

## إعادة تأهيل المحطة الكهربائية الحرارية في مجمع الحديد والصلب بمصراته

صلاح غميم ، خالد الأطرش ، د. حسين الربيعي \*

### 1. المقدمة

تعتبر الطاقة والمياه من أهم الموارد الطبيعية وأساس التطور العمراني والتنمية الزراعية والتقدم الصناعي في جميع المجتمعات. وفي الوقت الحاضر يتركز الاهتمام في معظم دول حوض البحر الأبيض المتوسط والخليج العربي على زيادة وتأمين احتياطي هذه الدول من المياه العذبة [ 1 ] . هذا إلى جانب ارتفاع معدل إستهلاك المياه العذبة في هذه المنطقة من العالم نتيجة للزيادة المتصاعدة في عدد السكان والتطور الذي تشهده معظم ميادين الحياة .

الصدارة من حيث الطاقة التصميمية في شبكة إنتاج الطاقة الكهربائية للجماهيرية . وقد دخلت هذه الخطة مرحلة الإستغلال الفعلي في الشبكة عام 1984 ف وبطاقة تصميمية MW 6 65 84 . وان هذه الخطة مصممة بخواص متوسطة للبخار وبمنظومة بسيطة للتسخين الإسترجاعي لمياه التغذية [ 3 ] . وعليه تعتبر في الوقت الحاضر كفاءة هذه الخطة منخفضة  $\eta_{ST} \leq 36\%$  مقارنة مع المقاييس العالمية الجديدة لكفاءة المحطات  $\eta_{ST} \geq 50\%$  التي تعمل في حمل القاعدة للشبكة [ 4 ] .

وبناءً على ما تقدم ومع الأخذ بعين الإعتبار الموقع الجغرافي للمحطة بالنسبة لشبكة النهر الصناعي والحاجة إلى المياه العذبة في مدينة مصراته تم في الدراسة الحالية بحث فعالية إعادة تأهيل الخطة الحرارية بمجمع الحديد والصلب

وقد تميزت السنوات الأخيرة بارتفاع نسبة استخدام اخطات الغازية لإنتاج الطاقة الكهربائية المطلوبة في تغطية حمل الشبكة الكهربائية للجماهيرية العظمى [ 2 ] . كما أن معظم هذه اخطات مصممة لتعمل بنظام الدورة المزدوجة وأن هناك خطط ومشاريع مستقبلية للشركة العامة للكهرباء حول تطوير هذه اخطات الغازية إلى محطات ومراكز كهر وحرارية مزدوجة [ 2 ] . الأمر الذي سوف يؤدي في المستقبل القريب إلى زيادة كمية الطاقة الكهربائية المنتجة للمحطات الغازية العاملة ضمن الشبكة الكهربائية في الوقت الحاضر وكذلك ارتفاع المؤشرات الاقتصادية الحرارية للمحطات التي تعمل في حمل القاعدة للشبكة . ومن المعروف أن اخطة البخارية التكميلية لإنتاج الطاقة الكهربائية في مجمع الحديد والصلب بمصراته تشغل مركز

للمحطة المدروسة الشكل (3) يتضمن التعديلات السابقة الذكر أعلاه للوحدة التربينية البخارية الفقرة (1) مع إلغاء بعض مراحل تمدد البخار الموجودة في المقطع الثالث من اسطوانة الضغط المنخفض للتربينة البخارية أي المراحل الواقعة بين نقطة الاستتراف المخصصة للمسخن الحراري الثاني (FWH2) ونقطة الاستتراف المخصصة للمسخن الحراري الثالث (FWH3) وذلك بما يتوافق مع الضغط التصميمي لتجهيز البخار لوحدة التحلية المتعددة التأثير. وبذلك سوف تعمل الوحدات التربينية البخارية التكميلية المستخدمة في التصميم الأساسي للمحطة بالنظام الحراري المقترح لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية. حيث يتم تجهيز البخار المنتج في المرجل إلى اسطوانة الضغط المرتفع من التربينة البخارية وفقاً لخواص البخار الابتدائية في التصميم الأساسي للمحطة  $P_o$  ,  $T_o$  وبعد أن يتمدد هذا البخار داخل اسطوانة الضغط المرتفع إلى ضغطه التصميمي عند نقطة الاستتراف الأولى من التربينة البخارية , يتم استتراف كمية البخار اللازمة للمسخن الحراري الأول.

أما كمية البخار المتبقية داخل التربينة فإنها تنتقل وبشكل داخلي إلى اسطوانة الضغط المنخفض. حيث يتمدد البخار داخل هذه الاسطوانة إلى الضغط التصميمي الجديد في نهاية هذه الاسطوانة وفقاً للنظام الحراري المقترح لعمل التربينة البخارية. ومن ثم يجهز البخار إلى وحدة التحلية المتعددة التأثير وذلك بعد أن يتم استتراف كميات البخار المطلوبة لخزان نزع الهواء والغازات المذابة  $D$  والمسخن الحراري الثاني المفتوح (FWH2) من نقاط الاستتراف المخصصة لهذا الغرض في التصميم الأساسي .

ويتم في التصميم المقترح سحب متكثف البخار من وحدة التحلية ودفعه إلى المسخن الحراري الثاني وكذلك

عن طريق تطوير التصميم الأساسي للوحدات البخارية التكميلية الشكل (1) للعمل بنظام الوحدات التربينية الحرارية من نوع الضغط المقابل وعملية الإنتاج المشترك للطاقة الكهربائية ومياه التحلية باستخدام وحدات التحلية المتعددة التأثير ذات درجة حرارة منخفضة. أي تطوير نظام عمل التربينات البخارية التكميلية المستخدمة في التصميم الأساسي للمحطة إلى نظام عمل التربينات الحرارية من نوع الضغط المقابل . وعليه تم اقتراح إجراء التعديلات التالية على التصميم الحراري للوحدات التربينية التكميلية المستخدمة في المحطة :

1- إلغاء مراحل تمدد البخار الموجودة في المقطع الرابع من اسطوانة الضغط المنخفض للتربينة البخارية (أي مراحل تمدد البخار الواقعة بعد نقطة استتراف البخار المخصصة للمسخن الحراري الثالث (FWH3) وحتى نهاية اسطوانة الضغط المنخفض من التربينة البخارية ، الشكل (2) .

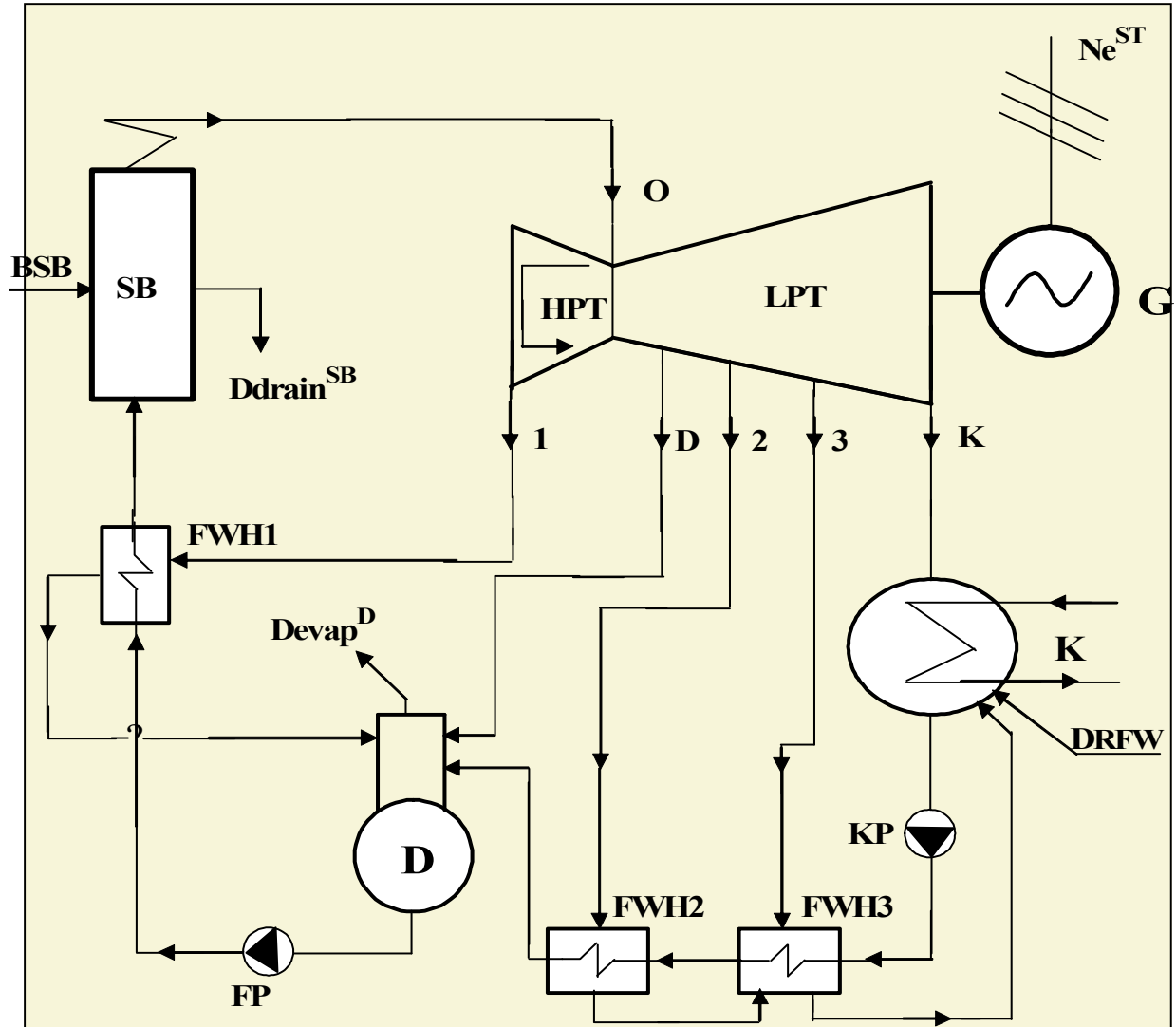
2 - إلغاء المسخن الحراري الثالث (FWH3) والمتكثف (K) واستبدال المسخن الحراري الثاني (FWH3) في التصميم الأساسي بمسخن حراري من النوع المفتوح.

