

تقنية إضافة وحدات التوليد الصغيرة باستخدام الخوارزمية الجينية لتقليل قيمة الفقد بالقدرة الحقيقية

السيدة سراء إسماعيل / مدرس مساعد
قسم الهندسة الكهربائية / جامعة الموصل

الملخص

إن الطلب المتزايد لوحدة التوليد الصغيرة أدى إلى اهتمام متجدد في وحدات التوليد المنتشرة (Units Distributed Generation) على مواقع معينة من الشبكة حيث تعد وسيلة لتقليل الفقد بالقدرة الحقيقية ، وقد تم التعامل مع الموضوع بتقنيات متعددة على مدى العقود المنصرمة. يتناول البحث هذه المسألة باستعمال الخوارزمية الجينية (Genetic Algorithm) وهي إحدى الوسائل المستخدمة لحساب القيمة المثلى لوحدة التوليد المضافة إلى المواقع التي تعاني من هبوط بالفولتية عند التحميل عند أقل فقد بالقدرة الحقيقية ، وكذلك دراسة تأثير زيادة عدد المواقع لإضافة وحدات التوليد على نسبة تقليل الفقد بالقدرة الحقيقية. تم تطبيق الطريقة المقترحة على منظومة (30 Bus) IEEE.

Genetic Algorithm Based Small Distributed Generation Units Addition Technique To Reduce Real Power Losses

Saraa Esmaeel Khaleel / Assist. Lecturer
Electrical Engineering Department
University of Mosul

Abstract

The increasing demand on installing small generating units had resulted in focusing on advanced concern of distributed generation (DG) units located at specific points of the electrical distribution grid as a mean of reduction in real power losses. This issue had been dealt with many techniques over the last decades.

This research paper is taking Genetic Algorithm technique into consideration as one of the most efficient tools in calculating the optimum value of these DG units added to the grid locations suffering from loading effect based voltage drop at the minimum real power loss. This research is also concerning the impact of increasing number of locations of DG units added to the grid the percentage of reduction in real power loss.

Keywords: Small Generator Units, Genetic Algorithm, Optimal (DG) Units, Add to Grid Real Power Losses

المقدمة :

بدأ الاهتمام بقيمة الفولتية وتجهيز القدرة بنوعها الفاعلة والمتفاعلة في فترة مبكرة وترجع أوائل البحوث المنشورة إلى العقود الماضية. ازداد الاهتمام بهذه الجوانب بمرور الوقت وقد طورت الأساليب والتقنيات بصورة مستمرة لتواكب تعقيد واتساع منظومات القدرة الكهربائية. يعد تشغيل منظومات القدرة الكهربائية المسؤول عن ضمان تجهيز القدرة إلى المستهلكين بما في ذلك ضمان بقاء الجهد عند العموميات ضمن الحدود المقبولة لمواصفات الجودة والضمان للقدرة الكهربائية المجهزة [1].

يعد التوليد الموزع والمتوقع أن ينمو في المستقبل القريب من أهم الوسائل المستخدمة حديثاً لرفع كفاءة التشغيل لأنظمة القدرة الكهربائية [2]. بالرغم من أن هنالك صعوبات وحواجز قبل انتشار استخدام التوليد الموزع. أحد هذه الحواجز والصعوبات هي الربط للشبكة. خصوصاً عندما تكون المواقع ووحدات التوليد المقترضة جديدة وتجارية. لذا يجب اتباع الأنظمة والقوانين السائدة والمسموح بها عند النصب والإضافة. التقنيات الجديدة والكفاءة للحلول ضرورياً لجعل التوليد الموزع اقتصادياً ومتوفراً.

ومن الناحية التقنية ربط وحدات التوليد الموزع إلى الشبكة بحد ذاته تحدي للعاملين في هذا المجال السبب الأساسي هو لعدم التخطيط لإضافة أو نصب وحدات التوليد الصغيرة [3]. ومنذ الأزل أنظمة القدرة الكهربائية تحصل على الطاقة من محطات التوليد الرئيسي. حيث كانت المحطات التي تعتمد على الوقود تمثل مصادر توليد القدرة. لكن أزمة النفط بدأت تضع صعوبات جديدة لمؤسسات الطاقة بالإضافة إلى كلفة النقل والتوزيع. لذلك ظهرت الحاجة إلى استخدام التوليد الموزع والمنتشر عند الحمل أو بالقرب من الحمل. ويمكن استخدامها بشكلين بشكل طاقة متجددة مثل طاقة الرياح ووحدات التوليد الشمسية والمائية وتكون مقيدة بالموقع الجغرافي أما الشكل الثاني استخدام الوقود مثل وحدات التوليد الغازية وخلايا الوقود. وهذا التوليد الموزع الصغير يبين نتائج عالية في تقليل مقدار الفقد بالقدرة الحقيقية. بالإضافة إلى تقليل الإجهاد على أجهزة الشبكة [1, 2].

