# تحليل تدفق الحمل باستخدام المنطق الغامض

م.م غسان عبد الحسين بلال


## الخلاصة :-

يهدف البحث الحالي الى تصميم برنامج حاسوبي وتنفيذه لتحليل تدفق الحمل باستخدام الMathab استخدم البرنامج لحساب قيمة الحمل واتجاه تدفقه في المنظومة من خلال حساب قيم الجهود النهائية لقضبان التوصيل العمومية باستخدام طريقة نيوتن رافسون Newton-Raphson Method ومن ثم استخدام تقنية المنطق الغامض في تحليل تدفق الحمل في منظومة القدرة الكهربائية لتمييز وكشف القيم غير المؤكدة وغير الدقيقة واظهارها بصورة طبيعية.

## Abstract:-

This research aims to design and implement a computer program to analyze the load flow using the Mathab. This program is used to calculate the value of the load and the direction of flow in the system by calculating the final values of the bus bar voltages using (Newton-Raphson Method) and then of fuzzy logic to analyze the load flow in the electrical power system to detect and distinguish the uncertain inaccurate values, and confirmed in normal values


## المقدمة :-

يعد موضوع تدفق الحمل في منظومة القدرة الكهربائية من المواضيع المهمة في مادة تحليل نظم القدرة الكهربائية التي تعتبر من المواد الاساسية اللازمة لاعداد المهندسين اذ تتطلب دراستها الالمام بمواضيع اخرى مثل انواع القضبان العموميةBus-Bar type والمعادلات الرياضية الاساسية لمنظومة نقل القدرة الكهربائية من خلال حساب قيم الجهود النهائية لقضبان التوصيل العمومية باستخدام احد طرائق الحل الاتية:

| | |
|---|---|
| طريقة كاوس سيدل | Gauss-Seidel Method |
| طريقة نيوتن – رافسن | Newton –Rap son Method |
| طريقة خفض الاقتران | Decoupled load flow Method |
| طريقة خفض الاقتران السريعة | Fast Decoupled load flow Method |

حيث يمثل نظام القدرة الكهربائية المترابط( Inter connected power system ) شبكة كهربائية تشتمل على عدد كبير من العقد(Node) تسمى قضبان التوصيل العمومية (Bus-Bar) ترتبط فيما بينها بعدد كبير من الفروع (Branches) وتمثل قضبان التوصيل العمومية النقاط التي يتم من خلالها حقن النظام بالقدرة الكهربائية المتولدة في محطات التوليد او سحب القدرة الكهربائية من النظام لايصالها الى المستهلكين .يطلق على النوع الاول من

قضبان التوصيل العمومية اسم قضبان المولدات (Generator Bus-Bar) بينما يطلق على النوع الاخر اسم قضبان الحمل (load Bus-Bar) وبما ان عموم نظام القدرة الكهربائية يتطلب نقل القدرة الكهربائية بين قضبان التوصيل المختلفة على وفق متطلبات عملها فان هذا النقل يتم خلال خطوط النقل الكهربائية المختلفة (1)ان المعلومات الاساسية التي يمكن الحصول عليها من دراسة تدفق الحمل هي قيمة وزاوية الفولتية عند كل قضيب توصيل عمومي والقدرة الفعالة (Active power) والمتفاعلة (Reactive power) ) المتدفقة والقدرة الضائعة (Losses power) في كل خط نقل كهربائية (2) ان تحليل تدفق الحمل فضلا عن اهميته المبينة اعلاه ،فانه يمثل جزءا اساسيا في دراسات اخرى ذات علاقة لتحليل الاستقراية(Stability analysis) مما يجعل منه احد التحيلات الاساسية التي لايمكن الاستغناء عنها. تصنف القضبان العمومية المستخدمة في نظم القدرة الكهربائية الكبيرة الى ثلاثة أصناف يتبع كل منها أربع كميات أثنان منها معلومة في حين تكون المعلومات المتبقية غير معلومة ويتطلب حسابها , هذه الكميات هي مقدار الفولتية وزاوية الطور والقدرة الفعالة والمتفاعلة وتشتمل هذه الأصناف على:- [1,2]

## 1-عمومي الحمل Load (PQ) Bus-Bar :-

هو أحد قضبان التوصيل العمومية التي تكون فيه قيمة القدرة الكلية (الفعالة P والمتفاعلة Q) للحمل معلومة, كما يحتوي هذا النوع أيضا على مولدات لحقن القدرة الفعالة والمتفاعلة في الشبكة ويتم حساب قيمة الفولتية وزاوية الطور في هذا النوع من العموميات.

## 2- عمومي تحكم الفولتية Voltage Controlled(P | V | ) Bus-Bar :-

أحد العموميات المستخدمة في نظم القدرة الكهربائية والتي تكون فيها قيمة القدرة الفعالة (P) محددة وبقاء قيمة الفولتية $|V|$ ثابتة عند قيمة محددة من خلال حقن قدرة متفاعلة تتغير بين الحد الأعلى والحد الأدنى ويطلب حساب قيمة القدرة المتفاعلة(Q ) وزاوية الطور ( $\delta$ ) في هذا النوع من العموميات.