3- ربط نهاية اسطوانة الضغط المنخفض من التربينة البخارية بوحدة تحلية متعددة التأثير ذات درجة حرارة منخفضة.

## 2- التصاميم المقترحة لإعادة تأهيل المحطة المدروسة

### 1.2- التصميم المقترح الأول للمركز الكهروحراري البخاري

التصميم المقترح الأول لتطوير التصميم الأساسي

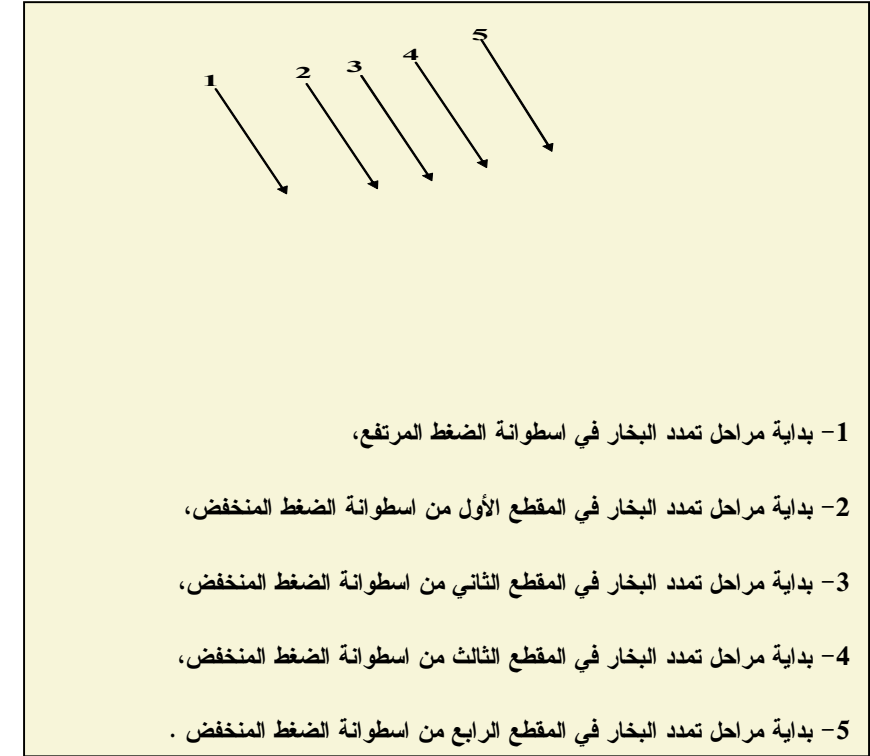


- BSB - معدل استهلاك الوقود للمرجل .
- Ddrain<sup>SB</sup> - كمية المياه المستنزفة من اسطوانة المرجل .
- DRFW - كمية المياه التعويضية للمحطة .
- FWH2, FWH3 - مسخنات المتكثف الأساسي ذوات الضغط المنخفض .
- G - المولد الكهربائي .
- LPT - تربيننة الضغط المنخفض .
- KP - مضخة المتكثف الأساسي .
- SB - المرجل البخاري .
- D - خزان نزع الهواء والغازات المذابة .
- Devap<sup>D</sup> - كمية البخار المطروحة من خزان نزع الهواء والغازات المذابة للوسط المحيط .
- FWH1 - مسخن مياه التغذية ذو الضغط العالي .
- FP - مضخة مياه التغذية للمرجل .
- HPT - تربيننة الضغط المرتفع .
- K - المتكثف .
- Ne<sup>ST</sup> - الطاقة الكهربائية المنتجة للتربينية البخارية .

الشكل ( 1 ) التصميم الأساسي للوحدات البخارية التكتيفية المستخدمة في المحطة

## تقنيات الطاقة

للمحطة المدروسة يتضمن التعديلات السابقة الذكر في الفقرة (1) للوحدة التربينة البخارية مع إعادة تصميم المراحل الموجودة في المقطع الثالث من اسطوانة الضغط المنخفض (أي المراحل الواقعة بين نقطة الاستتراف المخصصة للمسخن الحراري الثاني ونقطة الاستتراف المخصصة للمسخن الثالث في التصميم الأساسي للمحطة المدروسة). حيث يعتمد في هذه الحالة مقدار الهبوط بطاقة البخار داخل المقطع الثالث ومن ثم العدد التصميمي الجديد لمراحل هذا المقطع على ضغط البخار المجهز لوحدة التحلية. وبذلك فإن طريقة عمل التصميم المقترح الثاني مطابقة لطريقة عمل



الشكل ( 2 ) مراحل تمدد البخار في المقاطع المختلفة للتربينة البخارية التكتيفية في حالة التصميم الأساسي لهذه التربينة

التصميم المقترح الأول .

### 3 - طريقة دراسة فاعلية التصاميم المقترحة للمركز الكهروحراري البخاري

إن الطريقة العامة لإجراء هذا النوع من الدراسات هي استخدام النمذجة الرياضية التي يتم فيها وصف العلاقات الكمية للخواص الأساسية للتصميم المقترح وعلاقة هذه الخواص بمقياس الفاعلية. وبذلك فإنه باستخدام هذه الطريقة نستطيع تحديد الخواص التي تعطي أقصى مقدار لفاعلية

تضاف كمية المياه التوعيبية للمركز الكهروحراري في هذا المسخن . بعد ذلك يتم سحب المتكثف الأساسي من المسخن الحراري الثاني ودفعه إلى خزان نزع الهواء والغازات المذابة D ومن ثم تسحب مياه التغذية من هذا الخزان وتدفع عن طريق مضخة التغذية إلى المرجل عبر المسخن الحراري الأول كما هو مبين في الشكل ( 3 ).

### 2.2- التصميم المقترح الثاني للمركز الكهروحراري البخاري

التصميم المقترح الثاني لتطوير التصميم الأساسي



## تقنيات الطاقة

4 - طريقة حل النموذج الرياضي للتصاميم المقترحة للمركز الكهروحراري البخاري :  
تم وفقاً للتصاميم المدروسة للمركز الكهروحراري البخاري وباستخدام الطرق المعتمدة لإجراء الحساب الحراري للمحطات والمراكز الكهروحرارية البخارية والحساب الحراري المبسط لوحدة التحلية المتعددة التأثير الفقرة (3) إعداد النموذج الرياضي الخاص بدراسة فاعلية التصاميم المقترحة . حيث يتكون النموذج الرياضي من برنامج رئيسي وعدة برامج فرعية خاصة بحساب إجراء التمدد للبخار داخل المقطع المدروس من التربين البخارية وكذلك تحديد الخواص الثرموديناميكية للبخار واللازمة لإجراء الحساب الحراري للمركز الكهروحراري ووحدة التحلية. حيث يتم استدعاء هذه البرامج الفرعية في البرنامج الرئيسي على شكل تنسيق متتابع كما هو مبين في مخطط سير العمليات الشكل (4).