وقد استخدمت الخوارزمية الجينية (Genetic Algorithm) في إيجاد التشغيل الأمثل لتعويض القدرة الفاعلة في المنظومة IEEE 30 Bus. يتم حساب دالة الهدف بعد تكوين المجتمع لكل فرد أي حساب كفاءة كل فرد في المجتمع وقد تم اعتبار دالة الهدف (Fitness Function) أقل خسارة بالقدرة الحقيقية. يتم البحث عن القيمة المثلى لحقن وحدات التوليد المنتشرة التي تجعل دالة الهدف أقل ما يمكن [4].

$$\text{Fitness Function} = P_{\text{Loss}}$$

$$P_{\text{Loss}} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N G_{ij} \left[|V_i|^2 + |V_j|^2 - 2 |V_i| |V_j| \cos(\delta_i - \delta_j) \right] \dots (1)$$

حيث أن :

P_{Loss} : مقدار الفقد بالقدرة الحقيقية.

G_{ij} : الجزء الحقيقي لعنصر مصفوفة المسابرة.

V_i : فولتية الإرسال.

V_j : فولتية الاستلام.

δ_i : زاوية الفولتية للعمومي (i).

δ_j : زاوية الفولتية للعمومي (j).

الخوارزمية الجينية :

اكتشفت الخوارزمية الجينية عام 1975 من قبل العالم (John Hollan) في جامعة ميشكان الأمريكية ، وفكرة الخوارزمية الجينية مأخوذة من نظرية داروين (Darwin) في التطور وهي البقاء للأصلح ، إن الكائنات التي تحمل صفات وراثية جيدة تكون قادرة على مقاومة الظروف البيئية غير الجيدة وبهذا يمكن لها البقاء والتطور والنمو. أما الكائنات ذات الصفات غير الجيدة فانها غير قادرة على التكيف والتطور وتكون عرضة للانقراض بتغير الظروف المناخية [5].

وتعتبر الخوارزمية أحد أساليب الذكاء الصناعي. تعتمد طريقة عملها على مبدأ النشوء الطبيعي للوصول إلى الحل الأمثل والأفضل فهي من الأساليب الحديثة المستخدمة في حل مسائل معقدة والتي تحتاج إلى فضاء كبير في التوصل إلى الحل الأمثل.

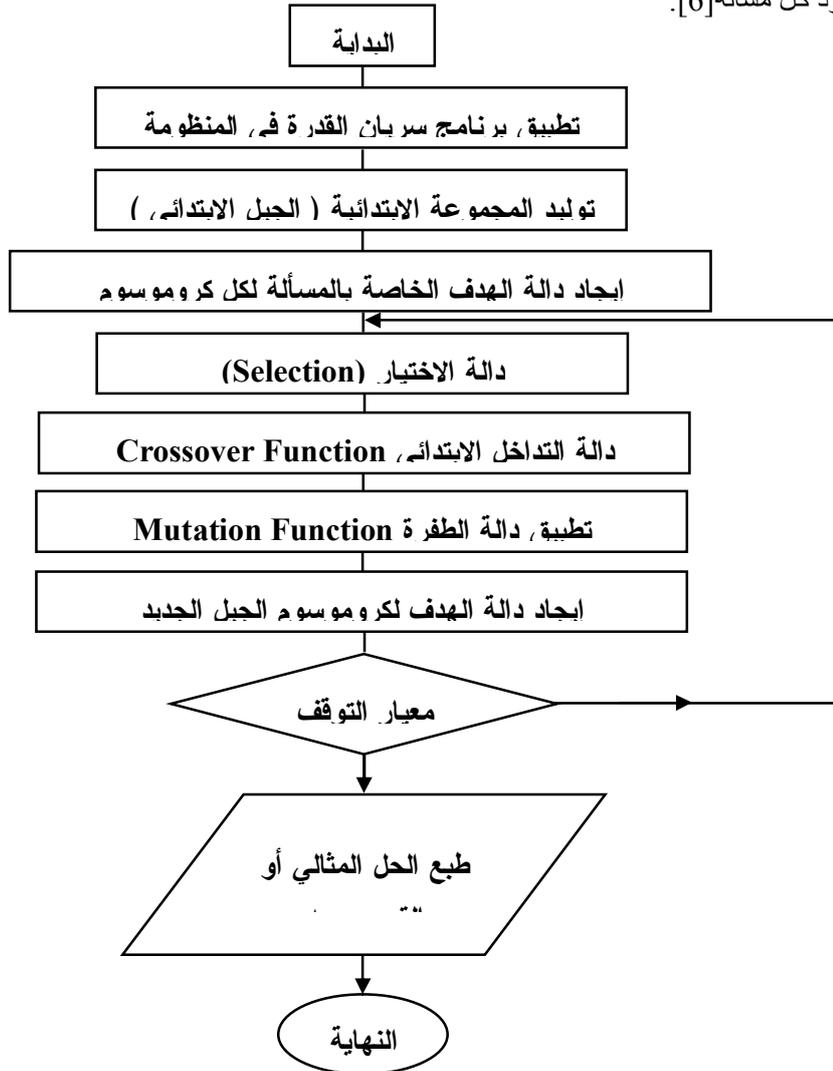
إن الخوارزمية الجينية مأخوذة من علم الوراثة التي تهتم على نحو عام بكيفية إنتاج أفراد جدد تمتلك صفات معينة وذلك من خلال عمل دالة الاختيار (Selection function) ودالة التداخل الابدالي (Crossover function) ودالة الطفرة (Mutation function) التي تحدث على المجموعات المورثة بهدف تكوين أفراد جدد [6].

