

الجمهورية العربية السورية

المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا

ماجستير التحكم

أمثلة تشغيل محطات التوليد البخارية في الشبكة الكهربائية السورية

Optimal Operation of Power Generation Stations in Syrian

Electric Network

إعداد:

م. محمد بيطار

إشراف:

د. غيث ورقوزق

د. لمى الحسن

2019

إلى شركة العمر م. آلاء ماجد قزح

إلى شركة العمر م. آلاء ماجد قزح

((فوق كل ذي علم عليم)) يوسف(76)

((لأن كل شجرة تعرف من ثمارها)) لوقا(44:6)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

لا يسعني إلا أن أتقدم بالشكر والعرفان لمن كان يوجهني في كل مرحلة من مراحل البحث وأغنى البحث بأفكاره وملاحظاته:

الدكتور غيث ورقوزق

الدكتورة لمى الحسن

كما أشكر أساتذة قسم النظم في المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا وأخص بالذكر:

الدكتور ميشيل السبع رئيس القسم

الدكتور ابراهيم شعيب الوكيل العلمي

كما أشكر الزملاء في ماجستير التحكم والروبوتيك والزملاء في مركز التنسيق في المؤسسة العامة لنقل الكهرباء ولا سيما المهندسين فراس حامد وفايز ابراهيم و الوردية الرابعة، للمعلومات والمناقشات التي أثرت البحث.

وَالْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي بِنِعْمَتِهِ رَبَّانَا وَرَبُّكُمْ

المخلص:

تعتبر مسألة توزيع الأحمال على محطات توليد القدرة الكهربائية ككل وعلى محطات التوليد البخارية خصوصاً مسألة

هامية وحيوية. فُدم في هذا المجال العديد من الأبحاث التي طرحت مسألة توزيع الحمل على محطات التوليد بحيث تنخفض تكاليف التشغيل من جهة وتزداد كفاءة الطاقة الكهربائية من جهة أخرى. أما في هذا البحث فنطرح المسألة من وجهة نظر ثانية، وهي البحث عن الحمل الأمثل لتلك المحطات وكيف يتم توزيعه عليها بهدف إيجاد إطار مرجعي لمقارنة التشغيل الحالي لمحطات التوليد مع التشغيل الأمثل لها، وهذا مهم لمشغل الشبكة الكهربائية ولاسيما الشبكة الكهربائية في الجمهورية العربية السورية.

صُيغت مسألة الأمثلة المرتبطة بهذا الطرح، واقتُرح خوارزمية لحلها ومقارنتها بالخوارزميات المطروحة سابقاً، كما تم في الجزء العملي من البحث نمذجة محطات التوليد البخارية في الجمهورية العربية السورية وتطبيق المقاربة المقترحة في البحث بغرض إيجاد الحمل الأمثل لتلك المحطات، ومن ثم كتابة الأكواد البرمجية لصياغة المسألة وحلها ونمذجة منحنيات الاستهلاك ومعاملات مجموعات التوليد البخارية باستخدام بيئة النمذجة والمحاكاة الـ Matlab 2016، و الاعتماد على طريقة البرمجة التربيعية التتابعية ومقارنة النتائج المتحصل عليها مع الخوارزمية الجينية. كما تم بناء برنامج لحساب التوزيع الاقتصادي Ecv0.002 و تم نمذجة الشبكة الكهربائية السورية بواسطة برنامج NEPLAN.

الكلمات المفتاحية:

التوزيع الاقتصادي للحمل- محطات التوليد البخارية- البرمجة التربيعية التتابعية- الخوارزمية الجينية.

Abstract:

The distribution of loads on the electric power plants especially for the steam generation plants is particularly important and vital.

Most research was looking at the distribution of the load on the generation plants, so both the cost of operating and increase the efficiency of electric power was targeted. In this research, the problem was handled from another point of view, namely, the search for the optimal load of these groups and how they are distributed in order to find a reference frame. This will help to compare the current operation of the generation plants with their optimal operation.

In the practical part of the research, a model of the steam generating plants was proposed, then a suggested approach in the research for the optimal load of these stations was applied. Codes were written in Matlab 2016 environment. Sequential quadratic programming in solving the problem and taking advantage of Matlab2016 tools in examples, especially the genetic algorithm to compare the results.

A program has been built to calculate the economic dispatch Ecv0.002 and the Syrian electrical network has been modeled by NEPLAN program.

Key words: Economic dispatch, steam generation, Sequential quadratic programming (SQP), Genetic algorithms

الفهرس:

| | |
|----|--|
| 2 | المخلص |
| 3 | Abstract |
| 7 | قائمة الجداول |
| 8 | قائمة الأشكال |
| 10 | جدول المصطلحات |
| 11 | المقدمة |
| 13 | الفصل الأول: مفاهيم أساسية |
| 14 | 1- مكونات نظام توليد ونقل القدرة الكهربائية |
| 14 | 1-1- مقدمة |
| 15 | 2- مجموعات توليد القدرة الكهربائية |
| 15 | 1-2- الطرق التقليدية بإنتاج القدرة الكهربائية |
| 15 | 1-1-2- إنتاج القدرة الكهربائية عن طريق الفيول |
| 16 | 2-1-2- إنتاج القدرة الكهربائية عن طريق الغاز |
| 19 | 3-1-2- إنتاج القدرة الكهربائية عن طريق السدود |
| 19 | 2-2- الطرق غير التقليدية لإنتاج القدرة الكهربائية |
| 21 | 3- خطوط نقل القدرة الكهربائية |
| 21 | 1-3- التوترات العالية |
| 25 | 2-3- التوتر المتوسط (شبكة التوزيع للطاقة الكهربائية) |
| 25 | 3-3- التوتر المنخفض |
| 25 | 4- محطات التحويل |
| 26 | 5- مركز التحكم في الشبكة الكهربائية في الجمهورية العربية السورية |
| 27 | 6- أمثلة توزيع الأحمال الكهربائية |
| 27 | 1-6- مقدمة في الأمثلة |
| 28 | 2-6- تعاريف أساسية |
| 30 | 3-6- الشكل العام لمسألة الأمثلة |

- 31 4-6- الطرق التقليدية في حل مسائل الأمثلة
- 34 5-6- الطرق المبنية على تقنيات الذكاء الصناعي
- 37 7- بعض الدراسات المرجعية
- 42 8- الخلاصة
- 43 الفصل الثاني: مسألة التوزيع الاقتصادي للحمل على مجموعات التوليد البخارية
- 44 1- التوزيع الاقتصادي للحمل على محطات التوليد البخارية
- 44 1-1- مقدمة
- 45 2- تابع الكلفة التقليدي لتشغيل محطات التوليد البخارية
- 46 3- صياغة مسألة الأمثلة لتشغيل مجموعات التوليد مع أثر الصمام
- 48 4- قيود المسألة
- 48 1-4- القيد الصفري
- 49 2-4- قيود المتراحة
- 50 5- صياغة جديد لمسألة التوزيع الاقتصادي للحمل على مجموعات التوليد البخارية
- 50 1-5- مقدمة
- 51 2-5- صياغة جديدة لمسألة توزيع الحمل على محطات التوليد البخارية
- 51 3-5- تابع الكلفة المقترح
- 53 6- قيود مسألة الأمثلة المقترحة في البحث
- 53 1-6- القيد الصفري
- 54 2-6- قيود المتراحة
- 55 7- حل مسألة الأمثلة المقترحة
- 56 1-7- خوارزمية حل مسألة الأمثلة المقترحة
- 57 8- حالة عملية: تطبيق الصياغة الجديدة على نموذج مرجعي
- 57 1-8- مثال (1) استخدام تابع كلفة تقليدي وإهمال الضياعات
- 59 1-1-8- نتائج الطريقة المقترحة في البحث
- 60 2-1-8- نتائج استخدام البرمجة التربيعية التتابعية SQP

| | |
|-----|--|
| 60 | نتائج استخدام الخوارزمية الجينية 3-1-8 |
| 61 | مثال(2) استخدام تابع كلفة تقليدي بدون إهمال الضياعات 2-8 |
| 63 | الخلاصة 9 |
| 65 | الفصل الثالث : اختبار الصياغة الجديدة لأمثلة مجموعات التوليد البخارية في الجمهورية العربية السورية |
| 66 | 1- المعطيات الأولية |
| 67 | 2- حالة محطة توليد الزارة |
| 69 | 1-2- إيجاد الحمل الأمثل لمجموعات توليد الزارة |
| 72 | 3- حالة محطة توليد محردة |
| 75 | 1-3- إيجاد الحمل الأمثل لمحطة توليد محردة |
| 77 | 4- حالة محطة توليد بانياس |
| 80 | 1-4- إيجاد الحمل الأمثل لمجموعات توليد بانياس |
| 82 | 5- حالة محطة توليد تشرين البخارية |
| 84 | 1-5- إيجاد الحمل الأمثل ل مجموعات توليد تشرين |
| 87 | 6- نموذج عن الدارات المركبة: حالة محطة توليد دير علي |
| 89 | 1-6- إيجاد الحمل الأمثل للمجموعة الغازية الأولى في محطة توليد دير علي |
| 89 | 7- الخلاصة |
| 91 | الفصل الرابع |
| 92 | البرامج المستخدمة |
| 92 | 1- برنامج Ecv0.002 |
| 93 | 2- برنامج NEPLAN |
| 100 | 3- الخاتمة |
| 101 | 4- التوصيات والمقترحات |
| 102 | المراجع |
| 106 | الملحق |

قائمة الجداول:

- 1- مجموعات التوليد عن طريق الفيول في الجمهورية العربية السورية 16
- 2- مجموعات التوليد عن طريق الغاز دارات بسيطة في الجمهورية العربية السورية 17
- 3- مجموعات التوليد عن طريق الغاز دارات مركبة في الجمهورية العربية السورية 18
- 4- مجموعات التوليد عن طريق الماء 19
- 5- بيانات ثلاث مجموعات توليد اختيارية 58
- 6- حل مسألة الأمثلة باستخدام الطريقة المقترحة في البحث 59
- 7- حل مسألة الأمثلة باستخدام طريقة البرمجة التريبعية المتتابعة 60
- 8- حل مسألة الأمثلة باستخدام الخوارزميات الجينية 60
- 9- معاملات مجموعات التوليد 61
- 10- توزيع الحمل الأمثل على مجموعات التوليد باستخدام المقاربة المقترحة 62
- 11- معاملات مجموعات التوليد في الزارة 69
- 12- القيود التشغيلية لمحطة توليد الزارة 69
- 13- حل مسألة الأمثلة باستخدام الخوارزمية المقترحة 70
- 14- حل مسألة الأمثلة باستخدام الخوارزمية الجينية 71
- 15- معاملات مجموعات التوليد في محردة 74
- 16- القيود التشغيلية لمحطة توليد محردة 75
- 17- نمذجة محطة توليد محردة باستخدام الخوارزمية المقترحة 76
- 18- معاملات مجموعات التوليد في بانياس 79
- 19- القيود التشغيلية لمحطة توليد بانياس 80
- 20- نمذجة محطة توليد بانياس باستخدام الخوارزمية المقترحة 81
- 21- معاملات مجموعات التوليد في تشرين 83
- 22- القيود التشغيلية لمحطة توليد تشرين 84
- 23- نمذجة محطة توليد تشرين باستخدام الخوارزمية المقترحة 84
- 24- معاملات المجموعة الغازية الأولى في محطة توليد دير علي 88
- 25- أحمال المجموعات البخارية السيناريو الافتراضي 94
- 26- أحمال المجموعات البخارية السيناريو الأول 97
- 27- أحمال المجموعات البخارية السيناريو الثاني 97
- 28- ملخص أحمال الشبكة الكهربائية السورية السيناريو الافتراضي 98
- 29- ملخص أحمال الشبكة الكهربائية السورية السيناريو الأول 98
- 30- ملخص أحمال الشبكة الكهربائية السورية السيناريو الثاني 98

قائمة الأشكال:

- 1- مكونات النظام الكهربائي.....15
- 2- محطات التوليد الرئيسية في المنظومة الكهربائية السورية لعام 2017م 20
- 3- التوزيع القطاعي للاستطاعة الأسمية حسب نوع العنفات لعام 2017م 20
- 4- مخطط الشبكة الكهربائية في الجمهورية العربية السورية المستوى الأول لنقل الكهرباء (230-400) .. 22
- 5- مخطط المستوى الثاني لشبكة الكهرباء السورية لمدينة دمشق وريفها24
- 6- تكافؤ البحث عن القيمة الصغرى للتابع $f(x)$ مع البحث عن القيمة الصغرى للتتابع $f(x)+c$ و $c.f(x)$ 28
- 7- تقاطع خطوط تساوي التابع مع القيود الفعالة وغير الفعالة31
- 8- المخطط التدفقي لخوارزمية البرمجة التربيعية التتابعية 34
- 9- المخطط التدفقي للخوارزمية الجينية 36
- 10- مخطط مسألة الأمثلة للتوزيع الاقتصادي44
- 11- التمثيل البياني لتابع الكلفة التقليدي 46
- 12- تابع الكلفة لتشغيل مجموعات التوليد مع أثر الصمام 47
- 13- الطرح الجديد لمسألة الأمثلة 52
- 14- تابع الكلفة المقترح بدون أثر الصمام 53
- 15- تحولات تابع الكلفة 59
- 16- تحولات تابع الكلفة بدلالة الحمل 62
- 17- منحني استهلاك الوقود للمجموعة الأولى من محطة توليد الزارة 67
- 18- منحني استهلاك الوقود للمجموعة الثانية من محطة توليد الزارة 68
- 19- منحني استهلاك الوقود للمجموعة الثالثة من محطة توليد الزارة 68
- 20- منحني استهلاك الوقود بدلالة الحمل 71
- 21- منحني استهلاك الوقود للمجموعة الأولى من محطة توليد محردة 72
- 22- منحني استهلاك الوقود للمجموعة الثانية من محطة توليد محردة 73
- 23- منحني استهلاك الوقود للمجموعة الثالثة من محطة توليد محردة 73
- 24- منحني استهلاك الوقود للمجموعة الرابعة من محطة توليد محردة 74
- 25- منحني استهلاك الوقود بدلالة الحمل 76
- 26- منحني استهلاك الوقود للمجموعة الأولى من محطة توليد بانياس 77
- 27- منحني استهلاك الوقود للمجموعة الثانية من محطة توليد بانياس 78
- 28- منحني استهلاك الوقود للمجموعة الثالثة من محطة توليد بانياس 78
- 29- منحني استهلاك الوقود للمجموعة الرابعة من محطة توليد بانياس 79

- 81 30- منحنى استهلاك الوقود بدلالة الحمل
- 82 31- منحنى استهلاك الوقود للمجموعة الأولى من محطة توليد تشرين
- 83 32- منحنى استهلاك الوقود للمجموعة الثانية من محطة توليد تشرين
- 85 33- تحويلات منحنى استهلاك الوقود بدلالة الحمل
- 86..... 34- منحنى استهلاك الوقود لمحطات التوليد البخارية في الجمهورية العربية السورية
- 88..... 35- منحنى استهلاك الغاز للمجموعة الغازية الأولى في محطة دير على
- 89..... 36- منحنى استهلاك الغاز بدلالة الحمل
- 92..... 37- مكونات برنامج Ec v0.002
- 93..... 38- الواجهة الرئيسية لبرنامج Ec v0.002
- 94..... 39- تمثيل الشبكة الكهربائية السورية ببرنامج NEPLAN

جدول المصطلحات:

| English | العربية |
|---|---------------------------------|
| Artificial intelligence techniques | تقنيات الذكاء الصناعي |
| black out | الانقطاع العام |
| Classical Economic Cost function | تابع الكلفة التقليدي |
| Constraints Equal | قيود مساواة |
| Constraints Unequal | قيود متراجعة |
| Cost function | تابع الكلفة |
| Crow Search Algorithm | خوارزمية الغراب الباحث |
| Economic Cost function with Valve point effects | تابع الكلفة مع أثر الصمام |
| Genetic Algorithm | الخوارزمية الجينية |
| Kinetic gas molecule optimization | خوارزمية الطاقة الحركية للغازات |
| Lagrange function | تابع لاغرنج |
| Lagrange multipliers | ضوارب لاغرنج |
| Load flow | جريان الحمولة |
| Multi Objective function | تابع هدف متعدد |
| Optimal load | الحمل الأمثل |
| Particle swarm optimization | خوارزمية الأسراب |
| Penalty Function method | طريقة تابع الجزاء |
| Regular point | النقطة العادية |
| Sequential Quadratic Programming | البرمجة التربيعية التتابعية |
| Steam generation plant | محطة توليد بخارية |
| Supervisory control and data acquisition System | نظام التحكم والمراقبة |
| The Economic Load Dispatch | التوزيع الاقتصادي للحمل |
| Traditional Method | الطرق التقليدية |

1- المقدمة:

تعد مسألة التوزيع الاقتصادي للحمل على مجموعات التوليد من المسائل الهامة في إدارة المنظومة الكهربائية وذلك لأنها تحقق أفضل عائد مادي مع المحافظة على الوثوقية، حيث تبحث في تقليل تكلفة تشغيل محطات التوليد مع احترام كافة القيود التشغيلية التي تتمثل في: تساوي الحمل ونتاج الطاقة الكهربائية، الحد الأدنى والأعلى لتشغيل مجموعة التوليد، جريانات الحمولة، الضياعات الحرارية (مفعول جول)، الصيانات الدورية بالإضافة للمحافظة على استمرارية و وثوقية التغذية الكهربائية.

تمثل طرح مسألة التوزيع الاقتصادي بالإجابة على السؤال التالي: ما هو التوزيع الأمثل للحمل على محطات التوليد البخارية بما يحقق أقل تكلفة مادية؟

حيث تم صياغة مسألة أمثلة تعبر عن شروط التشغيل الفنية والاقتصادية المرتبطة بهذا السؤال وحلها من خلال استخدام الطرق التقليدية مثل:

- Penalty Function method طريقة تابع الجزاء،
- طريقة البرمجة التربيعية التتابعية Sequential Quadratic Programming (SQP) التي تعتمد بشكل أساسي على طريقة نيوتن [6]، [7].

بشكل عام وبما أن منظومة توليد الطاقة الكهربائية ذات متحولات متعددة الطبيعة (كهربائية - اقتصادية)، فإن وضع نموذج رياضي لمسألة التوزيع يتطلب تشكيل تابع متعدد الأهداف (Multi Objective function). كما أن المحددات التي تضبط حلول مسألة الأمثلة هي ذات متحولات أيضاً متعددة الطبيعة، ومن أجل مساعدة مشغل الشبكة الكهربائية في اتخاذ القرار بشكل سريع ودقة مقبولة، يمكن اختصار صياغة مسألة الأمثلة. لكن يجب تحسين هذه الصياغة بشكل مستمر حسب النتائج العملية أو تطبيق هذه النتائج بشكل أولي على نموذج حاسوبي للشبكة الكهربائية وإجراء جريان الحمولة وفقاً للتوزيع الأمثل الناتج قبل اعتماده.

تعتمد الطرق التقليدية السابقة في إيجاد القيمة الصغرى الشاملة على تحذب تابع الكلفة، فعندما يكون تابع الكلفة محدباً فإن أية قيمة صغرى هي قيمة صغرى شاملة، لكن كوننا نهتم بالناحية الاقتصادية (توفير في الوقود) يتوجب علينا إدراج صمامات

حقن الوقود، في تابع الكلفة، عندها يصبح تابع الكلفة غير محذب والطرق التقليدية ممكن أن تعطينا نهاية محلية صغرى ليست شاملة، لذلك تعد هذه الطرق غير مناسبة لهذه الحالة، بالتالي يتم اللجوء لتقنيات الذكاء الصناعي مثل الخوارزمية الجينية [15],[2],[7].

إن البحث عن التوزيع الاقتصادي للحمل يعطينا التكلفة الدنيا عند نقطة تشغيل محددة (قيمة واحدة للطلب)، ومن خلال دراستنا لمجال تحول الطلب تبين ان هذه القيمة متغيرة، لذلك للبحث عن القيمة الدنيا لهذه التكلفة، يجب إعادة صياغة المسألة من جديد وبناء النموذج الرياضي الخاص به.

2- الهدف من البحث:

إعادة صياغة مسألة الأمثلة للتوزيع الاقتصادي للحمل على مجموعات التوليد البخارية، لحساب الحمل الأمثل لتشغيل مجموعات التوليد البخارية الذي يحقق أفضل عائد مادي مع الحفاظ على شروط التشغيل الفنية وتوزيعه عليها، ثم تطبيق هذا الحل على مجموعات التوليد البخارية في الجمهورية العربية السورية. وذلك من خلال :

- نمذجة معاملات الاستهلاك الوقود لمجموعات التوليد البخارية بالاعتماد على دراسة انتاج القدرة الكهربائية واستهلاك الوقود ومقارنتها بالدراسات المرجعية
- بناء نموذج رياضي للصياغة المقترحة بالبحث لمسألة التوزيع الاقتصادي واقتراح خوارزمية لحل هذا النموذج.
- تطبيق مسألة التوزيع الاقتصادي الصياغة القديمة والجديدة (المقترحة بالبحث) على مجموعات التوليد البخارية في الجمهورية العربية السورية.
- بناء برنامج حاسوبي يعطينا حل لمسألة التوزيع الاقتصادي الصياغة القديمة والجديدة ليكون إطار مرجعي لتشغيل مجموعات التوليد البخارية .
- التأكد من النتائج من خلال نمذجة الشبكة الكهربائية بأحد برامج جريانات الحمولة.

الفصل الأول

مفاهيم أساسية:

سنستعرض في هذا الفصل مكونات نظام توليد ونقل القدرة الكهربائية بالإضافة لبعض المفاهيم الأساسية بالأمثلة وبعض الدراسات المرجعية.

1- مكونات نظام توليد ونقل القدرة الكهربائية:

1-1- مقدمة:

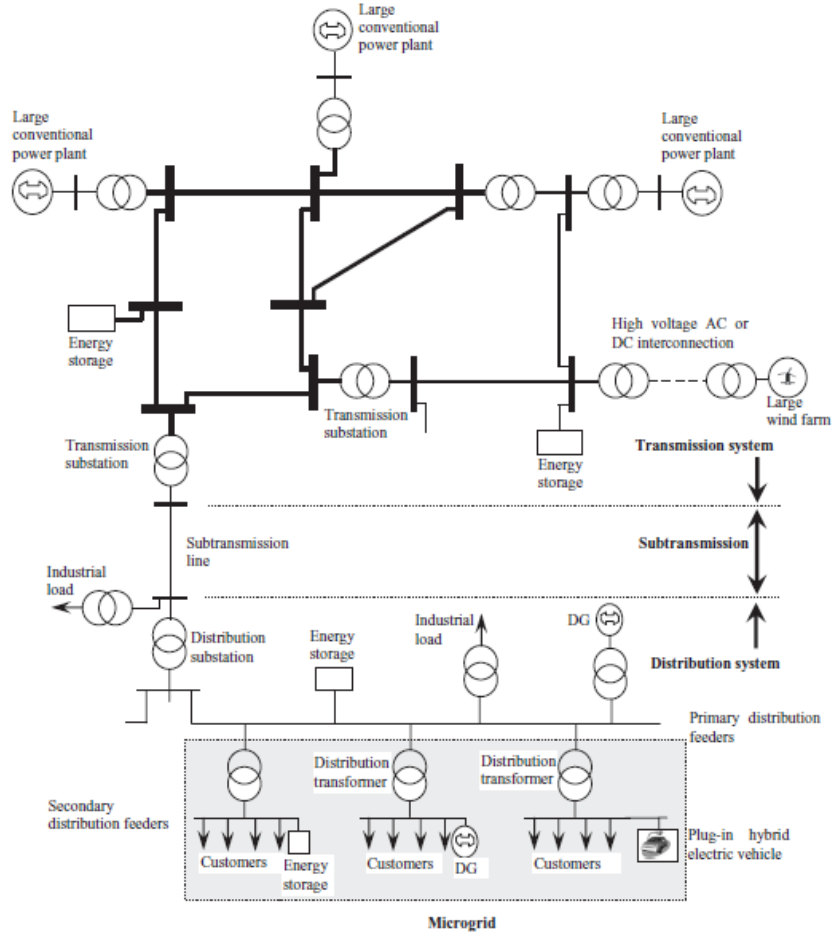
بدأ الاستخدام التجاري للكهرباء في أواخر سبعينيات القرن السابع عشر عندما اخترع توماس أديسون المصباح الكهربائي المتوهج، حيث بدء تشغيل أول نظام كهربائي في نيويورك وكان يقتصر على مولد تيار كهربائي مستمر (DC). مع تطور المحولات والأنظمة متعددة الأطوار ونقل التيار المتناوب (AC)، وجد أن نقل التيار المتناوب كان أفضل بكثير من نقل التيار المستمر، ذلك كون عملية نقل التيار المستمر غير مجدية بسبب الضياعات الكبيرة للطاقة. مع التطور المستمر في هذا المجال تم الوصول للنظام الكهربائي الحالي الموضح بالشكل (1) والذي يتألف من:

1- مجموعات توليد القدرة الكهربائية.

2- خطوط نقل القدرة الكهربائية.

3- محطات التحويل.

4- مركز التحكم والمراقبة.



