة التحلية في تسخين المحلول الملحي الذي يشكل جزء من كمية مياه التبريد لمكثف وحدة التحلية . وكذلك يتم استنزاف المحلول الملحي بشكل متتابع من تأثيرات وحدة التحلية وطرحه للوسط المحيط من التأثير الأخير لهذه الوحدة.

هذا بالإضافة إلى ما تقدم فإن التصميم المقترح للمركز الكهروحراري المزدوج يمكن أن يتضمن وحدة تحلية من نوع التناضح العكسي تعمل بشكل متكامل مع وحدة التحلية المتعددة التأثير . وبذلك يتم وفقا للتصميم المدروس للمركز الكهروحراري المزدوج استغلال نوعي الطاقة ( الطاقة الحرارية والطاقة الكهربائية ) المنتجة للوحدة التربينية البخارية لإنتاج مياه التحلية إما بشكل كامل ( عن طريق وحدة تحلية من نوع التناضح العكسي ووحدة تحلية متعددة التأثير ) أو بشكل جزئي عن طريق وحدة تحلية متعددة التأثير.

إن اختيار البديل المناسب لتطوير المحطات الغازية ( الفقرة ( 2 ) لا بد أن يكون على أساس الفاعلية القصوى لعملية الإنتاج المشترك للطاقة الكهربائية ومياه التحلية في التصاميم المقترحة ( الفقرة 3 ) . (وبصفة مقياس للفاعلية والحفاظ على أدنى مستوى من التلوث للوسط المحيط تم في الدراسة الحالية اعتماد مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة في الشبكة الكهربائية نتيجة لاستخدام التصميم المقترح مقارنة مع عملية الإنتاج المنفصل للطاقة الكهربائية ومياه التحلية عن طريق محطة تعويضية لإنتاج الطاقة الكهربائية ووحدة تحلية من نوع التناضح العكسي ( R O ) لإنتاج مياه التحلية . وبذلك فإن العلاقة الرياضية التي تعبر عن مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة في عملية

المقارنة هذه يمكن أن تأخذ الشكل التالي:

$$DBST = BGTO - BGT + \rightarrow \max ( \text{ton / hr} ) ( 1 )$$

حيث:

–BGTO معدل استهلاك الوقود في التصميم الأساسي للوحدة التربينية الغازية. ( ton / hr )

–BGT معدل استهلاك الوقود للوحدة التربينية الغازية في التصميم المدروس. ( ton / hr )

– DNE مقدار الزيادة بالطاقة الكهربائية المنتجة للمحطة أو المركز الكهروحراري المزدوج ( MW )  
(، ويحسب من العلاقة التالية:

$$DNE = NST + NGT + DDW * ( NR - NM ) - NGTO - NFP$$

– NST الطاقة الكهربائية المنتجة للوحدة التربينية البخارية في التصميم المدروس. ( MW )

– NGT الطاقة الكهربائية المنتجة للوحدة التربينية الغازية في التصميم المدروس. ( MW )  
– NGTO الطاقة الكهربائية المنتجة في التصميم الأساسي للوحدة التربينية الغازية. ( MW )

–NFP الطاقة الكهربائية المستهلكة لمضخة التغذية للمرجل في التصميم المدروس. ( MW )

–DDW كمية مياه التحلية المنتجة في المحطة أو المركز الكهروحراري المزدوج. ( ton / hr )

– NR معدل استهلاك الطاقة الكهربائية النوعي لوحدة التحلية من نوع التناضح العكسي ( MW.hr )

– ND معدل استهلاك الطاقة الكهربائية النوعي لوحدة التحلية في التصميم المدروس ( MW.hr / ton ) .

– QCV القيمة الحرارية للوقود النوعي. ( Qcv = 40212 kJ / kg )

–EST كفاءة المحطة التعويضية لإنتاج الطاقة الكهربائية.