أهمية وعمل (الخوارزمية الجينية) :

عدم قدرة الحلول البرمجية على حل بعض المسائل أدى إلى تعمق الباحثين في إيجاد خوارزميات أكثر كفاءة تساعد في إيجاد الحلول المناسبة والمثالية للمسائل المعقدة. ومن هذه الخوارزميات الكفاء هي الخوارزمية الجينية (Genetic Algorithm).

برزت أهمية استخدام الخوارزمية الجينية في حل مسائل معقدة كبيرة الحجم ، وقد استخدمت كل المسائل الأمثلية المقيدة وغير المقيدة. ففكرة الخوارزمية الجينية تكون في توليد مجتمع عشوائي يمثل (مجموعة حلول) وكل حل تختص له درجة معينة من الصلاحية (Fitness) ترتبط مباشرة بدالة الهدف (Objective function) للمسألة المعنية والتي يحددها مصمم الخوارزمية وأحسن الحلول هي التي تبقى (تمتلك أعلى درجة صلاحية) أما الحلول التي تكون أقل كفاءة فيمكن إهمالها تحت قاعدة (البقاء للأصلح) (Survival of Fittest)[7]. وبعدها يتم تعديل هذا المجتمع وتوليد مجتمع آخر من خلال تطبيق العوامل الجينية (Genetic Operators) مثل عملية الانتقاء وعملية التداخل الإبدالي والطفرة بصورة دائمة ويتابع على أفراد هذا المجتمع حتى تصل العملية إلى الحل الناتجة على نسبة كفاءة عالية أو نسبة خطأ ضئيل يمكن إهمالها أو إلى عدد معين من الدورات التكرارية (عندها يتحقق شرط التوقف) (Stop Grittier). وفي الشكل (1) يبين المخطط الانسيابي للخطوات العامة للخوارزمية الجينية.

وبهذا يمكن القول بأن الخوارزمية الجينية اختصرت من الزمن والجهد المطلوب لدى مصممين الأنظمة والبرامج وذلك من خلال توفيرها خوارزمية عامة يعتمد عليها في حل مختلف أنواع المسائل بدلاً من بناء خوارزمية خاصة لكل مسألة ، مع مراعاة التغييرات اللازمة التي تناسب مع خصوصية كل مسألة من حيث حجم ونوع البيانات المستخدمة وطبيعة دالة الهدف وقيود كل مسألة[6].



الشكل (1) : المخطط الانسيابي للخطوات العامة للخوارزمية الجينية

النتائج ومناقشتها :