الشكل (1) مكونات النظام الكهربائي

2- مجموعات توليد القدرة الكهربائية:

يتم توليد القدرة الكهربائية في العالم بطريقتين:

2-1- الطريقة التقليدية بإنتاج القدرة الكهربائية:

تعتمد على إنتاج القدرة الكهربائية بالاعتماد على الموارد الطاقية غير المتجددة ومنها:

2-1-1- إنتاج القدرة الكهربائية عن طريق الفيول (المحطات الحرارية البخارية):

يتم في هذه المحطات حرق الوقود الأحفوري لتسخين الماء إلى درجة حرارة بين 450-600 درجة مئوية لتوليد طاقة ميكانيكية تتحول بدورها إلى طاقة كهربائية

بواسطة منوبات تيار متناوب متزامنة، يبين الجدول (1) مجموعات التوليد عن طريق الفيول في سورية.

الجدول (1) مجموعات التوليد عن طريق الفيول في الجمهورية العربية السورية¹.

| الرقم | شركة التوليد | عدد المجموعات | الاستطاعة الاسمية MWH | وضع المحطة |
|-------|--------------|---------------|--------------------------|-------------|
| 1 | الزارة | 3 | 660 | بالخدمة |
| 2 | محددة 1 | 2 | 300 | بالخدمة |
| 3 | محددة 2 | 2 | 330 | بالخدمة |
| 4 | بانياس 1 | 2 | 300 | بالخدمة |
| 5 | بانياس 2 | 2 | 340 | بالخدمة |
| 6 | تشرين | 2 | 400 | بالخدمة |
| 7 | حلب | 5 | 1065 | خارج الخدمة |

2-1-2- إنتاج القدرة الكهربية عن طريق الغاز:

تستخدم الطاقة الدورانية المنتجة من توربينات الغاز التي بدورها تنتقل إلى منوبات لتوليد القدرة الكهربية كما أن الطاقة الإضافية المتاحة من حرارة النفايات الواردة في الغاز يتم تمريرها من خلال مولدات بخارية لإنتاج قدرة كهربية إضافية (مجانية) وتقدر ما بين 35%-54% من الطاقة الأساسية ويطلق على هذه

¹ -وضع محطات توليد القدرة الكهربية في الجمهورية العربية السورية حتى نهاية عام 2017.

المجموعات تسمية الدارات المركبة، أما في مجموعات الدارات البسيطة فلا تتم الاستفادة من مخلفات الاحتراق.

• الدارات الغازية البسيطة في الجمهورية العربية السورية:

تتمتع محطات توليد القدرة الكهربائية عن طريق الغاز-دارات بسيطة بمرونة تشغيلية كبيرة، لذلك تستخدم للمناورة مع الحمل (موائمة الحمل مع الإنتاج) بعكس الدارات المركبة التي تكون حمولتها ثابتة نسبياً. يبين الجدول (2) مجموعات التوليد عن طريق الغاز-دارات بسيطة في الجمهورية العربية السورية.

الجدول (2) مجموعات التوليد عن طريق الغاز دارات بسيطة في الجمهورية العربية السورية.

| الرقم | شركة التوليد | عدد المجموعات | الاستطاعة الاسمية MWH | وضع المحطة |
|-------|--------------|---------------|--------------------------|-------------|
| 1 | بانياس | 2 | 256 | بالخدمة |
| 2 | تشرين | 2 | 256 | بالخدمة |
| 3 | السويدية1 | 5 | 100 | بالخدمة |
| 4 | السويدية2 | 5 | 75 | بالخدمة |
| 5 | التييم | 3 | 105 | خارج الخدمة |

• الدارات المركبة:

في هذا التصميم يتم الاستفادة من مخلفات احتراق الغاز بإدخاله إلى مجموعة بخارية ترفع درجة حرارة البخار ما بين 420-580 درجة مئوية، وهذا بدوره يعطي قدرة كهربائية إضافية تتراوح ما بين 35- 54 %.

يبين الجدول (3) مجموعات توليد القدرة الكهربائية عن طريق الغاز دارات مركبة في الجمهورية العربية السورية.

الجدول (3) مجموعات توليد القدرة الكهربائية عن طريق الغاز دارات مركبة في الجمهورية العربية السورية.

| الرقم | شركة التوليد | عدد المجموعات | الاستطاعة الاسمية MWH | وضع المحطة |
|-------|--------------|---------------|--------------------------|-------------|
| 1 | جندر 1 | 6 | 684 | بالخدمة |
| 2 | جندر 2 | 3 | 450 | بالخدمة |
| 3 | الناصرية | 4 | 549 | بالخدمة |
| 4 | تشرين | 3 | 406 | بالخدمة |
| 5 | دير علي 1 | 3 | 750 | بالخدمة |
| 6 | دير علي 2 | 3 | 750 | بالخدمة |
| 7 | زيزون | 4 | 549 | خارج الخدمة |

2-1-3- إنتاج القدرة الكهربائية عن طريق السدود:

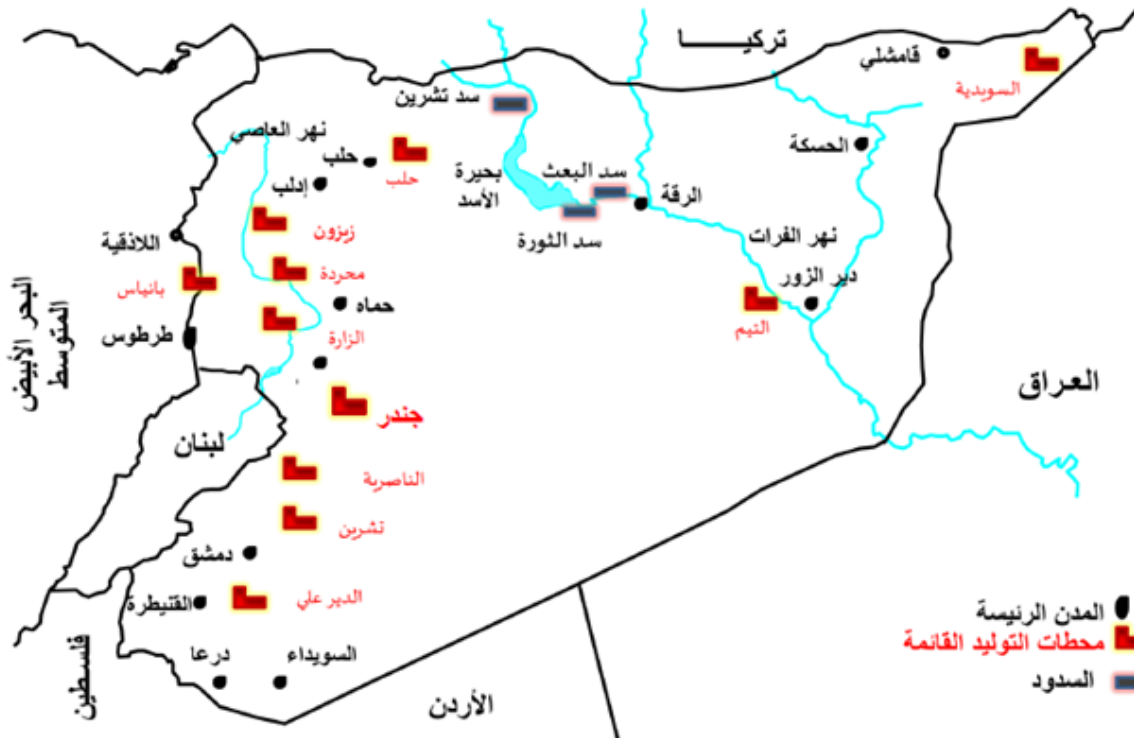
يتم توليد القدرة الكهربائية عن طريق السدود بالاعتماد على تحويل الطاقة الكامنة للماء إلى طاقة حركية ومن ثم تحويل الطاقة الحركية للماء إلى طاقة كهربائية. يبين جدول (4) مجموعات توليد القدرة الكهربائية عن طريق السدود في الجمهورية العربية السورية.

الجدول (4) مجموعات توليد عن طريق السدود في الجمهورية العربية السورية.

| الرقم | شركة التوليد | عدد المجموعات | الاستطاعة الاسمية MWH | وضع المحطة |
|-------|--------------|---------------|--------------------------|-------------|
| 1 | سد الثورة | 8 | 800 | خارج الخدمة |
| 2 | سد تشرين | 6 | 600 | خارج الخدمة |
| 3 | سد البعث | 3 | 90 | خارج الخدمة |

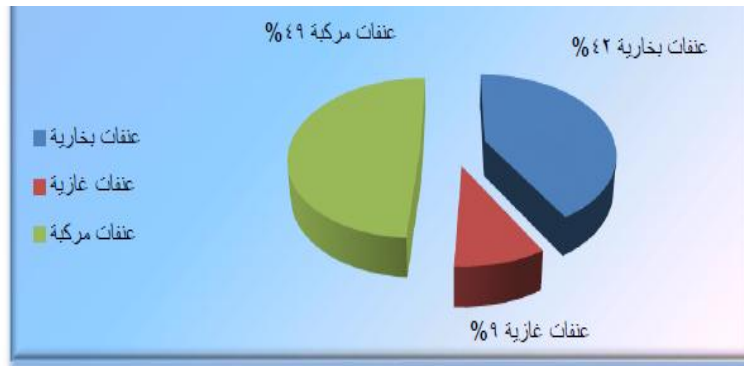
2-2- الطرق غير التقليدية لإنتاج القدرة الكهربائية:

يعتمد إنتاج الكهرباء بالطرق غير التقليدية على الموارد المتجددة، وأهمها الطاقة الشمسية وطاقة الرياح طاقة الأمواج وطاقة باطن الأرض والغاز الحيوي بالإضافة إلى طاقة الهيدروجين، يتم حالياً في سورية وضع مشاريع لإنتاج الطاقة الكهربائية بالاعتماد على الطاقات المتجددة (التوليد الموزع). يبين الشكل (2) التوزيع الجغرافي لمجموعات التوليد في الجمهورية العربية السورية عام 2017.



الشكل (2) محطات توليد القدرة الكهربائية الرئيسية في الجمهورية العربية السورية لعام 2017.

ويتوزع توليد القدرة الكهربائية في الجمهورية العربية السورية بالشكل التالي :
 42% بخاري، 49% دارات مركبة، 9% دارات بسيطة. وهذا ما هو موضح في الشكل(3).



الشكل (3) التوزيع القطاعي للاستطاعة الأسمية حسب نوع العنفات لعام 2017.

3- خطوط نقل القدرة الكهربائية :

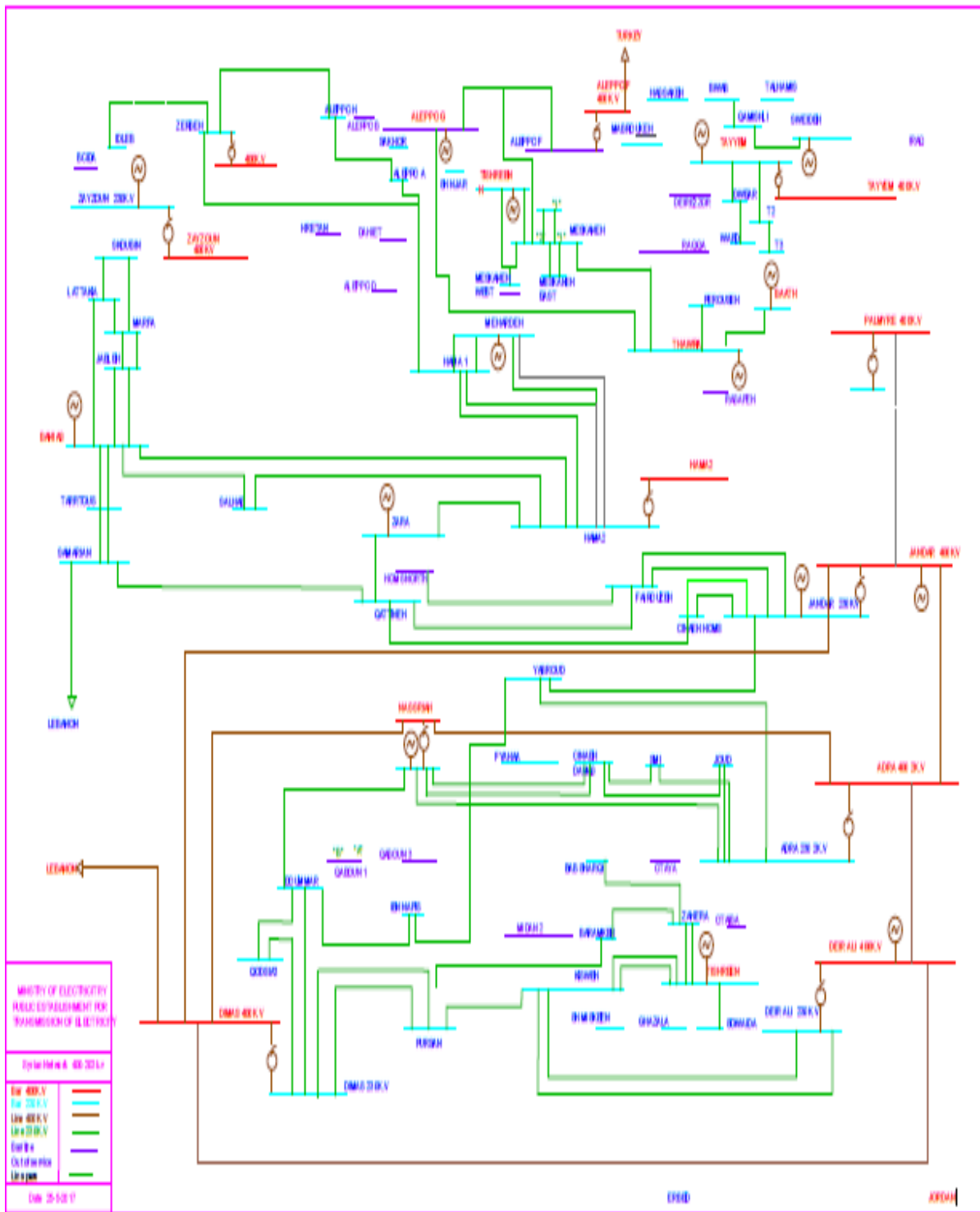
يتم نقل الكهرباء بوساطة نواقل ذات عدد دارات وأقطار مختلفة حسب سعة النقل وتقسم توترات النقل إلى ثلاثة مستويات.

3-1- التوترات العالية:

وهي التوترات أكبر من 35kv، في الجمهورية العربية السورية يتم استعمال ثلاثة توترات عالية وهي (400-230-66)kv.

- **شبكة (400-230)kv:** تتميز هذه الشبكة بأنها شبكة حلقيه ومعظم مجموعات التوليد يتم ربطها مباشرة بهذين التوترين (كل مجموعة توليد استطاعتها أكبر من 15 MWH يتم ربطها على هذه الشبكة)، تختلف الحمولة الأسمية لخطوط النقل فيما إذا كانت كابلات أرضية أو خطوط هوائية. في العادة يتم تحميل الكبل الأرضي كحد أعلى 650 أمبير أي ما يعادل استطاعة في شبكة 230 كيلو فولط / 230 / ميغاواط. يمكن تحميل الخطوط الهوائية 1000 أمبير أي ما يعادل في شبكة 230 / 360 / ميغاواط وفي شبكة 400 كيلو فولط استطاعة تعادل / 550 / ميغاواط.

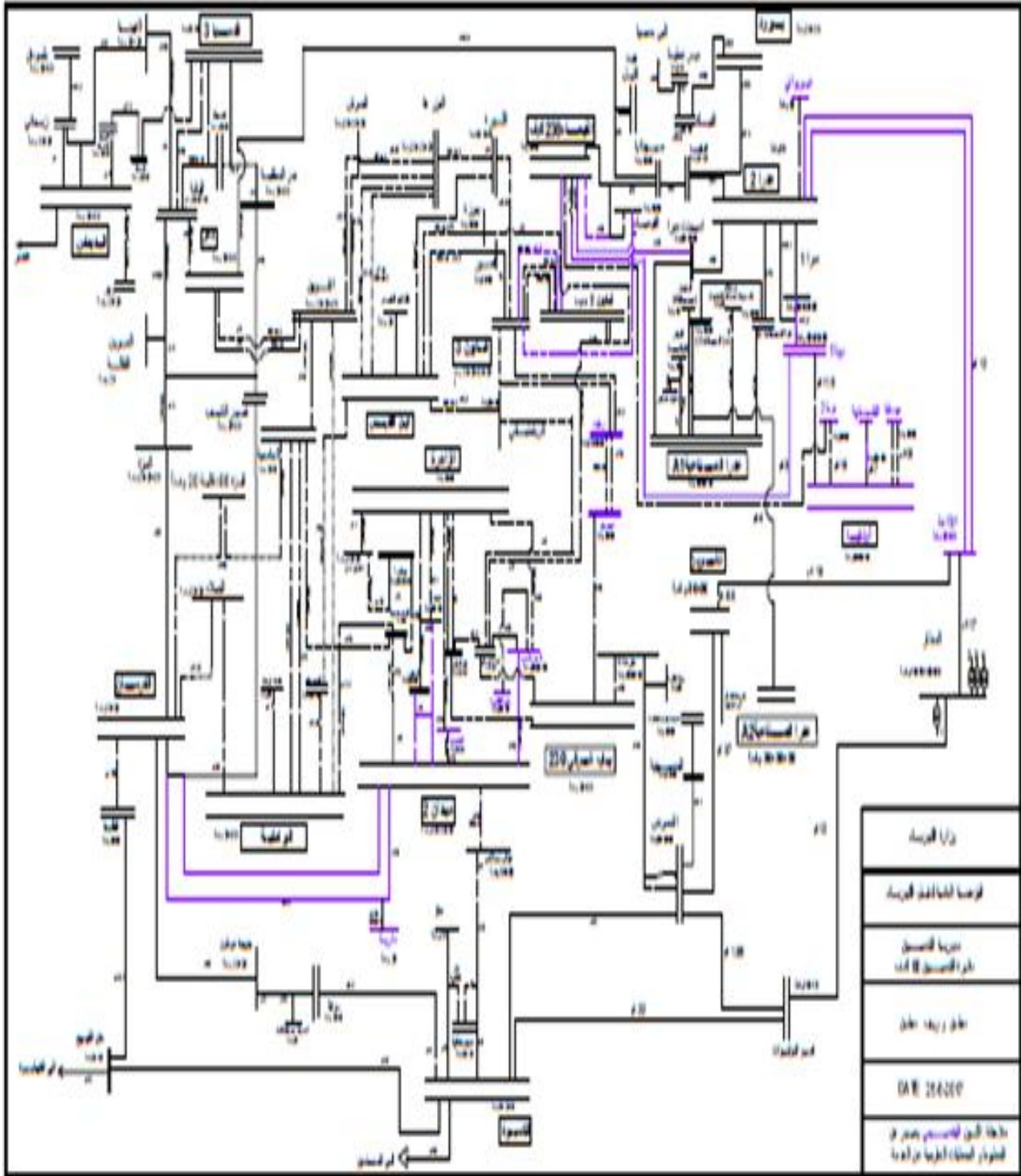
يبين الشكل (4) مخطط الشبكة السورية لنقل الكهرباء شبكة (230 و 400 kv)



الشكل (4) مخطط الشبكة الكهربائية السورية المستوى الأول لنقل الكهرباء (230-400 kV).

- شبكة kv66: عادةً هذه الشبكة شعاعية و تختلف الحمولة الأسمية للخطوط حسب مقطع خط النقل، وفي الجمهورية العربية السورية يتم استخدام مقطعين لخطوط نقل kv 66 وهما (350-630) مم2. حيث يتم تحميل خط 350 مم2 بحمل أعظمي 50 MWH، أما خط 630 مم2 فيتم تحميله بحمولة 94 MWH.

يبين الشكل (5) مخطط شبكة kv66 لمدينة دمشق وريفها.



الشكل (5) مخطط المستوى الثاني لشبكة نقل القدرة الكهربائية في الجمهورية العربية السورية لمدينة دمشق وريفها.

تقوم المؤسسة العامة لنقل الكهرباء بتشغيلهما ومراقبة أحمال خطي النقل السابقين.

2-3- التوتر المتوسط (شبكة التوزيع للطاقة الكهربائية):

بشكل عام هي التوترات أقل kv35 وأكبر من 1 kv، أما في الجمهورية العربية السورية فإن التوتر المتوسط هو kv20 .

3-3-التوتر المنخفض:

وهو توتر أقل من 1 kv وفي الجمهورية العربية السورية هو kv 0.4 وهو التوتر المنزلي. تقوم المؤسسة العامة لتوزيع الكهرباء بالإشراف على هذه الخطوط.

4- محطات التحويل:

يتم التحويل بين مستويات التوتر لنقل القدرة الكهربائية عن طريق محطات التحويل ومراكز التحويل. تقوم محطات التحويل بخفض مستوى النقل من خلال المحولات الموجودة فيها وهي:

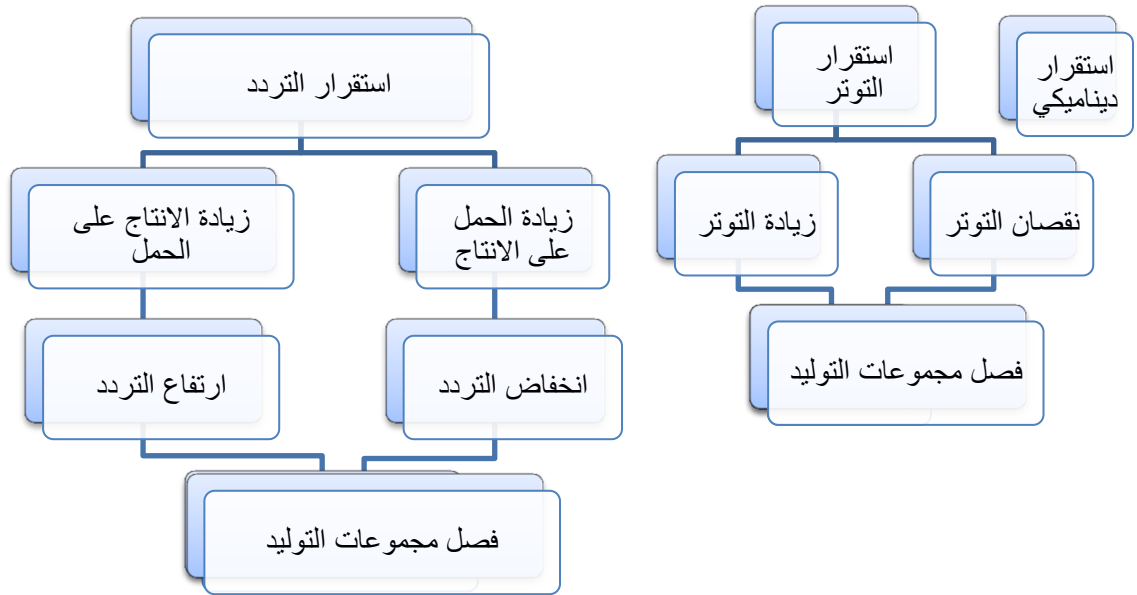
- محولات kv 230/400
- محولات kv 66 /230
- محولات kv 20/66
- محولات kv 20/230 (يوجد منها محولة واحدة في محطة تحويل الناصرية)

أما مراكز التحويل فيتم بواسطتها التحويل بين التوتر المتوسط والمنخفض.

5- مركز التحكم بالشبكة الكهربائية في الجمهورية العربية السورية:

يتم التحكم بالشبكة الكهربائية من خلال مراكز التحكم الرئيسية والتي تتحكم بالتوترات العالية لنقل القدرة الكهربائية ومراكز تحكم فرعية للتوترات الأخرى من خلال نظام SCADA System (Supervisory control and data acquisition) والذي يؤمن المراقبة والتحكم بالشبكة الكهربائية. تم العمل على نظام التحكم والمراقبة بشكل متسارع من خلال تطوير برمجيات الزمن الحقيقي بعد الانقطاع العام (black out) الذي حدث بالولايات المتحدة الأمريكية عام 1965. يتم التحكم بالشبكة الكهربائية في الجمهورية العربية السورية من خلال مركز التحكم والمراقبة التابع للمؤسسة العامة لنقل الكهرباء، حيث تُنقل المعلومات عن طريق شبكة الانترنت أما التحكم فيتم بالاتصال الهاتفي بمحطات التوليد أو التحويل، وهنا تظهر الحاجة لوجود بعض البرامج المساعدة في اتخاذ قرارات تشغيل محطات التوليد وبرامج لدراسة الأحمال وجريان الحمولات المثلى.

