تقليل الكلفة الاقتصادية للتوليد في انظمة الطاقة الكهربائية بأستخدام طريقة النقطة الداخلية[+]

MINIMIZATION THE ECONOMIC GENERATION COST IN ELECTRIC POWER SYSTEM USING INTERIOR POINT METHOD

عدنان علاوي فتيت [*] وارد صايل وارد[**]

المستخلص

يهدف البحث الى ايجاد التوزيع الاقتصادي الامثل للقدرة الحقيقية لاجل تقليل كلفة الوقود المستخدم في انتاج الطاقة الكهربائية ،تم في هذا البحث الاستعانة بأحدى طرق الامثلية الخطية(Linear Programming) (طريقة النقطة الداخلية/Lipsol Method) لحل مسألة التوزيع الامثل بأعتبار الكلفة كدالة للهدف والقدرة الحقيقية المتولدة عند عموميات التوليد ذات الفولتية المحكومة كمتغيرات للسيطرة مع وضع المحددات على متغيرات الشبكة.

تم تطبيق الخوارزمية المقترحة(Lipsol) على المنظومة العالمية (IEEE-30Busbar) ولحالة معينة من الحمل (Normal Load) وقد اظهرت كفاءة عالية في ايجاد الحل الامثل وضمن المحددات.

Abstract

In this research the optimal economic dispatch problem to find the optimal minimization of fuel cost in electric power system is studied.

A modern type of interior point algorithm(Lipsol method) has been used to find the optimal dispatch by considering the fuel cost as objective function, the real generated power at generation buses as control variable,with constraints in system variables.

The algorithm is implemented on (IEEE-30Busbar) test system at one load situation, a high efficiency of using the algorithm to find the optimal solution within constraints is obtained.

١. المقدمة

تسعى مؤسسات توليد الطاقة الكهربائية الى انتاج الطاقة بأقل كلفة وقود ممكنة، وهذا يتطلب الحصول على افضل اخراجات للقدرة الحقيقية المتولدة في عموميات التوليد (Pg) والتي تدعى بمسألة سريان افضل قدرة فاعلة(Optimal Active Power Flow Proplem) .

ان عملية التحكم الامثل في المسائل الخاصة بانظمة الطاقة الكهربائية تمثل مهمة صعبة تزداد بازدياد حجم المنظومة وعدد المتغيرات والمحددات الخاصة بكل مسألة، كما يعتمد ايضا على طبيعة دالة الهدف المطلوب تقليلها وفقا لشروط ثابتة، لذلك برزت الحاجة الى طريقة متناسقة للتحكم في متغيرات النظام لاجل الحصول على افضل حالة تشغيل، وعليه بدء استخدام طرق الامثلية(Optimization) لحل هذه المسائل وبخاصة مسألة التحكم الامثل بالقدرة الحقيقية لما تكتسبه من اهمية خاصة لان دالة الهدف فيها تكون قيمة الكلفة الكلية لتوليد الوقود والتي تمثل احدى الاهداف الاساسية لمؤسسات توليد الطاقة الكهربائية.

[+] تاريخ استلام البحث :٢٠٠٤/٩/٢٢، تاريخ قبول النشر : ٢٠٠٧/٢/٨

[*] مدرس /المعهد التقني/ الشطرة /البصرة/العراق.

[**] مدرس مساعد /المعهد التقني /الشطرة/البصرة/العراق.

لقد اصبحت طريقة النقطة الداخلية المستحدثة من قبل العالم(Karmarkar) [١] عام(1984) من اكثر طرق الامثلية استخداما على الصعيد العملي وخاصة في المنظومات الكبيرة لما تمتلكه من خواص ومميزات كثيرة في قابلية التطبيق على كل من مسائل الامثلية الخطية وغير الخطية وسرعة الاقتراب من الحل الصحيح وملاءمتها بشكل خاص لحل المسائل ذات العدد الكبير من المحددات وخصوصا التي يكون فيها عدد المحددات اكثر من عدد المتغيرات، فضلا عن امكانية اعطاء مؤشر اذا كان الحل غير ممكن(Infeasible) او غير محدد(Unbounded).

لقد قام الكثير من الباحثين بتطبيق طريقة النقطة الداخلية على انظمة الطاقة بهدف حل مسألة التوزيع الاقتصادي الامثل، ففي المصدر رقم[٢] اقترح الباحثون احدى خوارزميات الطريقة الداخلية بهدف تقليل الكلفة كدالة اساسية والفقد كدالة ثانوية وضمن محددات الشبكة مع اضافة المحددات المنحدرة (Ramping Constraints) وباعتبار حل المسالة كدالة غير خطية وبخوارزمية مشابهة لـ (Convex Optimization Proplem)، اما المصدر رقم[٣] فيتضمن عملية المقارنة في الاداء لخوارزميتين خطيتين لطريقة النقطة الداخلية (Dual Affine Scaling Algorithm) و(Primal-Dual Algorithm) مع خوارزمية غير خطية وهي(Sequential Quadratic Programming).