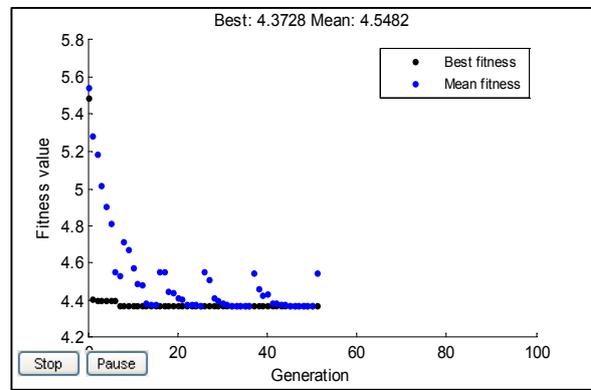
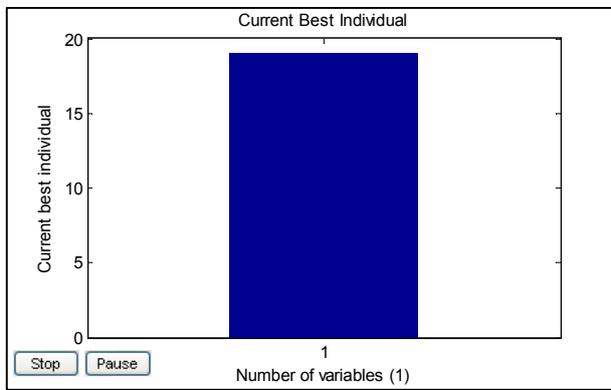
تمت دراسة وتحليل إضافة وحدات التوليد الصغيرة الحجم في عموميات الأحمال باستخدام الخوارزمية الجينية (GA). وذلك للحصول على أمثل قيمة للقدرة الفاعلة لإضافة وحدات التوليد عند أقل فقد بالقدرة الحقيقية وقد طبقت هذه الخوارزمية على المنظومة (IEEE 30 bus) في حالة التحميل فقد كانت قيمة الفقد بالقدرة الحقيقية يساوي (5.6053 MW).

وقد استخدمت الخوارزمية الجينية لإضافة وحدات التوليد صغيرة الحجم على المواقع التي تعاني من هبوط بالفولتية ومقارنتها مع طريقة المشتقة الضمنية لنفس الشبكة [4].

الحالات الدراسية :

1- إضافة وحدات التوليد صغيرة الحجم لموقع واحد.

تم الحصول على النتائج المعروضة في الجدول رقم (1) عند إضافة وحدات التوليد الصغيرة الحجم لموقع واحد أي الموقع الذي يعاني من هبوط بالفولتية حيث يبين قيمة ونسب تقليل الفقد بالقدرة الحقيقية وقيم فولتيات الأحمال والقدرة المتفاعلة لعموميات التوليد عند الإضافة المثلى لوحدات التوليد.

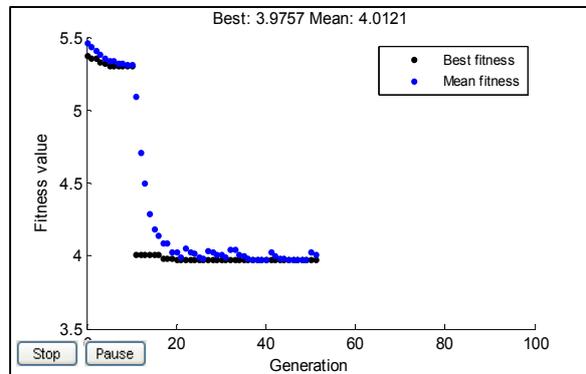
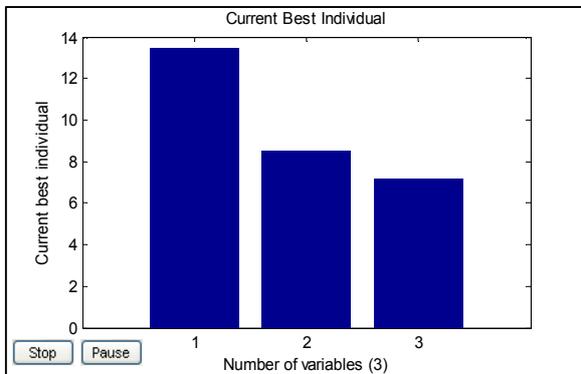


الشكل (3) : يبين علاقة عدد وحدات التوليد المضافة معقيمة وحدات التوليد المضافة

الشكل (2) : يبين علاقة عدد الأجيال المتولدة مع دالة الهدف (الفقد بالقدرة الحقيقية عند الإضافة لموقع واحد)

2- إضافة وحدات التوليد صغيرة الحجم لثلاث مواقع تعاني من هبوط بالفولتية.

الجدول رقم (2) يبين النتائج التي تم الحصول عليها عند إضافة وحدات التوليد لثلاث مواقع في آن واحد. حيث أن الجدول يظهر قيمة ونسب تقليل الفقد بالقدرة الحقيقية مع القدرة المتفاعلة لعموميات التوليد وقيم فولتيات الأحمال وكذلك القيمة المثلى المضافة لوحدات التوليد.