## 3- العمومي العائم(المرجع, المتأرجح) Slack(Reference ,Swing)Bus :-

أحد عموميات المنظومة التي تربط لها المولدات , وفي هذا النوع يتم تحديد قيمةالفولتية($|V|$) وزاوية الطور ( $\delta$ ) ويطلب حساب قيمة كل من القدرة الفعالة والمتفاعلة لهذا العمومي.

نظام القدرة المبين في الشكل (1) يوضح هذه الأنواع من العموميات في حين يبين الجدول(1) الكميات المعلومة وغير المعلومة لكل عمومي.[3,4,5]

## نظرية الغموض:-

تشكل طبيعة الاشياء غير الدقيقة في الحياة مشكلة حيث انه في بعض الاحيان هذه الاشياء غير الدقيقة يمكن ان تمهل لتسهيل خطوات التحليل ولكن نظرية التضبب استطاعت ان تحل هذه المشكلة حيث ان الفكرة الاساسية في هذه النظرية هي اضافة ما يسمى بدرجة العضوية لكل متغير غير معرف . تطبق تدرج العضوية( graded member ship) حيث ان كل عنصر في مجال الوصف (Universe of discourse) (U) يؤشر كعضو( member ship) يرتب ويحدد من "٠" ( non-member) الى "1" (full member) والذي يمثل الدرجة التي يكون فيها العنصر منضما الى مجموعة المنطق المضبب (Fuzzy logic set) . وهكذا فان دالة العضوية (μ) التي تجعل العنصر (Xi) في مجال الوصف (U) الى الرقم الحقيقي في الفترة المحددة (0,1) وهذا الرقم الحقيقي يمثل درجة العضوية(member ship) للعنصر Xi نسبة الى مجموعة المنطق الغامض T( Fuzzy set).[7.6]

يمكن كتابة مجموعة المنطق الغامض T كما يأتي:

$$T= \mu_T(X1)/X1+\mu_T(X2)/X2+\ldots\ldots\ldots\mu_T(Xn)/Xn \quad \ldots\ldots\ldots(1)$$

او

$$T=\sum_{i=1}^{n}\mu\,(Xi\,/\,Xi)$$

Where i=1,2,3…….n

## اجراءات البحث:-

تم اختيار نظام قدرة كهربائية (Power System) يتراوح عدد قضبان التوصيل العمومية فيه (5) (Bus-Bars)مع خطوط نقل عدد( 10) وكما موضح في الشكل (2) لتحقيق هذا الغرض تم اجراء تحليل لشبكة القدرة الكهربائية وذلك بأستخدام برنامج حاسوبي بعنوان(Load Flow Program) , الحسابات المطلوبة والتي يمكن الحصول عليها عند تنفيذ هذا البرنامج هي :-

1-حساب قيمة الفولتية وزاويتها عند كل عمومي حمل (PQ Bus-Bar).

2- حساب قيمة القدرة المتفاعلة وزاوية الفولتية عند كل عمومي متحكم بالفولتية ( Bus-Bar $P|V|$ ).

3- حساب القدرة الفعالة والقدرة المتفاعلة المحقونة في العمومي العائم (Slack Bus-Bar).

4- حساب القدرة المتدفقة (Flow Power) في خطوط النقل الكهربائية.

5- حساب القدرة المفقودة ( Losses Power) في خطوط النقل الكهربائية.

ولغرض تنفيذ هذه الحسابات تم اختيار طريقة نيوتن– رافسن كما موضح بالشكل رقم(3) وباستخدام لغة البرمجة (Matlab.7) حيث بنيت طريقة نيوتن – رافسن على مبدأ توسيع سلسلة تايلور (Taylor`s Series) لدالة تحتوي على متغيرين أو أكثر. أن مسألة تدفق الحمل يمكن حلها بهذه الطريقة من خلال مجموعة من المعادلات غير الخطية والتي تعبرعن قدرة فعالة ومتفاعلة محددة بالنسبة لفولتية قضبان التوصيل العمومية حيث يتطلب تطبيقها تحويل معادلات تدفق القدرة التي تعطي القدرة المركبة بدلالة الفولتيات المركبة الى معادلات حقيقية (Real Equations) تعطي القدرة الفعالة والقدرة المتفاعلة عند كل قضيب بدلالة مركبتي الفولتية لقضبان التوصيل العمومية المختلفة .