وبذلك فإن طريقة حساب التصميم الحراري للمركز الكهروحراري البخاري باستخدام النموذج الرياضي سوف تتم على النحو التالي : حيث تبدأ عملية الحسابات في البرنامج الرئيسي بعد إدخال البيانات الخاصة بحساب التصميم الأساسي للمحطة التكميلية ، كذلك إدخال البيانات الخاصة بالتصميم المقترح للمركز الكهروحراري البخاري وهي :

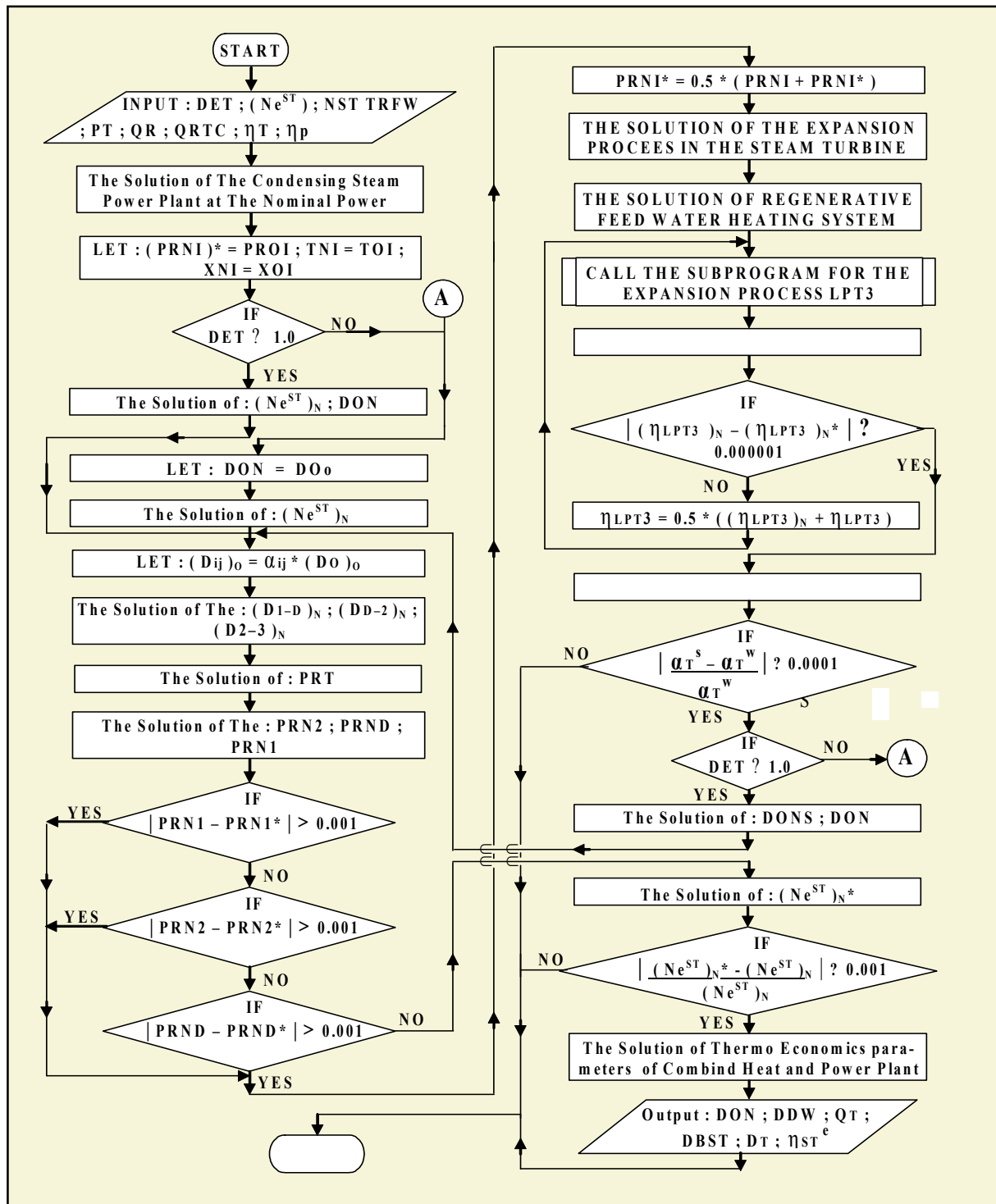
الضغط التصميمي للبخار المجهز لوحدة التحلية PT ،  
عدد تأثيرات وحدة التحلية NMED ، ومعدل استهلاك الطاقة الكهربائية النوعي NR والطاقة الحرارية النوعي QRTC لبدائل محطات التحلية التعويضية ، كفاءة المحطة التعويضية على إنتاج الطاقة الكهربائية EST ، عدد مراحل تمدد البخار في المقطع الثالث من اسطوانة الضغط المنخفض ،

النظام الحراري لعمل الوحدة التربينية البخارية MW  
NRO كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة لإنتاج مياه التحلية في حالة استخدام محطة تحلية من نوع التناضح العكسي MW  
NM LT كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة لإنتاج مياه التحلية في حالة استخدام وحدات تحلية متعددة التأثير ذات درجة حرارة منخفضة MW  
NM TC كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة لإنتاج مياه التحلية في حالة استخدام وحدات تحلية متعددة التأثير ذات الضغط الحراري للبخار MW  
be معدل استهلاك الوقود النوعي للمحطة التعويضية لإنتاج الطاقة الكهربائية في الشبكة الكهربائية ton/MW hr

وبذلك فإن البديل المناسب لتطوير التصميم الأساسي للمحطة المدروسة هو البديل الذي يعطي أقصى فاعلية ممكنة عن طريق مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية من العلاقة (1) .

ومن الجدير بالذكر تم في الدراسة الحالية استخدام الطرق التالية في حساب التصميم الحراري وإعداد النموذج الرياضي الخاص بدراسة فاعلية التصاميم المقترحة للمركز الكهروحراري البخاري المخصص لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية :

- 1- طريقة حساب التصميم الحراري للوحدات للمحطات التكميلية [ 5 , 6 ] .
- 2- طريقة حساب المؤشرات الاقتصادية الحرارية للمراكز الكهروحرارية البخارية [ 5 ] .
- 3- طريقة الحساب الحراري المبسط لوحدات التحلية المتعددة التأثير [ 7 ] .

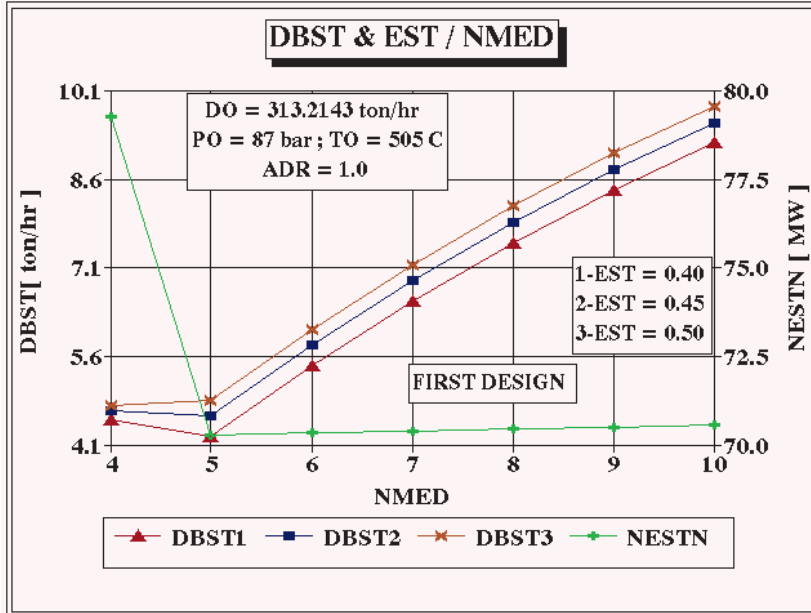


الشكل ( 4 ) مخطط سير العمليات للبرنامج الرئيسي الخاص بحساب فاعلية التصاميم المقترحة للمركز الكهروحراري