لقد طور الباحثون في المصدر رقم [٤] تقنية (Primal –Dual Interior Point Method) المبينة في المصدر[١] لتصبح ذات سرعة اكبر في ايجاد الحل الامثل ولعدد كبير من المحددات ، اما المصدر رقم[٥] فيتضمن استخدام خوارزمية (Genteic Algorithm) لحل المسألة نفسها مع وضع محددات اضافية على سريان القدرة في خطوط الشبكة المستخدمة، وفي المصدر رقم [٦] استخدم الباحثون تقنية (Evolutionary Programming) لحل مسألة التوزيع الاقتصادي الامثل ومن ثم مقارنتها مع تقنية البرمجة الخطية.

تم في هذا البحث الاستعانة بأحدى الخوارزميات الخطية لطريقة النقطة الداخلية الموجودة في (Matlab Optimizatiom Tools Book) والتي تدعى اختصارا بـ(Lipsol) لحل مسالة التوزيع الاقتصادي الامثل ولحالة معينة من الحمل ، وقد اظهرت الخوارزمية سرعة ودقة في ايجاد الحل الامثل من دون حدوث تذبذب في العلاقة ما بين عدد الدورات التكرارية ودالة الكلفة .

2. الصيغة الرياضية للمسألة

يتضمن النموذج الرياضي الخاص بهذه الطريقة تقريب المعادلات غير الخطية لسريان الحمل الى معادلات خطية ، حيث ان المحددات الخطية يتم اشتقاقها من عناصر مصفوفة الجاكوبيه ، كما تضمن النموذج تحويل دالة الهدف غير الخطية الى دالة خطية.

ولتسهيل بيان المعادلات الخاصة بهذا النموذج ، اعتبر العمومي رقم(١) كعمومي عائم واتبع بـ(NL) من عموميات الاحمال و(NG) من عموميات التوليد ذات الفولتية المحكومة .

٢,١ دالة الهدف

تتطلب عملية تكوين دالة الهدف والمتمثلة بالكلفة الكلية للوقود ووحدتها(دولار/ساعة) ايجاد العلاقة ما بين الكلفة وقيمة القدرة الحقيقية المتولدة في جميع عموميات التوليد ماعدا العمومي العائم ، إذ يمكن صياغتها بالشكل الاتي. [٣]

$$Cost = \sum_{i=1}^{NG} (a_i + b_i P_{Gi} + c_i P_{Gi}^{\ 2}) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

إذ ان

NG: عدد العموميات ذات الفولتية المحكومة.

a_i, b_i, c_i : معاملات الكلفة.

P_{Gi} : قيمة القدرة الحقيقية المتولدة للعمومي (i) .

وعندما نعرف المسألة كدالة للامثلية الخطية نحصل على

$$Min\Delta Cost = \sum_{i=1}^{NG}(b_i + 2C_i P_{Gi})\Delta P_{Gi}$$

$$= [b_1 + 2C_1 P_{G1} \ldots\ldots\ldots b_{NG} + 2C_{NG} P_{GNG}) \begin{bmatrix} \Delta P_{G1} \\ \Delta P_{G2} \\ \vdots \\ \Delta P_{GNG} \end{bmatrix} \qquad \ldots.(2)$$

إذ تم تقريب دالة الهدف (الكلفة) الى دالة خطية عن طريق الاشتقاق بدلالة متغيرات السيطرة(PG).

٢,٢ محددات متغيرات السيطرة ((غير المعتمدة))

وتمثل القدرة الحقيقية المتولدة لجميع عموميات التوليد ذات الفولتية المحكومة(PG) تكون هذه المحددات بالشكل الاتي.

$$P_{Gi}^{\min} \le P_{Gi} \le P_{Gi}^{\max} \qquad \{ i = NL+2,\ldots,N \} \qquad \ldots\ldots\ldots(3)$$

وبما ان الخوارزمية تتطلب صياغة خطية لمتغيرات المسألة يعاد كتابة المعادلة السابقة بالصيغة الاتية:

$$\left.\Delta P_{Gi}^{\min} \le \Delta P_{Gi} \le \Delta P_{Gi}^{\max}\right\} \qquad \ldots\ldots\ldots(4)$$

$$\left.\begin{aligned} \Delta P_{Gi}^{\min} &= P_{Gi}^{\min} - P_{Gi}^{*} \\ \Delta P_{Gi}^{\max} &= P_{Gi}^{\max} - P_{Gi}^{*} \end{aligned}\right\} \qquad \ldots\ldots\ldots(٥)$$