أن القدرة الكهربائية المحقونة عند أي قضيب توصيل عمومي(p) هي:

$$S_p^* = V_p^* I_{pq} = V_p^* \sum_{q=1}^{n} V_q Y_{pq} \quad \ldots\ldots(2-1)$$

$$Y_{pq} = |Y_{pq}| \angle \theta_{pq} = |Y_{pq}| Cos\theta_{pq} + j|Y_{pq}| Sin\theta_{pq} = G + jB \quad \ldots\ldots(2-2)$$

$$V_p = |V_p| \angle \delta_p = |V_p| Cos\delta_p + j|V_p| Sin\delta_p \quad \ldots\ldots(2-3)a$$

$$V_q = |V_q| \angle \delta_q = |V_q| Cos\delta_q + j|V_q| Sin\delta_q \quad \ldots\ldots(2-3)b$$

$$S_p = P_p + jQ_p \quad \ldots\ldots(2-4)$$

وبتعويض المعادلات أعلاه في المعادلة (2-1) نحصل على:–

$$P_p - jQ_p = \sum_{q=1}^{n} |V_p V_q Y_{pq}| \angle(\theta_{pq} + \delta_q - \delta_p) \quad \ldots\ldots(2-5)$$

وبترتيب المعادلة(٤–٢) وفصل المركبة الحقيقية عن المركبة التخيلية نحصل على:–

$$P_p^k = |V_p^2| G_{pp} + \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq p}}^{n} |V_p V_q Y_{pq}| Cos(\theta_{pq} + \delta_q - \delta_p) \quad \ldots\ldots(2-6)$$

$$Q_p^k = -|V_p^2| B_{pp} - \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq p}}^{n} |V_p V_q Y_{pq}| Sin(\theta_{pq} + \delta_q - \delta_p) \quad \ldots\ldots(2-7)$$

حيث أن: $G_{pp}$: هو الجزء الحقيقي من السماحية الذاتية

$B_{pp}$: هو الجزء التخيلي من السماحية الذاتية

$\theta_{pq}$: هي زاوية السماحية المتبادلة p-q

$Y_{pq}$: هي السماحية المتبادلة p-q

$\delta_p$: زاوية فولتية القضيب العمومي p

$\delta_q$: زاوية فولتية القضيب العمومي q

ويمكن تطبيق طريقة نيوتن– رافسن في تحليل تدفق الحمل بأتباع الخطوات الآتية:–

1- تشكيل مصفوفة السماحية (Y- Bus Matrix) وكما موضح باالشكل رقم (5).

2–حساب قيمة القدرة الفعالة ($P_p$) والقدرة المتفاعلة ($Q_p$) من خلال المعادلتين(2-6 ) و (2-7) .

3– حساب الفرق بين القيمـــــــة المحددة (Specified Value) والقيمـــــــة المحسوبـــة(Calculated Value) لكل من القدرة الفعالة والمتفاعلة من المعادلتين الاتيتين:

$$\Delta P_p^k = P_{p(specified)} - P_{p(calculated)}^k \quad \ldots\ldots(2-8)$$

$$\Delta Q_p^k = Q_{p(specified)} - Q_{p(calculated)}^k \quad \ldots\ldots(2-9)$$

فأذا كان الفرق بين المعادلتين في أعلاه يساوي قيمـــــة صغيرة ($\varepsilon$) أو أقل منها فأنه يعني الوصول الى الحل الصحيح وبعكسه يتم اجراء الأتي :–

4- تشكيل المصفوفة اليعقوبية (Jacobian Matrix) والتي ترتب على النحو الآتي:

$$J^k = \begin{bmatrix} J_1^k & J_2^k \\ J_3^k & J_4^k \end{bmatrix} \quad \ldots\ldots(3)$$

حيث تمثل $J_1$ , $J_2$ , $J_3$ , $J_4$ مصفوفات فرعية(sub-matrix) للمصفوفة اليعقوبيـــة , المعادلات اللازمة لحساب عناصر المصفوفات الفرعيـــة يمـــكن اشتقاقـــــــها من معادلات قدرة قضبان التوصيل العمومية.(٥)

**أ- حساب عناصر المصفوفة الفرعية( $J_1$ ):-**

- العناصر غير القطرية (Off-diagonal elements) تحسب من المعادلة الآتية:-

$$\frac{\partial P_p}{\partial \delta_q} = -|V_p V_q Y_{pq}| Sin(\theta_{pq} + \delta_q - \delta_p) \quad \ldots\ldots(3-1)a$$

- العناصر القطرية (Diagonal elements) تحسب من المعادلة الآتية:-

$$\frac{\partial P_p}{\partial \delta_p} = \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq p}}^{n} |V_p V_q Y_{pq}| Sin(\theta_{pq} + \delta_q - \delta_p) \quad \ldots\ldots(3-1)b$$

**ب - حساب عناصر المصفوفة الفرعية ( $J_2$ ) :-**

- العناصر غير القطرية تحسب من المعادلة الآتية:-

$$|V_q| \frac{\partial P_p}{\partial |V_q|} = |V_q| |V_p Y_{pq}| Cos(\theta_{pq} + \delta_q - \delta_p) \quad \ldots\ldots(3-2)a$$

- العناصر القطرية تحسب من المعادلة الآتية:-

$$|V_p| \frac{\partial P_p}{\partial V_p} = |V_p| [2|V_p| G_{pp} + \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq p}}^{n} |V_q Y_{pq}| Cos(\theta_{pq} + \delta_q - \delta_p)] \quad \ldots\ldots(3-2)b$$