## تقنيات الطاقة

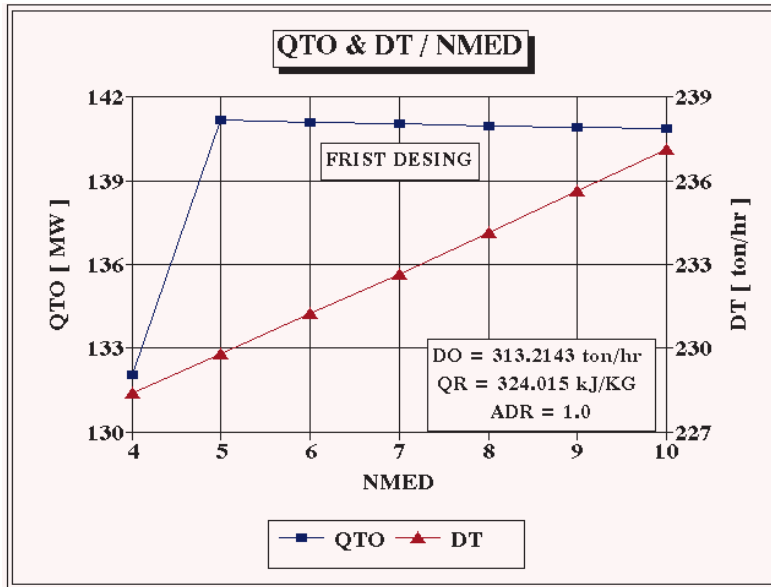
وبذلك يتم حساب التصميم الحراري الأساسي للمحطة في حالة النظام التكتيفي لعمل الوحدة التربينية البخارية وتحديد المؤشرات الاقتصادية الحرارية للمحطة . وبعد ذلك ووفقاً لطبيعة عمل المحطة في النظام الحراري ثبوت معدل استهلاك البخار للوحدة التربينية ( البخارية  $Do = const$  ) أو حمل جزئي لكمية الطاقة الكهربائية المنتجة للتربينية البخارية (  $NeSt k = var$  ). يتم حساب معدل استهلاك البخار للوحدة التربينية البخارية في النظام الجديد لعمل هذه الوحدة هذا بالإضافة إلى تحديد معدل التدفق في المقاطع المختلفة من التربينية البخارية . وحال الانتهاء من هذه العملية يتم في البرنامج حساب الضغوط الجديدة لإستتراف البخار من النقاط المخصصة لهذا الغرض في التربينية البخارية مع الأخذ بعين الاعتبار التعديلات المقترحة على التصميم الأساسي للوحدة التربينية البخارية وكذلك الضغط التصميمي للبخار الجهد لوحدة التحلية المتعددة التأثير. وبعد ذلك يتم في

البرنامج الرئيسي حساب التصميم الحراري للوحدة التربينية البخارية في النظام الحراري المقترح . وذلك بهدف تحديد كميات البخار النسبية المستترفة من التربينية البخارية لغرض التسخين الإسترجاعي لمياه التغذية والتكثف الأساسي وكذلك كمية البخار المجهزة لوحدة التحلية . ومن تم ينتقل التحكم داخل البرنامج الرئيسي من جديد لحساب معدل تدفق البخار في المقاطع المختلفة من التربينية البخارية وتحديد خواص البخار عند نقاط الاستتراف



الشكل ( 5 ) علاقة مقدار التوفير بكمية الوقود المستهلكة (DBST) وكمية الطاقة الكهربائية المنتجة NEST





الشكل ( 6 ) علاقة كمية البخار DT وكمية الطاقة الحرارية QTO المجهزة لوحدة التحلية مع العدد التصميمي لتأثيرات وحدة التحلية المتعددة التأثير

قيم مختلفة لكفاءة الخطة التعويضية EST واستخدام وحدة تحلية متعددة التأثير ذات الضغط الحراري للبخار TC MED - لإنتاج مياه التحلية في النظام المنفصل لإنتاج نوعي الطاقة (الطاقة الكهربائية والطاقة الحرارية).

حيث يلاحظ من الشكل (5) ارتفاع مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة DBST مع زيادة العدد التصميمي لتأثيرات وحدة التحلية  $NMED \geq 6$ ، وذلك بسبب ارتفاع كمية مياه التحلية المنتجة للمركز الكهروحراري البخاري. كنتيجة لانخفاض معدل استهلاك الطاقة الحرارية النوعي لإنتاج مياه التحلية مع زيادة عدد تأثيرات وحدة التحلية بمقدار أكبر من الهبوط في كمية الطاقة الحراري المجهزة لوحدة التحلية QTO، الشكل ( 6 ) مما يؤدي ذلك إلى ارتفاع كمية الوقود المستهلكة لإنتاج مياه التحلية في النظام المنفصل. وكذلك بين الشكل ( 5 ) عند ثبوت

التمدد داخل المقطع الثالث من اسطوانة الضغط المنخفض للترينة البخارية. حيث يتم في هذه الحالة حساب إجراء التمدد للبخار داخل المقطع الثالث لاسطوانة الضغط المنخفض من ضغط البخار عند نقطة الاستتراف المخصصة للمسخن الحراري الثاني إلى ضغط البخار المجهز من الترينة البخارية لوحدة التحلية PRT. أي يتم في هذه الحالة إعادة توزيع مقدار الهبوط في طاقة البخار على مراحل هذا المقطع من الترينة البخارية. وبذلك يمكن أن يكون العدد التصميمي الجديد لمرحلة هذا المقطع من 1 إلى 2.

## 5 - نتائج دراسة فاعلية التصاميم المقترحة للمركز الكهروحراري .

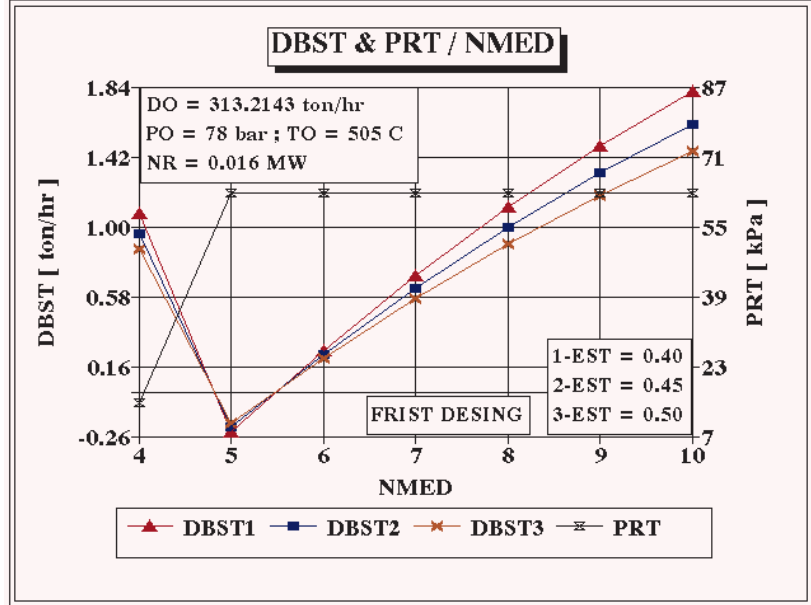
### 1.5 - نتائج دراسة فاعلية التصميم المقترح الأول

تم باستخدام النموذج الرياضي للتصاميم المقترحة للمركز الكهروحراري البخاري (الفقرة (4)) دراسة فاعلية التصميم المقترح الأول للمركز الكهروحراري البخاري. حيث تم دراسة تأثير العدد التصميمي لتأثيرات وحدة التحلية المتعددة التأثير ذات درجة الحرارة المنخفضة NMED على مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة DBST من العلاقة 1، وكمية الطاقة الكهربائية المنتجة في المركز الكهروحراري عند NEST

## تقنيات الطاقة

لتمدد البخار في المقطع الثالث لاسطوانة الضغط المنخفض من التربينه البخارية الشكل (2) . بعد ذلك زيادة عدد التأثيرات لوحدة التحلية (  $NMED \geq 6$  ) تؤدي إلى ارتفاع في كمية الطاقة الكهربائية المنتجة للتربينه البخارية . وذلك بسبب زيادة معدل تدفق البخار في المقطع الأخير لاسطوانة الضغط المنخفض DT، الشكل (6) نتيجة لارتفاع درجة حرارة متكثف البخار الراجع من وحدة التحلية. ومن ثم انخفاض معدل استهلاك البخار للمسخن الحراري الثاني .