ولغرض الحصول على البديل المناسب الذي يعطي أقصى قيمة لمقياس الفاعلية من العلاقة ( 1 ) تمت



دراسة فاعلية التصاميم المقترحة للمحطات والمراكز الكهروحرارية المزدوجة عند قيم مختلفة لمعدل استهلاك الطاقة الكهربائية النوعي لوحدة التحلية من نوع التناضح العكسي (NR) وكفاءة المحطة التعويضية لإنتاج الطاقة الكهربائية. هذا بالإضافة إلى دراسة تأثير تصميم المرجل (أحادي أو ثنائي الضغط) وكذلك تأثير ضغط البخار المجهز لوحدة التحلية المتعددة التأثير وطبقاً لذلك العدد التصميمي لتأثيرات هذه الوحدة على فاعلية التصاميم المقترحة.

ومن الجدير بالذكر تم في الدراسة الحالية اعتماد الخواص الابتدائية للبخار قبل التبرينة البخارية (PO, TO) وضغط ودرجة حرارة البخار المنتج في المرحلة الثانية من المرجل (PSBL, TSBL) (في حالة استخدام المرجل الثنائية الضغط في التصاميم المقترحة) (الفقرة (3)) وفقاً لنتائج الدراسة السابقة [7] وكذلك تم في عملية إعداد النموذج الرياضي الخاص بدراسة فاعلية التصاميم المقترحة

وقد تم دراسة تأثير تصميم المرجل (أحادي أو ثنائي الضغط) على فاعلية التصاميم المقترحة (الفقرة (3)) عند قيم مختلفة لكفاءة المحطة التعويضية لإنتاج الطاقة الكهربائية (EST) حيث يلاحظ من الشكل (7) تطوير الوحدات التبرينية الغازية إلى محطات أو مراكز كهروحرارية مزدوجة ثنائية الضغط مخصصة لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية يؤدي إلى زيادة مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة (DBST) والسبب في ذلك يمكن تفسيره إلى ارتفاع كمية الطاقة الكهربائية المنتجة للوحدة التبرينية البخارية في التصميم المقترح للمحطة المزدوجة (NEK)، الشكل (8) أو المركز الكهروحراري المزدوج (NET)، الشكل (8) كنتيجة لارتفاع أكسيرجي الطاقة الحرارية المنتجة للمرجل الثنائي الضغط مقارنة مع هذه الأكسيرجي للمرجل الأحادي الضغط. هذا بالإضافة إلى زيادة مقدار الشغل النوعي الذي ينجزه البخار داخل التبرينة المزدوج (NET)، الشكل (8) كنتيجة لارتفاع أكسيرجي الطاقة الحرارية المنتجة للمرجل الثنائي الضغط مقارنة مع هذه

الشكل (6) علاقة مقدار الزيادة في كمية الطاقة الكهربائية (DNEK, DNET) وكمية مياه التحلية المنتجة القسوى (DDWK, DDWT) للمحطة المزدوجة والمركز الكهروحراري

المزدوج مع ضغط البخار المجهز لوحدة التحلية المتعددة التأثير (PT) الشكل (7) تأثير تصميم المرجل (أحادي (SP) أو ثنائي (DP) الضغط) المستخدم في المحطة المزدوجة (SCPP, DCPP) والمركز الكهروحراري المزدوج (SCPP, DCCPP) على مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة (DBST).