**ج- حساب عناصر المصفوفة الفرعية( $J_3$ ):-**

- العناصر غير القطرية تحسب من المعادلة الآتية:-

$$\frac{\partial Q_p}{\partial \delta_q} = -|V_p V_q Y_{pq}| Cos(\theta_{pq} + \delta_q - \delta_p) \quad \ldots\ldots(3-3)a$$

- العناصر القطرية تحسب من المعادلة الآتية:-

$$\frac{\partial Q_p}{\partial \delta_p} = \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq p}} |V_p V_q Y_{pq}| Cos(\theta_{pq} + \delta_q - \delta_p) \quad \ldots\ldots(3-3)b$$

**د- حساب عناصر المصفوفة الفرعية( $J_4$ ):-**

- العناصر غير القطرية تحسب من المعادلة الآتية:

$$|V_q|\frac{\partial Q_p}{\partial |V_q|} = -|V_q||V_p Y_{pq}|Sin(\theta_{pq}+\delta_q-\delta_p).....(3-4)a$$

- العناصر القطرية تحسب من المعادلة الآتية:-

$$|V_p|\frac{\partial Q_p}{\partial |V_p|} = -|V_p|[2|V_p|B_{pp}+\sum_{\substack{q=1\\q\neq p}}^{n}|V_q Y_{pq}|Sin(\theta_{pq}+\delta_q-\delta_p)].....(3-4)b$$

5- حساب مقدار التغير في مقدار فولتية قضيب التوصـــيل العمومي ( p ) وزاويته من المعادلة الآتية:-

$$\begin{bmatrix}\Delta P_p^k\\ \Delta Q_p^k\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}J_1^k & J_2^k\\ J_3^k & J_4^k\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\Delta\delta_p^k\\ \frac{\Delta|V_p^k|}{|V_p|}\end{bmatrix}.....(3-5)$$

6- حساب مقدار فولتية القضيب العمومي ( p ) وزاويته للتكرار اللاحق (k+1 ) من المعادلة الآتية :-

$$\delta_p^{k+1}=\delta_p^k+\Delta\delta_p^k.....(3-6)a$$

$$|V_p^{k+1}|=|V_p^k|+\Delta|V_p^k|.....(3-6)b$$

7- حساب قيمة القدرة المتدفقة (Flow Power) في خطوط النقل الكهربائية من خلال المعادلـــتين (٦-٢) و(٧-٢).

8- حساب قيمة القدرة الضائعة (Losses Power) في كل خط من خطوط النقل من خلال الجمع الجبري للمعادلتين (8-2) و (9-2).

9- حساب قيمة القدرة المحقونة في القضيب العائم من المعادلة (2-1).

ومن ثم تم استخدام تقنية المنطق الغامض في تحليل تدفق الحمل من خلـــال اختيـــار دالـــة العضويةمن نوع المثلثية الرئيسية باسم(power) وتتضمن هذه الدالة قيميتين للادخال الـــاولى تمثل( قدرةالحمل)ويمثل الادخال الثاني( قدرةالمولد) التي تم الحصول عليها طريقـــة نيـــوتن رافسون وتقوم هذه الدالة بحساب قيمة واحدة تمثل المخرجات وباتباع الخطوات التالية:-

1- اختيار الوزن المناسب للمجموعة الشـــاملة (Universe of discourse) التـــي تضـــم المتغيرات التي تدخل المنطق الغامض والمتمثلة قدرة الحمل (load) وقدرة والمولد (gen)

$$-L\leq X\leq L$$

حيث ان (L, -L) تمثل الحدود الدنيا والعليا للمجموعة الشاملة(U) للمتغيرات والتي كانت كما يأتي:

الحمل $-10 \leq PG \leq 30$

المولد $-5 \leq PQ \leq 50$

اختيار المتغيرات اللغوية وكما موضح بالجدول (4) التي تمثل قدرة الحمل، وقدرةالمولد ولتكن اربعة متغيرات اي الدوال العضوية وتم اختيارها من النوع المثلثي لتكن اكثر دقة في تمييز القيم غير الموكدة وغير الدقيقة وكما موضح بالشكل (6)و(7).

2-اختيار القواعد المناسبة والتي ممكن ان نحصل عليها من خلال الحسابات التي تم الحصول عليها من برنامج نيوتن رافسون ويكون شكل القواعد كما مبين في المعادلة أدناه بوجود أربع متغيرات لغوية لكل من قدرة الحمل (PL) وقدرة المولد (PG) وعليه هنالك (١٦) قانون وكما مبين بالمعادلة:-

**IF PL IS VERY LOW &PG IS VERY LOW THEN IS V5**

3-عملية إلغاء الغموض حيث نحصل على قيمة واحدة لتميز وكشف القيم الغير مؤكدة والغير دقيقة واظهارها بصورة طبيعية. وهنا المخرجات تمثل قيمة الفولتية (voltage magnitude) وزاوية الفولتية(voltage angle) وكما موضح بالشكل (٨).