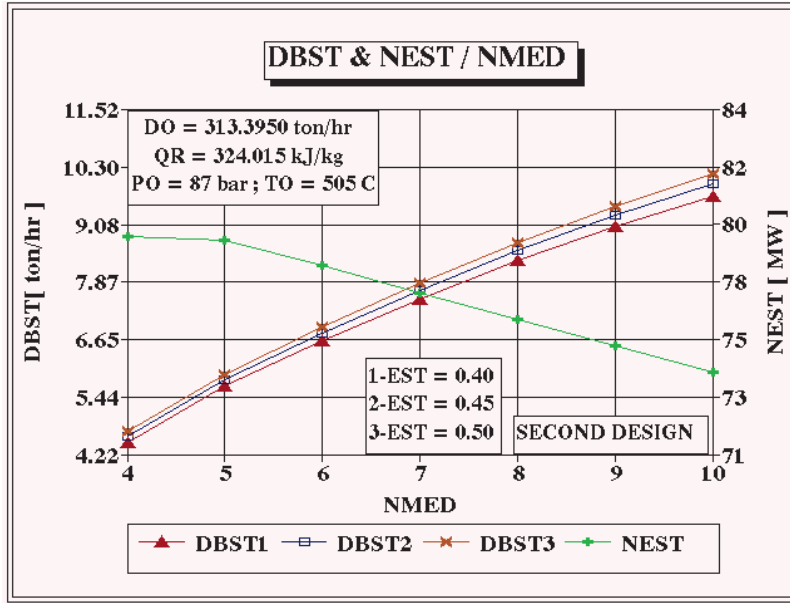
تأثير زيادة العدد التصميمي لتأثيرات وحدة التحلية المستخدمة  $NMED$  في التصميم الأول للمركز الكهروحراري على كمية الطاقة الحرارية المنتجة للمركز الكهروحراري والمجهزة لوحدة التحلية QTO مبين في الشكل (6) . حيث يلاحظ من الشكل في البداية ارتفاع كمية الطاقة الحرارية المجهزة لوحدة التحلية QTO مع زيادة عدد التأثيرات لوحدة التحلية  $NMED = 5$  وذلك للأسباب السالفة الذكر في الشكل (5) . مما يؤدي ذلك إلى ارتفاع الخواص الترموديناميكية للبخار المسحوب من التربينه البخارية والمجهز لوحدة التحلية . هذا إلى جانب ارتفاع كمية البخار المجهزة لوحدة التحلية DT، الشكل (6) . بعد ذلك زيادة عدد التأثيرات لوحدة التحلية  $NMED \geq 6$  تؤدي إلى انخفاض بسيط في كمية الطاقة الحرارية المجهزة لوحدة التحلية QTO والسبب في ذلك يمكن



الشكل (7) علاقة مقدار التوفير بكمية الوقود المستهلكة DBST وضغط تجهيز البخار لوحدة التحلية PRT مع العدد التصميمي لتأثيرات وحدة التحلية NMED

العدد التصميمي لتأثيرات لوحدة التحلية فإن زيادة كفاءة اخطة التعويضية EST لإنتاج الطاقة الكهربائية في الشبكة تؤدي إلى ارتفاع مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة للتصميم المقترح للمركز الكهروحراري . والسبب في ذلك يعود إلى هبوط معدل استهلاك الوقود لإنتاج الطاقة الكهربائية في اخطة التعويضية. ومن ثم انخفاض معدل استهلاك الوقود لتعويض مقدار الهبوط في الطاقة الكهربائية المنتجة للمركز الكهروحراري مقارنة مع النظام المنفصل لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية .

وكذلك يلاحظ من الشكل (5) هبوط كمية الطاقة الكهربائية المنتجة للتربينه البخارية في البداية مع زيادة العدد التصميمي التأثيرات لوحدة التحلية  $NMED = 5$  وذلك بسبب ارتفاع الضغط التصميمي للبخار المجهز لوحدة التحلية مما يؤدي ذلك إلى ضرورة إلغاء المرحلة الأخيرة



شكل ( 8 ) علاقة مقدار التوفير بكمية الوقود المستهلكة DBST وكمية الطاقة الكهربائية المنتجة NEST مع العدد التصميمي تأثيرات وحدة التحلية NMED وعند استخدام وحدة تحلية متعددة التأثير ذات الضغط الحراري للبخار TC - MED لإنتاج مياه التحلية في النظام المنفصل

الوقود المستهلكة DBST وذلك نتيجة لارتفاع كمية مياه التحلية المنتجة للمركز الكهروحراري للأسباب السابقة الذكر الشكل ( 5 ) . ومن ثم زيادة معدل استهلاك الطاقة الكهربائية لإنتاج مياه التحلية في النظام المنفصل عن طريق وحدة التناضح العكسي . وكذلك انخفاض مقدار الهبوط بكمية الطاقة الكهربائية المنتجة للمركز الكهروحراري نتيجة لارتفاع كمية الطاقة الكهربائية المنتجة للترينة البخارية الشكل ( 5 ) .

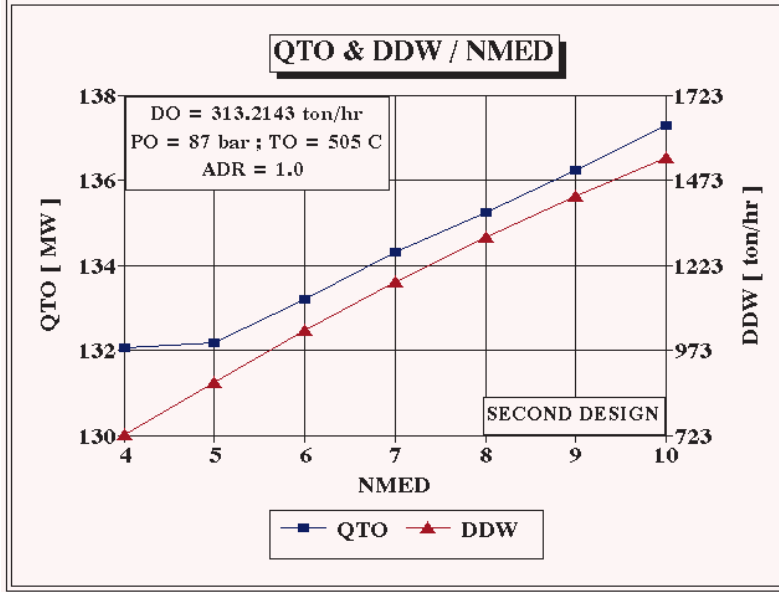
وكذلك بين الشكل ( 7 ) انخفاض مقدار التوفير بكمية الوقود المستهلكة للتصميم المقترح مع زيادة كفاءة المحطة التعويضية لإنتاج الطاقة الكهربائية في الشبكة . وذلك بسبب هبوط معدل استهلاك الوقود النوعي للمحطة التعويضية لإنتاج الطاقة الكهربائية في الشبكة . ومن ثم انخفاض معدل

تفسيره إلى ثبوت الخواص الترموديناميكية للبخار المسحوب من التريينة البخارية والمجهزة لوحدة التحلية PRT، الشكل ( 7 ) وارتفاع درجة حرارة المتكثف الراجع من وحدة التحلية بسبب ارتفاع الضغط التصميمي للبخار المجهز لوحدة التحلية وبالتالي هبوط مقدار التغير بطاقة البخار المجهز لوحدة التحلية hT - hRKT بمقدار أكبر من الزيادة بكمية هذا البخار DT، الشكل ( 6 ) .

وكذلك تم دراسة فاعلية التصميم المقترح الأول للمركز الكهروحراري في حالة استخدام وحدة تحلية من نوع

التناضح العكسي لإنتاج مياه التحلية في النظام المنفصل حيث يلاحظ من الشكل ( 7 ) في البداية هبوط مقدار التوفير بكمية الوقود المستهلكة DBST مع زيادة العدد التصميمي لتأثيرات وحدة التحلية NMED = 5 وذلك بسبب ارتفاع ضغط البخار المسحوب من التريينة البخارية والمجهزة لوحدة التحلية PRT الشكل ( 7 ) . ومن ثم ارتفاع إكسبرجي الطاقة الحرارية المجهزة لوحدة التحلية بمقدار أكبر من الزيادة في كمية مياه التحلية المنتجة وبالتالي ارتفاع كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة لإنتاج مياه التحلية عن طريق وحدة التحلية من نوع التناضح العكسي بمقدار أصغر من الهبوط بكمية الطاقة الكهربائية المنتجة للمركز الكهروحراري . بعد ذلك زيادة عدد التأثيرات لوحدة التحلية NMED ≥ 6 يؤدي إلى ارتفاع مقدار التوفير في كمية

## تقنيات الطاقة



الشكل ( 9 ) علاقة كمية مياه التحلية DDW وكمية الطاقة الحرارية QTO المجهزة لوحدية التحلية مع العدد التصميمي لتأثيرات وحدة التحلية NMED في حالة التصميم المقترح الثاني للمركز الكهروحراري.

الشكل ( 8 ) هبوط كمية الطاقة الكهربائية المنتجة للترينة البخارية NEST مع زيادة العدد التصميمي لتأثيرات وحدة التحلية . وذلك بسبب انخفاض مقدار الهبوط بطاقة البخار داخل الترينة البخارية نتيجة لارتفاع الضغط التصميمي للبخار المجهز لوحدية التحلية وطبقا لذلك ارتفاع ضغط البخار المسحوب من الترينة البخارية والمجهز لوحدية التحلية ، الشكل ( 10 ) وكما نلاحظ من الشكل ( 8 ) ارتفاع مقدار التوفير بكمية الوقود المستهلكة للتصميم المقترح الثاني مع زيادة كفاءة الحطة التعويضية وذلك للأسباب السابقة الذكر في الشكل ( 5 ) .

