

المعهد العالي للصناعة
قسم الهندسة الكهروميكانيكية
شعبة نظم قوى كهربائية

تصميم شبكة توزيع كهربائية (11/0.4 KV) لمشروع وحدات سكنية باستخدام البرامج المساعدة

مشروع مقدم للاستكمال الجزئي لمتطلبات نيل درجة البكالوريوس التقني

إعداد :
الطالب: محمد علي أبوعلة

إشراف :
أ. محمد علي شتوان

الخريف 2007/2008

الهدف من المشروع

يهدف هذا المشروع إلى إلقاء الضوء على استخدام برامج الحاسوب المساعدة في تحليل نظم القوى الكهربائية، لما لها من أهمية بالغة في التخطيط والتصميم والتشغيل والتحكم في هذه النظم. وتم إجراء تطبيقات لتحليل منظومة افتراضية وأخرى لشبكة توزيع كهربائية (11/0.4KV) لمشروع وحدات سكنية مصممة تبعاً للمواصفات الليبية، وذلك لتوضيح كيفية استخدام البرامج المساعدة.

المقدمة

قبل إدخال الحاسوب، كان تحليل نظم القوى يتم باستخدام دوائر كهربائية بسيطة (AC) أو (DC) في محاولة لمحاكاة النظم الأصلية بنماذج تشبيهية وإخضاعها لظروف تشغيل مشابهة للحالة المراد دراستها ومراقبة وقياس النتائج، لتكون هي النتائج المحتمل حدوثها.

إن إدخال الحاسوب في مجال نظم القوى الكهربائية قد ساعد بشكل كبير في تحليل وتخطيط وتصميم والتحكم فيها وتشغيلها عند أفضل الظروف الملائمة. منذ ذلك الحين وبرامج الحاسوب أخذت تتطور لتلبي الأهداف التي من أجلها تم إقحامها في هذا المجال.

هيكلية المشروع

وهذا المشروع يدرس بشكل مبدئي استخدام برامج الحاسوب في تحليل وتصميم نظم القوى الكهربائية، ويتكون من:

الباب الأول:

ويشتمل على مبادئ أساسية في دراسة تحليل نظم القوى، وتوضيح لكيفية تمثيل عناصر منظومة القوى (المولد- المحول-خط النقل-الحمل) في المخطط الأحادي الخط، واستخدام نظام الوحدة، وتكوين مصفوفة مسامحة القضيبي للمنظومة.

الباب الثاني:

ويشتمل علي دراسة سريان القدرة، ويتضمن توضيح لمفهوم سريان القدرة وأنواع القضبان، واستنتاج لمعادلات سريان القدرة. وشرح لطريقتي جاوس-سيدل ونيوتن-رافسون لحل معادلات سريان القدرة والمقارنة بينهما، ومن تم حساب سريان القدرة والمفايد.

وإيضاح العوامل والطرق التي تتحكم في سريان القدرة.

الباب الثالث:

وهو الجزء العملي، ويشتمل على تطبيقات لسريان القدرة لمنظومة قوى كهربائية مقترحة وحساب الأخطاء لها.

وفيه أيضاً يتم تصميم شبكة توزيع كهربائية نظام حلقي (11/0.4KV) لمشروع وحدات سكنية حسب المواصفات الليبية وإجراء حسابات سريان القدرة والأخطاء لها باستخدام البرامج المساعدة أيضاً.

الباب الرابع:

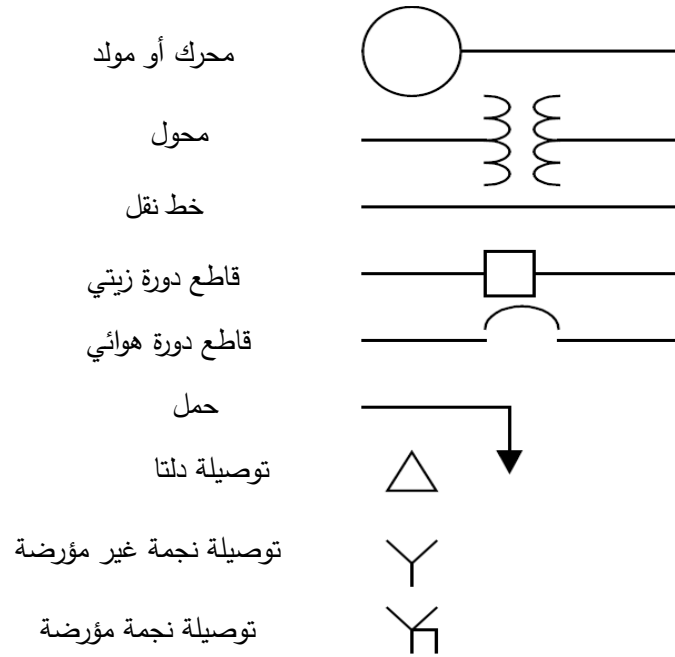
ويشتمل على الاستنتاجات والتوصيات.