## النتائج:-

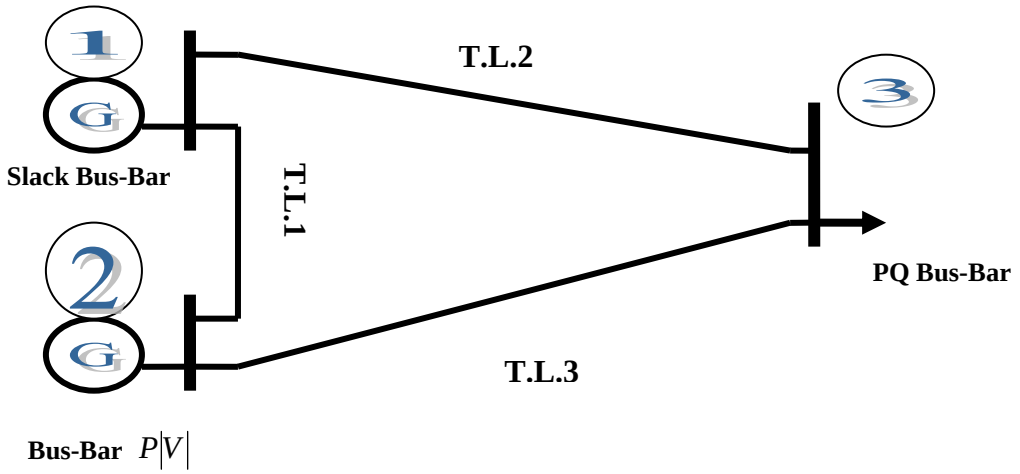
يبين الجدول رقم(3) فولتية القضبان العمومية التي تم الحصول عليها من تحليل منظومة القدرة الكهربائية باستخدام طريقة نيوتن – رافسن من خلال استخدام المصفوفة اليعقوبية وبعدد من التكرارات للوصول الى الدقة المطلوبة في الحسابات وكما موضح في الشكل (4).

## الاستنتاجات :-

1- من خلال النتائج التي تم الحصول عليها تعد طريقة نيوتن – رافسن أكثر طرائق تحليل تدفق الحمل دقة ويمكن اعتبارها معيار لقياس دقة طرائق التحليل الأخرى وطريقة يعوّل عليها في تحليل منظومات القدرة وخاصة الواسعة منها بالرغم من استغراقها لوقت أطول تزداد دقة النتائج المستحصلة من تحليل منظومات القدرة كلما كان عامل

التقارب صغيرا. دليل على كفاءة البرامج الحاسوبية المستخدمة لتحليل مشكلة تدفق الحمل التي تمكن المستخدم من الحصول على نتائج موثوق بها .

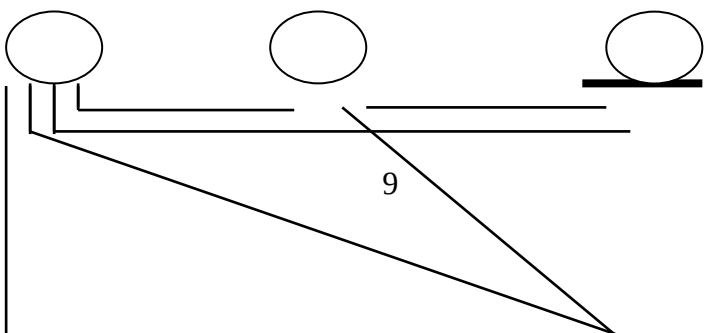
٢- استخدام تقنية المنطق الغامض تزيد من كفاءة المنظومة في تميز وكشف القيم الغير مؤكدة والغير دقيقة واظهارها بصورة طبيعية لقيمة الفولتية والزواية في تحليل منظومة القدرة.