دراسة استقرار الشبكة الكهربائية:



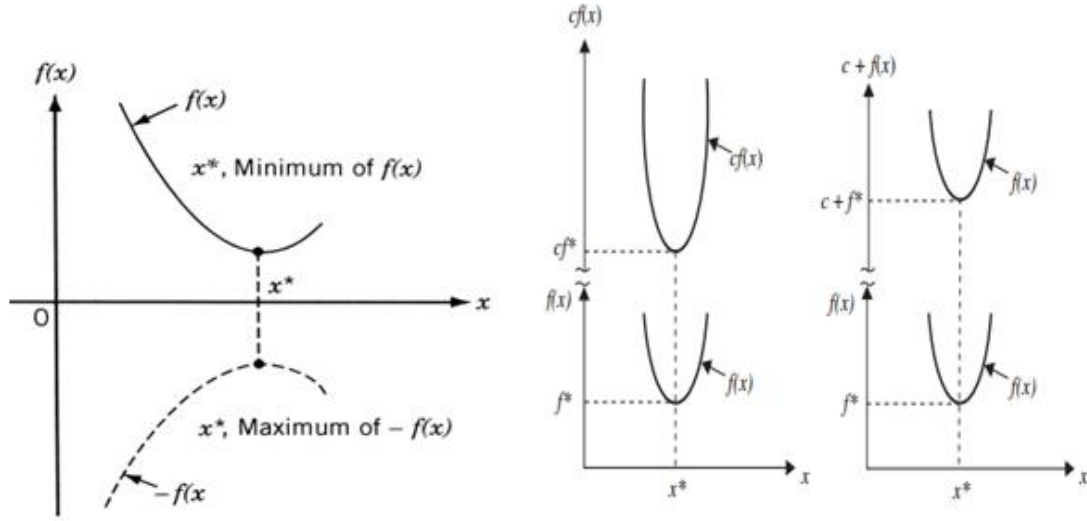
6- أمثلة توزيع الأحمال الكهربائية:

مع تطور المنظومات الكهربائية وتعدد أجزائها ظهرت الحاجة للبحث عن الحلول المثلى للاستفادة منها في تقليل التكلفة وزيادة المردود. في هذا البحث سنسعى للوصول للتشغيل الأمثل لمحطات توليد القدرة الكهربائية.

6-1- مقدمة في الأمثلة:

تعرف الأمثلة بأنها الحصول على أفضل نتيجة ممكنة (ضمن الظروف والشروط المحيطة)، ترافق الأمثلة تنفيذ وتشغيل المشروع في جميع مراحلها من مرحلة التصميم ثم البناء إلى التشغيل والصيانة وإدارة العمليات، بحيث يكون الهدف النهائي لجميع المراحل هو إما تقليل التكلفة أو تعظيم الفائدة. كما يمكن النظر للأمثلة من زاوية أخرى وهي خلق الظروف المناسبة للوصول إلى القيمة الصغرى أو العظمى للتابع المدروس [9]. إن أول خطوة في عملية الأمثلة هي نمذجة المسألة المطروحة من خلال تابع يسمى تابع الكلفة $cost\ function$ ، وهذا التابع يتبع لعدة متحولات تسمى متحولات القرار (decision variables).

إن البحث عن القيمة العظمى لتابع الهدف $f(x)$ رياضياً يكافئ البحث عن القيمة الصغرى للتابع $-f(x)$ ، وأيضا البحث عن القيمة الصغرى للتابع $f(x)+c$ حيث c ثابت يكافئ البحث عن القيمة الصغرى للتابع $f(x)$ ، والبحث عن القيمة الصغرى التابع $c.f(x)$ حيث c ثابت موجب يكافئ البحث عن القيمة الصغرى للتابع $f(x)$ كما يوضح الشكل (6)



الشكل (6) تكافؤ البحث عن القيمة الصغرى للتابع $f(x)$ مع البحث عن القيمة الصغرى للتوابع $c.f(x)$ و $f(x)+c$ والبحث عن القيمة العظمى للتابع $f(x)$.

2-6- تعريف أساسية:

سنستعرض في الفقرات الآتية مجموعة من المفاهيم الأساسية في صياغة مسائل الأمثلة.

تعريف 1: المصفوفة الموجبة:

نقول عن المصفوفة $A > 0$ أنها مصفوفة موجبة إذا وفقط إذا: $u \neq 0$ غير صفري يحقق العلاقة:

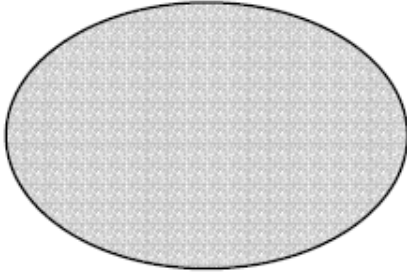
$$u^t Au > 0 \dots (1)$$

تعريف 2: المجموعة المحدبة:

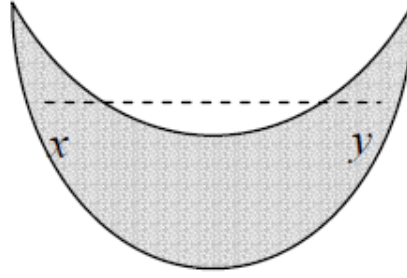
نقول عن المجموعة K أنها مجموعة محدبة إذا تحقق:

$$\forall x_1, x_2 \in K, \forall 0 \leq \lambda \leq 1: (\lambda x_1 + (1 - \lambda)x_2) \in K$$

أي الخط الواصل بين أي نقطتين منها محتويٌ فيها.



CONVEX



NOT CONVEX

تعريف 3: التابع المحدب:

نقول عن التابع $f: \Omega \rightarrow \mathbb{R}, \Omega \subset \mathbb{R}^n$ أنه محدب إذا وفقط إذا:

$$\forall x, y \in \Omega \quad \forall \alpha \in [0,1]:$$

$$f(\alpha x + (1 - \alpha)y) \leq \alpha f(x) + (1 - \alpha)f(y) \dots (2)$$

تعريف 4: الشكل التربيعي للتابع: التابع $f(x)$ تابع تربيعي إذا أمكن كتابته بالشكل:

$$f(x) = \frac{1}{2} X^T Q X - b^T X, \quad Q = Q^T > 0 \dots (3)$$

إن التابع التربيعي هو تابع محدب، إن أي قيمة محلية صغيرة للتابع المحدب هي قيمة محلية شاملة.

تعريف 5: خطوط تساوي التابع: هي مجموعة النقاط التي تتساوى قيمة التابع عندها.

$$S(c) = \{x \mid f(x) = c\}$$

إن إيجاد الحل الأمثل لمسألة الأمثلة، يتطلب تحديد المجال المجدي والمسموح لنقاط الحل، وهذا الأمر قد يتم إما عبر وضع قيود صريحة مستقلة أو بوضع شروط جزائية في صياغة تابع الهدف ذاته.

تعريف 6: النقطة العادية: نقول عن النقطة x^* تحقق $h(x^*) = m$ أنها نقطة عادية إذا كان $rank J(x^*) = m$ حيث J هي المصفوفة اليعقوبية ذات البعد $m \times n$.

3-6- الشكل العام لمسألة الأمثلة:

يعطى الشكل العام لمسألة الأمثلة كما يلي:

$$\text{minimiz } f(x)$$

$$\text{over: } x \in R^n$$

$$\text{subject to } h(x) = 0$$

$$g(x) \leq 0$$

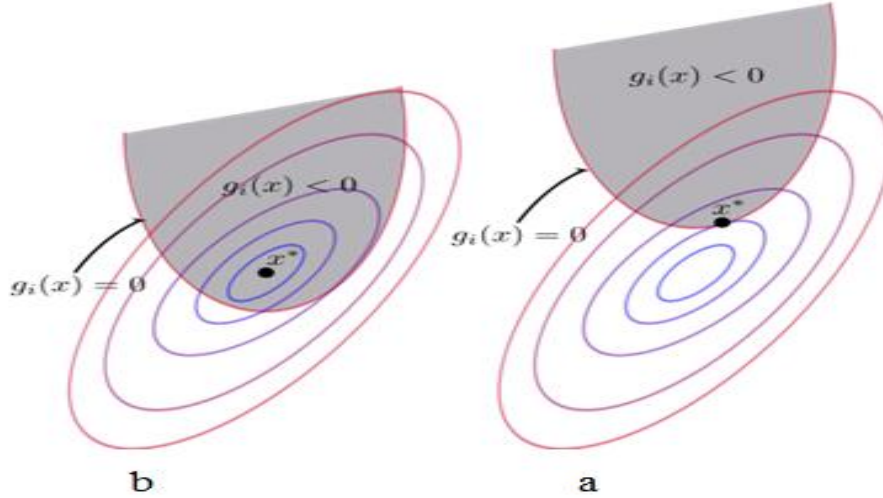
حيث أن:

$$f: R^n \rightarrow R \text{ تابع الكلفة}$$

$$h: R^n \rightarrow R^m \text{ قيد مساواة}$$

$$g: R^n \rightarrow R^p \text{ قيد متراجحة}$$

تأخذ قيود أي مسألة أمثلة شكلين مساواة و متراجحة. كما تصنف قيود مسألة الأمثلة إلى قيود فعالة وقيود غير فعالة، يكون القيد غير فعال عندما تقع القيمة الصغرى للتابع ضمن المجال الذي تحدده القيود، بالتالي يكون حل مسألة الأمثلة مع قيود هو نفس الحل بدون قيود، أي أن القيود لا تؤثر على المسألة. بينما يكون القيد فعالاً عندما تقع القيمة الصغرى للتابع خارج المجال الذي تحدده القيود، يبين الشكل (7) تقاطع خطوط تساوي التابع مع القيود الفعالة الشكل (a) وغير فعالة الشكل (b).



الشكل (7) تقاطع خطوط تساوى التابع مع القيود الفعالة (a) وغير الفعالة (b).

4-6- الطرق التقليدية في حل مسائل الأمثلة:

لحل مسائل الأمثلة (إيجاد القيمة الصغرى لتابع الكلفة ضمن القيود) نلجأ إلى عدة طرق مثل:

• طريقة نيوتن:

هي إحدى طرق التحليل العددي، تعتمد هذه الطريقة على إيجاد المشتق الأول والثاني (غراديان- هسيان) لتابع الهدف والاستفادة من منشور تايلور للبحث عن القيم الصغرى لتابع الهدف انطلاقاً من نقطة ابتدائية x_0 واستخدام التقريب التالي:

$$x_{k+1} = x_k - \frac{f(x_k)}{\nabla f(x_k)} \dots (4)$$

• طريقة البرمجة التربيعية المتتالية SQP:

تم طرح خوارزمية SQP لأول مرة في أطروحة الدكتوراة للدكتور ويلسون من جامعة هارفورد عام 1963 حيث اقترح طريقة لحل مسائل الأمثلة مع قيود وأطلق

عليها اسم خوارزمية نيوتن - SQP. تعتبر هذه الطريقة من أفضل طرق حل مسائل الأمثلة مع قيود من الدرجة الثانية لأنها تعتمد على أساس نظري عميق يعطي الخوارزمية أدوات قوية لحل مثل هذا النوع من المسائل.

حيث نعرف التابع $F = \begin{bmatrix} \nabla l(p, \lambda) \\ h(p) \end{bmatrix}$ وشعاع المتحولات $Y = \begin{bmatrix} P \\ \lambda \end{bmatrix}$ عندها تصبح

المسألة على الشكل التالي:

$$F(Y^*) = 0 \dots (5)$$

حيث يمثل Y^* الحل الأمثل.

يمكن البحث عن الحل الأمثل باستخدام طريقة نيوتن -البحث عن القيمة الصغرى بعكس اتجاه التدرج لمتحول الحالة انطلاقاً من القيمة الابتدائية-

$$Y_{k+1} = Y_k - (\nabla^T F)_k^{-1} F(Y_k) \dots (6)$$

وبالتالي يمكن النظر للمسألة كتقريب تربيعي لتابع الكلفة f وتقريب خطي لتابع القيود

h عند النقطة p_k :

$$\min \nabla^T f(p_k) \Delta p + \frac{1}{2} \Delta p^T [L] \Delta p + \nabla^T h(p_k) \Delta p + h(p_k) \dots (7)$$

شرط Karush-Kuhn-Tucker(KKT) :

الشرط اللازم من الدرجة الأولى:

إذا كان X^* حل لمسألة الأمثلة فإنه:

$$\exists \lambda^*, \mu^*$$

بحيث تحقق:

$$1) \mu^* \geq 0 \dots (8)$$

$$2) \nabla f(x^*) + \nabla^T h(x^*)\lambda^* + \nabla^T g(x^*)\mu^* = 0 \dots (9)$$

$$3) \mu^{*T} g(x^*) = 0 \dots (10)$$

إذا كان القيد غير فعال $g_i < 0 \Leftrightarrow \mu^* = 0$

الشرط اللازم من الدرجة الثانية:

$$\exists \lambda^*, \mu^*$$

بحيث تحقق:

$$1) \mu^* \geq 0 \dots (11)$$

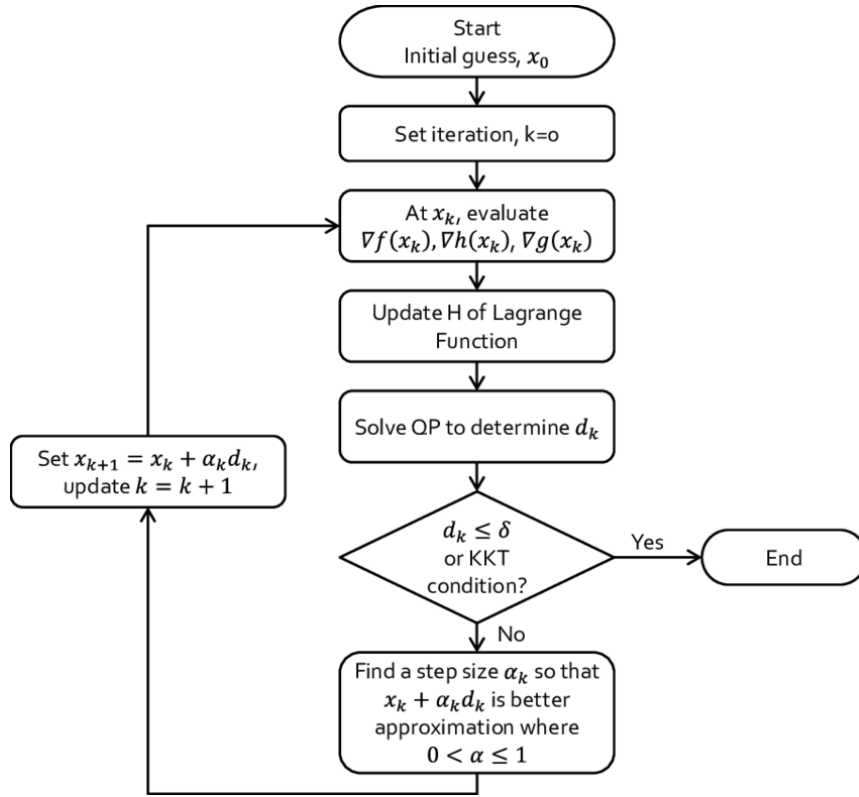
$$2) \nabla f(x^*) + \nabla^T h(x^*)\lambda^* + \nabla^T g(x^*)\mu^* = 0 \dots (12)$$

$$3) \mu^{*T} g(x^*) = 0 \dots (13)$$

$$y^T L(x^*, \lambda^*, \mu^*) \geq 0 \quad \forall y \neq 0 \mid \begin{cases} y^T \nabla h(x^*) = 0 \\ y^T \nabla c_j(x^*) = 0 \quad j \in I(x^*) \end{cases}$$

يجدر الإشارة إلى أن شرطي KTT من الدرجة الأولى والثانية ضروريان ولكنهما غير كافيان بالضرورة، تصبح هذه الشروط لازمة وكافية إذا كانت النقطة x^* نقطة عادية و $h(x)$ و $g(x)$ خطيان.

يعطى المخطط التدفقي لخوارزمية SQP بالشكل (8):



الشكل (8) المخطط التدفقي لخوارزمية البرمجة التربيعية التتابعية SQP.

5-6- الطرق المبنية على تقنيات الذكاء الصناعي:

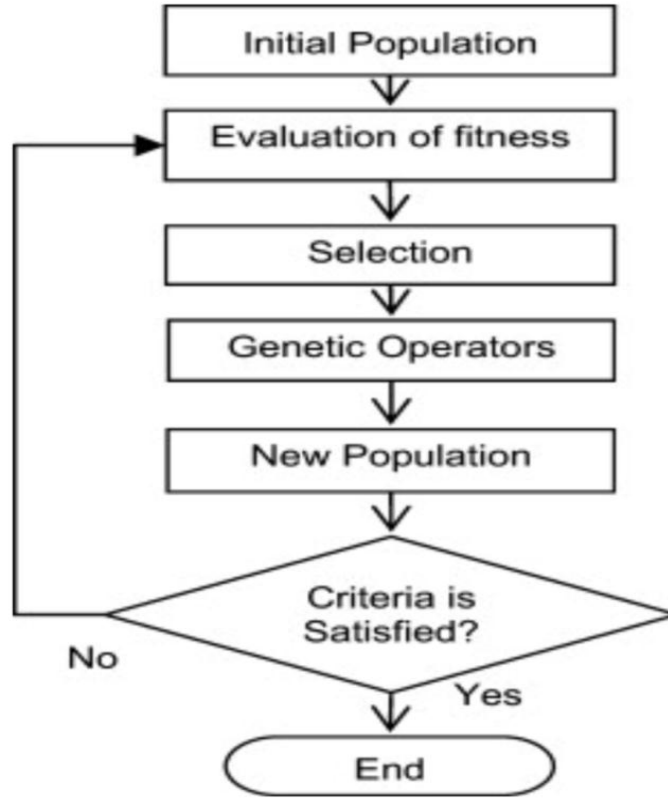
إن الطرق التقليدية لا تستطيع التمييز بين نهاية محلية ونهاية شاملة ما لم يتم زيادة المحددات، بالتالي تعقيد المسألة وزيادة زمن إيجاد الحل الأمثل. لذلك نلجأ لتقنيات

الذكاء الصناعي من أجل البحث عن النهاية الصغرى الشاملة ولتقنيات الذكاء الصناعي خوارزميات عديدة منها:

• الخوارزميات الجينية:

هي أحد تقنيات الذكاء الصناعي والتي تحاكي النظرية الدارونية في البيولوجيا تم طرحها رسميا بالولايات المتحدة الأمريكية عام 1970 في جامعة متشيغان من قبل الدكتور جون هولاند، تعتمد الخوارزميات الجينية على ثلاث مكونات أساسية وهي التمثيل الرياضي للخوارزمية، تابع اللياقة، العمليات الجينية.

للتمثيل الرياضي للخوارزمية الجينية أهمية في الوصول السريع للحل الأمثل وهناك عدة أساليب لهذا التمثيل منها: الترميز الثنائي و التباديل والشجرة. أما تابع اللياقة فهو الرابط الأساسي بين المسألة المراد حلها والخوارزمية الجينية، يأخذ هذا التابع كل جين على حدا ويقيم أدائه بإعطائه قيمة معينة، كلما كانت هذه القيمة أكبر كان الجين أكثر كفاءة، وبالتالي الجينات الأكثر كفاءة لها الحظوظ الأوفر بالانتقال للجيل الثاني، العمليات الجينية وهي الانتقاء والعبور والطفرة والنخبوية وهذه العمليات تتم على الجينات لتشكيل الجيل الثاني. يعطى المخطط التدفقي للخوارزمية الجينية بالشكل (9).



الشكل (9) المخطط التدفقي للخوارزمية الجينية.

كما من الممكن استثمار الشبكات العصبونية لحل مثل هذه المسائل، وتطوير خوارزميات ذكية أخرى مثل خوارزمية الأسراب وخوارزمية الأسراب المحسنة التي تعتمد بشكل أساسي على نمط طيران الطيور أو خوارزميات تحاكي تصرف جزيئات الغازات داخل حُجر مغلقة.

7- بعض الدراسات المرجعية :

قدمت العديد من الأبحاث لدراسة مسألة التوزيع الاقتصادي للحمل على مجموعات توليد القدرة الكهربائية البخارية، وذلك نظراً للأهمية الاقتصادية للموضوع تباينت الدراسات المرجعية فيما بينها حول:

- اختيار تابع الكلفة. حيث تم طرح تابعي كلفة: تابع كلفة تقليدي وهو تابع تربيعي محذب يهمل التأثيرات اللاخطية [1]، [8]، [6]، وتابع كلفة مع أثر الصمام يأخذ التأثيرات اللاخطية الناتجة عن صمات حقن الوقود بعين الاعتبار [2]، [3].
- اختيار القيد الصفري. قدمت العديد من الأبحاث التي كانت تهمل القدرة الضائعة في الظهور بالقيد الصفري والعديد من الأبحاث التي أخذت القدرة الضائعة حيث سميت المسألة الأولى التوزيع الاقتصادي للحمل بدون ضياعات [1]، [5]، أما الثانية فسميت التوزيع الاقتصادي للحمل مع ضياعات [14].
- اختيار خوارزميات حل مسألة التوزيع الاقتصادي للحمل. حيث قدمت العديد من الأبحاث التي كانت تعتمد في حل المسألة على خوارزميات مستندة على طرق حل تقليدية مثل طريقة تابع الجزاء وطرق البرمجة التربيعية التتابعية وطريقة لامدا التكرارية [12]، [8]، [6]، [1]، ودراسات أخرى اعتمدت على تقنيات الذكاء الصناعي مثل الشبكات العصبونية [12]، [6] والخوارزميات الجينية [2]، [7]، [15]، وخوارزمية الأسرب [3] ، [10]، ومنها ما قدم تحسينات لتلك الخوارزميات أو طرح خوارزميات

حل جديدة كخوارزمية الغراب الباحث [11] وخوارزمية الطاقة الحركية للغازات . كما أن بعض الأبحاث كانت تقارن بين الطرق التقليدية في حل مسألة التوزيع الاقتصادي مع تقنيات الذكاء الصناعي [12]، [8]، [6]، كما أن هنالك بعض الأبحاث التي استخدمت طرق هجينة بين الطرق التقليدية وطرق الذكاء الصناعي.

نظراً لأهمية ربط بحثنا بما تم إجراؤه في الدراسات المرجعية، سنورد بعض الدراسات المرجعية المقدمة في هذا المجال:

طرح الباحث (Sheta ,2017) من جامعة تكساس حل مسألة التوزيع الاقتصادي بالاعتماد على خوارزمية الغراب الباحث وهي مستوحاة من سلوك الغراب مع توفير الفرائض الطعام في أماكن الاختباء واستعادتها عند الحاجة إلى الطعام. حيث لخصت هذه الخوارزمية بأربعة مبادئ وهي:

- قطع الغربان يعيشون معاً.
- يمكن الغربان حفظ الأماكن التي يخبئون بها طعام.
- الغربان تتبع بعضها البعض في سرقة الطعام.
- الغربان تحمي مخابئ الطعام المحتمل تعرضها للسرقة.

أما المعادلة الأساسية التي تعتمد عليها الخوارزمية فهي:

$$x_i^{g+1} = x_i^g + r_i \times fl_i^g \times (m_i^g - x_i^g); r_i \geq AP_i^g \dots (14)$$

حيث:

g : هو الجيل الذي ينتمي إليه الغراب

AP : هو احتمال الغراب A في الجيل g في العثور على الطعام

r : قيمة عشوائية بين 0 و 1

أما قيم fl فهي بحاجة لضبط دقيق عندما تكون القيمة أكبر من 1 فعندها يؤدي البحث إلى نهاية شاملة وعندما تكون أصغر من الواحد يؤدي البحث إلى نهاية محلية.

وعند مقارنة النتائج المتحصل عليها من هذه الخوارزمية مع الخوارزميات السابقة مثل خوارزمية الأسراب أبدت خوارزمية الغراب الباحث قدرة على التعامل مع اللاخطية في مسألة التوزيع الاقتصادي للحمل أكثر من باقي الخوارزميات وكان توزيع الحمل على ثلاث محطات توليد بخارية يحقق كلفة إجمالية أقل من التوزيع على نفس المحطات باستخدام الخوارزميات الأخرى.

استخدم الباحث (Basu,2017) خوارزمية (KGM) لحل مسألة التوزيع الاقتصادي للحمل Kinetic gas molecule optimization وهي خوارزمية مستوحاة من قانون لوساك للغازات.

تم ذكر النظرية الجزيئية الحركية للغازات المثالية على النحو التالي:

- 1- يتكون الغاز من مجموعة من الجزيئات التي تنتقل في خط مستقيم.
- 2- الجزيئات الموجودة في الغاز هي نقاط ولا تشغل أي حجم.
- 3- التصادمات بين الجزيئات مرنة تمامًا ولا توجد طاقة مكتسبة أو مفقودة أثناء التصادم.
- 4- لا توجد قوى جاذب أو تنافر بين الجزيئات.
- 5- متوسط الطاقة الحركية لجزيء هو $3kT/2$ ، حيث T هي درجة الحرارة المطلقة، و k هو ثابت بولتزمان.

المعادلات الأساسية التي تعتمد عليها الخوارزمية هي:

$$v_i^d(t+1) = T_i^d(t)wv_i^d(t) + C_1rand_i(t) \left(gbest^d - x_i^d(t) \right) + C_2rand_i(t) \left(pbest_i^d(t) - x_i^d(t) \right) \dots (15)$$

$$x_i^d(t+1) = \frac{1}{2}a_i^d(t+1) \times t^2 + v_i^d(t+1) \times t + x_i^d(t) \dots (16)$$

حيث:

x : موقع الجزيء

v : سرعة الجزيء

أعطت هذه الخوارزمية نتائج أفضل من خوارزمية الأسراب وخوارزمية الأسراب المحسنة من حيث التكلفة وزمن التنفيذ.