الباب الأول

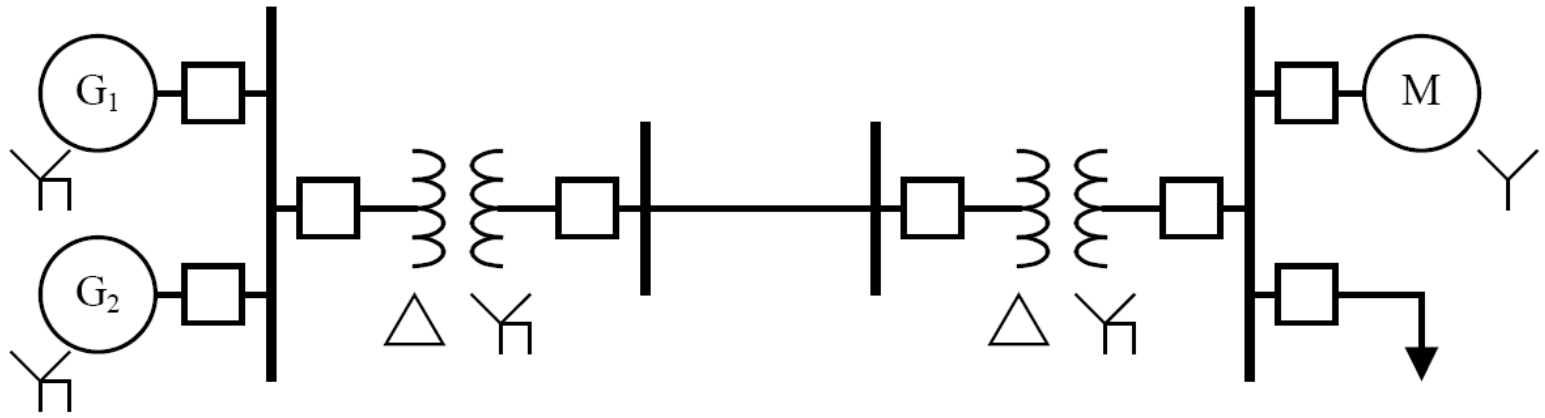
مبادئ أساسية في دراسة تحليل نظم القوى الكهربائية

تمثيل نظم القوى الكهربائية (Representation of a Power System):

• التمثيل أحادي الخط:

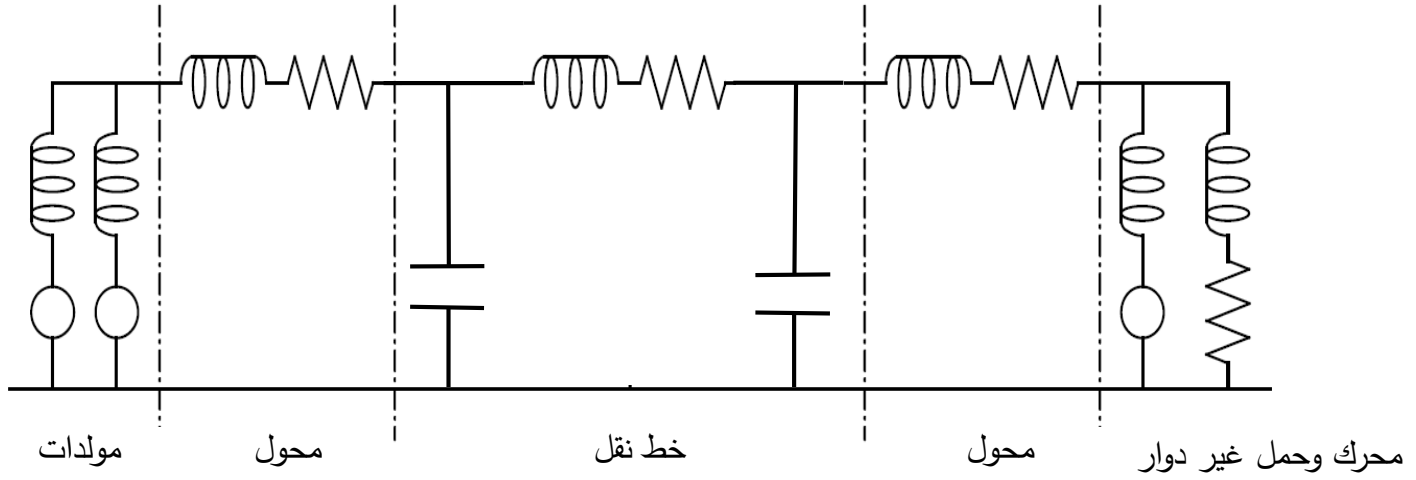


رموز للمكونات الأساسية لمنظومة القوى الكهربائية



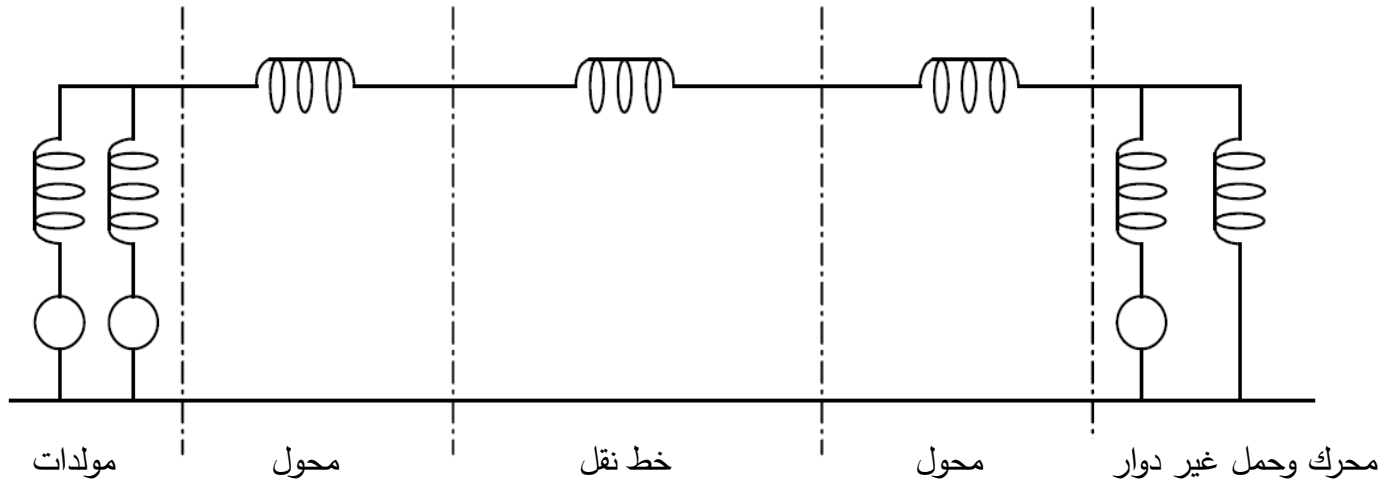
مخطط أحادي الخط لمنظومة قوى كهربائية

مخطط الممانعات:



مخطط الممانعات لمنظومة قوى كهربائية

مخطط المفاعلات:



مخطط المفاعلات لمنظومة قوى كهربائية

تمثيل الكميات بنظام الوحدة (Per-Unit Representation)

$$\frac{\text{الكمية الفعلية}}{\text{الكمية الأساس}} = \text{الكمية بنظام الوحدة (pu)}$$

$$I_{base} = \frac{S_{3\phi base}}{\sqrt{3} * V_{LLbase}}$$

$$Z_{base} = \frac{V_{base}}{I_{base}} \quad \therefore Z_{base} = \frac{(V_{LLbase})^2}{S_{3\phi base}}$$

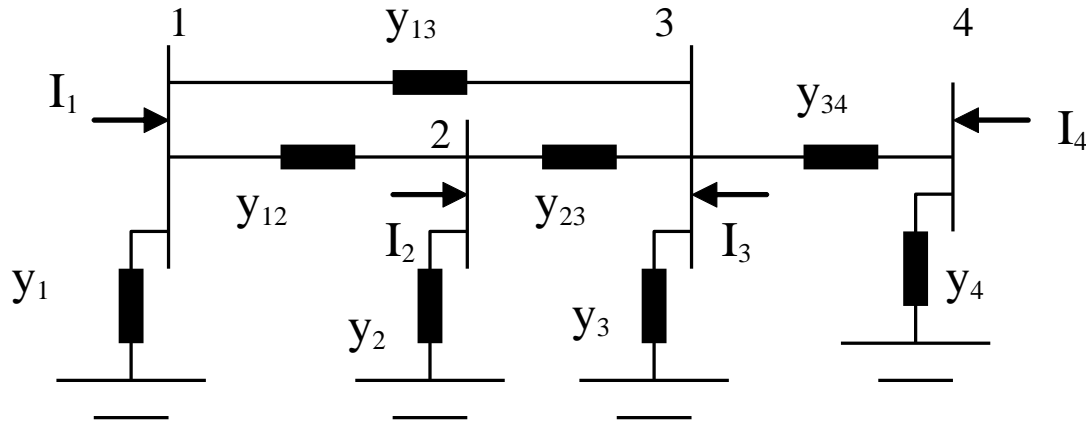
ربما تتسبب الممانعة بنظام الوحدة إلى قيم قدرة أو جهد أساس أخرى،
ويكون ذلك كالتالي:

$$Z_{pu, new} = Z_{pu, old} \frac{(V_{LLbase, old})^2}{(V_{LLbase, new})^2} * \frac{S_{3 \phi base, new}}{S_{3 \phi base, old}}$$

فوائد التمثيل بنظام الوحدة:

- يعطي نظام الوحدة فكرة واضحة عن الفروقات؛ لقيم أجزاء مختلفة لمنظومة القوى.
- تكون الممانعة بنظام الوحدة، للمعدات من نفس النوع، المحسوبة نسبة لمقننات المعدات، واقعة ضمن مدى ضيق (أي أن الاختلاف لقيم ممانعاتها بنظام الوحدة يكون بسيطاً)، وهذا يساعد في الحسابات للحصول على حلول أكثر دقة.
- تكون القيم بنظام الوحدة، للممانعة والتيار والجهد للمحول، هي نفسها؛ سواءً تم حسابها للجانب الابتدائي أو الثانوي، وهذا يبسط المخطط أحادي الخط لمنظومة القوى.
- يكون نظام الوحدة الحل الأمثل لتحليل النظم المعقدة باستخدام الحاسوب.
- العوامل 3، و $\sqrt{3}$ لا تظهر في الحسابات بنظام الوحدة.