وقد تم دراسة تأثير العدد التصميمي لتأثيرات وحدة التحلية NMED المستخدمة في المركز الكهروحراري على كمية الطاقة الحرارية المجهزة لهذه الوحدة QTO حيث يلاحظ من الشكل ( 9 ) ارتفاع كمية الطاقة الحرارية المجهزة

استهلاك الوقود لإنتاج مياه التحلية في النظام المنفصل عن طريق وحدة التحلية من نوع التناضح العكسي.

ومن الجدير بالذكر يلاحظ من الشكل ( 7 ) انخفاض مقدار التوفير بكمية الوقود المستهلكة للتصميم المقترح الأول للمركز الكهروحراري البخاري مقارنة مع الشكل ( 5 ) وذلك بسبب ارتفاع معدل استهلاك الوقود لإنتاج مياه التحلية المنفصل عن طريق وحدة التحلية المتعددة التأثير ذات الضغط الحراري للبخار مقارنة مع معدل استهلاك الوقود لإنتاج مياه التحلية باستخدام وحدة تحلية من نوع التناضح العكسي .

### 2.5 - نتائج دراسة فاعلية التصميم المقترح الثاني :

تم وبنفس الطريقة السابقة الذكر أعلاه الفقرة ( 1.5 ) دراسة فاعلية التصميم المقترح الثاني للمركز الكهروحراري البخاري . حيث يلاحظ من الشكل ( 8 ) ارتفاع مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة DBST مع زيادة العدد التصميمي لتأثيرات وحدة التحلية NMED وذلك بسبب زيادة كمية مياه التحلية المنتجة للمركز الكهروحراري DDW ، الشكل ( 9 ) . نتيجة لانخفاض معدل استهلاك الطاقة الحرارية النوعي لوحدية التحلية وارتفاع كمية الطاقة الحرارية المجهزة لوحدية التحلية QTO ، الشكل ( 9 ) . مما يؤدي ذلك إلى ارتفاع معدل استهلاك الوقود لإنتاج مياه التحلية في النظام المنفصل عن طريق وحدة التحلية المتعددة التأثير ذات الضغط الحراري للبخار . وكذلك يلاحظ من

التناضح العكسي لإنتاج مياه التحلية في النظام المنفصل . حيث يلاحظ من الشكل ( 10 ) هنالك زيادة طردية بمقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة DBST مع ارتفاع العدد التصميمي لتأثيرات وحدة التحلية المستخدمة في التصميم المقترح . وذلك بسبب انخفاض كمية الطاقة الكهربائية المنتجة للترينة البخارية ، الشكل ( 8 ) بمقدار أصغر من الارتفاع بكمية الطاقة الكهربائية اللازمة لإنتاج مياه التحلية عن طريق وحدة التناضح العكسي ( نتيجة لزيادة كمية مياه التحلية المنتجة DDW ، الشكل (9).

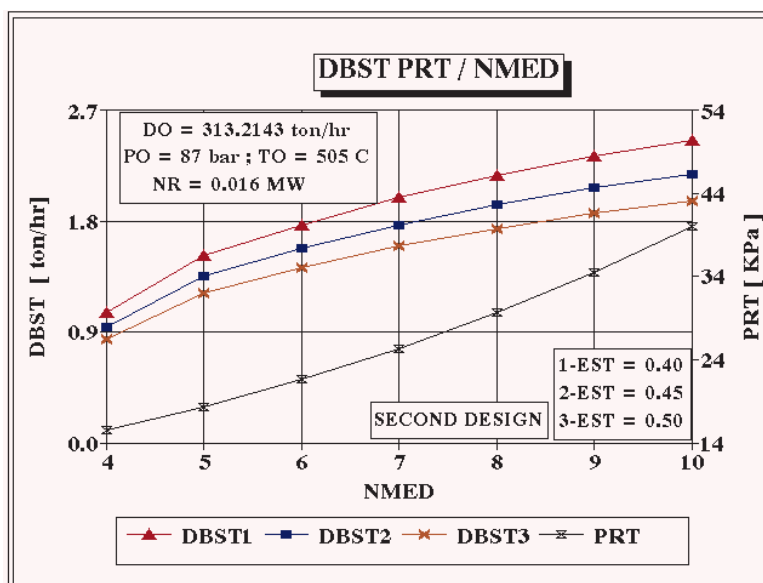
وبناء على ما تقدم وكما هو مبين

كذلك في الجدول (1) فإن نتائج دراسة

فاعلية التصاميم المقترحة للمركز الكهروحراري البخاري تشير إلى فاعلية التصميم الثاني مقارنة مع التصميم الأول من حيث مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة لإنتاج الطاقة الكهربائية والطاقة الحرارية اللازمة لإنتاج مياه التحلية .

وذلك بسبب ارتفاع كمية الطاقة الكهربائية NEST N وانخفاض إكسرجي الطاقة الحرارية المنتجة QEXT للوحدة التربينية البخارية في التصميم المقترح الثاني للمركز الكهروحراري البخاري الجدول ( 1 ) .

وبالتالي انخفاض معدل استهلاك الوقود في الشبكة لإنتاج كمية الطاقة الكهربائية التعويضية للتصميم المقترح الثاني بمقدار أكبر من الهبوط بمعدل استهلاك الوقود لإنتاج مياه التحلية في النظام المنفصل ( نتيجة لانخفاض كمية مياه



الشكل ( 10 ) علاقة مقدار التوفير بكمية الوقود المستهلكة ( DBST ) وضغط البخار المجهز لوحدة التحلية ( PRT ) مع العدد التصميمي لتأثيرات وحدة التحلية متعددة التأثير ( NMED ) باستخدام وحدة تحلية من نوع التناضح العكسي ( RO ) في حالة التصميم المقترح الثاني للمركز الكهروحراري .

لوحدة التحلية مع زيادة عدد تأثيرات NMED وذلك بسبب ارتفاع الخواص الترموديناميكية للبخار المسحوب من التريينة البخارية والمجهزة لوحدة التحلية ، الشكل (10) وزيادة كمية البخار المجهزة لوحدة التحلية الشكل (6).

وكذلك بين الشكل ( 9 ) ارتفاع كمية مياه التحلية المنتجة مع زيادة العدد التصميمي لتأثيرات وحدة التحلية . وذلك نتيجة لارتفاع كمية الطاقة الحرارية المجهزة لوحدة التحلية QTO وانخفاض معدل استهلاك الطاقة الحرارية النوعي لهذه الوحدة .

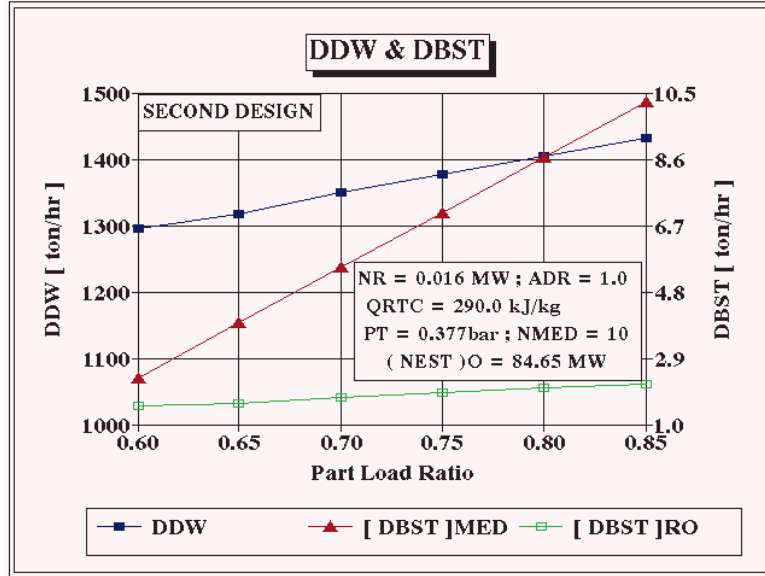
وكذلك تم دراسة فاعلية التصميم المقترح الثاني للمركز الكهروحراري عند استخدام وحدة تحلية من نوع