* تمثل القيمة الحالية لمتغير السيطرة

٢,٣ محددات المتغيرات المعتمدة

وهي فولتيات عموميات الاحمال (V_{Li}) وقيمة القدرة المتفاعلة المتولدة (Q_{Gi}) وتكون هذه المحددات بالشكل الاتي [٧]

$$\left.\begin{aligned} V_{Li}^{\min} \le V_{Li} \le V_{Li}^{\max} \qquad & i = 2,\ldots,NL+1 \\ Q_{Gi}^{\min} \le Q_{Gi} \le Q_{Gi}^{\max} \qquad & i = 1,\ldots,NL+2,\ldots,N \end{aligned}\right\} \qquad \ldots\ldots\ldots(٦)$$

كما يعاد كتابة المتغيرات المعتمدة بالصيغة الخطية الاتية:

$$\left.\begin{aligned} \Delta V_{Li}^{\min} \le \Delta V_{Li} \le \Delta V_{Li}^{\max} \\ \Delta Q_{Gi}^{\min} \le \Delta Q_{Gi} \le \Delta Q_{Gi}^{\max} \end{aligned}\right\} \qquad \ldots\ldots\ldots(٧)$$

إذ ان

$$\left.\begin{aligned}\Delta V_{Li}^{min} &= V_{Li}^{min} - V_{Li}^{*}\\ \Delta V_{Li}^{max} &= V_{Li}^{max} - V_{Li}^{*}\\ \Delta Q_{Gi}^{min} &= Q_{Gi}^{min} - Q_{Gi}^{*}\\ \Delta Q_{Gi}^{max} &= Q_{Gi}^{max} - Q_{Gi}^{*}\end{aligned}\right\} \quad \text{.....(٨)}$$

* تمثل القيمة الحالية للمتغير المعتمد.

2.4 ايجاد العلاقة مابين المتغيرات

يتطلب الحل ايجاد علاقة المتغيرات المعتمدة بمتغيرات السيطرة وهذا يختزل من صعوبة حل المسألة وكما هو موضح ادناه .

$$\begin{bmatrix}\Delta V_L\\ \Delta Q_G\end{bmatrix} = [S][\Delta P_G] \quad \text{.....(9)}$$

وعند تعويض المعادلة السابقة في المعادلة الخاصة بمحددات المتغيرات المعتمدة نحصل على:

$$\begin{bmatrix}\Delta V_L^{\min}\\ \Delta Q_G^{\min}\end{bmatrix} \le [S][\Delta P_G] \le \begin{bmatrix}\Delta V_L^{\max}\\ \Delta Q_G^{\max}\end{bmatrix} \quad \text{.....(10)}$$

وهكذا تصبح دالة الهدف والمحددات بدلالة متغيرات السيطرة فقط ان هذه العملية تتطلب استخدام مصفوفة الجاكوبية وتوسيعها لتشمل المعادلات الخاصة بالقدرة الحقيقية للعمومي العائم والقدرة المتفاعلة لجميع عموميات التوليد وبضمنها العمومي العائم وكما هو موضح ادناه.

$$\begin{bmatrix}\Delta P\\ \\ \Delta Q_L\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\dfrac{\partial P}{\partial \delta} & \dfrac{\partial P}{\partial V_L}\\ \dfrac{\partial Q_L}{\partial \delta} & \dfrac{\partial Q_L}{\partial V_L}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\Delta\delta\\ \\ \Delta V_L\end{bmatrix} \quad \text{.....(١١)}$$

$\Delta\delta$ from 2,…..,N $\quad\quad$ ΔV_L from 2,…,NL+1

ΔP from 2,…..,N $\quad\quad$ ΔQ_L from 2,…,NL+1

وبعد فصل معاملات القدرة الحقيقية للعمومي العائم و معاملات القدرة المتفاعلة لعموميات التوليد نحصل على[٧]:

$$\begin{bmatrix}\Delta P_l\\ \Delta P\\ \Delta Q_L\\ \Delta Q_G\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}A & B\\ Jac & D\\ E & F\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\Delta\delta\\ \Delta V_L\\ \Delta V_G\end{bmatrix} \quad \text{.....(12)}$$