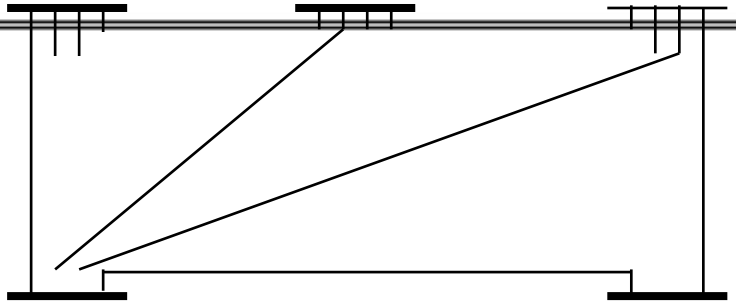



**شكل رقم(1) أنواع قضبان التوصيل العمومية**

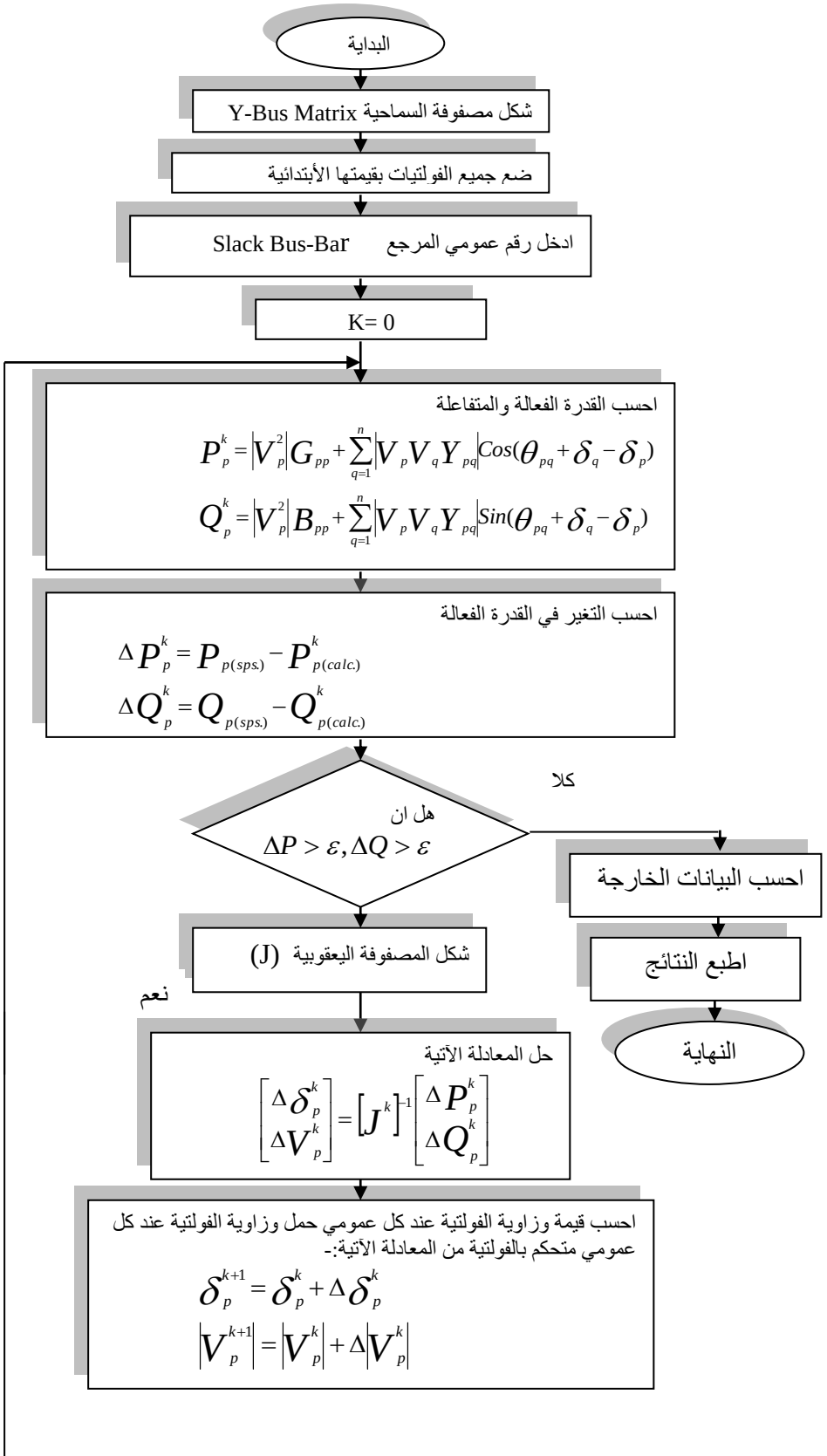
**جدول رقم (1) بيانات قضبان التوصيل العمومية**

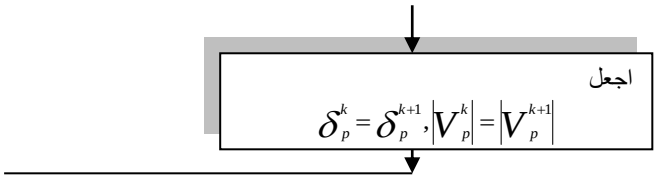
| No. | Bus-Bar Type | Known Quantity | Unknown Quantity |
|---|---|---|---|
| 1 | Slack | $\delta$ , **V** | P,Q |
| 2 | Voltage controlled | P,V | $\delta$ , **Q** |
| 3 | Load | P,Q | $\delta$ , **V** |