## تقنيات الطاقة

الوحدة	القيمة		الرمز	المؤثرات
	2nd Design	1st Design		
ton/hr	313.214	313.212	DO	معدل استهلاك البخار للوحدة التربينية البخارية.
MJ/hr	771840.3	771988.1	QTU	معدل استهلاك الطاقة الحرارية للوحدة التربينية البخارية.
MJ/hr	3681.785	3681.861	qTU <sup>e</sup>	معدل استهلاك الطاقة الحرارية النوعي للوحدة التربينية البخارية على إنتاج الطاقة الكهربائية.
-	0.981648	0.981652	$\eta_{TR}$	كفاءة نقل الطاقة الحرارية بين المرجل والوحدة التربينية البخارية.
MJ/hr	786269.7	786417.3	QSB	كمية الطاقة الحرارية المنتجة للمرجل.
MJ/hr	854641.0	854801.3	Q <sub>C</sub> <sup>SB</sup>	كمية الطاقة الحرارية الناتجة من حرق الوقود بالمرجل.
ton/hr	20.9697	20.9736	BSB*	معدل استهلاك الوقود للمرجل.
ton/hr	1524.030	1564.856	DDW	كمية مياه التحلية المنتجة.
MJ/hr	498806.8	512168.9	QT	كمية الطاقة الحرارية المنتجة للوحدة التربينية البخارية.
MJ/hr	493818.7	507047.0	QT <sup>O</sup>	كمية الطاقة الحرارية المجهزة لوحدة التحلية.
MJ/hr	302323.7	287690.9	Q <sub>c</sub> <sup>e</sup>	كمية الطاقة الحرارية الناتجة من حرق الوقود بالمرجل والمستخدم لإنتاج الطاقة الكهربائية.
MW	18.2786	27.3483	QEXT	إكسبرجي الطاقة الحرارية المنتجة للوحدة التربينية البخارية.
-	0.88305	0.88304	$\eta_{ST}^e$	كفاءة المركز الكهروحراري على إنتاج الطاقة الكهربائية.
-	0.89018	0.89037	$\eta_{ST}^{et}$	كفاءة المركز الكهروحراري على إنتاج نوعي الطاقة .
MW	74.1579	70.5674	(Ne <sup>ST</sup> )N	كمية الطاقة الكهربائية المنتجة للمركز الكهروحراري.
MJ/MW.hr	4076.756	4076.83	qST <sup>e</sup>	معدل استهلاك الطاقة الحرارية النوعي على إنتاج الطاقة الكهربائية.
bar	0.400224	0.627559	PRT	ضغط تجهيز البخار المسحوب من التربينة البخارية والمجهز لوحدة التحلية.
ton/hr	9.714315 2.485665	9.239083 1.816928	$\Delta BST$	مقدار التوفير بكمية الوقود المستهلكة لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية : <ul style="list-style-type: none"> <li>• في حالة استخدام وحدة تحلية متعددة التأثير ذات الضغط الحراري للبخار لإنتاج مياه التحلية في النظام المنفصل .</li> <li>• في حالة استخدام وحدة تحلية من نوع التناضح العكسي لإنتاج مياه التحلية في النظام المنفصل.</li> </ul>

الجدول ( 1 ) نتائج حساب التصميم المقترح الأول والثاني للمركز الكهروحراري البخاري .

**الحراري للبخار DBST MED**  
 لإنتاج مياه التحلية في النظام المنفصل  
 أكبر منه في حالة إستخدام وحدة تحلية  
 من نوع التناضح العكسي **DBST**  
**RO** وذلك بسبب ارتفاع معدل  
 استهلاك الوقود لإنتاج مياه التحلية عن  
 طريق وحدة التحلية المتعددة التأثير  
 ذات الضغط الحراري للبخار مقارنة مع  
 معدل استهلاك الوقود لإنتاج الطاقة  
 الكهربائية اللازمة لإنتاج مياه التحلية  
 عن طريق وحدة التناضح العكسي .



الشكل ( 11 ) علاقة كمية مياه التحلية المنتجة **DDW** ومقدار التوفير بكمية  
 الوقود المستهلكة **DBST** مع نسبة الحمل الجزئي لإنتاج الطاقة الكهربائية

تأثير نسبة الحمل الجزئي لإنتاج  
 الطاقة الكهربائية المنتجة على كمية

الطاقة الحرارية المجهزة لوحدة التحلية **QTO** وإكسرجي  
 الطاقة الحرارية المنتجة للوحدة التربينية البخارية **QEXT**  
 مبين في الشكل ( 12 ) . حيث يلاحظ من الشكل ارتفاع  
 إكسرجي الطاقة الحرارية المنتجة للوحدة التربينية البخارية  
 وطبقا لذلك كمية الطاقة الحرارية المجهزة لوحدة التحلية مع  
 ارتفاع نسبة الحمل الجزئي لإنتاج الطاقة الكهربائية . وذلك  
 بسبب زيادة كمية الطاقة الكهربائية المنتجة للتربينية البخارية  
**NEST**، الشكل ( 12 ) ومن ثم ارتفاع معدل استهلاك  
 البخار للوحدة التربينية البخارية **DON**، الشكل ( 13 )  
 . مما يؤدي ذلك إلى زيادة كمية البخار المجهزة لوحدة  
 التحلية.

تأثير نسبة الحمل الجزئي لإنتاج الطاقة الكهربائية على  
 معدل استهلاك البخار للوحدة التربينية البخارية وكفاءة  
 المحطة في حالة النظام الحراري و التكثيفي لعمل الوحدة

التحلية المنتجة للتصميم المقترح الثاني **DDW**، الجدول ( 1 ) .  
 وكذلك تم في الدراسة بحث فاعلية التصميم المقترح الثاني  
 للمركز الكهروحراري البخاري عند قيم مختلفة لنسبة الحمل  
 الجزئي لإنتاج الطاقة الكهربائية ( نسبة الطاقة الكهربائية  
 المنتجة للتربينية البخارية من الطاقة الكهربائية التصميمية  
 $Part\ Load\ Ratio = ( NeST\ N / ( NeST\ O )$  حيث  
 يلاحظ من الشكل ( 11 ) زيادة مقدار التوفير في كمية  
 الوقود المستهلكة مع ارتفاع نسبة الحمل الجزئي لإنتاج  
 الطاقة الكهربائية . والسبب في ذلك يمكن تفسيره إلى زيادة  
 كمية مياه التحلية المنتجة ، الشكل ( 11 ) نتيجة  
 لارتفاع كمية الطاقة الحرارية المجهزة لوحدة التحلية **QTO**،  
 الشكل ( 12 ) . وكذلك يلاحظ من الشكل ( 11 ) أن  
 معدل الزيادة بمقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة في  
 حالة استخدام وحدة تحلية متعددة التأثير ذات الضغط



## 6 - خلاصة الاستنتاجات والتوصيات

نتائج دراسة فاعلية التصاميم المقترحة لإعادة تأهيل الخطة الكهربائية الحرارية في مجمع الحديد والصلب بمصراته الفقرة (5) تشير إلى :

1.6 - فاعلية إعادة تأهيل الخطات البخارية التكتيفية ذات الخواص المتوسطة للبخار لتعمل بنظام مشترك لإنتاج الطاقة الكهربائية والطاقة الحرارية اللازمة للمستهلك الحراري . والذي من الممكن أن يكون في هذه الحالة وحدة تحلية متعددة التأثير ذات درجة حرارة منخفضة وذلك اعتماداً على الموقع الجغرافي للمحطة. حيث بلغ مقدار التوفير الأدنى بكمية الوقود المستهلكة لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية 494.319 ton/MWyear من الطاقة الكهربائية التصميمية للمحطة. وذلك مقارنة مع استخدام وحدة تحلية متعددة التأثير ذات الضغط الحراري للبخار في النظام المنفصل لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية . أما في حالة استخدام وحدة تحلية من نوع التناضح العكسي فان مقدار التوفير هذا بكمية الوقود المستهلكة 112.902 ton/MWyear

2.6 - استخدام الوحدات التريينية البخارية من نوع الضغط المقابل في المراكز الكهروحرارية البخارية المخصصة لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية يؤدي إلى تحقيق كفاءة مرتفعة للمركز الكهروحراري البخاري على إنتاج نوعي الطاقة  $\eta_{stet} \approx$  % 89.00 وإنتاجية نوعية لمياه التحلية 20.55 ton/MWhr

6.3 - زيادة عدد تأثيرات وحدة التحلية المتعددة التأثير المستخدمة في التصاميم المقترحة من 6 إلى 10 يؤدي

التريينية البخارية مبين في الشكل ( 13 ) . حيث يلاحظ من الشكل ارتفاع معدل استهلاك البخار للوحدة التريينية البخارية في حالة النظام الحراري و التكتيفي لعمل هذه الوحدة مع زيادة نسبة الحمل الجزئي. وذلك بسبب ارتفاع كمية الطاقة الكهربائية المنتجة للتريينية البخارية (NESTN) الشكل ( 12) .