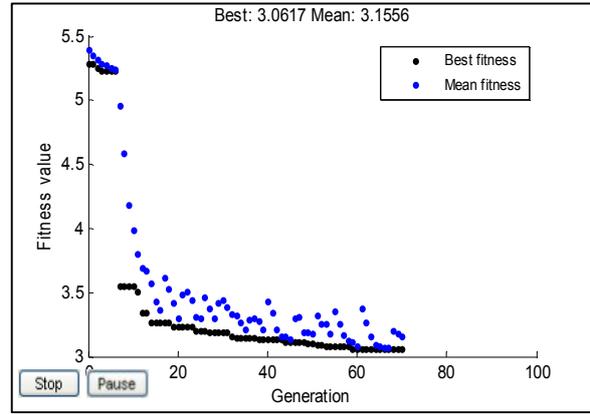
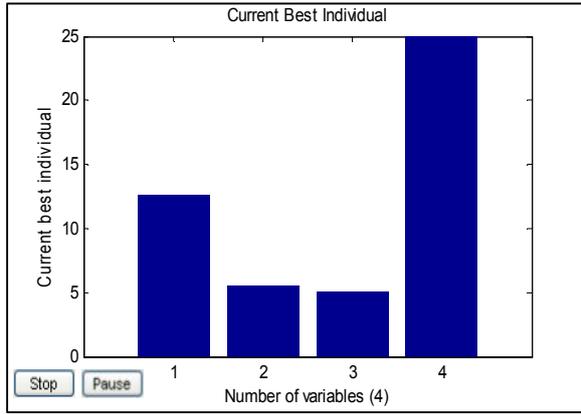


الشكل (5) : يبين علاقة عدد وحدات التوليد المضافة مع قيمة وحدات التوليد المضافة

الشكل (4) : يبين علاقة عدد الأجيال المتولدة مع دالة الهدف (الفقد بالقدرة الحقيقية عند الإضافة لثلاث مواقع في آن واحد)

وقد تم الحصول على أقل فقد بالقدرة الحقيقية عند الثلاث مواقع التي تعاني من هبوط بالفولتية وهي (11, 2, 13) وكانت قيمة الفقد (3.975 MW) وهي أقل عن قيمة الفقد ما قبل الإضافة لوحدات التوليد في الثلاث مواقع المذكورة أعلاه. والشكل (4) يبين علاقة دالة الهدف في القدرة الحقيقية مع عدد الأجيال المتولدة عند إضافة وحدات التوليد في الثلاث مواقع (11, 2, 13) كما وأن الشكل (5) يبين قيمة وحدات التوليد المضافة.

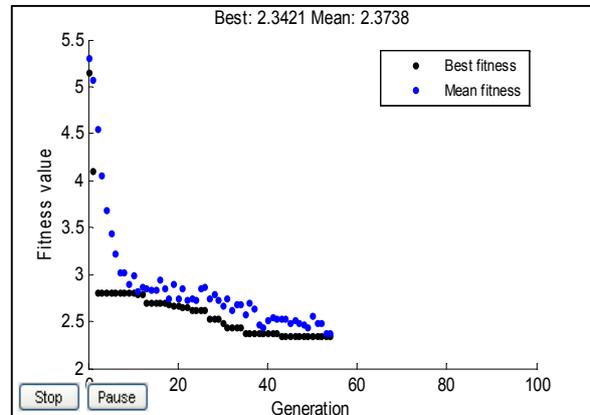
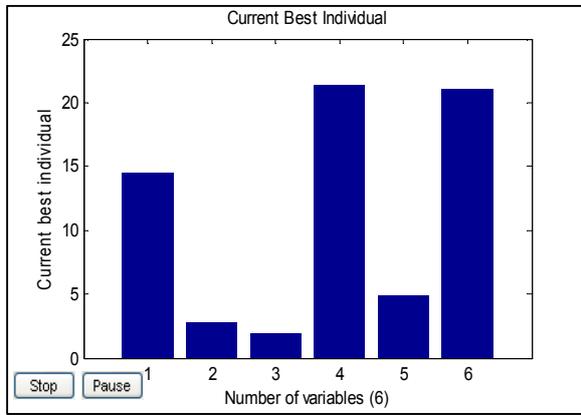
3- إضافة وحدات التوليد صغيرة الحجم لأربع مواقع تعاني من هبوط بالفولتية. الجدول رقم (3) يبين النتائج التي تم الحصول عليها عند إضافة وحدات التوليد لأربع مواقع في آن واحد. حيث أن الجدول يظهر قيمة ونسب تقليل الفقد بالقدرة الحقيقية مع قيم فولتيات الأحمال وكذلك القدرة المتفاعلة لعموميات التوليد. وكذلك القيمة المثلى المضافة لوحدات التوليد. وقد تم التوصل إلى أقل فقد بالقدرة الحقيقية عند الأربع مواقع التي تعاني من هبوط بالفولتية وهي (24, 11, 2, 13) وكانت قيمة الفقد (3.061 MW) ونسبة تقليل الفقد (45.3%).