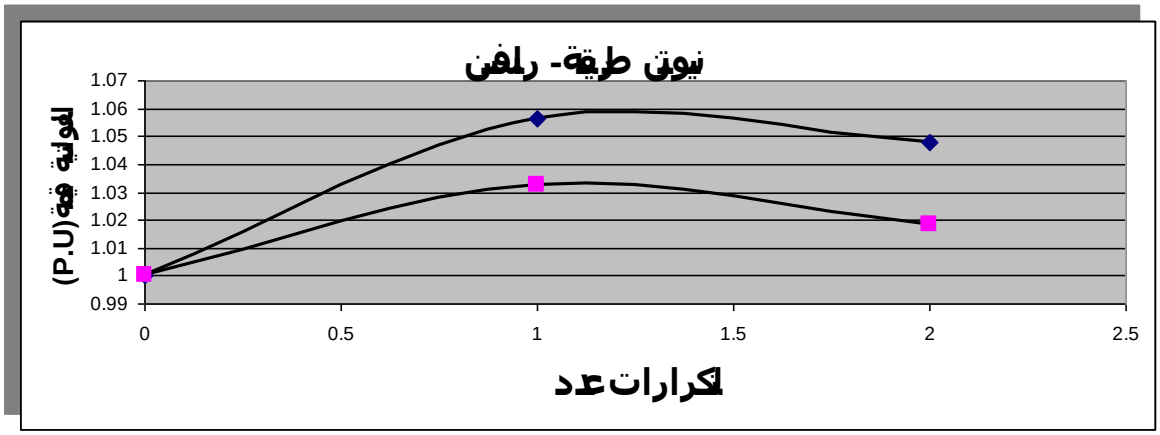


**شكل رقم (2) نظم القدرة الكهربائية المعدة للتحليل**






شكل رقم (3) المخطط الأنسيابي لطريقة نيوتن – رافسن




شكل رقم (4): تغير قيمة الفولتية مع عدد التكرارات في منظومة القدرة

$$Y_{Buss} = \begin{bmatrix} 6.25 - j18.695 & -5.000 + j15.0000 & -1.2500 + j3.7500 & 0.00000 + 0.00000 & 0.00 + j0.00 \\ -5.00 + j15.00 & 10.83334 - j32.415 & -1.66667 + j5.000 & -1.66667 + j5.000 & 2.50 + j7.50 \\ 1.250 + j3.750 & -1.66667 + j5.000 & 12.91667 - j38.695 & -10.000 + j30.000 & 0.00 + j0.00 \\ 0.000 + j0.000 & -1.66667 + j5.000 & -10.000 + j30.000 & 12.91667 - j38.695 & 0.00 + j0.00 \\ 0.000 + j0.000 & -2.5000 + j7.5000 & 0.00000 + j0.0000 & -1.2500 + j3.7500 & 3.75 - j11.21 \end{bmatrix}$$

شكل رقم (5) مصفوفة السماحية ( Y-Bus Matrix)

جدول رقم(٢) بيانات الشبكة الكهربائية اللازمة لتحليل تدفق الحمل

| Bus Code (p) | Real Load Demand PD(p.u) | Reactive Load Demand QD(p.u) | Real Power Gener. PG(p.u) | Reactive Power Gener. QG(p.u) | Assumed Voltage Vp(p.u) | Bus Type |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | $0 \angle 1.06$ | Slack |

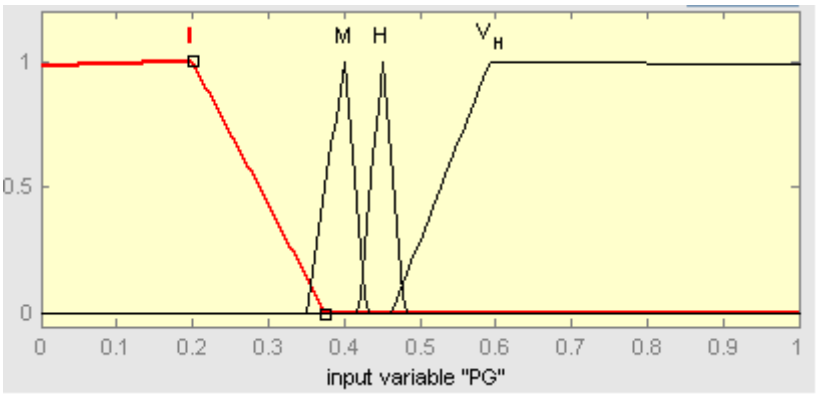
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 0.40 | 0.30 | 0.20 | 0.10 | 0 ∠ 1.00 | PQ |
| 3 | 0.00 | 0.00 | 0.45 | 0.15 | 0 ∠1.00 | PQ |
| 4 | 0.00 | 0.00 | 0.40 | 0.05 | 0 ∠ 1.00 | PQ |
| 5 | 0.00 | 0.00 | 0.60 | 0.10 | 0 ∠ 1.00 | PQ |

**جدول رقم(6) فولتية القضبان العمومية لكل تكرار بأستخدام طريقة نيوتن ـ رافسن**

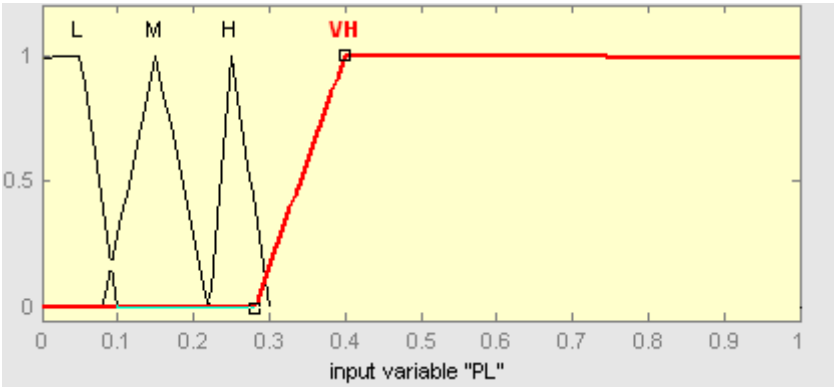
| | L | | M | | H | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Min | Max |
| PG | **-10** | **0.375** | **0.٣٥** | **0.43** | **0.42** | **0 .48** | **0.462** | **30** |
| PQ | **-5** | **0.1** | **0.08** | **0.22** | **0.21** | **0.3** | **0.28** | **50** |