وكذلك يبين الشكل (13) عند ثبوت نسبة الحمل الجزئي لإنتاج الطاقة الكهربائية أن معدل استهلاك البخار للوحدة التريينية البخارية في حالة النظام الحراري (DON) أكبر منه في حالة النظام التكتيفي (DON) K والسبب في ذلك يمكن تفسيره إلى انخفاض مقدار الهبوط بطاقة البخار داخل التريينية البخارية في حالة النظام الحراري مقارنة مع النظام التكتيفي.

وكذلك بين الشكل ( 13 ) ارتفاع بسيط بكفاءة الخطة في حالة النظام التكتيفي (EST) K مع زيادة نسبة الحمل الجزئي للوحدة التريينية البخارية . والسبب في ذلك يعود إلى ارتفاع كفاءة إجراء التمدد داخل التريينية البخارية مع زيادة معدل تدفق البخار . وكذلك ارتفاع كمية البخار المستترفة لغرض التسخين الإسترجاعي لمياه التغذية والمتكثف الأساسي.

وكذلك يلاحظ من الشكل (13) هبوط بسيط في كفاءة المركز الكهروحراري على إنتاج نوعي الطاقة EST ET مع زيادة نسبة الحمل الجزئي للطاقة الكهربائية المنتجة. وذلك بسبب انخفاض كفاءة الوحدة التريينية البخارية على إنتاج الطاقة الكهربائية مقارنة مع كفاءة هذه الوحدة على إنتاج الطاقة الحرارية . مما يؤدي ذلك إلى ارتفاع معدل استهلاك الوقود للمرجل بمقدار أكبر من الزيادة في كمية الطاقة الكهربائية والحرارية المنتجة للمركز الكهروحراري.



HPT – High Pressure Turbine .  
 RO– Reverse Osmosis Desalination Plant .  
 K – Steam Condenser .  
 KP – Condensate Pump .  
 LPT – Low Pressure Turbine .  
 MED – Multi Effect Distillation Unit .  
 SB – Steam Boiler .  
 STU – Steam Turbine Unit .  
 Ne<sup>ST</sup> – الطاقة الكهربائية المنتجة للتربينية البخارية .

## المصادر المستخدمة

1 – BUROS O.K ( 2000 The ABCS of De-  
 salting / International Desalination Associa-  
 tion , USA , 31 pp .

2 – د. محمد ماشينه , م . حدود عبد النبي حدود ,  
 م . إبراهيم فلاح ( 2001 ) ، دراسة جدوى تحويل  
 عدد من الوحدات الغازية بالجمهورية العظمى  
 لتعمل على أساس الدورة المزدوجة / المؤتمر المغاربي  
 الخامس للدراسات الميكانيكية ، كلية العلوم  
 الهندسية والتقنية – جامعة سبها ، براك الشاطئ –  
 الجماهيرية العظمى .

من 5 : 7 النوار 2001 ف .

3 – HUNDAI ELECTRICAL ENGINEER-  
 ING CO ., LTD ( 1990 Performance Test  
 Report of Plant Heat Rate ( TEST NO .1 and  
 Output ( TEST NO . 2 for Power Plant Unit  
 NO . 2 / Executive Board of Iron and Steel

Complex SPLAJ – MISURATA STEEL  
 COMPLEX .

إلى زيادة مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة  
 الفقرة ( 1.6 ) بنسبة 51.810 % هذا إلى جانب  
 زيادة كمية مياه التحلية المنتجة بمعدل 5.828  
 ton/MW hr وانخفاض كمية الطاقة الكهربائية  
 المنتجة للمحطة بنسبة 5.19 % .

6.4 – تغيير نظام عمل التصميم المقترح للمركز  
 الكهروحراري على إنتاج الطاقة الكهربائية في الشبكة  
 إلى الحمل الجزئي لإنتاج الطاقة الكهربائية بنسبة 80  
 % من الطاقة التصميمية للمحطة يؤدي إلى انخفاض  
 مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة الفقرة ( )  
 2.6 بنسبة 18.571 % هذا إلى جانب هبوط كمية  
 مياه التحلية المنتجة بمعدل 1.631 ton/MW hr

6.5 – ضرورة إجراء دراسة اقتصادية حرارية لاختيار  
 الخواص المثالية للتصميم المقترح للمركز  
 الكهروحراري البخاري التي تحقق أقصى فاعلية  
 اقتصادية ممكنة مع الأخذ بعين الاعتبار مقدار التغير في  
 كلفة وحدة التحلية المتعددة التأثير ، كلفة الخطة  
 التعويضية لإنتاج الطاقة الكهربائية ، وكلفة الخطة  
 التعويضية لإنتاج مياه التحلية ( محطة التحلية المتعددة  
 التأثير ذات الضغط الحراري للبخار أو محطة تحلية من  
 نوع التناضح العكسي ) .

## المختصرات المستخدمة مع الأشكال والرسومات التوضيحية

D – Deareator .  
 FP – Feed Water Pump .  
 FWH – Feed Water Heater .  
 G – Electrical Generator .

## تقنيات الطاقة

- 5 – RYZKIN V.EA ( 1987 Thermal Power Stations / Moscow USSR , Energy Press . , 328 pp.
- 6 – EABLOKOV L.D , LOGENOV E.G. (1988 STEAM AND GAS TURBINE BINES / Moscow – USSR , Energy Press. , 352 pp.
- 7 – SELSARNKO V.N ( 1980 Desalination Plants / Moscow – USSR , Energy Press . 284

- 4 – د . حسين الربيعي ( 2003 ) فاعلية استخدام الدورة المزدوجة ثنائية الضغط في تطوير وتوسيع محطات الطاقة الكهربائية الحرارية .
- مجلة الهندسي , العدد 45 , الصفحة 87 : 95 ,  
طرابلس – الجماهيرية العظمى .

### المخلص :

يتضمن التصميم الأساسي لمحطة الحديد والصلب بمصراته ستة وحدات بخارية تكثيفية وبطاقة تصميميه  $84.65 \text{ MW}$  للوحدة. ولحل المشاكل السلبية في التصميم الأساسي للمحطة ( انخفاض كفاءة المحطة  $\eta_{ST} \leq 36.0$  والإيفاء بالمتطلبات المستقبلية لإنتاج الطاقة الكهربائية والمياه العذبة تم في الدراسة اقتراح إعادة تأهيل المحطة للعمل بنظام مشترك لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية. وذلك عن طريق تطوير نظام عمل الوحدات التربينوية البخارية التكتيفية المستخدمة في المحطة لتعمل بنظام اشتغال الوحدات التربينوية الحرارية من نوع الضغط المقابل. حيث يتم تجهيز الطاقة الحرارية اللازمة لوحدة التحلية المتعددة التأثير عن طريق سحب البخار من التربينوية البخارية وفقا للخواص المطلوبة لوحدة التحلية . وبذلك تطلب الأمر إما إلغاء المراحل الأربعة الأخيرة من التربينوية ( التصميم المقترح الأول ) أو إلغاء وإعادة تصميم المراحل الخمسة الأخيرة ( التصميم المقترح الثاني ). وبصفة مقياس لفاعلية التصميم المقترحة تم في الدراسة اعتماد مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة نتيجة لعملية الإنتاج المشترك للطاقة الكهربائية ومياه التحلية في التصميم المقترح للمحطة مع عملية الإنتاج المنفصل عن طريق التصميم الأساسي للمحطة ووحدة تحلية متعددة التأثير ذات الضغط الحراري للبخار أو وحدة تحلية من نوع التناضح العكسي. وقد بينت نتائج الدراسة باستخدام طريقة النمذجة الرياضية ما يلي :

1- فاعلية استخدام التصميم المقترحة لإعادة تأهيل المحطة. حيث بلغ مقدار التوفير الأدنى في كمية الوقود المستهلكة للمحطة  $494.319 \text{ ton/year}$  لكل  $\text{MW}$  من الطاقة الكهربائية التصميمية للمحطة . وذلك في حالة التصميم المقترح الثاني واستخدام وحدة تحلية متعددة التأثير ذات الضغط الحراري للبخار في عملية الإنتاج المنفصل للطاقة الكهربائية ومياه التحلية . أما في حالة استخدام وحدة تحلية من نوع التناضح العكسي فأن مقدار التوفير هذا سوف ينخفض إلى  $112.902 \text{ ton/year.MW}$

2- زيادة عدد تأثيرات وحدة التحلية المتعددة التأثير المستخدمة في التصميم المقترحة من 6 إلى 10 تؤدي إلى زيادة مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة الفقرة ( 1 ) بنسبة % 51.81 هذا إلى جانب زيادة كمية مياه التحلية المنتجة بمعدل  $5.828 \text{ ton/hrMW}$  وانخفاض كمية الطاقة الكهربائية المنتجة للمحطة بنسبة % 5.19 .