• قام الباحثون (Suman et al.,2016) بدراسة في جامعة Vadlamudi في الهند بعمل مقارنة بين طريقتي لامدا التكرارية والشبكات العصبونية في أمثلة التشغيل الاقتصادي لمحطات التوليد البخارية، وقد وجد الباحثون من خلال الدراسة أنه لا يوجد فرق بين الطريقتين وذلك لأن تابع الكلفة المستخدم هو تابع تقليدي ولكن زمن تنفيذ الخوارزمية أسرع في حال استخدام الشبكات العصبونية.

• أجرى الباحثان (Sonal and Devendra,2016) مقارنة بين طريقة GAMS (General Algebraic Modeling System) وطريقة لامدا التكرارية ووجدوا أن هنالك تقارب بين نتائج الطريقتين السابقتين حيث أن تابع الكلفة المستخدم في الدراسة تابع تقليدي.

• استخدم الباحثون (Arun etl.,2015) طريقة الانحدار الأعظمي لحل مشكلة التشغيل الأمثل لمجموعات التوليد حيث أعطت نتائج جيدة مقارنة بباقي الطرق التقليدية.

8- الخلاصة :

قدمنا في هذا الفصل تعريفاً لمسألة البحث من خلال استعراض مكونات المنظومة الكهربائية بدءاً بتوليد القدرة الكهربائية مروراً بنقل هذه القدرة وانتهاءً بتوزيعها للمستهلكين، كما تعرضنا لبعض المفاهيم الأساسية للأمثلة من تعاريف أساسية وصياغة لمسائل الأمثلة وبعض الخوارزميات المستخدمة بحلها، كما قمنا بعرض بعض الدراسات المرجعية والتي تظهر سعي الباحثين في طرحهم لمسألة التوزيع الاقتصادي لتطوير خوارزميات جديدة وتحسينها، تطبيق خوارزميات لإيجاد التوزيع الأمثل للحمل على مجموعات توليد القدرة الكهربائية، استخدام وطرح خوارزميات هجينة تجمع بين الطرق التقليدية والطرق الذكية لحل مسألة الأمثلة أو المقارنة بين عدد من الخوارزميات.

الفصل الثاني

مسألة التوزيع الاقتصادي لأحمال على محطات التوليد البخارية:

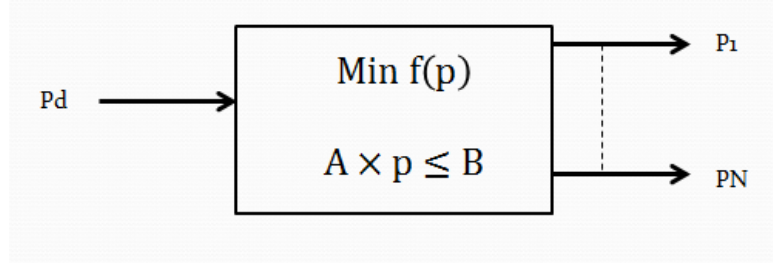
سنستعرض في هذا الفصل صياغة مسألة التوزيع الاقتصادي للحمل، والصياغة الجديدة المقترحة في هذا البحث من حيث النموذج الرياضي وخوارزميات الحل.

1- التوزيع الاقتصادي للحمل على محطات التوليد البخارية:

1-1- مقدمة:

تبحث مسألة التوزيع الاقتصادي للحمل على مجموعات التوليد عن التكلفة الأدنى لتشغيل مجموعات التوليد البخارية مع احترام القيود التشغيلية وتلبية متطلبات الطلب على الطاقة بوثوقية عالية.

حيث تطرح المسألة بالشكل (10):



الشكل (10) مخطط مسألة الأمثلة للتوزيع الاقتصادي.

يبين الشكل السابق بأن خرج مسألة التوزيع الاقتصادي هو حمولة مجموعات التوليد أما الدخل فهو الحمل الكلي.

يُعتمد في مسائل أمثلة تشغيل مجموعات التوليد البخارية على تابعي كلفة هما:

- تابع كلفة تقليدي وهو تابع تربيعي يهمل التأثيرات اللاخطية لاستهلاك الوقود.
- تابع كلفة غير تقليدي يأخذ بعين الاعتبار التأثيرات اللاخطية وهي تأثيرات تأتي من صمامات حقن الوقود في مجموعات التوليد تضيف حد جيبي للتابع التربيعي.

سوف نستعرض في الفقرات الآتية الصياغة الرياضية لهذه التوابع.

2- تابع الكلفة التقليدي لتشغيل مجموعات التوليد البخارية: Classical Economic Cost function

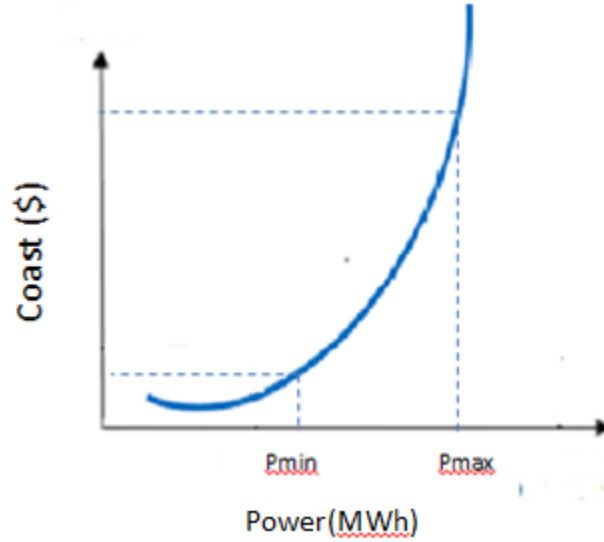
يُعطى تابع الكلفة التقليدي لمجموعات التوليد بالشكل التالي:

$$F(Pg) = \sum_i^{Ng} f_i(Pg_i) = \sum_i^{Ng} (a_i * Pg_i^2 + \beta_i * Pg_i + \gamma_i) \dots (17)$$

حيث:

- $F(Pg)$: تابع الكلفة الكلي \$
- $f_i(Pg_i)$: تابع الكلفة لمحطة التوليد (i) \$
- Pg_i : الاستطاعة المولدة في محطة التوليد (i) MWH
- a_i, β_i, γ_i : معاملات استهلاك وسعر الوقود المتعلقة بمحطة التوليد (i) والتي تُعطى من قبل الشركة المصنعة حيث:
- a_i : \$/MWH²
- β_i : \$/MWH
- γ_i : \$
- Ng : عدد مجموعات (وحدات) التوليد

يظهر الشكل (11) تابع الكلفة التقليدي وهو من الشكل التربيعي (محدب) حيث يمثل المحور الأفقي الاستطاعة المنتجة بالـ MWh والمحور الشاقولي التكلفة بالـ \$



الشكل (11) التمثيل البياني لتابع الكلفة التقليدي.

3- صياغة مسألة الأمثلة لتشغيل مجموعات التوليد مع أثر الصمام:

:Economic Cost function with Valve point effects

إن التابع السابق هو تقريب لتابع الكلفة حيث يضاف للتابع التربيعي حد جيبي يسمى

بأثر الصمام وهو أثر غير خطي حيث يصبح تابع الكلفة بالشكل التالي:

$$F(Pg) = \sum_i^{Ng} f_i(Pg_i) = \sum_i^{Ng} (a_i \times Pg_i^2 + \beta_i \times Pg_i + \gamma_i + |e_i \times \sin(f_i \times (Pg_i - P_{gi}^{min}))|) \dots (18)$$

حيث أن:

$F(P_{gi})$: تابع الكلفة الكلي \$

$f_i(P_{gi})$: تابع الكلفة لمجموعة التوليد i \$

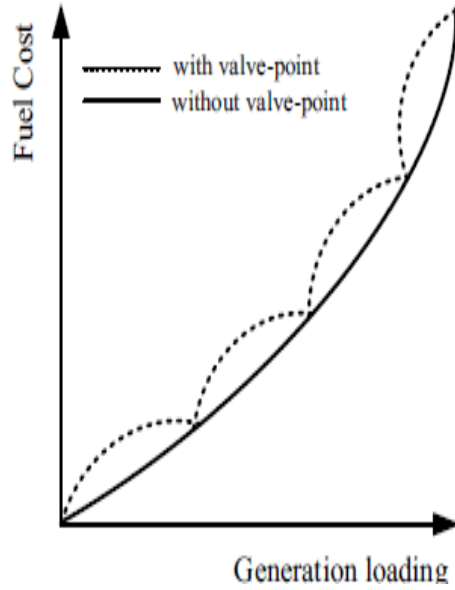
P_{gi} : الاستطاعة المولدة في مجموعة التوليد i MWH

P_{gi}^{min} : الحمولة الدنيا لمجموعة التوليد i MWH

$a_i, \beta_i, \gamma_i, e_i, f_i$: معاملات سعر الوقود تتعلق بمجموعة التوليد i

N_g : عدد مجموعات التوليد

يظهر الشكل (12) التأثيرات اللاخطية الناتجة عن صمامات حقن الوقود وهو تابع غير تربيعي حيث يمثل المحور الأفقي الاستطاعة المنتجة MWH والمحور العمودي الكلفة \$.



الشكل (12) تابع الكلفة لتشغيل مجموعات التوليد مع أثر الصمام

4- قيود المسألة:

تتعلق قيود المسألة بالشروط التشغيلية لمجموعات التوليد بالاستطاعات الإسمية والحد الأدنى التشغيلي لمجموعات التوليد، كما تتعلق بتوازن الحمل مع الإنتاج.

4-1- القيد الصفري:

يوجد طرحين للقيد الصفري:

- بدون ضياعات: يمثل تساوي الحمل المنتج مع كامل الحمل المطلوب (ميزان الطاقة).

$$\sum_{i=1}^{Ng} P g_i - P_d = 0 \dots (19)$$

حيث:

P_d : تمثل الاستطاعة المطلوبة MWH

- مع ضياعات: حيث يأخذ بعين الاعتبار الطاقة الضائعة في خطوط النقل.

$$\sum_{i=1}^{Ng} P g_i - P_d - P_L = 0 \dots (20)$$

حيث:

P_L : الطاقة الضائعة MWH

2-4- قيود المتراجعة:

فهي تتعلق بالحمل الأدنى والأعلى لمجموعات التوليد:

$$P g_i^{\min} \leq P g_i \leq P g_i^{\max} \dots (21)$$

حيث:

$P g_i^{\max}$: الحمولة العليا لمجموعة التوليد i MWH

$P g_i^{\min}$: الحمولة الدنيا لمجموعة التوليد i MWH

نلاحظ من الصياغات السابقة أنها تقتصر على متحولات تمثل التحميل كقيد للمسألة.

من أجل تحقيق التشغيل الأمثل يجب تطوير هذه الصياغة.

5- صياغة جديدة لمسألة أمثلة التوزيع الاقتصادي لأحمال محطات التوليد

البخارية:

1-5- مقدمة:

إن مسألة الأمثلة المطروحة سابقاً أجابت عن السؤال كيف يتم توزيع الحمل على مجموعات التوليد البخارية بشكل يحقق أفضل عائد مادي مع احترام الشروط التشغيلية، ولكنها لم تجب على السؤال ما هو الحمل الأمثل الذي يحقق أفضل عائد مادي؟ إن معرفة الإجابة عن هذا السؤال ضرورية ولاسيما في المنظومة الكهربائية في الجمهورية العربية السورية حيث يشكل توليد القدرة الكهربائية عن طريق المجموعات البخارية 42% من الاستطاعة الكلية، وهذا ضروري للعمل على منحيين الأول يقوم على تثبيت حمولة المجموعات البخارية والمناورة مع الحمل عن طريق المجموعات الغازية. بينما يقوم المنحى الثاني بتحديد أوقات تشغيل الأحمال الضخمة مثل معامل الصهر حيث يضمن الحمل الأمثل، كما يعطينا فكرة عن تسعير الطاقة الكهربائية على فترات اليوم وعلى فترات السنة.

لذلك تم تقديم طرح جديد لمسألة أمثلة التوزيع الاقتصادي للإجابة عن السؤالين السابقين، حيث تم إدخال الطاقة المطلوبة كمتحول قرار، في حين كانت في الطرح السابق تظهر كثابت في القيد الصفري كما بين الشكل (10) الطاقة المطلوبة كمتحول دخل ويتم حل المسألة باعتباره ثابت دخل، وتم تقديم حل للمسألة و مقارنته مع الحلول المعتمدة لحل مثل هذه المسائل سواء كانت تقليدية أو ذكية.

2-5- الطرح الجديد لمسألة التوزيع الاقتصادي للحمل على مجموعات التوليد

البخارية:

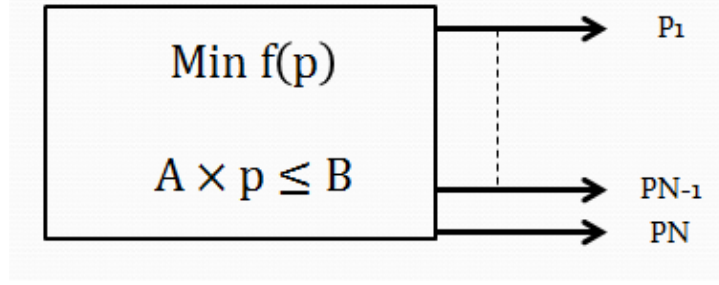
كنا بحاجة لتطوير مسألة التوزيع الاقتصادي للحمل على مجموعات التوليد البخارية

فقمنا باتباع المنهجية التالية في الدراسة:



ومن ثم العمل على إيجاد نموذج رياضي للطرح الجديد لمسألة التوزيع الاقتصادي

للحمل المقدمة في البحث، كما هو موضح بالشكل (13):



الشكل (13) الطرح الجديد لمسألة التوزيع الاقتصادي

حيث:

P_N : الحمل الأمثل الكلي MWH

P_N, P_{N-1} : المحولات المثلى للمحطات MWH

3-5- تابع الكلفة المقترح: سنقترح للمسألة تابعي كلفة:

- تابع كلفة بدون أثر الصمام: يعطى بالصيغة التالية:

$$f(P) = \frac{\sum_1^{N-1} f_i(P_i)}{P_N} = \frac{\sum_1^{N-1} (a_i \times P_i^2 + \beta_i \times P_i + \gamma_i)}{P_N} \dots (22)$$

حيث:

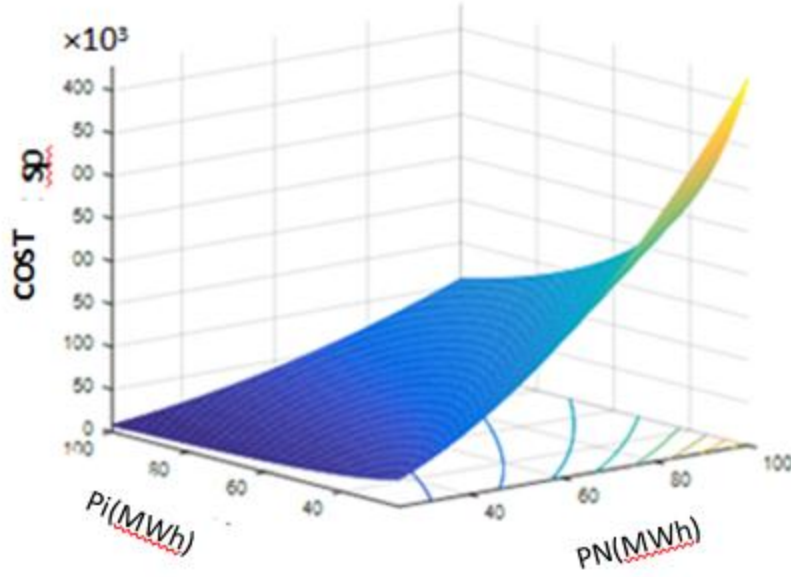
$N - 1$: هو عدد مجموعات التوليد البخارية

P_N : الطاقة المطلوبة MWH

يظهر لنا الشكل (14) تابع الكلفة المقترح كتابع لمتحولي قرار P_1, P_2 أما المحور

العمودي فيمثل التكلفة بالليرة السورية وتمثل الخطوط المنحنية في المستوي P_i Vs

P_N فتمثل خطوط تساوي التابع.



الشكل (14) تابع الكلفة المقترح بدون أثر الصمام

- تابع كلفة مع أثر الصمام:

$$F(P) = \frac{\sum_i^{N-1} f_i(Pg_i)}{PN} =$$

$$\frac{\sum_i^{N-1} (a_i \times Pg_i^2 + \beta_i \times Pg_i + \gamma_i + |e_i \times \sin(f_i \times (Pg_i - P_{gi}^{min}))|)}{PN} \dots (23)$$

إن تابعي الكلفة المقترحين هما من أجل تكلفة (1MWh).

6- قيود مسألة الأمثلة المقترحة في البحث

1-6- القيد الصفري:

يوجد طرحين للقيد الصفري:

- بدون ضياعات ويمثل حالة تساوي الحمل المنتج مع مجموع الحمل المطلوب (ميزان الطاقة).

$$\sum_{i=1}^{N-1} P_i - P_N = 0 \dots (24)$$

- مع ضياعات حيث يأخذ بعين الاعتبار الطاقة الضائعة على خطوط النقل.

$$\sum_{i=1}^{N-1} P g_i - P_N - P_L = 0 \dots (25)$$

وبمقارنة المعادلات (24)،(25) مع المعادلات (19)،(20) نجد أن الاستطاعة المطلوبة في المعادلات (19)، (20) كانت متحول دخل أما في المعادلات (25)، (24) فهي متحول خرج.

2-6- قيود المتراجعة:

فهي تتعلق بالحمل الأدنى والأعلى لمجموعة التوليد والحد الأعلى والأدنى للطاقة المطلوبة:

$$P_i^{\min} \leq P_i \leq P_i^{\max} \dots (26)$$

$$\sum_{i=1}^{N-1} P_i^{\min} \leq P_N \leq \sum_{i=1}^{N-1} P_i^{\max} \dots (27)$$

حيث:

P_i^{\min} : الحمولة العليا لمجموعة التوليد i MWH

P_i^{\max} : الحمولة الدنيا لمجموعة التوليد i MWH

i : تأخذ قيم من 1 إلى $n-1$.

7- حل مسألة الأمثلة المقترحة:

إن حل مسائل الأمثلة مع القيود يعتمد على تشكيل تابع لاغرانج الذي يُعطى بالمعادلة التالية (باعتبار القيد الصفري مع ضياعات):

$$L(P, \lambda) = \frac{\sum_1^{N-1} f_i(P_i)}{PN} - \lambda \left(\sum_1^{N-1} P_i - PN - PL \right) \dots (28)$$

حيث:

λ : تكلفة الوقود المتزايدة للنظام (ضوارب لاغرانج).

بإهمال ضياعات الطاقة يعطى تابع لاغرانج بالمعادلة التالية:

$$L(P, \lambda) = \frac{\sum_1^{N-1} f_i(P_i)}{PN} - \lambda \left(\sum_1^{N-1} P_i - PN \right) \dots (29)$$

من أجل إيجاد القيمة الصغرى لتابع لاغرانج نقوم بعدم المشتقات الجزئية لمتحولات القرار:

من أجل i من 1 إلى $n-1$:

$$\frac{\partial L(P, \lambda)}{\partial P_i} = \frac{\partial f_i(P_i)}{\partial P_i} - \lambda \left(1 - \frac{\partial P_L}{\partial P_i} \right) = 0 \dots (30)$$

بإهمال الضياعات تصبح المعادلة بالشكل:

$$\frac{\partial L(P, \lambda)}{\partial P_i} = \frac{\partial f_i(P_i)}{\partial P_i} - \lambda(1) = 0 \dots (31)$$

من أجل $i=n$:

$$\frac{\partial L(P, \lambda)}{\partial P_N} = -\frac{\sum_{i=1}^{N-1} f_i(P_i)}{P_N^2} - \lambda(-1) = 0 \dots (32)$$

ولحل هذه المعادلات يمكن الاعتماد على الطرق التقليدية مثل البرمجة التربيعية التتابعية أو استخدام الخوارزميات الذكية مثل الخوارزميات الجينية.

1-7- خوارزمية حل مسألة الأمثلة المقترحة:

تم استلهام فكرة الخوارزمية المقترحة في البحث من دراسة تعريف استمرار واشتقاق التوابع الرياضية، حيث لدراسة استمرار تابع على مجال يتم دراسة استمراريته على نقطة من هذا المجال ثم تطبيقها على جميع نقاط مجال الدراسة لذلك تم تجزئة خوارزمية الحل لقسمين:

- القسم الأول: البحث عن التوزيع الأمثل للحمل على مجموعات التوليد على كامل مجال تحول الطلب إلى البحث عن:

$$F = \min \sum_{i=1}^{N-1} f_i(P_i)$$

على المجال $P_N \in [\sum_{i=1}^{N-1} P_i^{\min}, \sum_{i=1}^{N-1} P_i^{\max}]$

باستخدام دالة لاغرانج والبرمجة التربيعية التتابعية لقيمة واحدة لـ P_N ومن ثم تكرار

العملية السابقة من أجل جميع قيم P_N على المجال $[\sum_{i=1}^{N-1} P_i^{\min}, \sum_{i=1}^{N-1} P_i^{\max}]$

- القسم الثاني:

$$cu = \frac{F}{P_N} \dots (33) \quad \text{تشكيل التابع:}$$

حيث يعبر التابع cu عن تكلفة 1 MWH والبحث عن القيمة الصغرى له.

8- حالة عملية: تطبيق الصياغة الجديدة على نموذج مرجعي:

تم تطبيق الصياغة المقترحة في هذا البحث على مثالين الأول باستخدام تابع كلفة تقليدي وبإهمال الضياعات بالقيد الصفري، والثاني باستخدام تابع كلفة تقليدي أيضاً مع اخذ الضياعات بعين الاعتبار في القيد الصفري.

8-1- مثال (1): استخدام تابع كلفة تقليدي وإهمال الضياعات:

تم تطبيق المقاربة الجديدة على ثلاثة مجموعات توليد اختيارية (مرجعية)، مع برمجة الحل المقترح في بيئة النمذجة matlab 2016، وتم الاستعانة بأدوات matlab للأمثلة من أجل حل المسألة عن طريق الخوارزميات الجينية والبرمجة التربيعية التتابعية (SQP). تم طرح تابع الكلفة بحيث نهمل تأثير الصمام وإهمال الضياعات في القيد الصفري.

ليكن لدينا ثلاث مجموعات توليد تعطى محدداتها من خلال الجدول (5).

الجدول (5) بيانات ثلاثة مجموعات توليد اختيارية (مرحعية).

| Pmax (MWH) | Pmin (MWH) | γ (\$) | β (\$/MWH) | α (\$/MWH ²) | رقم المجموعة |
|---------------|---------------|------------------|---------------------|------------------------------------|--------------|
| 350 | 45 | 225 | 8.4 | 0.0025 | P1 |
| 350 | 45 | 729 | 6.3 | 0.0081 | P2 |
| 450 | 47.5 | 400 | 7.5 | 0.0025 | P3 |

إن الغاية من حل المسألة هو إيجاد الحمل الأمثل الذي يحقق أفضل عائد مادي

ومعرفة توزيعه على مجموعات التوليد وتكلفة (1MWH). حيث أنه عملياً يتم

التشغيل وفق الخبرة و ظروف توفر الوقود وليس بناءً على تحليل عددي للمسألة.

تم بناء تابع الكلفة كما هو مبين في المعادلة (17) عدد المتحولات هي:

- P1, P2, P3 والتي تمثل حمولة مجموعات التوليد
- P4 الحمل الكلي ويتراوح في هذا المثال ضمن المجال

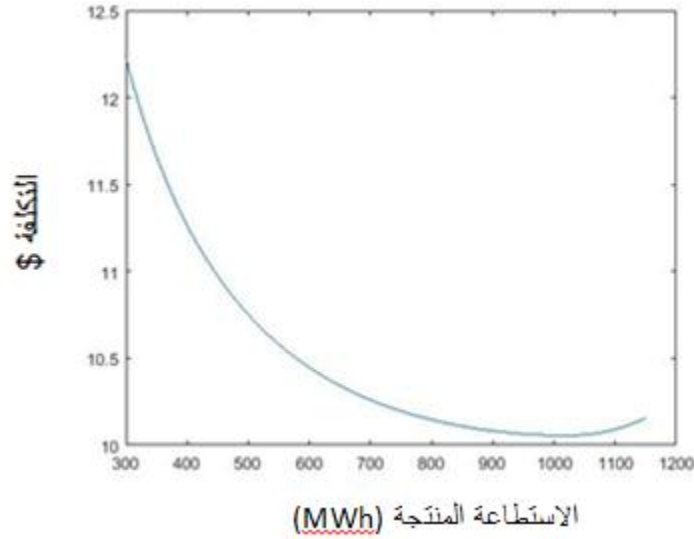
.MWH[137.5,1150]

1-1-8- نتائج الطريقة المقترحة في البحث:

الجدول (6) حل مسألة الأمثلة باستخدام الطريقة المقترحة بالبحث.

| | |
|------------|-------------------------|
| 1005 MWH | الحمل الأمثل (P4) |
| 325.05 | P1 حمولة مجموعة التوليد |
| 229.95 | P2 حمولة مجموعة التوليد |
| 450 | P3 حمولة مجموعة التوليد |
| 10.0565 \$ | تكلفة (1MWH) |

وتحولات تابع الكلفة بالشكل (15):



الشكل (15) تحولات تابع الكلفة

حيث يعبر المحور الأفقي عن الحمل الكلي الأمثل لمجموعات التوليد والمحور الشاقولي عن تكلفة 1MWH. إن الطريقة المقترحة في البحث تظهر لنا تحولات تابع الكلفة بدلالة الحمل الكلي (P4).