ΔV_G from 1,NL+2,…,N $\quad\quad$ ΔQ_G from 1,NL+2,…,N

إذ ان

$$B=\left[\frac{\partial P_1}{\partial V_G}\right], A=\left[\frac{\partial P_1}{\partial \delta} \quad \frac{\partial P_1}{\partial V_L}\right], D=\begin{bmatrix}\frac{\partial P}{\partial V_G}\\ \frac{\partial Q_L}{\partial V_G}\end{bmatrix}, E=\left[\frac{\partial Q_G}{\partial \delta} \quad \frac{\partial Q_G}{\partial V_L}\right], F=\left[\frac{\partial Q_G}{\partial V_G}\right]$$

ليتم بعدها نقل متغيرات السيطرة الى الجهة اليمنى والمتغيرات المعتمدة الى الجهة اليسرى مع تجزئة ΔP الى $[\Delta P_G, \Delta P_L]$ لنحصل على:

$$\begin{bmatrix}\Delta P_1\\ \Delta\delta\\ \Delta V_L\\ \Delta Q_G\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}AJ^{-1} & B-AJ^{-1}D\\ J^{-1} & -J^{-1}D\\ EJ^{-1} & F-EJ^{-1}D\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\Delta P_L\\ \Delta P_G\\ \Delta Q_L\\ \Delta V_G\end{bmatrix} \quad \text{.....(13)}$$

ونظرا لثبوت قيمة القدرة الحقيقية عند عموميات الاحمال تصبح قيمة المتجه ΔP_L مساوية للصفر،كما يمكن اهمال متجه زوايا الحمل ($\Delta\ \delta$)لانه غير مطلوب في تكوين مصفوفة المحددات S والتي تمثل العلاقة ما بين متغيرات السيطرة (Pg) مع المتغيرات المعتمدة (Qg &VL) [٧].

وعند تطبيق هذه الافتراضات على المعادلة السابقة نحصل على مصفوفة المحددات S عن طريق اختيار المعاملات التي تربط ما بين متغيرات السيطرة والمتغيرات المعتمدة وكما هو موضح ادناه.

$$\begin{bmatrix}\cdots\\ \Delta P_1\\ \cdots\\ *\\ \cdots\\ \Delta V_L\\ \cdots\\ \Delta Q_G\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\cdots & \cdots & \cdots & \cdots\\ & * & & \\ * & & S & *\\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\ \Delta P_G\\ \Delta Q_L\\ \Delta V_G\end{bmatrix} \quad \text{.....(14)}$$

وبعد ان يتم تحويل دالة الهدف (الكلفة) غير الخطية الى دالة خطية ووضع المحددات على متغيرات المسألة بعد ايجاد مصفوفة المحددات S تصبح الصيغة الملائمة لتقنية الامثلية الخطية والتي يتم حلها باستخدام احدى خوارزميات طريقة النقطة الداخلية والتي تدعى بـ(Lipsol) والمبينة في (Matlab Optimization Tools Book) بالشكل الاتي:

$$Min\Delta Cost=\sum_{i=1}^{NG}(b_i+2C_iP_{Gi})\Delta P_{Gi} \quad \text{.....(15)}$$

$$\begin{bmatrix} \Delta V_L^{\min} \\ \Delta Q_G^{\min} \\ \Delta P_G^{\min} \end{bmatrix} \le \begin{bmatrix} & S & \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots & & \\ 1 & & \\ & & 1 \end{bmatrix} [\Delta P_G] \le \begin{bmatrix} \Delta V_L^{\max} \\ \Delta Q_G^{\max} \\ \Delta P_G^{\max} \end{bmatrix} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(16)$$

ومن نتائج البرمجة الخطية تحتسب قيم التعديل الامثل على متغيرات السيطرة التي تحقق جميع المحددات وتعطي افضل تقليل لدالة الهدف وحسب المعادلة الاتية:

$$P_{Gi}^{New} = P_{Gi}^{*} + \Delta P_{Gi}^{opt} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(17)$$

٣. الصيغة الرياضية للخوارزمية المستخدمة[٨]

تكون الصيغة للخوازمية المستخدمة بالشكل الاتي :-

$$\min \quad f^T X \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(18\text{-a})$$

إذ ان

$$\begin{aligned} & A.X = b \\ & 0 \le X \le U \end{aligned} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(18\text{-b})$$

يتم تضمين الحدود العليا للمحددات في مصفوفة المحددات A مع اضافة متغير عائم اولي (Primal Slack Variable) لتصبح المسألة بالشكل الاتي:-

$$\min \quad f^T X \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(19\text{-a})$$

إذ ان

$$\begin{aligned} & A.X = b \\ & X + S = U \\ & X \ge o, S \ge o \end{aligned} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(19\text{-b})$$

ان المعادلة(19) تمثل المسالة الابتدائية (Primal Proplem) ، إذ ان X تتضمن (Primal Variable) و S تتضمن (Primal Slack Variable). اما (Dual Proplem) فهي

$$\max \quad b^T Y - U^T W \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(٢٠\text{-a})$$

إذ ان

$$\begin{aligned} & A^T.Y - W + Z = F \\ & Z \ge 0, W \ge 0 \end{aligned} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(٢٠\text{-b})$$

إذ ان W,Z تتضمن (Dual Variable) و(Z) تتضمن (Dual Slack).