| Iter. Cou. | Bus – Bar Voltages | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Bus – Bar 2 | | Bus – Bar 3 | | Bus – Bar 4 | | Bus – Bar 5 | |
| | p.u $\|V\|$ | $\delta^{o}$ | $\|V\|$ p.u | $\delta^{o}$ | $\|V\|$ p.u | $\delta^{o}$ | $\|V\|$ p.u | $\delta^{o}$ |
| 0 | 1.00000 | 0.00000 | 1.00000 | 0.00000 | 1.00000 | 0.00000 | 1.00000 | 0.00000 |
| 1 | 1.05664 | -2.76260 | 1.03582 | -5.05703 | 1.03598 | -5.40269 | 1.03274 | -6.27679 |
| 2 | 1.04777 | -2.81072 | 1.02435 | -5.03434 | 1.02375 | -5.33308 | 1.01817 | -6.15410 |

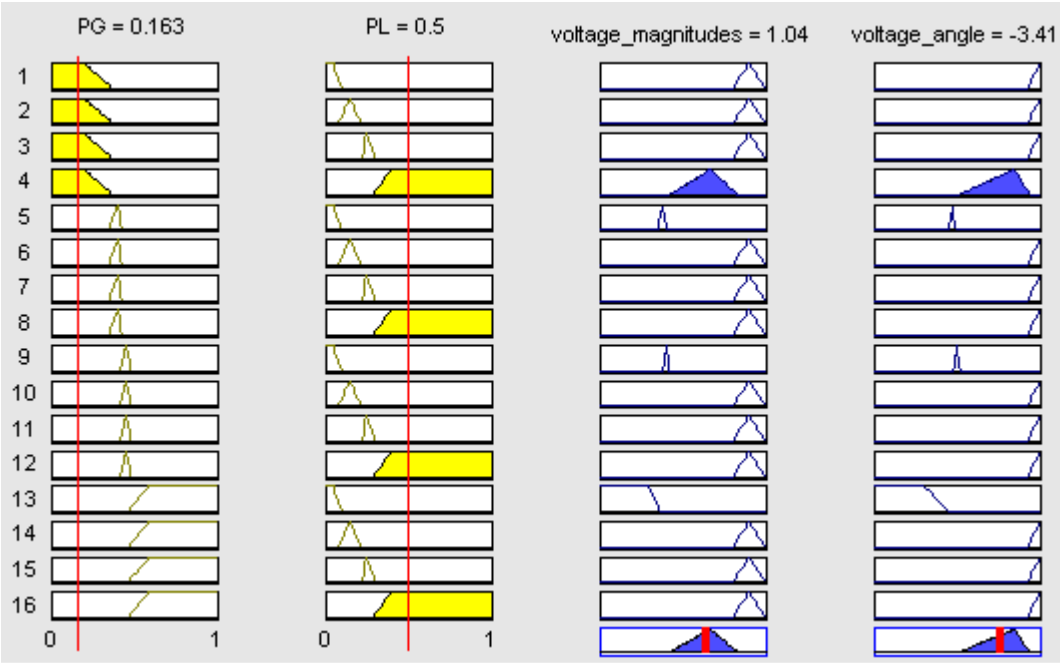
**جدول (٤) يمثل قيم المتغيرات اللغوية**




**شكل (6) يمثل دالة العضوية لقدرة المولد**




شكل (7) يمثل القيم لرسم دالة العضوية المثلية لقدرة الحمل




)يمثل الشكل التوضيحي لحساب قيمة الفولتية وزواية الفولتية8شكل رقم (

**المصادر:-**

١- نصار, سيد-أ,"نظم القوى الكهربائية",الدار الدولية للنشر والتوزيع,القاهرة,1994 .

2-Weedy,B.M and Cory, B.J , "Electrical Power System",4 Edition, John Wiley and Sons Ltd,England,1998.

٣-عبد الحليم,رمزي وصالح,علاء الدين عويد محمد," تحليل أنظمة القــدرة الكهربائيــة وزارة التعليم العالي والبحث العلمي , جامعة البصرة ,1990 .

4- Gupta , B.R ," Power System Analysis and Design ", Second Edition, Tata Mc-Graw-Hill Publishing, New-Delhi ,1998.

5-Arrillaga,J.and Watson, N.R, "Computer Modeling of Electrical Power Systems", Second Edition, John Wiley and Son, England , 2001.

6- L. A Zadeh. .Fuzzy Sets.. International Journal of Information and Control, vol 8, 1965.

7- George.J.klir and Tina A. Folger, "Fuzzy Sets, uncertainty and information", prentice. hall Binghamton, 1988 book.