الأكسيري للمرجل الأحادي الضغط . هذا بالإضافة إلى زيادة مقدار الشغل النوعي الذي ينجزه البخار داخل التربيننة البخارية ( بسبب ارتفاع الخواص الابتدائية للبخار للمجهز للتربينة البخارية ). وكذلك يبين الشكل ( 7 ) ارتفاع مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة للمركز الكهروحراري المزدوج الأحادي والثنائي الضغط مقارنة مع المحطة المزدوجة الثنائية الضغط واستخدام وحدة تحلية من نوع التناضح العكسي لا تتضمن منظومة لاسترجاع للطاقة الهيدروليكية للمياه المستنزفة من هذه الوحدة. (  $NR= 12 \text{ kW.hr/ton}$  ) والسبب في ذلك يمكن تفسيره إلى ارتفاع معدل استهلاك الوقود لإنتاج مياه التحلية في وحدة التناضح العكسي مقارنة مع وحدة التحلية المتعددة التأثير . أما في حالة استخدام وحدة تحلية من نوع التناضح العكسي تتضمن منظومة لاسترجاع الطاقة الهيدروليكية فيلاحظ من الشكل ( 7 ) ارتفاع مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة للمحطة المزدوجة الثنائية الضغط مقارنة مع المركز الكهروحراري المزدوج الثنائي الضغط . وذلك بسبب ارتفاع أكسيري الطاقة الحرارية المجهزة لوحدة التحلية المتعددة التأثير. ومن ثم كمية الوقود المستهلكة لإنتاج مياه التحلية في المركز الكهروحراري .

الشكل ( 8 ) علاقة كمية الطاقة الكهربائية المنتجة في الوحدة التربيننية البخارية (  $NEK$  ,  $NET$  )

وكمية مياه التحلية المنتجة (  $DDW$  ) مع تصميم المرجل ( أحادي (  $SP$  ) أو ثنائي (  $DP$  ) الضغط ) المستخدم في المحطة المزدوجة (  $CPP$  ) والمركز الكهروحراري المزدوج (  $CCPP$  ) .

وكذلك يبين الشكل ( 7 ) ارتفاع كفاءة المحطة التعويضية لإنتاج الطاقة الكهربائية (  $EST$  ) يؤدي إلى انخفاض مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة للتصاميم المقترحة . (  $DBST$  ) وذلك للأسباب السابقة الذكر أعلاه في الشكل ( 3 ) تأثير تصميم المرجل على كمية مياه التحلية المنتجة (  $DDW$  ) ومقدار الزيادة في كمية الطاقة الكهربائية المنتجة

(  $DNET$  ) لتصميم المركز الكهروحراري المقترح مبين في الشكل ( 8 ) حيث يلاحظ من الشكل إن استخدام الدورة المزدوجة الثنائية الضغط في تطوير المحطات الغازية إلى مراكز كهروحرارية يؤدي إلى ارتفاع مقدار الزيادة في كمية الطاقة الكهربائية المنتجة (  $DNET$  ) وهبوط كمية مياه التحلية المنتجة (  $DDW$  ) مقارنة مع استخدام الدورة المزدوجة الأحادية الضغط . وذلك بسبب ارتفاع كمية الطاقة الكهربائية المنتجة للتربينة البخارية (  $NET$  ) للأسباب السابقة الذكر أعلاه ) وهبوط كمية الطاقة الحرارية المجهزة لوحدة التحلية المتعددة التأثير عن طريق المسخن الغازي في المرجل . كنتيجة لانخفاض درجة حرارة غازات الاحتراق بعد الموفر في المرحلة الثانية من المرجل . ومن ثم هبوط كمية الطاقة الحرارية المنتجة للمسخن الغازي . وقد تم في الدراسة الحالية حساب الفاعلية البيئية للتصاميم المقترحة عن طريق مقدار الانخفاض في كمية ثاني أكسيد الكربون (  $DMCO_2$  ) وأكاسيد النتروجين (  $DMNO_x$  ) المطرحة للوسط المحيط . والجدول ( 2 ) يبين نتائج دراسة الفاعلية الحرارية والبيئية لتطوير الوحدات التربيننية الغازية (  $GT8C$  ,  $GT11N$  ,  $GT13E2$  ) إلى محطات ومراكز كهروحرارية مزدوجة مخصصة لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية. حيث يلاحظ من الجدول إن أقصى مقدار من الفاعلية الحرارية والبيئية النوعية يمكن تحقيقه هو في حالة تطوير الوحدات التربيننية الغازية من نوع (  $GT11N$  ) وذلك بسبب انخفاض كفاءة هذه الوحدات مقارنة مع التصاميم الأخرى المدروسة ( الجدول ( 1 ) ) مما يؤدي ذلك إلى ارتفاع معدل استهلاك الوقود لإنتاج الطاقة الكهربائية . التصميم الأساس للمحطة الغازية وكذلك ارتفاع كمية غازات الاحتراق .