٤. النتائج مع بيانات المنظومة

لقد طبقت المعادلات الخاصة بالصيغة الرياضية المقترحة على المنظومة العالمية(IEEE-30Busbar) ولحالة معينة من الحمل (Load Normal)، حيث يبين الجدول رقم (1) معاملات الكلفة لعموميات التوليد الموجودة في المنظومة المستخدمة.

وفي الجدول رقم (٢) نلاحظ المحددات التي وضعت على متغيرات السيطرة والقيم للحالة الاولية والنهائية،حيث كانت القيم المستحصلة ضمن المحددات الموضوعة، اما الجدول رقم(٣) فيبين القيم والمحددات الموضوعة على فولتيات التوليد مع بيانها للحالة الاولية والنهائية، إذ نلاحظ ثبوت القيم بأعتبارها للعموميات ذات الفولتية المحكومة والعمومي العائم، اما الجدول رقم(٤) فيبين القيم العليا والدنيا للقدرة الحقيقية المتولدة لدى العمومي العائم حيث نلاحظ ارتفاع القيمة العليا بعد الحصول على الحل الامثل، كما يبين الجدول قيمة الكلفة الكلية بـ(دولار/ساعة) وتتضمن كلفة المولدات ذات الفولتية المحكومة والعمومي العائم في الحالة الاولية معا حيث كانت قيمة الكلفة الكلية (901.2019) واصبحت(824.7953) في الحالة النهائية بعد ان تم ادخال قيم القدرة الحقيقية للعموميات ذات الفولتية المحكومة فقط في دالة الهدف،أي بنسبة تقليل(8.478%) وهي نسبة جيدة مقارنة مع حجم النظام المستخدم، إذ ان هذه النسبة تعتمد ايضا على طبيعة الحمل والمحددات الموضوعة على الشبكة.

اما الجدول رقم(٥) فيبين قيم المتغيرات المعتمدة وهي القدرة المتفاعلة لعموميات التوليد وفولتيات الاحمال وللحالة الاولية والنهائية مع بيان المحددات الخاصة بكل متغير، ونلاحظ من الجدول مدى التغير الطفيف في قيم القدرة المتفاعلة وفولتيات الاحمال لمسألة التوزيع الاقتصادي الامثل، وهذا بسبب ضعف العلاقة مابين كل من($\Delta Q \; \alpha \; \Delta P$)و($\Delta V \; \alpha \; \Delta P$) ووجود علاقة وثيقة ما بين $\Delta V \; \alpha \; \Delta Q$ ،ان هذه الخاصية تساعد على عدم حدوث تجاوز في قيم المحددات لفولتية الاحمال والقدرة المتفاعلة ويسهل من عمل الخوارزمية المستخدمة في الحل.اما الشكل رقم(١) الذي تم الحصول عليه عن طريق تصميم برنامج بلغة (Matlab) لحساب التعديل الامثل على متغيرات السيطرة (القدرة الحقيقية لعموميات التوليد) بأستخدام طريقة النقطة الداخلية(Lipsol) والتي بدورها تتطلب الحل التكراري الذي ينتج عنه(عدد الدورات التكرارية) اللازمة للوصول الى الحل الامثل وعند كل دورة تكون هناك قيمة للكلفة وصولا الى القيمة المثلى حيث يبين الشكل رقم(١) علاقة قيمة الكلفة لدالة الهدف مع عدد الدورات التكرارية، إذ نلاحظ انخفاض قيمة الكلفة تدريجيا مع زيادة عدد الدورات التكرارية، إذ تم الوصول للحل الامثل خلال الدورة التكرارية الثالثة وهذا يبين مدى كفاءة الخوارزمية المستخدمة لايجاد الحل الامثل، كما نلاحظ ايضا عدم وجود تذبذب في الحل مقارنة مع المصدر [٣] ، وهذا يوضح ثانية كفاءة الخوارزمية المستخدمة،لقد كانت نسبة التقليل في دالة الكلفة (54.691%) عند استثناء العمومي العائم من دالة الهدف.