مصفوفة مسامحة القضييب (Bus Admittance Matrix):



مخطط أحادي الخط لمنظومة قوى كهربائية بأربعة قضييبان

$$I_1 = V_1(y_1 + y_{12} + y_{13} + y_{14}) + V_2(-y_{12}) + V_3(-y_{13}) + V_4(-y_{14})$$

$$I_2 = V_1(-y_{21}) + V_2(y_2 + y_{21} + y_{23} + y_{24}) + V_3(-y_{23}) + V_4(-y_{24})$$

$$I_3 = V_1(-y_{31}) + V_2(-y_{32}) + V_3(y_3 + y_{31} + y_{32} + y_{34}) + V_4(-y_{34})$$

$$I_4 = V_1(-y_{41}) + V_2(-y_{42}) + V_3(-y_{34}) + V_4(y_4 + y_{41} + y_{42} + y_{43})$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{I}_1 \\ \mathbf{I}_2 \\ \mathbf{I}_3 \\ \mathbf{I}_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 + \mathbf{y}_{12} + \mathbf{y}_{13} + \mathbf{y}_{14} & -\mathbf{y}_{12} & -\mathbf{y}_{13} & -\mathbf{y}_{14} \\ -\mathbf{y}_{21} & \mathbf{y}_2 + \mathbf{y}_{21} + \mathbf{y}_{23} + \mathbf{y}_{24} & -\mathbf{y}_{23} & -\mathbf{y}_{24} \\ -\mathbf{y}_{31} & -\mathbf{y}_{32} & \mathbf{y}_3 + \mathbf{y}_{31} + \mathbf{y}_{32} + \mathbf{y}_{34} & -\mathbf{y}_{34} \\ -\mathbf{y}_{41} & -\mathbf{y}_{42} & -\mathbf{y}_{43} & \mathbf{y}_4 + \mathbf{y}_{41} + \mathbf{y}_{42} + \mathbf{y}_{43} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{V}_1 \\ \mathbf{V}_2 \\ \mathbf{V}_3 \\ \mathbf{V}_4 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{Y}_{\text{bus}} = \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_{11} & \mathbf{Y}_{12} & \mathbf{Y}_{13} & \mathbf{Y}_{14} \\ \mathbf{Y}_{21} & \mathbf{Y}_{22} & \mathbf{Y}_{23} & \mathbf{Y}_{24} \\ \mathbf{Y}_{31} & \mathbf{Y}_{32} & \mathbf{Y}_{33} & \mathbf{Y}_{34} \\ \mathbf{Y}_{41} & \mathbf{Y}_{42} & \mathbf{Y}_{43} & \mathbf{Y}_{44} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{I}_1 \\ \mathbf{I}_2 \\ \mathbf{I}_3 \\ \mathbf{I}_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_{11} & \mathbf{Y}_{12} & \mathbf{Y}_{13} & \mathbf{Y}_{14} \\ \mathbf{Y}_{21} & \mathbf{Y}_{22} & \mathbf{Y}_{23} & \mathbf{Y}_{24} \\ \mathbf{Y}_{31} & \mathbf{Y}_{32} & \mathbf{Y}_{33} & \mathbf{Y}_{34} \\ \mathbf{Y}_{41} & \mathbf{Y}_{42} & \mathbf{Y}_{43} & \mathbf{Y}_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{V}_1 \\ \mathbf{V}_2 \\ \mathbf{V}_3 \\ \mathbf{V}_4 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{I} = \mathbf{Y} * \mathbf{V}$$

الباب الثاني

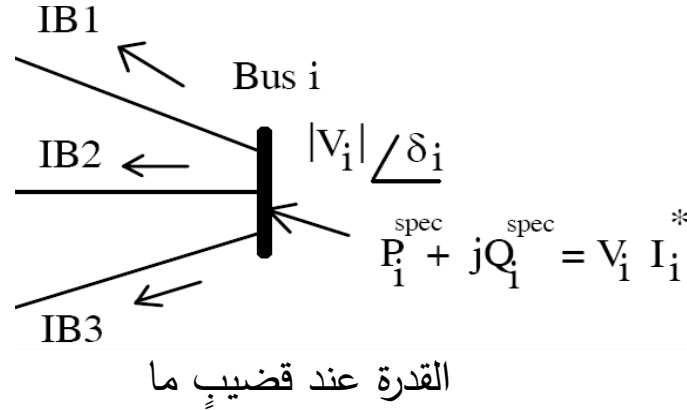
سريان القدرة

أنواع القضبان:

أنواع القضبان ومتغيراتها

نوع القضيبي	المتغيرات المعلومة	المتغيرات المجهولة
قضيبي حمل (PQ-Bus)	P, Q	$ V , \delta$
قضيبي التوليد (PV-Bus)	P, $ V $	Q, δ
قضيبي التارجح ($V\delta$ -Bus)	$ V , \delta$	P, Q

معادلات سريان القدرة:

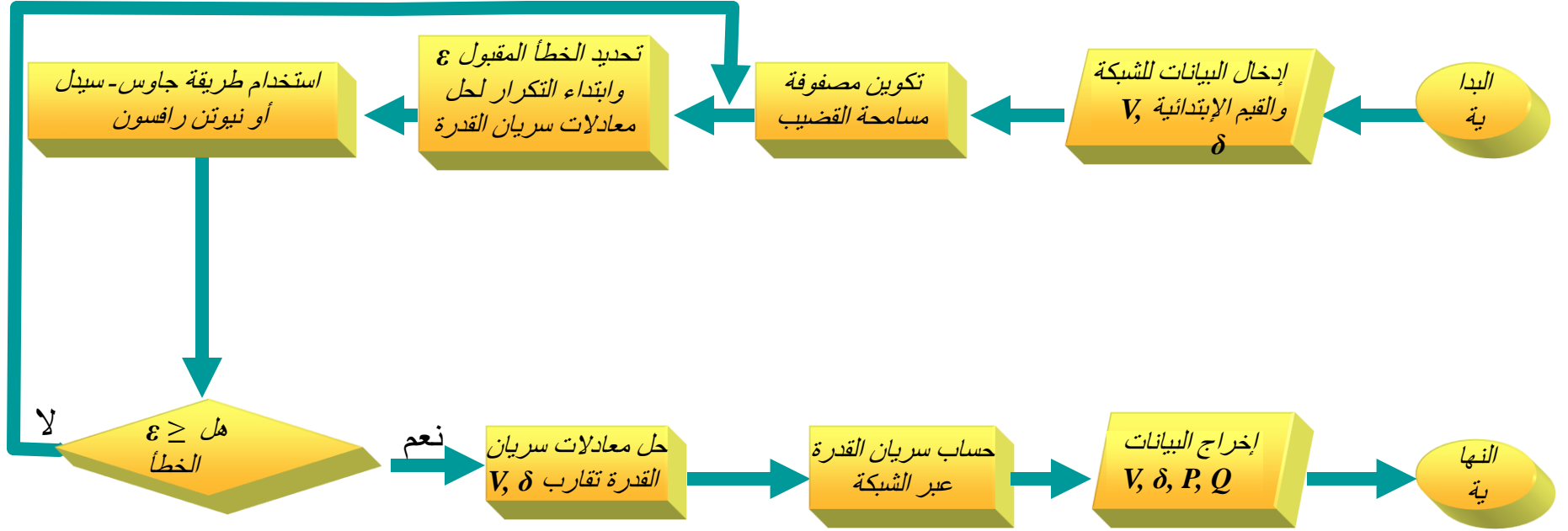


$$\therefore P_i^{spec} - jQ_i^{spec} = P_i^{calc} - jQ_i^{calc} = V_i^* I_i = V_i^* \left[\sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j \right]$$

$$P_i^{spec} = \sum_{j=1}^n |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j)$$

$$Q_i^{spec} = -\sum_{j=1}^n |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j)$$

المخطط الانسيابي لحساب سريان القدرة



$$\therefore P_i^{spec} - jQ_i^{spec} = V_i^* V_i Y_{ii} + V_i^* \sum_{j=1, j \neq i}^n Y_{ij} V_j$$

$$\therefore V_i = \frac{1}{Y_{ii}} \left[\frac{P_i^{spec} - jQ_i^{spec}}{V_i^*} - \sum_{j=1, j \neq i}^n Y_{ij} V_j \right]$$

$$\therefore V_i^{(k)} = \frac{1}{Y_{ii}} \left[\frac{P_i^{spec} - jQ_i^{spec}}{V_i^{*(k-1)}} - \sum_{j=1}^{i-1} Y_{ij} V_j^{(k)} - \sum_{j=i+1}^n Y_{ij} V_j^{(k-1)} \right]$$

للقضيب محكوم الجهد ينبغي حساب القدرة غير الفعالة قبل حساب الجهد:

$$\therefore Q_i^{(k)} = -Im \left[V_i^{*(k-1)} \left(\sum_{j=1}^{i-1} Y_{ij} V_j^{(k)} + \sum_{j=i}^n Y_{ij} V_j^{(k-1)} \right) \right]$$

عندما يصل معدل التغير إلى سماحية الخطأ (ε) المطلوبة يتوقف تكرار الحسابات:

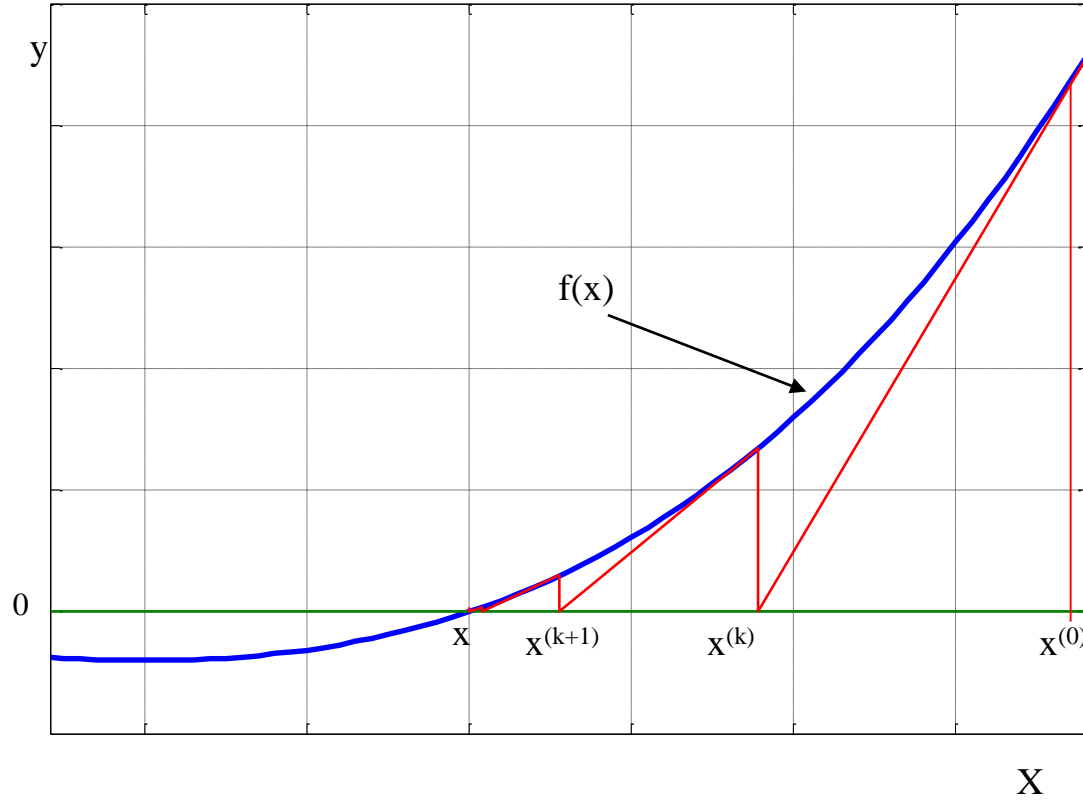
$$|V_i^{(k+1)} - V_i^{(k)}| = |\Delta V_i^{(k+1)}| \leq \varepsilon$$