المطروحة للوسط المحيط. وبالتالي زيادة نسبة التلوث للوسط المحيط عن طريق هذه الغازات . وكذلك تبين نتائج الدراسة المرفقة في الجدول ( 2 ) ارتفاع مقدار الهبوط في الطاقة الكهربائية المنتجة للوحدة التربينية الغازية مع زيادة الطاقة التصميمية لهذه الوحدة. وذلك بسبب ارتفاع كمية غازات الاحتراق الخارجة من هذه الوحدة مع زيادة الطاقة الكهربائية التصميمية (الجدول ( 1 ) وكذلك ارتفاع ضغط الغازات بعد التربينة الغازية نتيجة للمقاومة الهيدروليكية للمرجل. مما يؤدي ذلك إلى هبوط الشغل النوعي للوحدة التربينية الغازية . وكذلك يلاحظ من الجدول ( 2 ) انخفاض كمية مياه التحلية المنتجة للمركز الكهروحراري المزدوج مع هبوط الطاقة التصميمية للوحدة التربينية الغازية . وذلك بسبب انخفاض كمية الطاقة الحرارية لغازات الاحتراق الخارجة من التربينة الغازية . ومن ثم هبوط كمية البخار المنتجة في المرجل ( DSBH ) وبالتالي انخفاض كمية الطاقة الحرارية المجهزة لوحدة التحلية المتعددة التأثير . ومن الجدير بالذكر في هذه الحالة لزيادة كمية مياه التحلية المنتجة للمركز الكهروحراري يمكن استخدام نظام مشترك لإنتاج مياه التحلية بين وحدات التحلية المتعددة التأثير ومن نوع التناضح العكسي. وبذلك يمكن تحقيق إنتاجية نوعية مرتفعة لمياه التحلية على أساس الطاقة الكهربائية المنتجة للوحدة التربينية الغازية ( 82 : 35 )

نتائج دراسة فاعلية تطوير المحطات الغازية إلى محطات ومراكز كهروحرارية مزدوجة تشير إلى:

1.6- فاعلية تطوير المحطات الغازية إلى مراكز كهروحرارية مزدوجة مخصصة لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية باستخدام وحدات التحلية المتعددة التأثير . حيث بلغ مقدار التوفير الأدنى بكمية الوقود المستهلكة لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية في الشبكة 421 ton/year لكل MW من الطاقة التصميمية للمحطة الغازية وطبقاً لذلك مقدار الانخفاض في كمية أكاسيد النتروجين 0.971 ton/year.MW وثاني اوكسيد الكربون 1296.7 ton/year.MW. وذلك على افتراض إن عدد ساعات اشتغال المركز الكهروحراري خلال السنة 6000 hr وإن معدل استهلاك الطاقة الكهربائية لوحدة التحلية من نوع التناضح العكسي 10 kW.hr/ton وكفاءة المحطة التعويضية لإنتاج الطاقة الكهربائية. % 50

جدول ( 2 ) الخواص والمواصفات التصميمية للتصاميم المدروسة للمحطات والمراكز الكهروحرارية المزدوجة المخصصة لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية

المدلول

GT13E

GT11N

GT8C

الوحدة

DP

SP

DP

SP

DP

SP

**DSBH**  
202.09  
222.26  
147.02  
162.92  
62.29  
70.19  
ton/hr

**DSBL**  
51.03  
-  
40.39  
-  
19.05  
-  
ton/hr

**NGT**  
163.04  
113.2  
49.35  
**MW**  
**NEK**  
68.47  
61.03  
50.36  
44.61  
21.45  
18.89  
**MW**

**NET**  
58.31  
52.01  
42.78  
37.94  
18.16  
16.02  
**MW**

(DNFK)1

**58.64**  
**51.12**  
**43.12**  
**37.30**  
**18.28**  
**15.69**  
**MW**

**(DNEK)2**  
**44.39**  
**36.30**  
**32.53**  
**26.27**  
**13.65**  
**10.87**  
**MW**

**DNET**  
**52.39**  
**46.17**  
**38.45**  
**33.66**  
**16.26**  
**14.15**  
**MW**

**DDW**  
**1781.09**  
**1852.56**  
**1323.78**  
**1378.69**  
**578.85**  
**602.67**  
**ton/hr**

**(DDWT)1**  
**14878.70**  
**14409.53**  
**10937.29**  
**9794.09**  
**4645.33**  
**1111 00**

**ton/hr**

**(DDWT)2**

**6146.95**

**5700.55**

**4528.28**

**4183.82**

**1934.35**

**1782.14**

**ton/hr**

**(DDWK)1**

**16441.43**

**14633.54**

**12103.74**

**10704.15**

**5150.50**

**4525.11**

**ton/hr**

**(DDWK)2**

**5480.47**

**4877.85**

**4034.58**

**3568.05**

**1716.83**

**1508.37**

**ton/hr**

**(DBST)T1**

**387.0**

**348.5**

**409.6**

**366.7**

**398.4**

**355.2**

**ton/MW.year**

**(DBST)T2**

**505.1**

**444.8**

**508.0**

465.0  
498.0  
459.6  
ton/MW.year

(DBST)K  
427.7  
380.8  
453.0  
400.7  
441.6  
388.8  
ton/MW.year

(DMNOx)T1  
892.56  
803.76  
944.68  
845.74  
918.85  
819.21  
kg/MW.year

(DMNOx)T2  
1164.9  
1025.8  
1173.7  
1072.4  
1148.5  
1060.0  
kg/MW.year

(DMNOx)K  
986.42  
878.26  
1044.7  
924.15  
1018.4  
896.71  
kg/MW.year

(DMNOx)T1

1419.0  
1277.8  
1501.8  
1344.5  
1460.8  
1302.4  
ton/MW.year

(DMCO<sub>2</sub>)T<sub>2</sub>

1852.0  
163.9  
1865.9  
1705.0  
1826.0  
1685.2  
ton/MW.year

(DMCO<sub>2</sub>)K

1568.2  
1396.4  
1661.0  
1469.2  
1619.2  
1425.6  
ton/MW.year

NR1= 4 Kw.hr/ton; NR2= 12 Kw.hr/ton ; NM= 1.8 kW.hr/ton; EST= 0.5 ; Qcv= 40212 kJ/kg ; PT= 0.3 bar  
N=8; PK= 0.07 bar; SP: PO/TO= 50 bar / 450 C; DP: PO/TO= 75 bar / 485 C PSBL/TSBL= 9.5 bar / 238 C

2.6- استخدام المراحل الثنائية الضغط في المراكز الكهروحرارية المزدوجة يؤدي إلى زيادة مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة والمؤشرات البيئية السابقة الذكر ( الفقرة 1.6 بنسبة % 8.5 وذلك بالرغم من انخفاض كمية مياه التحلية المنتجة للمركز الكهروحراري إلى 10.7 ton/hr.MW.