كما يبين الشكل رقم(٢) العلاقة ما بين الكلفة الكلية للوقود والقدرة الحقيقية لجميع عموميات التوليد ، فقد لوحظ ثبات قيمة القدرة الحقيقية للعموميات (٢٦،٢٧،٢٨،٣٠) بعد الدورة التكرارية الاولى مع وجود تغير طفيف في قيمة القدرة للعموميات (١،٢٩) عبر الدورات التكرارية اللازمة لاتمام الحل الامثل.

كما تم تطبيق الخوارزمية على المنظومة(IEEE-118Busbar)، إذ كانت قيمة الكلفة (٣٠٢٣,٥٧) واصبحت(٢٧١٠,٥٣) بنسبة تقليل (١٠,٣٥%).

الجدول رقم (1) : يبين :معاملات الكلفة لعموميات التوليد للمنظومة (IEEE-30Bus-Bar)

معاملات الكلفة			
i	ai	bi	Ci
1	0.0	2.0	0.00375
٢٦	0.0	1.75	0.0175
٢٧	0.0	1.0	0.0625
٢٨	0.0	3.25	0.00834
٢٩	0.0	3.0	0.025
٣٠	0.0	3.0	0.025

الجدول رقم (2) : يبين المحددات التي وضعت على متغيرات السيطرة

متغيرات السيطرة	المحددات		الحالة الاولية	الحالة النهائية
	القيمة الدنيا	القيمة العليا		
القدرة الحقيقية المتولدة عند عموميات ذات الفولتية المحكومة (P.U)				
P_{G26}	0.2	0.8	0.8	0.2
P_{G27}	0.15	0.5	0.5	0.15
P_{G28}	0.1	0.35	0.2	0.35
P_{G29}	0.1	0.3	0.2	0.193474
P_{G30}	0.12	0.4	0.2	0.12

الجدول رقم (٣) : يبين المحددات الموضوعة على فولتيات عموميات التوليد

فولتيات التوليد(P.U)	المحددات		الحالة الاولية	الحالة النهائية
	القيمة الدنيا	القيمة العليا		
V_{G1}	0.95	1.1	1.07	1.07
V_{G26}	0.95	1.1	1.055	1.055
V_{G27}	0.95	1.1	1.05	1.05
V_{G28}	0.95	1.1	1.05	1.05
V_{G29}	0.95	1.1	1.05	1.05
V_{G30}	0.95	1.1	1.05	1.05

الجدول رقم (٤) : يبين نتائج تقليل الكلفة الكلية للوقود

المتغير	المحددات		الحالة الاولية	الحالة النهائية
	القيمة الدنيا	القيمة العليا		
$P_{G1\ (p.u)}$	0.5	2.00	0.9895	1.92153
الكلفة(دولار/ساعة)	-	-	901.2019	824.7953
نسبة التقليل	-	-	-	8.478%