الشكل (7) : يبين علاقة عدد وحدات التوليد المضافة مع قيمة وحدات التوليد المضافة

الشكل (6) : يبين علاقة عدد الأجيال المتولدة مع دالة الهدف (الفقد بالقدرة الحقيقية عند الإضافة لأربع مواقع في آن واحد)

4- إضافة وحدات التوليد صغيرة الحجم لست مواقع في آن واحد. يبين الجدول رقم (4) نتائج إضافة وحدات التوليد لست مواقع في آن واحد. حيث يظهر التوليد وقيم فولتيات الأحمال وكذلك القيمة المثلى المضافة لوحدات التوليد وقد تم التوصل إلى أقل فقد بالقدرة الحقيقية عند الست مواقع التي تعاني من هبوط بالفولتية وهي (19, 25, 24, 11, 2, 13) وكانت قيمة الفقد (2.342 MW) ونسبة تقليل الفقد (58.2%).



الشكل (9) : يبين علاقة عدد وحدات التوليد المضافة مع قيمة وحدات التوليد المضافة

الشكل (8) : يبين علاقة عدد الأجيال المتولدة مع دالة الهدف (الفقد بالقدرة الحقيقية عند الإضافة لست مواقع في آن واحد)

الاستنتاجات :

- من خلال الدراسة نتبع ما يلي :
- 1- إن الفقد بالقدرة الحقيقية يكون أقل كلما يزداد عدد وحدات التوليد المضافة على العموميات التي تعاني من هبوط بالفولتية.
 - 2- أعطت طريقة الخوارزمية الجينية سهولة في الحل وكذلك تم تقليل الفقد بشكل أكبر من الطرق التقليدية السابقة كما في طريقة المشتقة الضمنية حيث إضافة لست مواقع كانت قيمة الفقد (2.342 MW) ونسبة تقليل الفقد (58.2%) إذا ما قورنت بطريقة المشتقة الضمنية لنفس مواقع حيث كانت قيمة الفقد (2.449 MW) ونسبة تقليل الفقد (56.29%).
 - 3- تعطي طريقة الخوارزمية الجينية كسب أي تقليل كلفة نصب وحدات التوليد حيث كانت قيمة قدرات وحدات التوليد المضافة لست مواقع (67.7 MW) بينما في طريقة المشتقة الضمنية لنفس المواقع هي (77.5 MW).
 - 4-

الجدول (1) : يبين قيم ونسب تقليل الفقد بالقدرة الحقيقية وقيم فولتيات الأحمال والقدرة المتفاعلة لعموميات التوليد عند الإضافة المثلى لوحدات التوليد لموقع واحد (1).

| متغيرات المسألة | الحالة الاعتيادية | |
|---|-------------------------------|---|
| | الإضافة المثلى لوحدات التوليد | 1- القدرة المتفاعلة لعموميات التوليد (MVAR) |
| QG1 | 2.3131 | - 2.09 |
| QG26 | 56.5599 | 50.366 |
| QG27 | 20.4519 | 21.3734 |
| QG28 | 29.3806 | 34.244 |
| QG29 | 20.5663 | 21.0365 |
| QG30 | 27.0835 | 27.2952 |
| 2- فولتيات عموميات الأحمال (P.U) | | |
| VL2 | 0.9565 | 0.9452 |
| VL3 | 1.0233 | 1.0219 |
| VL4 | 1.0177 | 1.0159 |
| VL5 | 0.9892 | 0.9741 |
| VL6 | 1.0116 | 1.0096 |
| VL7 | 1.0021 | 1.008 |
| VL8 | 1.0083 | 1.0023 |
| VL9 | 1.0100 | 1.0091 |
| VL10 | 0.9891 | 0.9885 |
| VL11 | 0.9865 | 0.9531 |
| VL12 | 1.0142 | 1.014 |
| VL13 | 0.9936 | 0.941 |
| VL14 | 0.9969 | 0.9964 |
| VL15 | 0.9908 | 0.9897 |
| VL16 | 0.9962 | 0.9957 |
| VL17 | 0.9857 | 0.985 |
| VL18 | 0.9774 | 0.9765 |
| VL19 | 0.9728 | 0.9719 |
| VL20 | 0.9761 | 0.9752 |
| VL21 | 0.9762 | 0.9751 |
| VL22 | 0.9769 | 0.9756 |
| VL23 | 0.9765 | 0.9714 |
| VL24 | 0.9663 | 0.9622 |
| VL25 | 0.9750 | 0.9639 |
| قيمة الفقد (MW) | 4.372 MW | 5.6053 MW |
| نسبة تقليل (%) | 22% | |
| قيمة وحدات التوليد الكلية (PGT) | 18.999 MW | |