الوصول إلى الحل بشكل أسرع؛ يكون عند استخدام معامل التعجيل

$$V_{i(acc)}^{(k)} = V_i^{(k-1)} + \alpha (V_i^{(k)} - V_i^{(k-1)})$$

حيث α عامل التعجيل وقيمه تتراوح بين (1.2-1.6) .

طريقة نيوتن-رافسون لحساب سريان القدرة:



شكل يوضح ثلاث تكرارات بطريقة نيوتن-رافسون للوصول إلى الحل

$$\therefore f'(x^0) = \frac{f(x^0) - 0}{(x^0 - x^k)}$$

$$\therefore (x^0 - x^k) = \frac{f(x^0)}{f'(x^0)}$$

$$\therefore x^k = x^0 - \frac{f(x^0)}{f'(x^0)}$$

وبنفس الكيفية لإيجاد النقطة $x^{(k+1)}$:

$$x^{(k+1)} = x^k - \frac{f(x^k)}{f'(x^k)}$$

$$\therefore \Delta x^{(k)} = -\frac{f(x^k)}{f'(x^k)}$$

$$\therefore x^{(k+1)} = x^k + \Delta x^{(k)}$$

ولتطبيق طريقة نيوتن-رافسون لحل معادلات القدرة الموضحة في المعادلة (5.2) ، وبتحويل معادلات سريان القدرة إلى الصيغة التكرارية:

$$P_i^{spec(k)} = \sum_{j=1}^n |V_i^k| |V_j^k| |Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i^k + \delta_j^k)$$

$$Q_i^{spec(k)} = -\sum_{j=1}^n |V_i^k| |V_j^k| |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i^k + \delta_j^k)$$

$$x^{(k+1)} = x^k + \frac{c - f(x^k)}{f'(x^k)}$$

$$c = \begin{bmatrix} P^{spec} \\ Q^{spec} \end{bmatrix}$$

$$, x^k = \begin{bmatrix} \delta^k \\ Q^k \end{bmatrix}$$

$$, f(x^k) = \begin{bmatrix} P^{calc}(x^k) \\ Q^{calc}(x^k) \end{bmatrix}$$

حيث أن:

$$\therefore \frac{c - f(x^k)}{f'(x^k)} = \Delta x^k$$

$$\therefore c - f(x^k) = \begin{bmatrix} P^{spec} - P^{calc}(x^k) \\ Q^{spec} - Q^{calc}(x^k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix}, \Delta X^k = \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix} \quad \text{حيث أن:}$$

$$, f'(x^k) = \begin{bmatrix} \frac{\partial P}{\partial \delta} & \frac{\partial P}{\partial |V|} \\ \frac{\partial Q}{\partial \delta} & \frac{\partial Q}{\partial |V|} \end{bmatrix}$$

مصفوفة جاكوب (Jacobian Matrix)

$$\therefore \begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P}{\partial \delta} & \frac{\partial P}{\partial |V|} \\ \frac{\partial Q}{\partial \delta} & \frac{\partial Q}{\partial |V|} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix}$$

$$\therefore \begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = [J] \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix}$$

$$\therefore \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix} = [J]^{-1} \begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \delta \\ |V| \end{bmatrix}^{(k+1)} = \begin{bmatrix} \delta \\ |V| \end{bmatrix}^{(k)} + \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix}^{(k)}$$

عندما يصبح معدل التغير في القدرة
 $\Delta Q, \Delta P$ بقيمة الخطأ (ε)
 المسموح بها

$$|\Delta P_i^{[k]}| \leq \varepsilon$$

$$|\Delta Q_i^{[k]}| \leq \varepsilon$$

مخطط انسيابي لطريقة نيوتن-رافسون

لحساب سريان القدرة

إدخال البيانات للشبكة وأنواع القضبان،
والقيم الابتدائية لكل من $|V|$, δ .