الجدول رقم (٥) : يبين قيم المتغيرات المعتمدة مع بيان المحددات

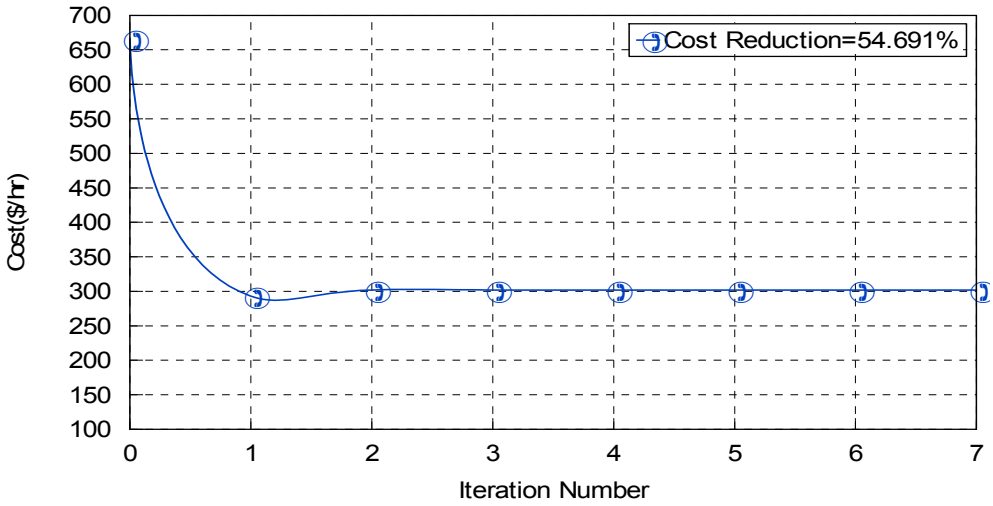
المتغيرات المعتمدة	المحددات		الحالة الاولية	الحالة النهائية
	القيمة الدنيا	القيمة العليا		
١-القدرة المتفاعلة لعموميات التوليد (P.U)				
Q_{G1}	-0.2	2.0	0.1519	-0.0824
Q_{G26}	-0.2	1.0	-0.026	0.2611
Q_{G27}	-0.15	0.8	0.4266	0.5618
Q_{G28}	-0.15	0.6	0.5851	0.6
Q_{G29}	-0.10	0.5	0.131	0.1318
Q_{G30}	-0.15	0.6	0.1904	0.1973
٢-فولتيات عموميات الاحمال (P.U)				
V_{L2}	0.95	1.1	0.9686	0.9684
V_{L3}	0.95	1.1	1.0447	1.0436
V_{L4}	0.95	1.1	1.0393	1.038
V_{L5}	0.95	1.1	0.9998	0.9995
V_{L6}	0.95	1.1	1.0385	1.0379
V_{L7}	0.95	1.1	1.0346	1.0345
V_{L8}	0.95	1.1	1.0316	1.0306
V_{L9}	0.95	1.1	1.0248	1.0246
V_{L10}	0.95	1.1	1.0054	1.0054
V_{L11}	0.95	1.1	0.9794	0.9792
V_{L12}	0.95	1.1	1.025	1.0238
V_{L13}	0.95	1.1	0.9676	0.9674
V_{L14}	0.95	1.1	1.0086	1.0074
V_{L15}	0.95	1.1	1.0028	1.002
V_{L16}	0.95	1.1	1.0093	1.0087
V_{L17}	0.95	1.1	1.0011	1.0009
V_{L18}	0.95	1.1	0.9911	0.9906
V_{L19}	0.95	1.1	0.9874	0.9871
V_{L20}	0.95	1.1	0.9911	0.9909
V_{L21}	0.95	1.1	0.9925	0.9924
V_{L22}	0.95	1.1	0.993	0.9929
V_{L23}	0.95	1.1	0.9895	0.9889
V_{L24}	0.95	1.1	0.9806	0.9802
V_{L25}	0.95	1.1	0.9869	0.9866

٥.الاستنتاجات

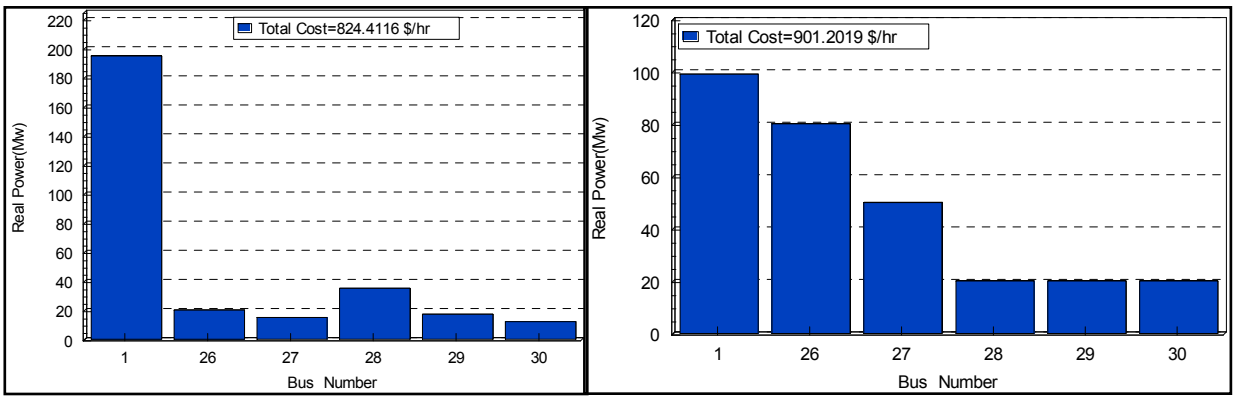
لقد بينت النتائج المستحصلة مدى كفاءة الخوارزمية(Lipsol) المستخدمة في حل مسالة التوزيع الاقتصادي الامثل وضمن المحددات الموضوعة، إذ تم الحصول على الحل الامثل الدقيق خلال ثلاث دورات تكرارية وهذا يوضح سرعة الخوارزمية في ايجاد الحل،كما لم يلاحظ تذبذباً في النتائج الخاصة بعلاقة دالة الكلفة مع عدد الدورات التكرارية كما هو موجود في الكثير من الخوارزميات غير الخطية وبعض الخوارزميات الخطية.