الجدول (2) : يبين قيم ونسب تقليل الفقد بالقدرة الحقيقية وقيم فولتيات الأحمال والقدرة المتفاعلة لعموميات التوليد عند الإضافة المثلى لوحدات التوليد لثلاث مواقع (11, 2, 13).

| متغيرات المسألة | الإضافة المثلى لوحدات التوليد | الحالة الاعتيادية |
|--|-------------------------------|-------------------|
| 1- القدرة المتفاعلة لعموميات التوليد (MVAR) | | |
| QG1 | 5.8209 | - 2.09 |
| QG26 | 44.1986 | 50.366 |
| QG27 | 19.9533 | 21.3734 |
| QG28 | 26.6323 | 34.244 |
| QG29 | 20.3449 | 21.0365 |
| QG30 | 27.1010 | 27.2952 |
| 2- فولتيات عموميات الأحمال (P.U) | | |
| VL2 | 0.9904 | 0.9452 |
| VL3 | 1.0242 | 1.0219 |
| VL4 | 1.0188 | 1.0159 |
| VL5 | 0.9960 | 0.9741 |
| VL6 | 1.0129 | 1.0096 |
| VL7 | 1.0029 | 1.008 |
| VL8 | 1.0116 | 1.0023 |
| VL9 | 1.0105 | 1.0091 |
| VL10 | 0.9893 | 0.9885 |
| VL11 | 1.0057 | 0.9531 |
| VL12 | 1.0142 | 1.014 |
| VL13 | 1.0008 | 0.941 |
| VL14 | 0.9970 | 0.9964 |
| VL15 | 0.9915 | 0.9897 |
| VL16 | 0.9962 | 0.9957 |
| VL17 | 0.9858 | 0.985 |
| VL18 | 0.9779 | 0.9765 |
| VL19 | 0.9732 | 0.9719 |
| VL20 | 0.9764 | 0.9752 |
| VL21 | 0.9768 | 0.9751 |
| VL22 | 0.9776 | 0.9756 |
| VL23 | 0.9785 | 0.9714 |
| VL24 | 0.9679 | 0.9622 |
| VL25 | 0.9865 | 0.9639 |
| قيمة الفقد (MW) | 3.975 MW | 5.6053 MW |
| نسبة تقليل (%) | 29.08% | |
| قيمة وحدات التوليد الكلية (PGT) | 29.33 MW | |

الجدول (3) : يبين قيم ونسب تقليل الفقد بالقدرة الحقيقية وقيم فولتيات الأحمال والقدرة المتفاعلة لعموميات التوليد عند الإضافة المثلى لوحدات التوليد لأربع مواقع (13, 2, 11, 24).

| متغيرات المسألة | الإضافة المثلى لوحدات التوليد | الحالة الاعتيادية |
|--|-------------------------------|-------------------|
| 1- القدرة المتفاعلة لعموميات التوليد (MVAR) | | |
| QG1 | 5.6021 | - 2.09 |
| QG26 | 44.1313 | 50.366 |
| QG27 | 19.9408 | 21.3734 |
| QG28 | 26.4285 | 34.244 |
| QG29 | 19.9943 | 21.0365 |
| QG30 | 26.6399 | 27.2952 |
| 2- فولتيات عموميات الأحمال (P.U) | | |
| VL2 | 0.9821 | 0.9452 |
| VL3 | 1.0243 | 1.0219 |
| VL4 | 1.0190 | 1.0159 |
| VL5 | 0.9937 | 0.9741 |
| VL6 | 1.0129 | 1.0096 |
| VL7 | 1.0024 | 1.008 |
| VL8 | 1.0106 | 1.0023 |
| VL9 | 1.0112 | 1.0091 |
| VL10 | 0.9406 | 0.9885 |
| VL11 | 0.9937 | 0.9531 |
| VL12 | 1.0143 | 1.014 |
| VL13 | 0.9916 | 0.941 |
| VL14 | 0.9980 | 0.9964 |
| VL15 | 0.9932 | 0.9897 |
| VL16 | 0.9972 | 0.9957 |
| VL17 | 0.9870 | 0.985 |
| VL18 | 0.9795 | 0.9765 |
| VL19 | 0.9747 | 0.9719 |
| VL20 | 0.9779 | 0.9752 |
| VL21 | 0.9790 | 0.9751 |
| VL22 | 0.9801 | 0.9756 |
| VL23 | 0.9823 | 0.9714 |
| VL24 | 0.9766 | 0.9622 |
| VL25 | 0.9857 | 0.9639 |
| قيمة الفقد (MW) | 3.061 MW | 5.6053 MW |
| نسبة تقليل (%) | 45.3% | |
| قيمة وحدات التوليد الكلية (PGT) | 47 MW | |