تكوين مصفوفة مسامحة القضيبي

$$P_i^k = \left[\sum_{j=1}^n Y_{ij} V_i^k V_j^k \cos(\theta_{ij} + \delta_j^k - \delta_i^k) \right] ; \quad Q_i^k = - \left[\sum_{j=1}^n Y_{ij} V_i^k V_j^k \sin(\theta_{ij} + \delta_j^k - \delta_i^k) \right]$$
$$\Delta P_i^k = P_i^{\text{spec}} - P_i^k ; \quad \Delta Q_i^k = Q_i^{\text{spec}} - Q_i^k$$

$$\max \{ \Delta P_i^k, \Delta Q_i^k \} \leq \epsilon ?$$

$i = 2..n$

نعم

إنهاء التكرار
وحساب سريان القدرة للشبكة

لا
حساب معدل التغيير $\{ \Delta |V|, \Delta \delta \}$

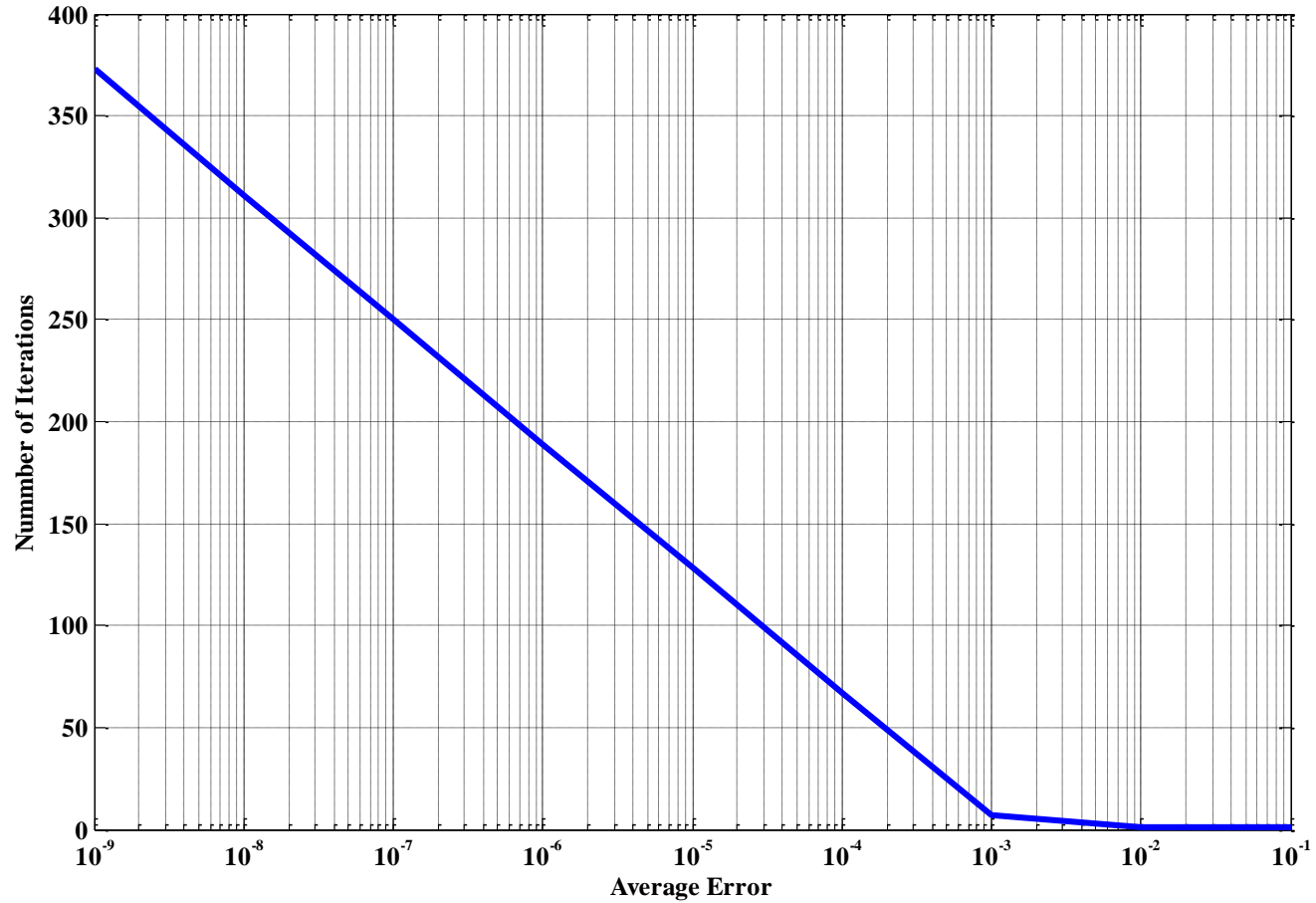
$$\begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix}^k \begin{bmatrix} \Delta \delta_2 \\ \dots \\ \Delta \delta_n \\ \Delta V_2 \\ \dots \\ \Delta V_n \end{bmatrix}^k = \begin{bmatrix} \Delta P_2 \\ \dots \\ \Delta P_n \\ \Delta Q_2 \\ \dots \\ \Delta Q_n \end{bmatrix}^k$$

$$\begin{bmatrix} \delta_2 \\ \dots \\ \delta_n \\ V_2 \\ \dots \\ V_n \end{bmatrix}^{k+1} = \begin{bmatrix} \delta_2 \\ \dots \\ \delta_n \\ V_2 \\ \dots \\ V_n \end{bmatrix}^k + \begin{bmatrix} \Delta \delta_2 \\ \dots \\ \Delta \delta_n \\ \Delta V_2 \\ \dots \\ \Delta V_n \end{bmatrix}^k$$