8-1-2- نتائج استخدام البرمجة التربيعية التتابعية SQP:

الجدول (7) حل مسألة الأمثلة باستخدام طريقة البرمجة التربيعية التتابعية.

| | |
|--------------|-------------------------|
| 1013.154 MWH | الحمل الأمثل (P4) |
| 331.28 | P1 حمولة مجموعة التوليد |
| 231.874 | P2 حمولة مجموعة التوليد |
| 450 | P3 حمولة مجموعة التوليد |
| 10.0565 \$ | تكلفة (1MWH) |

8-1-3- نتائج استخدام الخوارزمية الجينية:

الجدول (8) حل مسألة الأمثلة باستخدام طريقة الخوارزميات الجينية.

| | |
|--------------|-------------------------|
| 1005.304 MWH | الحمل الأمثل (P4) |
| 329.053 | P1 حمولة مجموعة التوليد |
| 230.944 | P2 حمولة مجموعة التوليد |
| 445.306 | P3 حمولة مجموعة التوليد |
| 10.0578 \$ | تكلفة (1MWH) |

بمقارنة نتائج الطرق الثلاثة السابقة نلاحظ تقارب الحلول من حيث الحمل الأمثل وتكلفة (1MWH) وتوزيع الحمولة على مجموعات التوليد. كما نلاحظ أن تكلفة (1MWH) كانت متطابقة بالطريقتين المقترحة في البحث و SQP، كما كان الحمل الأمثل نفسه في الطريقة المقترحة والخوارزميات الجينية.

تظهر لنا النتائج أن الحمل الأمثل الكلي يشكل 87.4% من الحمل الكلي.

2-8- مثال (2): استخدام تابع كلفة تقليدي بدون إهمال الضياعات:

نأخذ نفس مجموعات التوليد السابقة وبعدم إهمال الضياعات (الاستهلاك الذاتي لمجموعات التوليد). تُعطى معاملات المجموعات كما في الجدول (9).

الجدول (9) معاملات مجموعات التوليد.

| رقم المجموعة | α (\$/MWH ²) | B (\$/MWH) | γ (\$) | P_{min} (MWH) | P_{max} (MWH) | P_{loss} (MWH) |
|--------------|------------------------------------|---------------|------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| P1 | 0.0025 | 8.4 | 225 | 45 | 350 | 0.000218 |
| P2 | 0.0081 | 6.3 | 729 | 45 | 350 | 0.000228 |
| P3 | 0.0025 | 7.5 | 400 | 47.5 | 450 | 0.000179 |

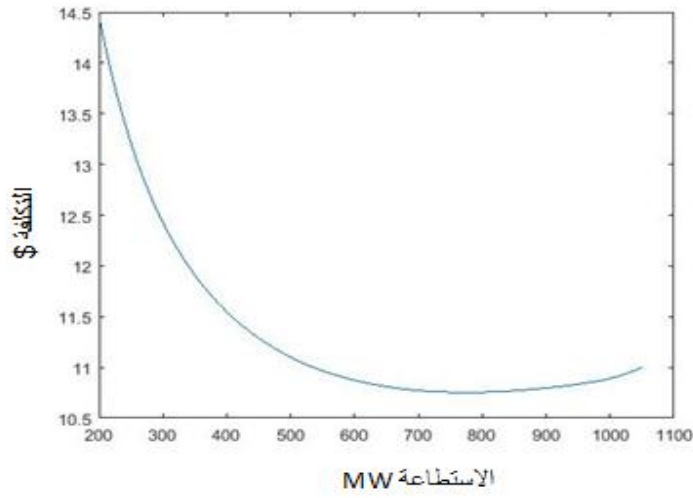
بتطبيق المقاربة المقترحة في البحث كان الحمل الأمثل لمجموعات التوليد هو

770MWH موزعة كما في الجدول (10):

الجدول (10) توزيع الحمل الأمثل على مجموعات التوليد باستخدام المقاربة المقترحة.

| | |
|----------|-------------------------|
| MWH770 | الحمل الأمثل (P4) |
| 240.9MWH | P1 حمولة مجموعة التوليد |
| 210.1MWH | P2 حمولة مجموعة التوليد |
| 365.5MWH | P3 حمولة مجموعة التوليد |
| 816.5MWH | الحمل الكلي |
| 46.5MWH | الاستطاعة الضائعة |
| 8280\$ | التكلفة الكلية |
| 10.753\$ | تكلفة (1MWH) |

أما تحولات تابع الكلفة بدلالة الحمل كانت كما في الشكل (16):



الشكل (16) تحولات تابع الكلفة بدلالة الحمل

حيث يعبر المحور الأفقي عن الحمل الأمثل لمجموعات التوليد والمحور الشاقولي عن تكلفة 1MWH.

بمقارنة النتائج المتحصل عليها من المثالين السابقين نلاحظ أن تكلفة 1MWH زادت بمقدار 7% عند أخذ الضياعات بعين الاعتبار كما نلاحظ بأن الحمل الأمثل الكلي انخفض بمقدار 20% ونسبة الضياعات من الحمل الكلي هي 5%، أما الحمل الأمثل 71% من الحمل الكلي بأخذ الضياعات بعين الاعتبار أما بإهمال الضياعات فكان 87.5%.

9- الخلاصة:

قدمنا في هذا الفصل طرح لمسألة التوزيع الاقتصادي للحمل على مجموعات توليد القدرة الكهربائية البخارية، واستعرضنا النماذج الرياضية المطروحة لهذه المسألة كما قمنا بطرح المسألة من وجهة نظر ثانية وهي البحث عن الحمل الأمثل الكلي وكيفية توزيعه على مجموعات توليد القدرة الكهربائية وهو طرح مهم وحيوي في المنظومة الكهربائية، ولاسيما المنظومة الكهربائية بالجمهورية العربية السورية.

تم بناء النموذج الرياضي للمسألة المطروحة وتقديم خوارزمية لحلها وتطبيق هذا الطرح على حالة عملية مؤلفة من مثالين معيارين لثلاثة مجموعات توليد بخارية: المثال الأول يهمل ضياعات الطاقة الكهربائية والثاني يأخذها بعين الاعتبار. كما تمت مقارنة خوارزمية الحل المقترحة مع الخوارزميات الجينية و SQP الموجودة في أدوات أمثلة MATLAB 2016 فكانت النتائج متقاربة وتميزت الخوارزمية

المقترحة بإظهار تابع كلفة وحيد البعد يعطي تكلفة MWH1 على كامل مجال تحول الحمل الكلي، لذلك سنعمد على الخوارزمية المقترحة في البحث عن الحمل الأمثل لمجموعات توليد القدرة الكهربائية في الجمهورية العربية السورية.

الفصل الثالث

اختبار الصياغة الجديدة لأمتلة التشغيل لمحطات التوليد البخارية في
الجمهورية العربية السورية:

1- المعطيات الاولية:

يتم إنتاج الكهرباء في الجمهورية العربية السورية بالطريقة التقليدية باستخدام المجموعات البخارية التي تستعمل الفول وقوداً لها وتقدر كمية الإنتاج عن طريق الفول بـ 42% من الإنتاج الكلي، بينما يتم إنتاج الباقي عن طريق الغاز باستخدام دارات بسيطة 9% ودارات مركبة 49%.

كما ذكرنا سابقاً، إن المحطات البخارية في الجمهورية العربية السورية هي الزارة، بانياس، محرده وتشرين. تم العمل على نمذجة معاملات استهلاك الوقود في المحطات السابقة عن طريق دراسة عملية لإنتاج الطاقة واستهلاك الوقود اليومية لشهري كانون ثاني وشباط من العام 2018 وذلك بالاعتماد على التقرير اليومي المعد في مركز التنسيق الرئيسي، الذي يحتوي على إنتاج الكهرباء واستهلاك الوقود في محطات التوليد، الاستطاعات اللحظية الساعية بالإضافة إلى ذروة الخطوط والمحولات وخطوط الربط. لم تؤخذ الأيام التي فيها إقلاع لتلك المجموعات بعين الاعتبار نظراً لوجود استهلاك ووقود دون إنتاج الكهرباء.

أما بالنسبة للمجموعات الغازية الدارات المركبة وهي جندر، الناصرية، دير علي وتشرين فيتم تشغيلها بالاستطاعة الأعظمية وذلك للاستفادة من المجموعات البخارية المرتبطة بها.

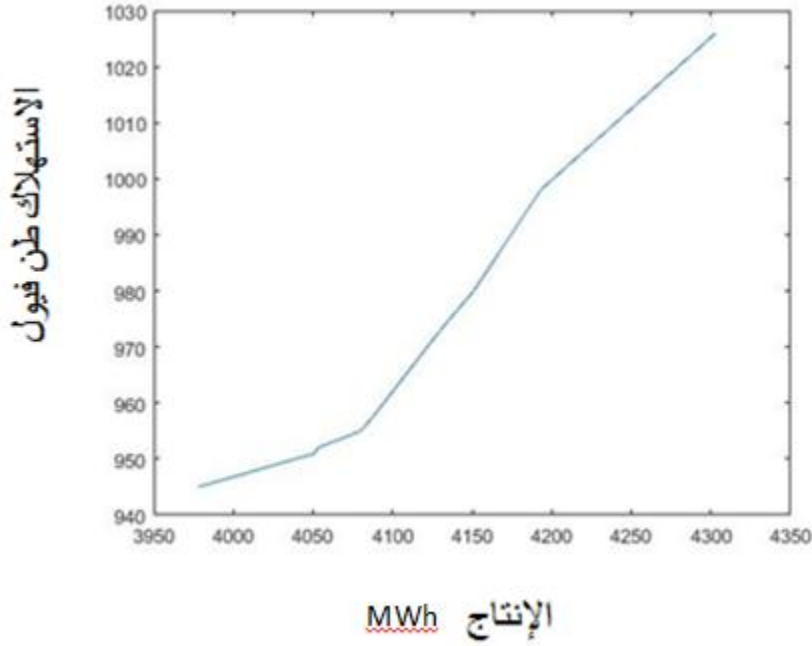
ملاحظة:

في يوم 2019/4/30م تم فصل المجموعة البخارية المرتبطة بالمجموعتين الغازيتين لدير علي، حيث تم القيام بتنزيل الحمولات عن المجموعتين الغازيتين وأخذ استهلاك الغاز اللحظي مع الإنتاج اللحظي وتم نمذجة منحني

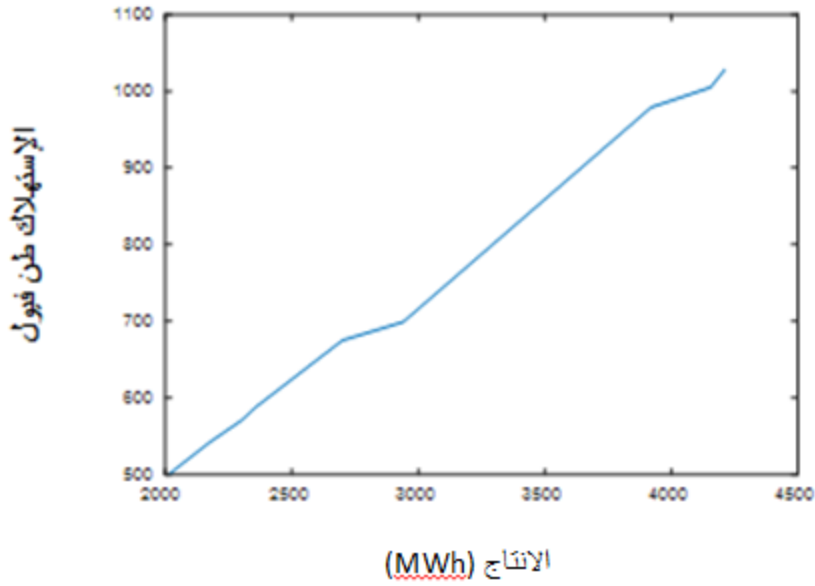
استهلاك المجموعة الغازية الأولى في محطة ديرعلي كنموذج للمجموعات الغازية الدرات المركبة أما الدارات البسيطة فهي بانياس وتشرين وهي تربط للمناورة مع التردد حيث أنه من الصعوبة بمكان نمذجة استهلاك الغاز.

2- حالة محطة توليد الزارة:

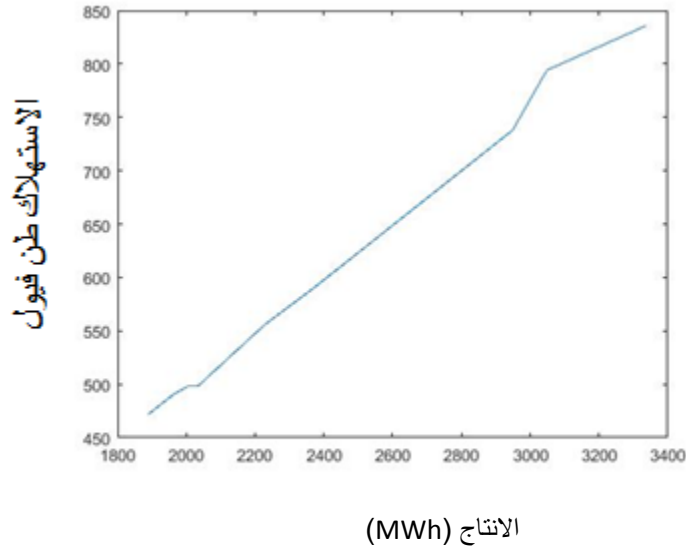
تحتوي محطة توليد الزارة على ثلاث مجموعات توليد بخارية تعمل على الوقود المشترك (فيول، غاز) تم إدخالها في الخدمة عام 2000 باستطاعة إسمية كلية تساوي 660MW وباستطاعة إسمية لكل مجموعة تساوي 220MW. تم إدخال بيانات التقارير اليومية ورسم منحنيات استهلاك الوقود للمجموعات الثلاث لمحطة الزارة فكانت منحنيات استهلاك الوقود كما في الأشكال (17)، (18)، (19):



الشكل (17) منحنى استهلاك الوقود للمجموعة الأولى من محطة الزارة كتابع لكمية إنتاج القدرة الكهربائية



الشكل (18) منحنى استهلاك الوقود للمجموعة الثانية من محطة الزارة كتابع لكمية إنتاج القدرة الكهربائية



الشكل (19) منحنى استهلاك الوقود للمجموعة الثالثة من محطة الزارة كتابع لكمية إنتاج القدرة الكهربائية.

حيث يمثل المحور الأفقي الإنتاج اليومي للمحطة بالـ MWHH والمحور العمودي استهلاك الوقود بالطن فيول. وعند استيفاء المنحنى بتابع من الشكل:

$$f(p_i) = a_i * Pg_i^2 + \beta_i * Pg_i + \gamma_i \dots (16)$$

كانت النتائج كما هو مبين في الجدول (11).

الجدول (11) معاملات مجموعات التوليد في الزارة.

| رقم المجموعة | 1 | 2 | 3 |
|--------------|---------|---------|---------|
| a_i | 0.00004 | 0.00006 | 0.00004 |
| β_i | 0.23 | 0.14 | 0.11 |
| γ_i | 13.3 | 32.4 | 22.3 |

وبمقارنة معاملات المحطات مع ما ذكر في الدراسات المرجعية [6,7,8] تبين أن النتائج متقاربة مع النماذج المرجعية ولاسيما أن التابع المذكور أعلاه يعطينا كمية استهلاك الوقود وليس سعره.

2-1- إيجاد الحمل الأمثل لمجموعات توليد الزارة:

تم تطبيق المقاربة المقترحة للبحث عن الحمل الأمثل لمجموعات التوليد في محطة الزارة ضمن القيود التشغيلية كما في الجدول (12).

الجدول (12) القيود التشغيلية لمحطة توليد الزارة

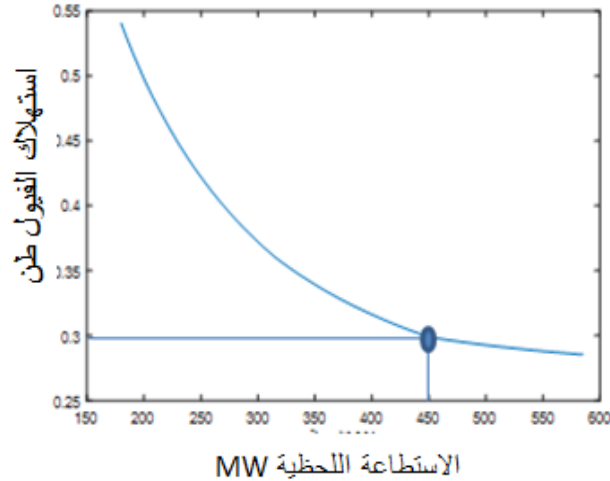
| رقم المجموعة | 1 | 2 | 3 |
|--------------|-----|-----|-----|
| p_{\min} | 60 | 60 | 60 |
| p_{\max} | 195 | 195 | 195 |

إن الاستطاعة الإسمية لكل مجموعة هو 220MW وعند تشغيل المجموعة على حملها الأعظمي فإن استطاعتها لا تتجاوز 195MW. أما الحمل الكلي فيتحول على المجال [180, 585] وبأخذ القيد الصفري كانت النتائج كما في الجدول (13).

الجدول (13) حل مسألة الأمثلة باستخدام الخوارزمية المقترحة.

| رقم المجموعة | الحمل MW | استهلاك الفيول Ton |
|--------------------|-------------|--------------------|
| P1 | 195 | 45.271 |
| P2 | 195 | 61.9 |
| P3 | 195 | 59.67 |
| الحمل الأمثل الكلي | 585 | 166.841 |

كما كانت تكلفة 1MWH هو 0.2853 Ton fuel وتحولات منحي استهلاك الوقود بدلالة الحمل كان كما هو موضح بالشكل (20):



الشكل (20) منحنى استهلاك الوقود بدلالة الحمل.

نلاحظ من الشكل (20) أن التشغيل الاقتصادي لمحطة توليد الزارة يبدأ من 450MW باستهلاك 0.3Ton Fuel لكل 1MWH. للتأكد من صحة النتائج السابقة تم حل المسألة عن طريق الخوارزمية الجينية باستخدام الـ Matlab 2016 .

كانت النتائج كما هو موضح في الجدول (14).

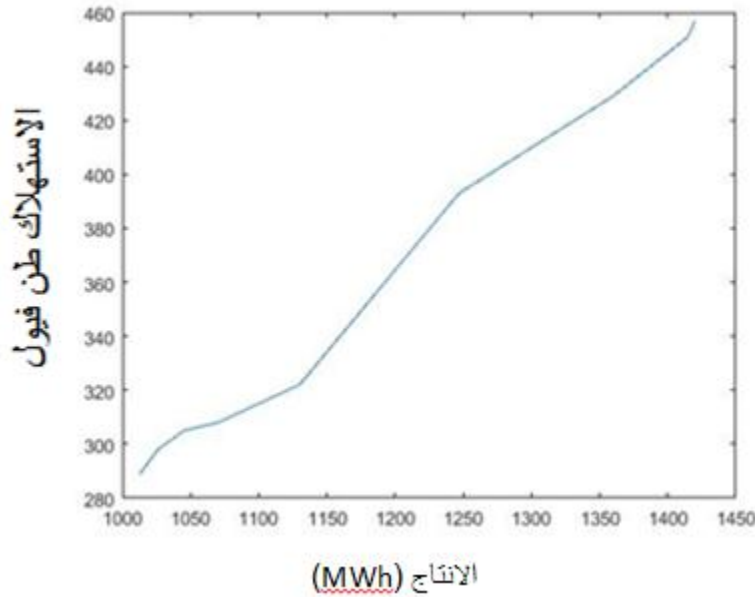
الجدول (14) حل مسألة الأمثلة باستخدام الخوارزمية الجينية.

| رقم المجموعة | الحمل MW | استهلاك الفيول Ton |
|--------------------|----------|--------------------|
| P1 | 195 | 45.271 |
| P2 | 195 | 61.9 |
| P3 | 195 | 59.67 |
| الحمل الأمثل الكلي | 585 | 166.841 |

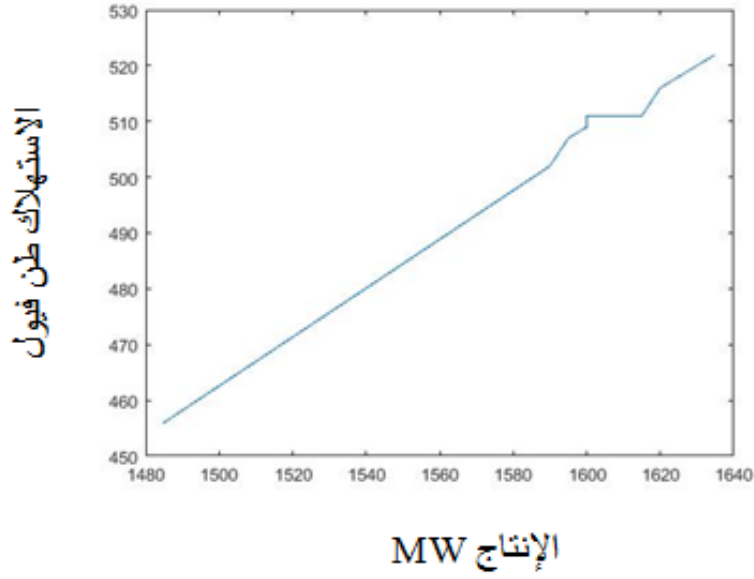
كانت تكلفة 1MWH هو 0.2853 Ton fuel، نلاحظ تطابق النتائج بين الطريقتين وهذا يدل على تحدد تابع الكلفة المقترح، وأن الطريقة المقترحة للحل تعطي نتائج جيدة ضمن الشروط التشغيلية لمحطات التوليد.

3- حالة محطة توليد محردة:

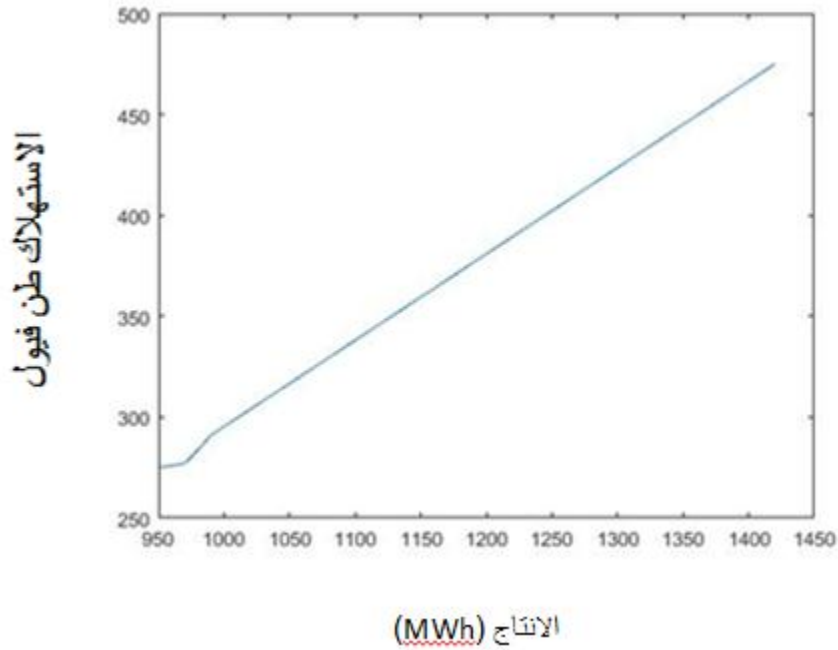
تحتوي محطة توليد محردة على أربع مجموعات توليد بخارية تعمل على الوقود المشترك (فيول، غاز) تم إدخالها في الخدمة عام (1979-1988) باستطاعة إسمية كلية تساوي 530MW وباستطاعة إسمية للمجموعتين الأولى والثانية 130MW، وللمجموعتين الثالثة والرابعة 135MW. تم إدخال بيانات التقارير اليومية ورسم منحنيات استهلاك الوقود للمجموعات الأربع لمحطة توليد محردة فكانت منحنيات استهلاك الوقود كما في الأشكال (21)، (22)، (23)، (24):



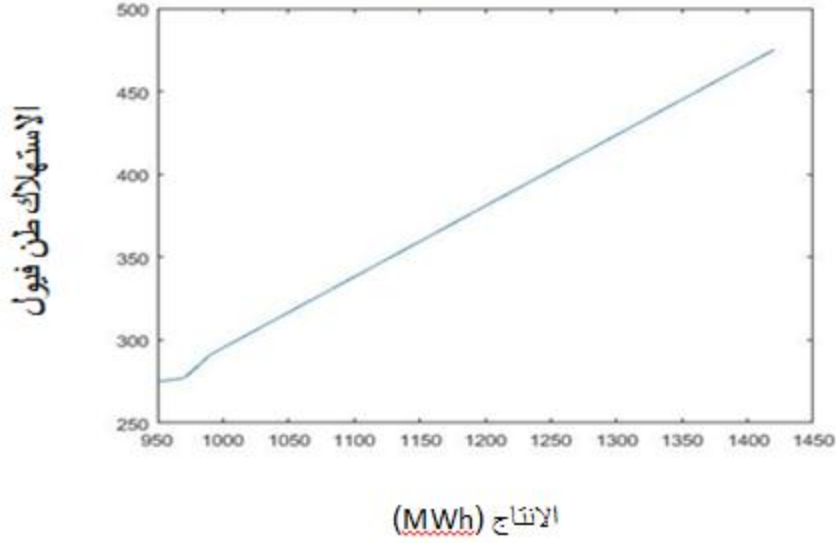
الشكل (21) منحنى استهلاك الوقود للمجموعة الأولى من محطة محردة كتابع لكمية انتاج القدرة الكهربائية.