كما نستنتج ايضا عدم وجود تغير واضح في قيم المتغيرات المعتمدة وهي القدرة المتفاعلة للتوليد وفولتيات الاحمال لان متغيرات السيطرة المستعملة في دالة الهدف هي قيم القدرة الحقيقية لعموميات التوليد.

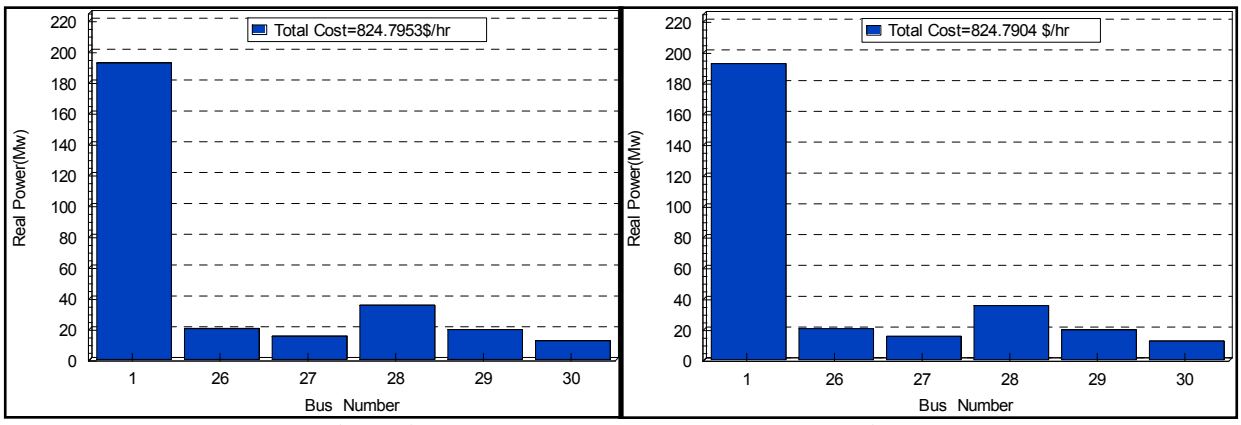
لقد اظهرت العلاقة المباشرة ما بين الكلفة والقدرة تغيرا في قيمة القدرة الحقيقية باتجاه الارتفاع او الانخفاض او الثبات على قيمة معينة، ان هذا التصرف يعتمد على عدة عوامل تحدد شكل التغير الحاصل من اهمها طبيعة النظام وقيمة التحميل ومدى كفاءة الخوارزمية المستخدمة فضلا عن محددات الشبكة.



الشكل رقم (1): يبين علاقة قيمة الكلفة لدالة الهدف مع عدد الدورات التكرارية



ب- الدورة الاولى **أ ـ الحالة الاولية**



د- الحالة النهائية **ج-الدورة الثانية**

الشكل(٢) : يمثل العلاقة مابين الكلفة الكلية للوقود والقدرة الحقيقية لجميع عموميات التوليد

٦ – المصادر

1. Karmarkar,N. *"A New Polynomial-Time Algorithm for Linear Programming "*. Combinatorica, Vol. 44, No. 4,pp.373-395, 1984.
2. R.A. Jabr, A.H. Coonick & B.J. Cory. *"A study of the Homogenous Algorithm for Dynamic Economic Dispatch with Network Constraints and Transmission Losses"*. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS – 87, No. 10, October 1968, pp. 1866-1876.
3. W. D.Rosehart, C. Canizares, A. Vannelli. *"Sequential Method in Solving Economic Power Flow Problems"*. Department of Electrical and Computer Engineering , University of Waterloo, Waterloo, Ontario,Canada.
4. Salihi,M. *"The Complexity of Self-Regular Proximity Based Infeasible IPMs"*.May 5, 2003.
5. Ioannis,G.,Anastasios,G. *"Network-Constrained Economic Dispatch Using Real – Coded Genetic Algorithm"*.IEEE Transactions on Power Systems,Vol. 18, No 1,pp.198-200, 2003.
6. Gnanadass,R.,Venkatesh,P. *"Evolutionary Programming Solution of Economic Load Dispatch with Combined Cycle Co-generation Effect"* . IE(I) Journal-EL, , pp.124-135, 2004.
7. K. Iba, H. Suzuki, K. Suzuki & K. Suzuki. *"Practical Reactive Power Allocation / Operation Planning Using Successive Linear Programming"*. IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 3, No. 2, May 1988.
8. Matlab Optimization Tools Books,V 6.0.
9. William D. Stevenson *"Elements of Power System Analysis"*. McGraw-Hill Book International Editions 1982.