3.6-رفع ضغط البخار المجهز لوحدة التحلية من 0.3 bar إلى 0.38 bar يؤدي إلى زيادة العدد التصميمي لتأثيرات وحدة التحلية من 8 إلى 10 ، ارتفاع كمية مياه التحلية المنتجة للمركز



الكهروحراري ( ) الفقرة ( ) 2.6 ) بنسبة . % 16.5  
**4.6** استخدام نظام مشترك لإنتاج مياه التحلية بين وحدات التحلية المتعددة التأثير ومن نوع التناضح العكسي عن طريق استغلال الطاقة الكهربائية والطاقة الحرارية المنتجة للوحدة التريينية البخارية في المركز الكهروحراري المزدوج يؤدي إلى زيادة كمية مياه التحلية المنتجة وتحقيق إنتاجية نوعية مرتفعة ( ) الفقرة ( ) 2.6 تساوي تقريبا. **42.5 ton/hr.MW**  
**5.6** فاعلية تطوير المحطات الغازية إلى محطات مزدوجة مخصصة لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية باستخدام وحدات التحلية من نوع التناضح العكسي عند قيم منخفضة لمعدل استهلاك الطاقة الكهربائية لهذه الوحدات. **5 kW.hr/ton** حيث بلغ مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية **380.9 ton/year.MW** في حالة المحطات المزدوجة الأحادية الضغط و **428 ton/year.MW** في حالة المحطات الثنائية الضغط

\*الرموز المستخدمة في الرسوم والجدول التوضيحية:  
**(DBST)K , (DBST)T** مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة للمحطة المزدوجة والمركز الكهروحراري على الترتيب.  
**DDW** - كمية مياه التحلية المنتجة للمحطة المزدوجة أو المركز الكهروحراري المزدوج.  
**DDWT , DDWK** - كمية مياه التحلية المنتجة القصوى للمحطة المزدوجة والمركز الكهروحراري على الترتيب.  
**DMCO2 , DMNOx** مقدار الانخفاض في كمية ثاني أكسيد الكربون وأكاسيد النتروجين المطروحة للوسط المحيط.  
**DNET , DNEK** - مقدار الزيادة في كمية الطاقة الكهربائية المنتجة للمحطة المزدوجة والمركز الكهروحراري على الترتيب.  
**DSBL, DSBH** - كمية البخار المنتجة في مرحلة الضغط المرتفع والمنخفض من المرجل على الترتيب.  
**Ggas** - كمية غازات الاحتراق الخارجة من الوحدة التريينية الغازية.  
**N** - عدد تأثيرات وحدة التحلية المتعددة التأثير.  
**NGT** - الطاقة الكهربائية المنتجة للوحدة التريينية الغازية.  
**NET, NEK** - الطاقة الكهربائية المنتجة للوحدة التريينية البخارية في المحطة المزدوجة والمركز الكهروحراري على الترتيب.  
**NR NM** - مقدار استهلاك الطاقة الكهربائية منه على وحدة التحلية المتعددة التأثير منه

التناضح العكسي.  
PT , PK - ضغط البخار عند المكثف وضغط البخار المجهز لوحدة التحلية المتعددة التأثير على الترتيب.  
TO , PO - ضغط ودرجة حرارة البخار المجهز للوحدة التريينية البخارية على الترتيب.  
TSBL , PSBL - ضغط ودرجة حرارة البخار المنتج في مرحلة الضغط المنخفض من المرجل على الترتيب.  
Tex - درجة حرارة خروج غازات الاحتراق من الوحدة التريينية الغازية أو المرجل (WHB).

\*المختصرات المستخدمة:

DCPP – Duel pressure Combined Power Plant.  
DCCPP – Duel pressure Combined Cogeneration Power Plant.  
DP – Duel Pressure.  
MED – Multi – Effect Distillation unit.  
CPP – Combined Power Plant.  
CCPP – Combined Cogeneration Power Plant.  
RO – Reverse Osmosis desalination unit.  
SCPP – Single pressure Combined Power Plant.  
SCCPP – Single pressure Combined Cogeneration Power Plant.  
SP – Single Pressure.  
WHB – Waste Heat Boiler.