الشكل (22) منحنى استهلاك الوقود للمجموعة الثانية من محطة محددة كتابع لكمية إنتاج القدرة الكهربائية.



الشكل (23) منحنى استهلاك الوقود للمجموعة الثالثة من محطة محددة كتابع لكمية إنتاج القدرة الكهربائية.



الشكل (24) منحنى استهلاك الوقود للمجموعة الرابعة من محطة محددة كتابع لكمية إنتاج القدرة الكهربائية.

حيث يمثل المحور الأفقي الإنتاج اليومي للمحطة بالـ MWH والمحور العمودي استهلاك الوقود بالطن فيول. وعند استيفاء المنحنى بتابع من الشكل:

$$f(p_i) = a_i * Pg_i^2 + \beta_i * Pg_i + \gamma_i \dots (34)$$

كانت النتائج كما هو مبين في الجدول (15).

الجدول (15) معاملات مجموعات توليد محددة.

| رقم المجموعة | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------|--------|--------|--------|---------|
| a_i | 0.0001 | 0.0002 | 0.0001 | 0.00004 |
| β_i | 0.093 | 0.086 | 0.19 | 0.23 |
| γ_i | 12.2 | 12.7 | 10.5 | 7.6 |

3-1- إيجاد الحمل الأمثل لمجموعات توليد محردة:

تم تطبيق المقاربة المقترحة للبحث عن الحمل الأمثل لمجموعات توليد محردة ضمن القيود التشغيلية كما في الجدول (16).

الجدول (16) القيود التشغيلية لمحطة توليد محردة.

| رقم المجموعة | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------|----|----|----|----|
| Pmin | 35 | 35 | 50 | 50 |
| Pmax | 40 | 40 | 70 | 70 |

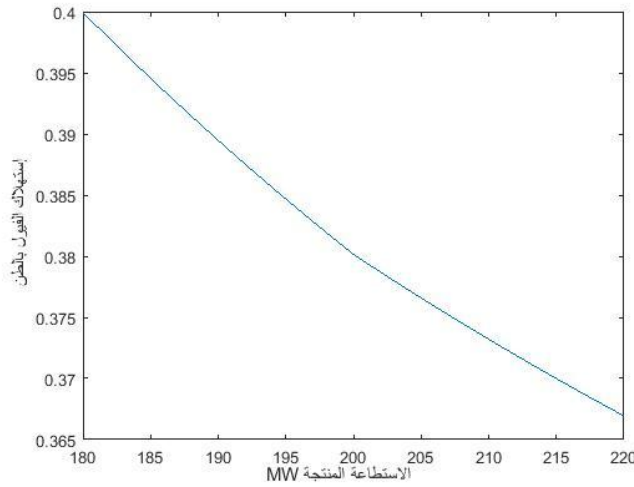
إن الاستطاعة الإسمية لكل من المجموعتين الأولى والثانية هو 130MW وعند تشغيل المجموعتين على الحمل الأعظمي فإن استطاعة كل مجموعة لا تتجاوز 40MW، والاستطاعة الإسمية لكل من المجموعتين الثالثة والرابعة هو 135MW وعند تشغيل المجموعتين على الحمل الأعظمي فإن استطاعة كل مجموعة لا تتجاوز 70MW ويعزى ذلك لقدم المجموعات. أما الحمل الكلي فيتحول على المجال [170, 220] MW وبأخذ القيد الصفري كانت النتائج كما في الجدول (17).

الجدول (17) نمذجة مجموعات توليد محردة باستخدام الخوارزمية المقترحة.

| رقم المجموعة | الحمل MWH | استهلاك الفيول Ton |
|--------------------|-----------|--------------------|
| P1 | 40 | 16.08 |
| P2 | 40 | 16.46 |
| P3 | 70 | 24.29 |
| P4 | 70 | 23.89 |
| الحمل الأمثل الكلي | 220 | 80.72 |

كما كانت تكلفة 1MWH هو 0.3669 Tons fuel.

يبين الشكل (25) تحولات منحي استهلاك الوقود بدلالة الحمل

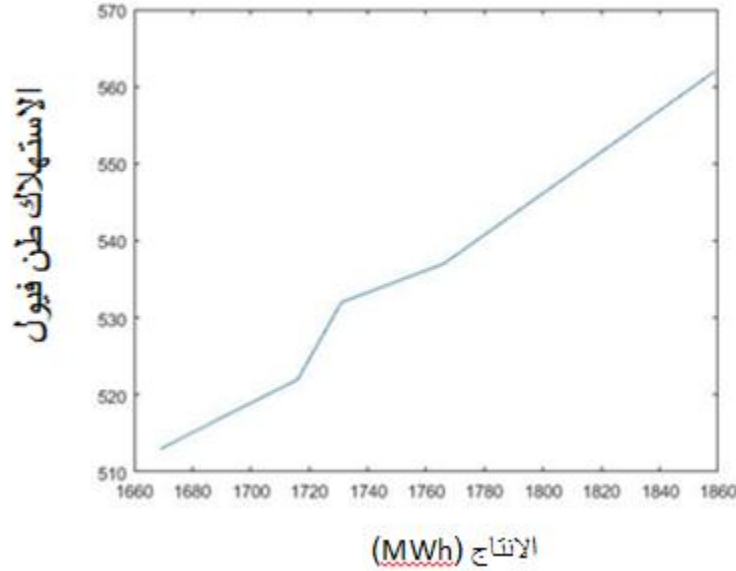


الشكل (25) تحولات منحي استهلاك الوقود بدلالة الحمل.

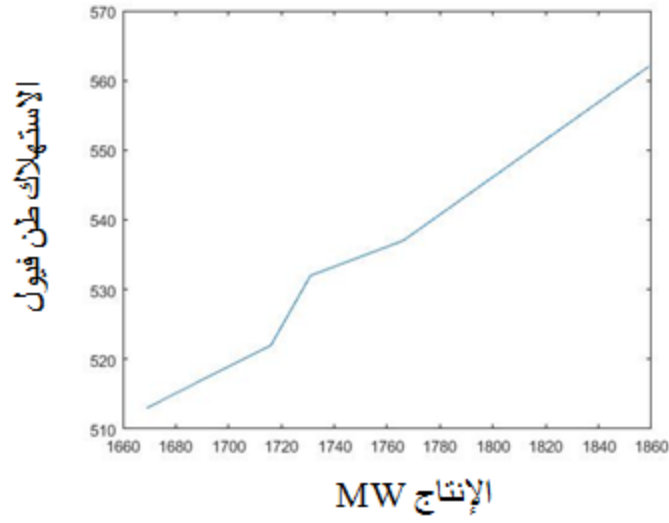
نلاحظ أن تكلفة 1MWH تزداد بنسبة 29% في حال إنتاجها بمحطة توليد محردة عنها فيما لو انتجت بحطة توليد الزارة.

4- حالة محطة توليد بانياس:

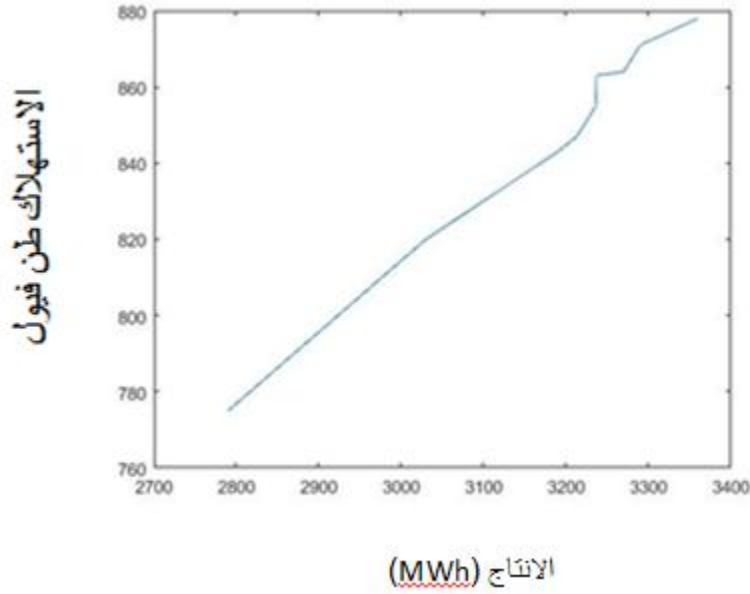
تحتوي محطة توليد بانياس على أربع مجموعات توليد بخارية تعمل على الفيوول تم إدخالها في الخدمة عام (1982-1987) باستطاعة اسمية كلية تساوي 520MW وباستطاعة إسمية للمجموعة الأولى 120MW، الثانية 130MW وللمجموعتين الثالثة والرابعة 135MW. تم إدخال بيانات التقارير اليومية ورسم منحنيات استهلاك الوقود للمجموعات الأربع لمحطة توليد محردة فكانت منحنيات استهلاك الوقود كما في الأشكال (26)، (27)، (28)، (29):



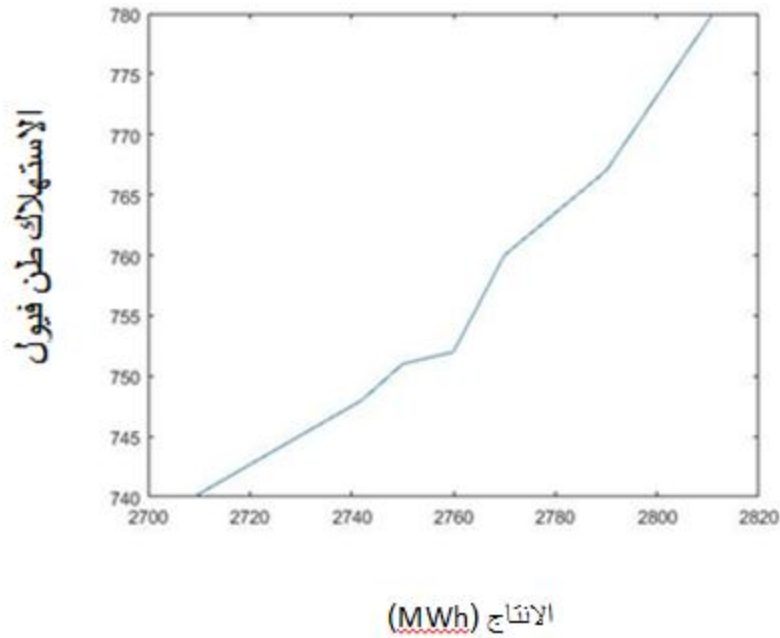
الشكل (26) منحنى استهلاك الوقود للمجموعة الأولى من محطة بانياس كتابع لكمية انتاج القدرة الكهربائية.



الشكل (27) منحنى استهلاك الوقود للمجموعة الثانية من محطة بانياس كتابع لكمية إنتاج القدرة الكهربائية.



الشكل (28) منحنى استهلاك الوقود للمجموعة الثالثة من محطة بانياس كتابع لكمية إنتاج القدرة الكهربائية.



الشكل (29) منحنى استهلاك الوقود للمجموعة الرابعة من محطة بانياس كتابع لكمية إنتاج القدرة الكهربائية.

حيث يمثل المحور الأفقي الإنتاج اليومي للمحطة بالـ MWh والمحور العمودي استهلاك الوقود بالطن فيول. وعند استيفاء المنحنى بتابع من الشكل:

$$f(p_i) = a_i * Pg_i^2 + \beta_i * Pg_i + \gamma_i \dots (35)$$

كانت النتائج كما هو مبين في الجدول (18).

الجدول (18) معاملات مجموعات توليد بانياس.

| رقم المجموعة | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------|---------|--------|--------|--------|
| a_i | 0.00008 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0002 |
| β_i | 0.21 | 0.19 | 0.11 | 0.09 |
| γ_i | 11.4 | 9.8 | 14 | 14.8 |

4-1- إيجاد الحمل الأمثل لمجموعات توليد بانياس:

تم تطبيق المقاربة المقترحة للبحث عن الحمل الأمثل لمجموعات توليد بانياس ضمن القيود التشغيلية كما في الجدول (19).

الجدول (19) القيود التشغيلية لمحطة توليد بانياس.

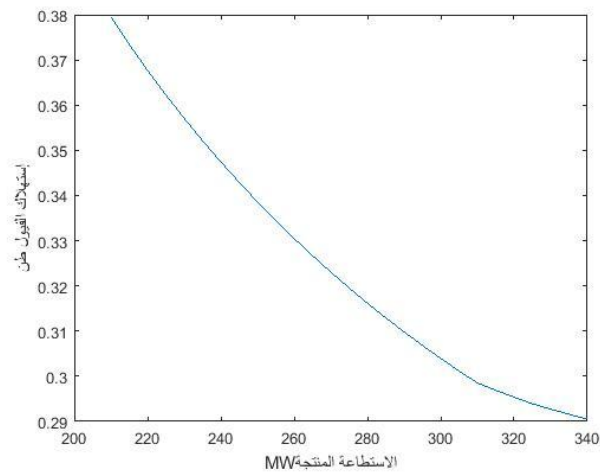
| رقم المجموعة | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------|----|----|-----|-----|
| Pmin | 35 | 35 | 50 | 50 |
| Pmax | 50 | 50 | 120 | 120 |

إن الاستطاعة الإسمية لكل من المجموعتين الأولى والثانية هو 130MWH وعند تشغيل المجموعتين على الحمل الأعظمي فإن استطاعة كل مجموعة لا تتجاوز 40MWH، والاستطاعة الإسمية لكل من المجموعتين الثالثة والرابعة هو 135MWH وعند تشغيل المجموعتين على الحمل الأعظمي فإن استطاعة كل مجموعة لا تتجاوز 70MWH ويعزى ذلك أيضاً لقدم المجموعات. أما الحمل الكلي فيتحول على المجال [170, 220] وبأخذ القيد الصفري كانت النتائج كما في الجدول (20).

الجدول (20) نمذجة مجموعات توليد بانياس باستخدام الخوارزمية المقترحة.

| رقم المجموعة | الحمل MWH | استهلاك الفيول Tons |
|--------------------|-----------|------------------------|
| P1 | 50 | 22.1 |
| P2 | 50 | 19.55 |
| P3 | 120 | 28.64 |
| P4 | 120 | 28.48 |
| الحمل الأمثل الكلي | 340 | 98.77 |

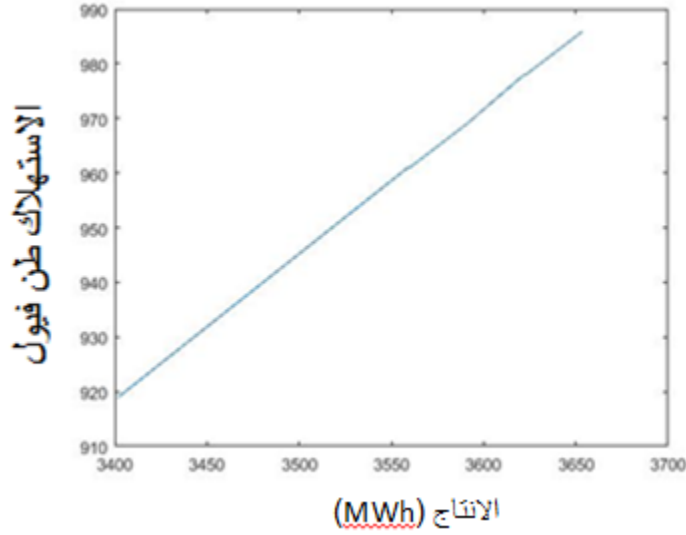
كما كانت تكلفة 1MWH هو 0.2905 Ton fuel. وتحولات منحي استهلاك الوقود بدلالة الحمل كان كما هو موضح بالشكل (30):



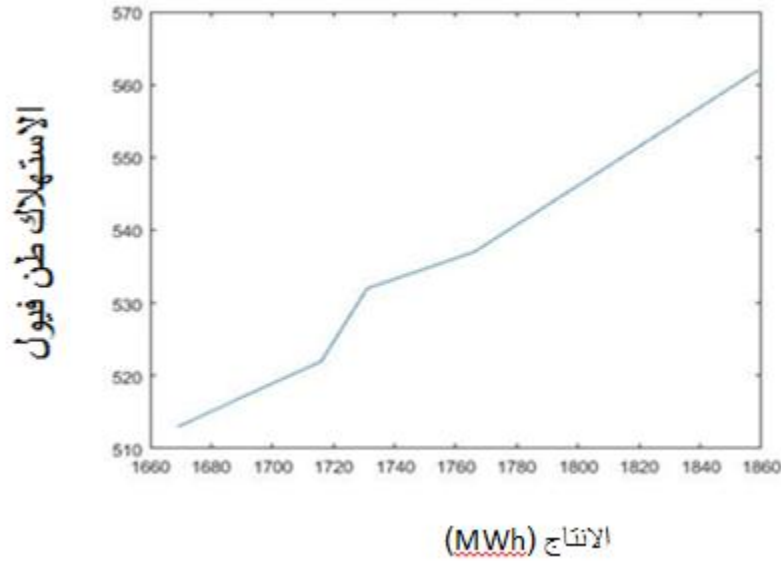
الشكل (30) تحولات منحي استهلاك الوقود بدلالة الحمل.

5- حالة محطة توليد تشرين البخارية:

تحتوي محطة توليد تشرين البخارية على مجموعتي توليد بخاريتين تعملان على الوقود المشترك (نفت-غاز) تم إدخالها في الخدمة عام (1993-1994) باستطاعة اسمية كلية تساوي 400MWH وباستطاعة إسمية للمجموعة الأولى 200MWH الثانية 200MWH. تم إدخال بيانات التقارير اليومية ورسم منحنيات استهلاك الوقود لمجموعتي توليد تشرين فكانت منحنيات استهلاك الوقود كما في الأشكال (31)، (32):



الشكل (31) منحنى استهلاك الوقود للمجموعة الأولى من محطة تشرين كتابع لكمية إنتاج القدرة الكهربائية.



الشكل (32) منحنى استهلاك الوقود للمجموعة الثانية من محطة تشرين كتابع لكمية إنتاج القدرة الكهربائية.

حيث يمثل المحور الأفقي الإنتاج اليومي للمحطة بالـ MWH والمحور العمودي استهلاك الوقود بالطن فيول. وعند استيفاء المنحنى بتابع من الشكل:

$$f(p_i) = a_i * Pg_i^2 + \beta_i * Pg_i + \gamma_i \dots (36)$$

كانت النتائج كما هو مبين في الجدول (21).

الجدول (21) معاملات مجموعات توليد تشرين. 11

| رقم المجموعة | 1 | 2 |
|--------------|--------|--------|
| a_i | 0.0003 | 0.0002 |
| β_i | 0.12 | 0.13 |
| γ_i | 10 | 9.7 |

5-1- إيجاد الحمل الأمثل لمجموعات توليد تشرين:

تم تطبيق المقاربة المقترحة للبحث عن الحمل الأمثل لمحطات توليد محردة ضمن القيود التشغيلية كما في الجدول (22).

الجدول (22) القيود التشغيلية لمحطة توليد تشرين.

| رقم المجموعة | 1 | 2 |
|--------------|-----|-----|
| Pmin | 120 | 120 |
| Pmax | 150 | 150 |

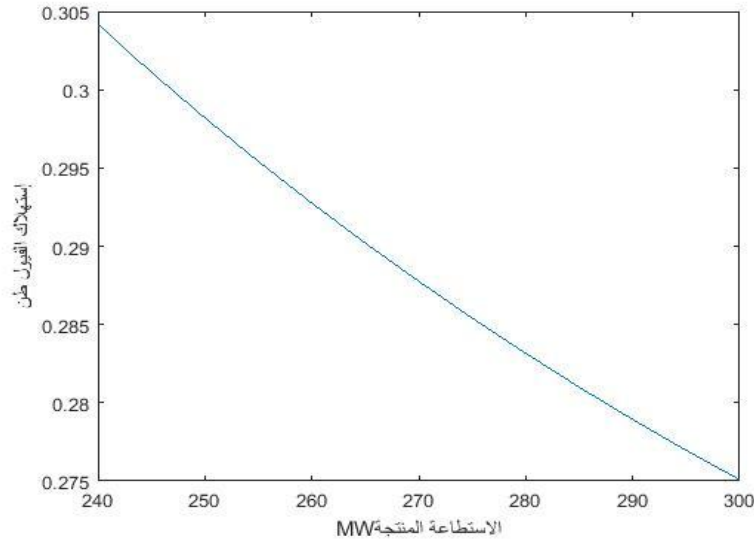
إن الاستطاعة الاسمية لكل من المجموعتين الأولى والثانية هو 200MWH وعند تشغيل المجموعتين على الحمل الأعظمي فإن استطاعة كل مجموعة لا تتجاوز 150MWH .

أما الحمل الكلي فيتحول على المجال [240,300] وبأخذ القيد الصفري كانت النتائج كما في الجدول (23).

الجدول (23) نمذجة مجموعات توليد تشرين باستخدام الخوارزمية المقترحة.

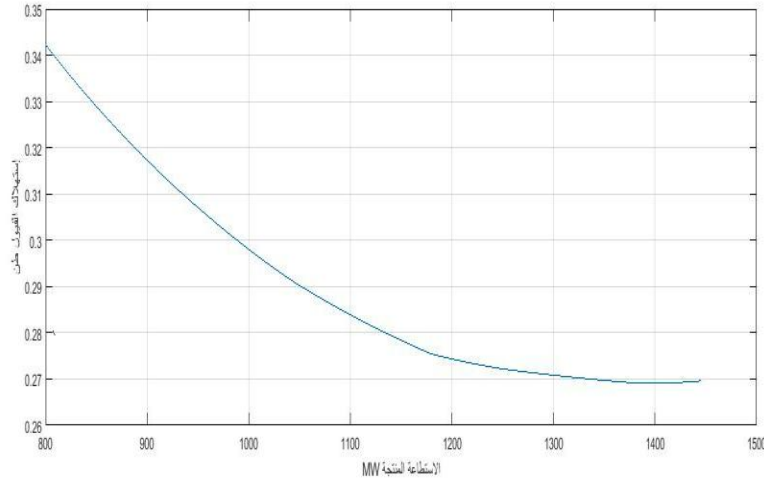
| رقم المجموعة | الحمل MWH | استهلاك الفيول Tons |
|--------------------|-----------|------------------------|
| P1 | 150 | 41.16 |
| P2 | 150 | 41.14 |
| الحمل الأمثل الكلي | 300 | 82.30 |

كما كانت تكلفة 1MWH هو 0.2751 Ton fuel.
وتحولات منحي استهلاك الوقود بدلالة الحمل كما هو موضح بالشكل(33).



الشكل (33) تحولات منحي استهلاك الوقود بدلالة الحمل.

وبتطبيق المقاربة على جميع محطات التوليد كان منحي استهلاك الوقود لجميع
المحطات كما في الشكل (34):



الشكل (34) منحنى استهلاك الوقود لمحطات التوليد البخارية في الجمهورية العربية السورية كتابع لكمية انتاج القدرة الكهربائية.

والحمل الأمثل هو الحمل الأعلى، تكلفة 1MWH هي 0.271ton fuel وأن التشغيل الاقتصادي يبدأ من 1000MWH.

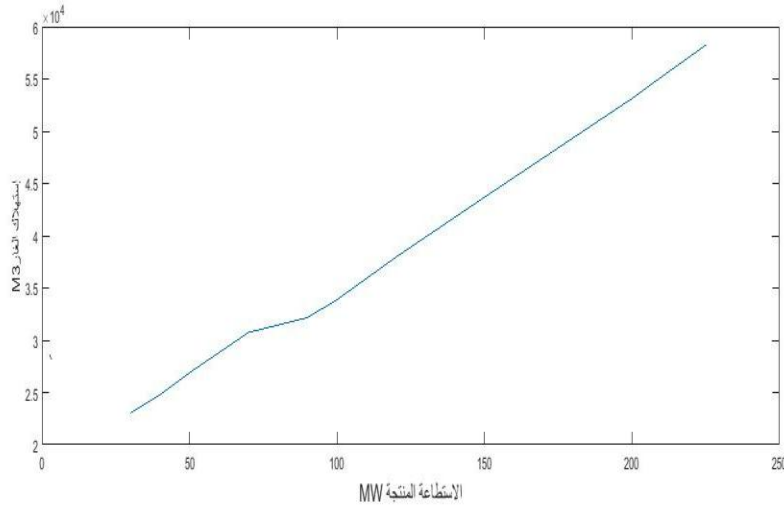
بعد تطبيق المقاربة المقترحة في هذا البحث على الحالات العملية الواردة في الدراسات السابقة جميعها- أخذنا مثال عن أحد الدراسات في الحالة العملية من البحث- وجدنا أن الحمل الأمثل لتلك المجموعات يتراوح ما بين 85%-90% من الاستطاعة الاسمية العظمى، أما في حالة دراستنا على محطات التوليد البخارية في الجمهورية العربية السورية فإن الحمولة الأعظمية لجميع المحطات لا تبلغ 90%- في حالة المجموعة الأولى من محطة توليد محددة نلاحظ أن حمولتها العظمى هي 30% من استطاعتها الاسمية وهذا يعود إلى تقادم المجموعة- لذلك كان الحمل الأمثل لتلك المجموعات هو الحمل الأعظمي.