الجدول (4) : يبين قيم ونسب تقليل الفقد بالقدرة الحقيقية وقيم فولتيات الأحمال والقدرة المتفاعلة لعموميات التوليد عند الإضافة المثلى لوحدات التوليد لست مواقع (19, 25, 24, 11, 2, 13).

| متغيرات المسألة | الإضافة المثلى لوحدات التوليد | الحالة الاعتيادية |
|----------------------------------|---|-------------------|
| | 1- القدرة المتفاعلة لعموميات التوليد (MVAR) | |
| QG1 | 14.9622 | - 2.09 |
| QG26 | 38.8618 | 50.366 |
| QG27 | 18.9749 | 21.3734 |
| QG28 | 20.1138 | 34.244 |
| QG29 | 18.6190 | 21.0365 |
| QG30 | 25.6286 | 27.2952 |
| 2- فولتيات عموميات الأحمال (P.U) | | |
| VL2 | 0.9956 | 0.9452 |
| VL3 | 1.0267 | 1.0219 |
| VL4 | 1.0221 | 1.0159 |
| VL5 | 0.9959 | 0.9741 |
| VL6 | 1.0155 | 1.0096 |
| VL7 | 1.0045 | 1.008 |
| VL8 | 1.0140 | 1.0023 |
| VL9 | 1.0139 | 1.0091 |
| VL10 | 0.9945 | 0.9885 |
| VL11 | 0.9919 | 0.9531 |
| VL12 | 1.0162 | 1.014 |
| VL13 | 0.9936 | 0.941 |
| VL14 | 1.0041 | 0.9964 |
| VL15 | 1.0009 | 0.9897 |
| VL16 | 0.9997 | 0.9957 |
| VL17 | 0.9906 | 0.985 |
| VL18 | 0.9961 | 0.9765 |
| VL19 | 0.9965 | 0.9719 |
| VL20 | 0.9950 | 0.9752 |
| VL21 | 0.9860 | 0.9751 |
| VL22 | 0.9927 | 0.9756 |
| VL23 | 0.9906 | 0.9714 |
| VL24 | 0.9959 | 0.9622 |
| VL25 | 1.0450 | 0.9639 |
| قيمة الفقد (MW) | 2.342 MW | 5.6053 MW |
| نسبة تقليل (%) | 58.2% | |
| قيمة وحدات التوليد الكلية (PGT) | 67.7 MW | |

References:

1. B. F. Ahmed, "Optimal Reactive Power Value in Mosul Ring Bus-bar Using Genetic Algorithm". M. Sc. Thesis, University of Mosul, 2009.
2. T. Griffin, K. Tomsovic, D. Secrest and A. Law "Placement of Dispersed Generation System for Reduced Losses". Proceeding of the 33rd Hawaii International Conference on System Science-2000.
3. Kimmo Kauhaniemi ... etc. "Distribution Generation-NeE Technical Solution Required the Distribution System", Proceeding of ESPOO Conference August, 23-24, 2004, Finland.
4. S. E. Khaleel "Reduction of Generation-Cost and Losses by Optimal Control of Active and Reactive Power". M. Sc. Thesis, University of Mosul, 2004.
5. Obitko, M. (1998). "Genetic Algorithms". <http://www.cs.felk.cvut.cz/~xobitko/gar>.
6. De Gold Beery. "Genetic Algorithms in Search Optimization, and Learning". Reading, MA: Addition Wesley, 1998.
7. Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox2 User's Guide. "The Math Works". Inc. 2007.

تم اجراء البحث في كلية الهندسة = جامعة الموصل