ملاحظة:

تجدر الإشارة إلى أن التعامل مع توابع استهلاك الوقود في مركز التحكم والمراقبة بتوابع من الدرجة الأولى (خطية) من حيث النتيجة فإن الحمل الاعظمي هو الحمل الأمثل بكلا الحالتين، ولكن عند دراسة تحولات تابع الكلفة المقترح الموضح بالأشكال (20)، (25)، (30)، (33)، (34)، فإنه يعطينا تكلفة متغيرة لكل نقطة تشغيل بينما بالاعتماد على توابع خطية فإنها تعطينا قيم ثابتة وهذا غير دقيق نظرياً وعملياً. وعند أخذ الضياعات بعين الاعتبار فعندها تزداد تغيرات تابع الكلفة و وبذلك تزداد عدم دقة الاستيفاء كما هو موضح بالشكل (16).

6- نموذج عن الدارات المركبة: حالة محطة توليد دير علي:

تتكون محطة توليد دير علي من دارة مركبة تتألف من مجموعتين غازيتين ومجموعة بخارية. تم إدخالها في الخدمة عام (2008-2009) باستطاعة إسمية تساوي 750 MWH. تم نمذجة بيانات المجموعة الغازية الأولى من محطة توليد دير علي يوم 2019/4/30 وذلك أثناء فصل المجموعة البخارية المرتبطة بالمجموعتين الغازيتين لدير علي حيث تم القيام بتنزيل الحمولات عن المجموعتين الغازيتين وأخذ استهلاك الغاز اللحظي مع الإنتاج اللحظي فكان منحنى استهلاك الغاز للمجموعة الأولى كما في الشكل (35):



الشكل (35) منحنى استهلاك الغاز للمجموعة الغازية الأولى في محطة دير علي كتابع لكمية إنتاج القدرة الكهربائية.

حيث يمثل المحور الأفقي الإنتاج اليومي للمحطة بالـ MWH والمحور العمودي استهلاك الوقود بالطن فيول. وعند استيفاء المنحنى بتابع من الشكل:

$$f(p_i) = a_i * P_{g_i}^2 + \beta_i * P_{g_i} + \gamma_i \dots (37)$$

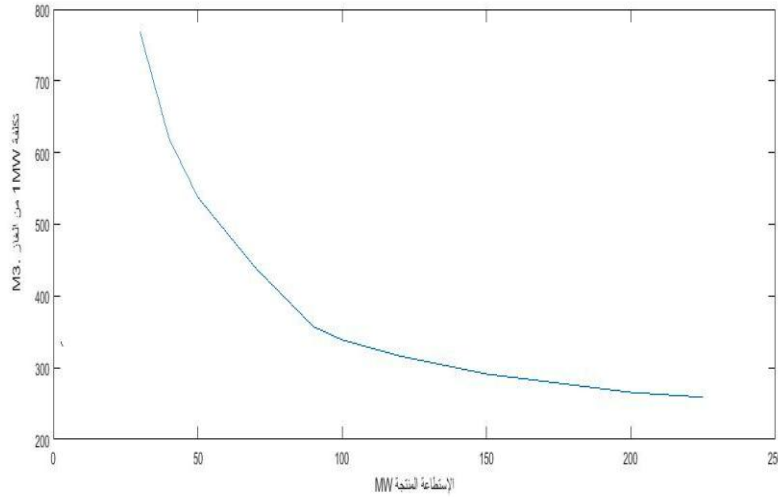
كانت النتائج كما هو مبين في الجدول (24).

الجدول (24) معاملات المجموعة الغازية الأولى في محطة توليد دير علي.

| | |
|-------|--------------|
| 1 | رقم المجموعة |
| 0.16 | a_i |
| 137.4 | β_i |
| 1522 | γ_i |

6-1- إيجاد الحمل الأمثل للمجموعة الغازية الأولى في محطة توليد دير علي:

بما أن تابع الكلفة وحيد البعد فمن السهل إيجاد القيمة الصغرى له حيث تعطى تحولاته بالشكل (36):



الشكل (36) منحنى استهلاك الغاز بدلالة الحمل.

نلاحظ أن الحمل الأمثل للمجموعة هو الحمل الأقصى لذلك ننصح بتشغيل المجموعات الغازية ذات الدارات المركبة بالحمولة العليا لها لأنه الحمل الأمثل لها وللإستفادة من المجموعة البخارية المرتبطة بها.

7- الخلاصة:

قمنا في هذا الفصل بتطبيق الصياغة الجديدة على محطات التوليد البخارية في الجمهورية العربية السورية، وأخذنا نموذج عن الدارات المركبة المجموعة الغازية الأولى بمحطة توليد دير علي، حيث أظهرت النتائج المتحصل عليها بأن الحمل الأمثل لتلك المجموعات هو الحمل الأعظمي وذلك يُعزى إلى أن الحمل الأعظمي لمجموعات التوليد البخارية هو أقل من 90 % من الاستطاعة الإسمية في حالة مجموعات توليد محردة هي 30% من الاستطاعة

الإسمية وأيضاً أظهرت النتائج تفاوت بين تكلفة 1MWH بين محطات التوليد
وهنا تظهر الحاجة لإعادة تأهيل بعض المحطات البخارية القديمة كمحطة توليد
محرده.

الفصل الرابع:

البرامج المستخدمة في البحث :

سنستعرض في هذا الفصل البرنامجين التاليين :

- Ec v0.001
- NEPLAN

1-برنامج Ec v0.002:

تم العمل على بناء برنامج لحل مسألة التوزيع الاقتصادي الصياغة القديمة والصياغة الجديدة يعمل ضمن بيئة Matlab ليكون نسخة أولية قابلة للتحديث

يتألف البرنامج من :

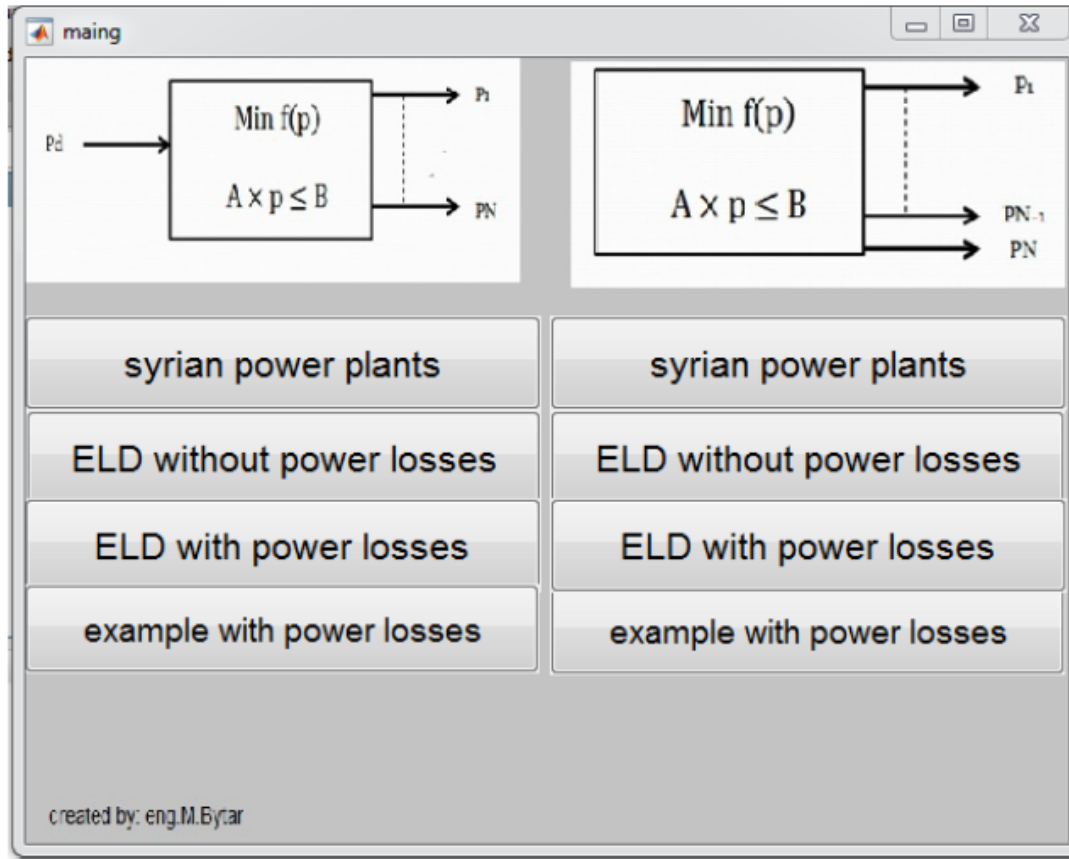


الشكل (37) مكونات برنامج Ec v0.002

لتحميل البرنامج يجب قراءة الملف read me

وفتح الملف setup بشرط وجود برنامج Matlab

الواجهة الرئيسية للبرامج :



الشكل (38) الواجهة الرئيسية لبرنامج (Ec v 0.002)².

2-برنامج NEPLAN:

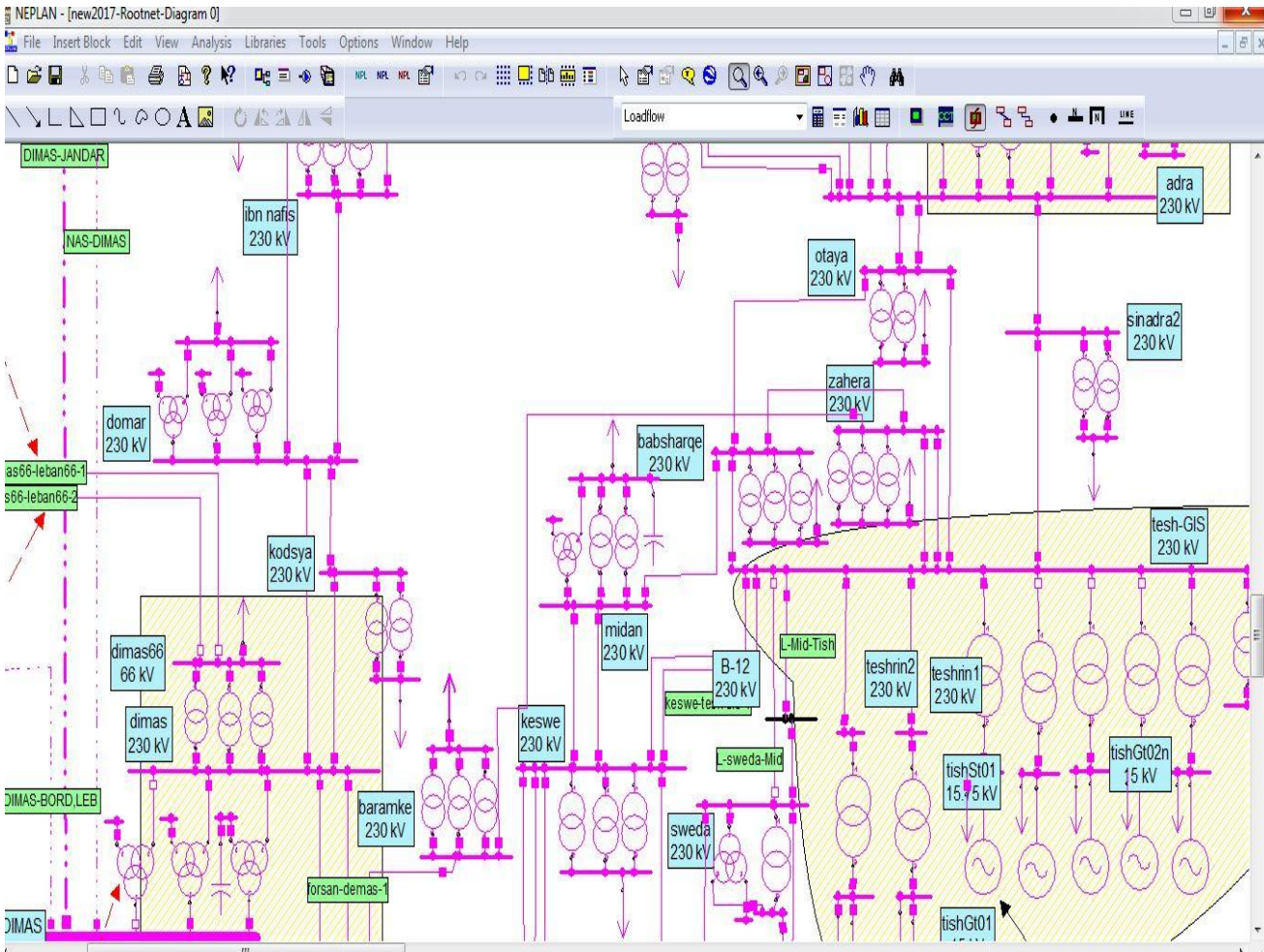
برنامج من صناعة شركة NEPLAN AG وهي شركة في سويسرا تختص بتطوير برامج عالية الجودة في مجالات الكهرباء والغاز والمياه وهي مالك ومطور لبرنامج NEPLAN هو أداة تحليل نظام الطاقة المتطورة للتطبيقات في أنظمة النقل والتوزيع والإنشاء والصناعة والطاقة المتجددة وتطبيق الشبكة الذكية وتستخدم في أكثر من 110 دولة³.

² يحتوي الملحق على شرح مفصل للعمل على البرنامج كما يمكن قراءة دليل المستخدم الموجود في مجلد code.

³ - حسب الموقع الرسمي للشركة <https://www.neplan.ch/en-company/>

يمكن البرنامج المستخدم من محاكاة جميع مكونات الشبكة الكهربائية من مجموعات توليد ومحطات تحويل وخطوط نقل ويمكن المستخدم من إدخال معاملاتها بسهولة و يقوم بعدة حسابات ومنها حسابات جريانات الحمولة ويعطي تقارير عن حمولات خطوط النقل ويقوم بحساب الضياعات ويشير إلى الاختناقات إن وجدت .

تم نمذجة الشبكة الكهربائية السورية لعام 2018 :



الشكل (39) تمثيل الشبكة الكهربائية السورية ببرنامج (NEPLAN)

تم إدخال سيناريو افتراضي ليوم ما حيث كانت الاستطاعة الكلية اللحظية المولدة 2977MWH والاستطاعة المولدة على المجموعات البخارية اللحظية موضحة بالجدول (25):

الجدول (25) أحمال المجموعات البخارية السيناريو الافتراضي

| استهلاك الفيول TON FUEL | الاستطاعة المنتجة MWH | الاستطاعة الاسمية MWH | المجموعة |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------|----------|
| 34.324 | 90 | 220 | الزارة 1 |
| 61.166 | 190 | 220 | الزارة 2 |
| 44.644 | 126 | 220 | الزارة 3 |
| 15.878 | 38 | 130 | محرده 1 |
| 15.755 | 33 | 130 | محرده 2 |
| 23.272 | 65 | 135 | محرده 3 |
| 0 | 0 | 135 | محرده 4 |
| 21.012 | 45 | 120 | بانياس 1 |
| 0 | 0 | 130 | بانياس 2 |
| 23.441 | 80 | 135 | بانياس 3 |
| 28.48 | 120 | 135 | بانياس 4 |
| 34.75 | 150 | 200 | تشرين 1 |
| 0 | 0 | 200 | تشرين 2 |
| 302.721 | 937 | 2110 | المجموع |

تكلفة 1MWH تساوي 0.323075

السيناريو الأول: باقتراح أمثلة كل محطة على حدا وبنفس الاستطاعة المنتجة في المحطة ذاتها:

الجدول (26) أحمال المجموعات البخارية السيناريو الأول

| المجموعة | الاستطاعة الاسمية MWH | الاستطاعة المنتجة MWH | استهلاك الفيول TON FUEL |
|----------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|
| الزارة 1 | 220 | 195 | 45.271 |
| الزارة 2 | 220 | 151 | 54.908 |
| الزارة 3 | 220 | 60 | 27.224 |
| محرده 1 | 130 | 40 | 16 |
| محرده 2 | 130 | 40 | 16.46 |
| محرده 3 | 135 | 56 | 21.453 |
| محرده 4 | 135 | 0 | 0 |
| بانياس 1 | 120 | 35 | 18.848 |
| بانياس 2 | 130 | 0 | 0 |
| بانياس 3 | 135 | 107 | 26.871 |
| بانياس 4 | 135 | 103 | 26.235 |
| تشرين 1 | 200 | 150 | 34.75 |
| تشرين 2 | 200 | 0 | 0 |
| المجموع | 2110 | 937 | 288.02 |

بالمقارنة بين السيناريو الافتراضي مع سيناريو الأمثلة الأول نلاحظ أن التوفير في الفيول كان يساوي 14.701 طن فيول في الساعة أي ما يعادل 5% من الاستهلاك الكلي للفيول.

السيناريو الثاني: وهنا نقترح إيقاف مجموعات محطة محردة وتوزيع حملها على باقي المحطات:

الجدول (27) أحمال المجموعات البخارية السيناريو الافتراضي

| المجموعة | الاستطاعة الاسمية MWH | الاستطاعة المنتجة MWH | استهلاك الفيول TON FUEL |
|----------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|
| الزارة 1 | 220 | 195 | 45.27 |
| الزارة 2 | 220 | 195 | 61.98 |
| الزارة 3 | 220 | 152 | 49.18 |
| محردة 1 | 130 | 0 | 0 |
| محردة 2 | 130 | 0 | 0 |
| محردة 3 | 135 | 0 | 0 |
| محردة 4 | 135 | 0 | 0 |
| بانياس 1 | 120 | 35 | 18.848 |
| بانياس 2 | 130 | 0 | 0 |
| بانياس 3 | 135 | 107 | 26.871 |
| بانياس 4 | 135 | 103 | 26.235 |
| تشرين 1 | 200 | 150 | 34.75 |
| تشرين 2 | 200 | 0 | 0 |
| المجموع | 2110 | 937 | 263.134 |

بالمقارنة بين السيناريو الافتراضي مع سيناريو الأمثلة الثاني نلاحظ أن التوفير في الفيول كان يساوي 39.587 طن فيول في الساعة أي ما يعادل 13% من الاستهلاك الكلي للفيول.

بتمثيل السيناريو الافتراضي والأول والثاني على برنامج الـ NEPLAN،

وبحساب جريانات الحمولة و الضياعات كانت النتائج كالتالي:

السيناريو الافتراضي:

الجدول (28) ملخص أحمال الشبكة السورية السيناريو الافتراضي

| | From Area/Zone | To Area/Zone | P Loss | Q Loss | P Imp | Q Imp | P Gen | Q Gen | P Load | Q Load | Gen. Cost | Qc Shunt | Ql Shunt | Q Comp | Iron Losses |
|---|----------------|--------------|--------|----------|----------|----------|--------|----------|----------|----------|-----------|----------|-------------|--------|-------------|
| | | | MW | MVar | MW | MVar | MW | MVar | MW | MVar | MW | MVar | Curr. Units | MVar | MVar |
| 1 | Network | | 23.701 | -175.789 | 69.6 | 73.031 | 2976.7 | 1047.215 | 2952.999 | 1338.506 | 0 | 142.896 | 27.394 | 0 | 0 |
| 2 | Mid-Area | | 2.03 | -110.496 | -319.071 | -110.333 | 810.1 | 267.354 | 488.999 | 318.587 | 0 | 51.07 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | South-Area | | 20.177 | -115.883 | 263.577 | 38.141 | 1706.6 | 532.94 | 1950 | 738.521 | 0 | 78.952 | 27.394 | 0 | 0 |
| 4 | West-Area | | 1.493 | 50.589 | 55.493 | 72.192 | 460 | 246.922 | 514 | 281.398 | 0 | 12.873 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | jordan | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | leban | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | Zone 1 | | 23.701 | -175.789 | 0 | 0 | 2976.7 | 1047.215 | 2952.999 | 1338.506 | 0 | 142.896 | 27.394 | 0 | 0 |

السيناريو الأول:

الجدول (29) ملخص أحمال الشبكة السورية سيناريو الأمثلة الأول

| | From Area/Zone | To Area/Zone | P Loss | Q Loss | P Imp | Q Imp | P Gen | Q Gen | P Load | Q Load | Gen. Cost | Qc Shunt | Ql Shunt | Q Comp | Iron Losses |
|---|----------------|--------------|--------|----------|----------|----------|--------|---------|----------|----------|-----------|----------|-------------|--------|-------------|
| | | | MW | MVar | MW | MVar | MW | MVar | MW | MVar | MW | MVar | Curr. Units | MVar | MVar |
| 1 | Network | | 23.701 | -173.652 | 69.6 | 73.037 | 2976.7 | 1049.21 | 2952.999 | 1338.358 | 0 | 142.891 | 27.394 | 0 | 0 |
| 2 | Mid-Area | | 2.03 | -108.438 | -319.071 | -110.046 | 810.1 | 269.044 | 488.999 | 318.503 | 0 | 51.067 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | South-Area | | 20.177 | -115.864 | 263.577 | 37.973 | 1706.6 | 533.09 | 1950 | 738.485 | 0 | 78.951 | 27.394 | 0 | 0 |
| 4 | West-Area | | 1.494 | 50.651 | 55.494 | 72.073 | 460 | 247.075 | 514 | 281.37 | 0 | 12.873 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | jordan | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | leban | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | Zone 1 | | 23.701 | -173.652 | 0 | 0 | 2976.7 | 1049.21 | 2952.999 | 1338.358 | 0 | 142.891 | 27.394 | 0 | 0 |

السيناريو الثاني:

الجدول (30) ملخص أحمال الشبكة السورية سيناريو الأمثلة الثاني

| | From Area/Zone | To Area/Zone | P Loss | Q Loss | P Imp | Q Imp | P Gen | Q Gen | P Load | Q Load | Gen. Cost | Qc Shunt | Ql Shunt | Q Comp | Iron Losses |
|---|----------------|--------------|--------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|-----------|----------|-------------|--------|-------------|
| | | | MW | MVar | MW | MVar | MW | MVar | MW | MVar | MW | MVar | Curr. Units | MVar | MVar |
| 1 | Network | | 24.956 | -147.653 | 30.855 | 76.021 | 2977.955 | 1022.41 | 2952.999 | 1285.507 | 0 | 142.822 | 27.378 | 0 | 0 |
| 2 | Mid-Area | | 2.594 | -90.761 | -358.507 | -106.792 | 850.1 | 233.264 | 488.999 | 268.27 | 0 | 51.037 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | South-Area | | 20.872 | -107.621 | 303.018 | 36.03 | 1667.855 | 540.927 | 1950 | 736.116 | 0 | 78.916 | 27.378 | 0 | 0 |
| 4 | West-Area | | 1.489 | 50.728 | 55.489 | 70.762 | 460 | 248.22 | 514 | 281.122 | 0 | 12.868 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | jordan | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | leban | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | Zone 1 | | 24.956 | -147.653 | 0 | 0 | 2977.955 | 1022.41 | 2952.999 | 1285.507 | 0 | 142.822 | 27.378 | 0 | 0 |

نلاحظ تطابق بين السيناريو الافتراضي والسيناريو الأول بجريانات الحمولة و الضياعات وهذا منطقي لأن الموضع الجغرافي للاستطاعة المولدة لم يتغير ، مع توفير 5%، وبمقارنة السيناريو الافتراضي مع السيناريو الثاني نلاحظ زيادة طفيفة بالضياعات تعادل 1.2MWH وتوفير بمعدل 13%.

إن تمكنا من تطبيق السيناريو الأول في التشغيل الحالي لمجموعات التوليد في الجمهورية العربية السورية، فيمكن توفير 5% لمدة عشر ساعات يومية على الأقل، وهذا يعني توفير 140 طن فيول يومياً أي ما يعادل بالسعر العالمي للفيول \$/42000/ يومياً، وعند دراسة الأثر البيئي فتبين أن تطبيق السيناريو الأول لمدة عشر ساعات يومية يعني الحد من انبعاث غاز CO2 بمقدار 158410 Tons وهذا الرقم يحتاج إلى مساحة مزروعة بالأشجار تعادل 61000 دونم للتخلص منه.

3- الخاتمة:

تم في هذا البحث إعادة صياغة مسألة التوزيع الاقتصادي للحمل على مجموعات التوليد البخارية، من خلال بناء النموذج الرياضي، واقتراح خوارزمية لحل تلك الصياغة، وتطبيق هذه الصياغة على محطات التوليد البخارية في الجمهورية العربية السورية. إن الهدف الأساسي لهذه الصياغة هي البحث عن الحمل الكلي تلك المجموعات الذي يحقق أقل تكلفة.

كما تم عرض نتائج الدراسة حيث تبين أن الحمل الأعظمي لمجموعات التوليد البخارية في الجمهورية العربية السورية هو الحمل الأمثل لها، وايضاً وجود تفاوت بين الاستهلاك الوقود بين تلك المحطات يصل إلى 30% بين محطة تشرين البخارية ومحطة محررة وهنا تظهر الحاجة الى إعادة تأهيل المحطات القديمة كمحطة محررة.

تمت مقارنة النتائج المتحصل عليها من خوارزمية الحل المقترح في البحث مع النتائج المتحصل عليها من تطبيق الخوارزمية الجينية فكانت النتائج متطابقة. لذلك اعتمدنا على الخوارزمية المقترحة في البحث لإيجاد الحمل الأمثل لمحطات التوليد البخارية في الجمهورية العربية السورية كون التوابع التي تعاملنا بها هي توابع تربيعية أما في حال أخذنا التأثيرات اللاخطية في توابع الكلفة بعين الاعتبار وكي لا نقع في نهاية محلية للتابع عندها من الأجدى استخدام الخوارزميات الجينية (ذات التكلفة الحسابية الأكبر). قمنا ببرمجة الخوارزمية المقترحة و نمذجة توابع استهلاك الوقود بواسطة Matlab2016 كما تم الاستعانة بالخوارزمية الجينية المتوفرة في هذا الإصدار.

تم بناء برنامج Ecv0.002 الخاص بحساب مسألة التوزيع الاقتصادي للحمل بطرحيه السابق والمقترح بالبحث تم إدخال أحمال افتراضية تحاكي يوم

تشغيل عادي و تم اقتراح أكثر من سيناريو أمثلة وكان نسبة الوفر تتراوح بين 5% إلى 13% تم نمذجة الشبكة الكهربائية السورية بواسطة برنامج NEPLAN لتأكد من جريان الحمولة .

التوصيات والمقترحات:

1- من الضروري إيجاد مؤشر تحليلي عددي يبين الحمل الأمثل لمحطات التوليد البخارية وكلفة التشغيل الأمثل، وهو ما تم اقتراحه في هذا البحث من خلال برنامج Ecv0.002.

2- إن الحمل الأمثل لمجموعات التوليد البخارية في الجمهورية العربية السورية هو الحمل الأعظمي لذلك ننصح بعدم تخفيض حمولاتها الى ما دون الـ 1000MWH (الحمل الاقتصادي)، عندها يصبح من الأجدى فصل إحدى المجموعات بالترتيب التالي: محردة ثم بانياس ثم الزارة ثم تشرين.

3- أظهرت النتائج أيضا الحاجة لإعادة تأهيل المجموعات البخارية القديمة لمجموعات توليد محردة وتوليد بانياس، كون كلف التشغيل كبيرة جداً عن الكلفة المثالية.

4- نوصي ربط برنامج Ecv0.002 مع برنامج لتوقع الأحمال ومقارنة التشغيل الحالي مع التشغيل الأمثل .

المراجع:

- 1- Agrawal, S. and Dohre, D. (2016). Power Economic Dispatch of Thermal Power Plant Using Classical Traditional Method. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET), Volume 4 Issue II, ISSN: 2321-9653, (2016).
- 2- Behnam, M. Abbas, R. and Alireza, S,. (2013). Nonconvex Dynamic Economic Power Dispatch Problems Solution Using Hybrid Immune-Genetic Algorithm. IEEE Systems Journal, 7 (4): 777-785. Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE), (2013).
- 3- Gnanambal, K., Marimuthu, A. and Jeyanthi, K. (2016). Two Stage Approach for Economic Dispatch in Using Quasi-Oppositional Based Particle Swarm Optimization. GRD Journals | Global Research and Development Journal for Engineering | International Conference on Innovations in Engineering and Technology (ICIET) - 2016 | July 2016 e-ISSN: 2455-5703, (2016).
- 4- Guvenc, U., Duman, S., Saracoglu, B. and Ozturk, A. (2011). A Hybrid GAPSO Approach Based on Similarity for Various Types of Economic Dispatch Problems, ELECTRONICS AND ELECTRICAL ENGINEERING ISSN 1392 – 1215. No.2 (108),(2011).
- 5- Haruna, Y.S., Yisah, Y. S., Bakare, G. A., Haruna M. S.and Oodo S.O. (2017). Optimal Economic Load Dispatch

of the Nigerian Thermal Power Stations Using Particle Swarm Optimization (PSO). The International Journal Of Engineering And Science (IJES) Volum 6 Issue 1 Pages PP 17-23 ISSN (e): 2319 – 1813, (2017).

- 6- Labeled,I., Boucherma,M., Labeled,D. (2013), Economic Dispatch Using Classical Methods And Neural Networks, (2013).
- 7- Oluwadare, S., Iwasokun, G., Olabode, O., Olusi, O., and Akinwonmi, A., (2016). Genetic Algorithm-based Cost Optimization Model for Power Economic Dispatch Problem. British Journal of Applied Science & Technology 15(6): 1-10, 2016, Article no. BJASt.24347 ISSN: 2231-0843, NLM ID: 101664541,(2016).
- 8- Pandian,S.M.V.and Thanushkodi,k.,(2012). Considering transmission loss for an economic dispatch problem without valve-point loading using an EPEPSO Algorithm. Turk J Elec Eng & Comp Sci, Vol.20, No.Sup.2,2012,c_T`UB`ITAK doi:10.3906/elk-1102-1074, (2012).
- 9- RaoS.S.,(2004).Engineering optimization- Theory and practice, 4th ed. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, (2009).

- 10- Satheesh, A.P., Kanakavalli, Y., Sahithi, A. and Kesava R. G. Economic Load Dispatch Using Particle Swarm Optimization. International Journal of Pure and Applied Mathematics Volume 114 No. 9, 347-355, (2017).
- 11- Sheta, A.F., Solving the Economic Load Dispatch Problem Using Crow Search Algorithm. Proceedings of The 8th International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics IMCIC (2017).
- 12- Suman, M., Venu Gopala Rao, M., Hanumaiah, A., and Rajesh, K.(2016). Solution of Economic Load Dispatch problem in Power System using Lambda Iteration and Back Propagation Neural Network Methods. International Journal on Electrical Engineering and Informatics - Volume 8, Number 2, June 2016, (2016).
- 13- Syed Jamalil, S.A.(2013). Solving Economic Dispatch Problem Using Particle Swarm Optimization, (2013).
- 14- Victoria, S. A., Susana C. E.(2016), Immune Algorithm for Solving the Smooth Economic Dispatch Problem, Computer Science Department, Av. IPN No. 2508, Col. San Pedro Zacatenco, M_exico D.F. 07300, M_EXICO. The last author is also a_liated to the UMI 3175 CNRS at CINVESTAV-IPN, (2016).

15-Yalcinoz, T.,Altun, H.,(2017). A New Genetic Algorithm With Arithmetic Crossover To Economic and Environmental. Economic International Journal on Electrical Engineering and Informatics - Volume 8, Number 2, (2017).

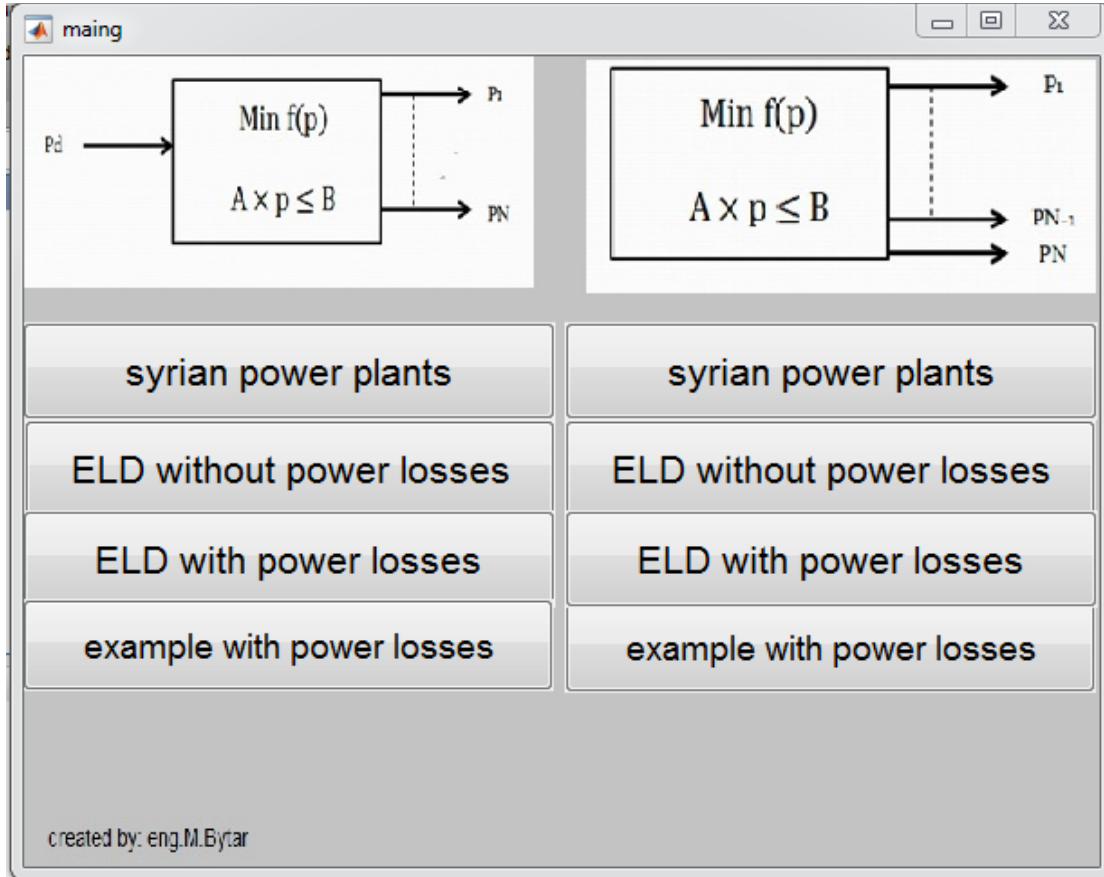
16- التقرير الاحصائي السنوي لمؤسسة توليد الكهرباء السورية لعام 2017.

الملحق

التعريف بالبرنامج Ec v0.002:

يعمل البرنامج تحت بيئة Matlab ويحتوي على واجهة رئيسية بالإضافة ل 8 واجهات فرعية :

الواجهة الرئيسية :

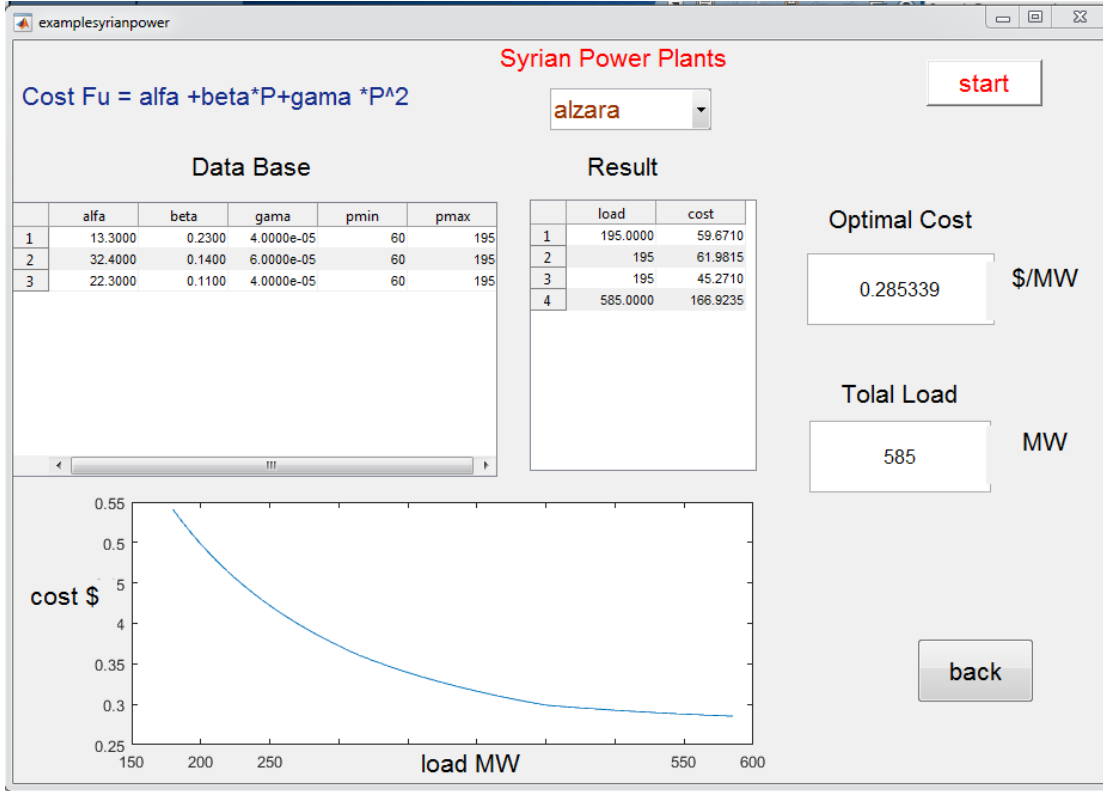


تحتوي الواجهة الرئيسية على قسمين متماثلين القسم اليميني لحل المقاربة الجديدة أما القسم اليساري لحل مسألة التوزيع الاقتصادي السابقة كما هو واضح بالشكل التالي:

القسم اليميني:

الخيار syrian power plants

يفتح الواجهة التالية :



الخيار alza

يسمح للمستخدم إختيار إحدى مجموعات التوليد في الجمهورية العربي السورية (الزارة- بانياس- محردة- تشرين) بالإضافة لحالة عملية مرجعية.

الخيار start

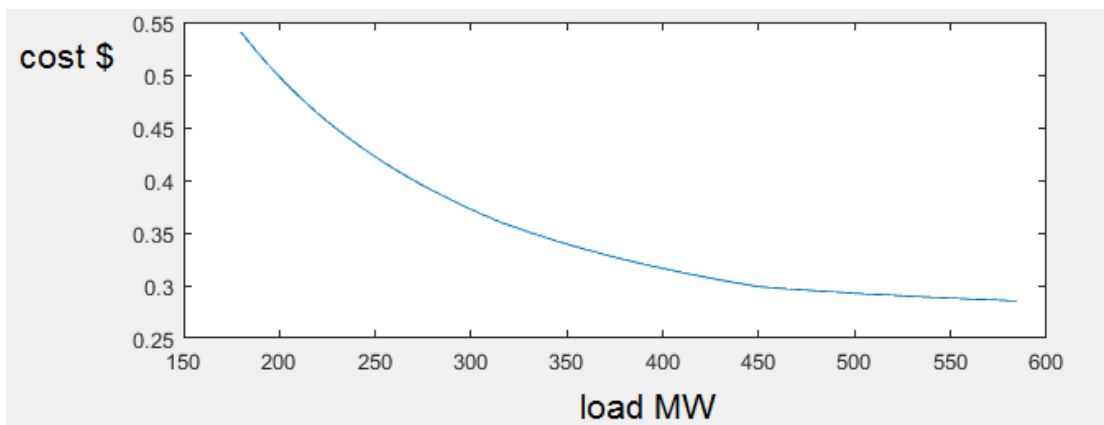
عند الضغط عليه يتم تنفيذ البرنامج وتظهر النتائج التالية:

| Data Base | | | | | |
|-----------|---------|--------|------------|------|------|
| | alfa | beta | gama | pmin | pmax |
| 1 | 13.3000 | 0.2300 | 4.0000e-05 | 60 | 195 |
| 2 | 32.4000 | 0.1400 | 6.0000e-05 | 60 | 195 |
| 3 | 22.3000 | 0.1100 | 4.0000e-05 | 60 | 195 |

معاملات المجموعة المختارة وفي هذا المثال الزارة.

| result | | |
|--------|----------|----------|
| | load | cost |
| 1 | 195.0000 | 59.6710 |
| 2 | 195 | 61.9815 |
| 3 | 195 | 45.2710 |
| 4 | 585.0000 | 166.9235 |

الحمل الأمثلي وتوزع الأحمال على مجموعات توليد الزارة.



تغيرات تابع الكلفة بدلالة الحمل.

Optimal Cost

0.285339

\$/MW

Total Load

585

MW

back

للعودة للواجهة الرئيسية

ELD without power losses

الخيار

يفتح الواجهة :

withoutlosses

Economic Dispatch Without Power Losses

Cost Fu = alfa +beta*P+gama *P^2

Start

Data Base

| | alfa | beta | gama | pmin | pmax |
|---|------|------|------|------|------|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |

Result

| | load | cost |
|---|------|------|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |

Optimal Cost

optimal cost \$/MW

Back

نفس الواجهة السابقة :

تختلف عنها بأن المستخدم يستطيع إدخال معاملات مجموعات التوليد بجدول

Data Base

حيث المعاملات تتعلق بتابع الكلفة المذكور بالمقدمة وقيد المتراجعة أما القيد الصفري فتم تضمينه بمعادلات الحساب بخوارزمية الحل .

ELD with power losses

الخيار

يفتح الواجهة :

Economic Dispatch With Power Losses

Cost $F_u = \text{alfa} * P^2 + \text{beta} * P + \text{gama}$

Data Base

| | alfa | beta | gama | pmin | pmax |
|---|------|------|------|------|------|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |

Result

| | load |
|---|------|
| 1 | |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | |

Optimal Cost: \$/MW

Total Power: MW

Power Losses: MW

Power Losses Matrix

| | alfa | beta | gama | pmin |
|---|------|------|------|------|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |

A graph area is visible at the bottom right of the interface, currently empty.

إن الجدول الإضافي في هذه الواجهة

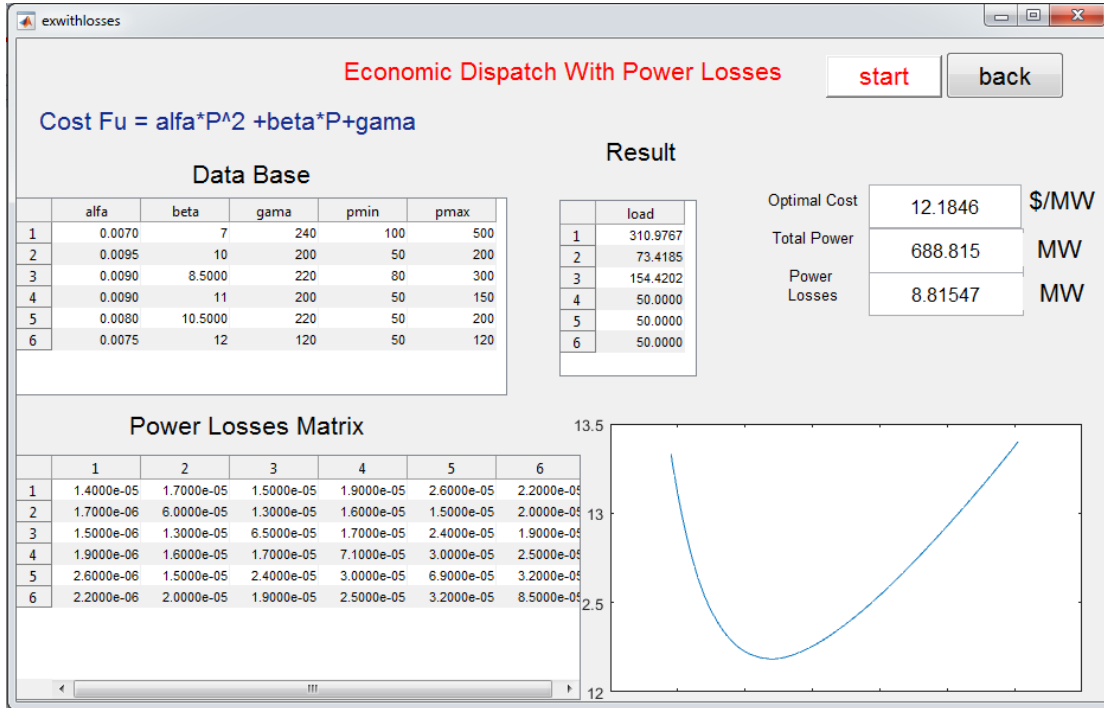
| | alfa | beta | gama | pmin |
|---|------|------|------|------|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |

فهي عبارة عن مصفوفة الضياعات المتناظرة يتم إدخالها من قبل المستخدم.

example with power losses

الخيار

يفتح الواجهة :



هو عبارة عن حالة عملية دراسة مرجعية مع الضياعات

القسم اليساري :

تستخدم للبحث عن نقطة وليس كامل المجال.

syrian power plants

الخيار

يفتح الواجهة :

Cost Fu = alfa +beta*P+gama *P^2

start

Choose Syrian Power Plant: alzara

Enter Power Demond MW: 180 < 400 < 585

| Data Base | | | | | |
|-----------|---------|--------|------------|------|------|
| | alfa | beta | gama | pmin | pmax |
| 1 | 13.3000 | 0.2300 | 4.0000e-05 | 60 | 195 |
| 2 | 32.4000 | 0.1400 | 6.0000e-05 | 60 | 195 |
| 3 | 22.3000 | 0.1100 | 4.0000e-05 | 60 | 195 |

| Result | | |
|--------|----------|----------|
| | load | cost |
| 1 | 60 | 27.2440 |
| 2 | 145.0000 | 53.9615 |
| 3 | 195 | 45.2710 |
| 4 | 400.0000 | 126.4765 |

Optimal Cost: 0.316191 \$/MW

Total Load: 400 MW

back

تمكن المستخدم من إختيار محطة التوليد وادخال الحمل المطلوب .

ELD without power losses

الخيار

يفتح الواجهة :

Economic Dispatch Without Losses

start

Cost Fu = alfa +beta*P+gama *P^2

Enter Power Demond MW

pmin < [] < pmax

| Data Base | | | | | Result | | |
|-----------|------|------|------|------|--------|------|------|
| | alfa | beta | gama | pmin | pmax | load | cost |
| 1 | | | | | | 1 | |
| 2 | | | | | | 2 | |
| 3 | | | | | | 3 | |
| 4 | | | | | | 4 | |

Optimal Cost

optimal cost \$/MW

Total Load

total load MW

back

تسمح للمستخدم إدخال معاملات المجموعة بالإضافة للحمل المطلوب.

ELD with power losses

الخيار

يفتح الواجهة :

Economic Dispatch With Power Losses

Cost Fu = $\text{alfa} \cdot P^2 + \text{beta} \cdot P + \text{gama}$

Data Base

| | alfa | beta | gama | pmin | pmax |
|---|------|------|------|------|------|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |

enter power demand MW

380 < < 1470

Power Losses Matrix

| | alfa | beta | gama | pmin |
|---|------|------|------|------|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |

Result

| | load |
|---|------|
| 1 | |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | |

Optimal Cost \$/MW

Total Power MW

Power Losses MW

يسمح للمستخدم بإدخال مصفوفة الضياعات ومعاملات المجموعات والحمل المطلوب .

example with power losses

الخيار

يفتح الواجهة :

oldexwithlosses

Economic Dispatch With Power Losses

Cost $F_u = \text{alfa} \cdot P^2 + \text{beta} \cdot P + \text{gama}$

start back

Data Base

| | alfa | beta | gama | pmin | pmax |
|---|--------|---------|------|------|------|
| 1 | 0.0070 | 7 | 240 | 100 | 500 |
| 2 | 0.0095 | 10 | 200 | 50 | 200 |
| 3 | 0.0090 | 8.5000 | 220 | 80 | 300 |
| 4 | 0.0090 | 11 | 200 | 50 | 150 |
| 5 | 0.0080 | 10.5000 | 220 | 50 | 200 |
| 6 | 0.0075 | 12 | 120 | 50 | 120 |

enter power demand MW :

380 < 600 < 1470

Power Losses Matrix

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1 | 1.4000e-05 | 1.7000e-05 | 1.5000e-05 | 1.9000e-05 | 2.6000e-05 | 2.2000e-05 |
| 2 | 1.7000e-06 | 6.0000e-05 | 1.3000e-05 | 1.6000e-05 | 1.5000e-05 | 2.0000e-05 |
| 3 | 1.5000e-06 | 1.3000e-05 | 6.5000e-05 | 1.7000e-05 | 2.4000e-05 | 1.9000e-05 |
| 4 | 1.9000e-06 | 1.6000e-05 | 1.7000e-05 | 7.1000e-05 | 3.0000e-05 | 2.5000e-05 |
| 5 | 2.6000e-06 | 1.5000e-05 | 2.4000e-05 | 3.0000e-05 | 6.9000e-05 | 3.2000e-05 |
| 6 | 2.2000e-06 | 2.0000e-05 | 1.9000e-05 | 2.5000e-05 | 3.2000e-05 | 8.5000e-05 |

Result

| | load |
|---|----------|
| 1 | 277.4893 |
| 2 | 50.0000 |
| 3 | 129.4624 |
| 4 | 50.0000 |
| 5 | 50.0000 |
| 6 | 50.0000 |

Optimal Cost 12.2249 \$/MW

Total Power 606.952 MW

Power Losses 6.95168 MW

يدخل المستخدم الحمل المطلوب لدراسته على حالة مرجعية .