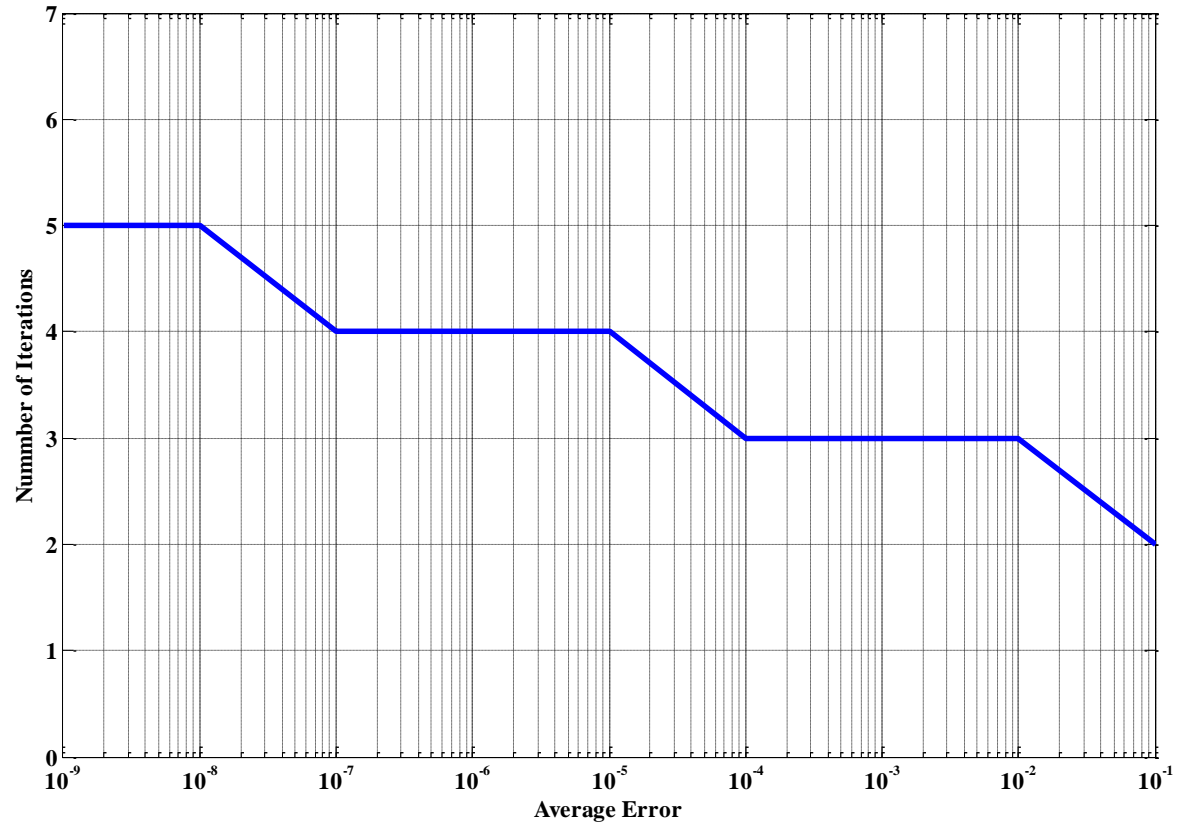
مقارنة بين طريقتي جاوس-سيدل ونيوتن-رافسون لحساب سريان القدرة:

نيوتن رافسون	جاوس سيدل
<ul style="list-style-type: none">• تستغرق وقتاً أطول بسبب عناصر مصفوفة جاكوب التي يتم حسابها لكل تكرار، وكذلك زمن كل تكرار يزداد بزيادة عدد القضبان.• معدل التقارب أو الوصول إلى الحل سريع وله خاصية تربيعية (Characteristics Quadrature)، لذا تحتاج لعدد قليل من التكرارات للوصول للحل.• تستخدم أيضاً لحساب سريان القدرة في الأنظمة الكبيرة.• برمجتها أصعب نسبياً وتحتاج لفضاء ذاكرة كبير.	<ul style="list-style-type: none">• هذه الطريقة تتطلب عدداً أقل من الحسابات لكل تكرار، وبالتالي تستغرق زمن أقل لكل تكرار.• معدل التقارب (Convergence Rate) أو الوصول إلى الحل بطيء وله خاصية خطية، لذا تحتاج لعدد كبير من التكرارات للوصول للحل.• تستخدم لحساب سريان القدرة في الأنظمة الصغيرة.• سهولة البرمجة ولا تحتاج لفضاء ذاكرة كبير.

Gauss-seidel conversion plot



Newton-Raphson conversion plot



حساب سريان القدرة والمفاقيد:

جزء من الشبكة

$$\begin{aligned} I_{ij} &= I_L + I_{i0} = y_{ij}(V_i - V_j) + y_{i0} V_i \\ S_{ij} &= V_i I_{ij}^* = V_i^2 (y_{ij} + y_{i0})^* - V_i y_{ij}^* V_j^* \end{aligned}$$

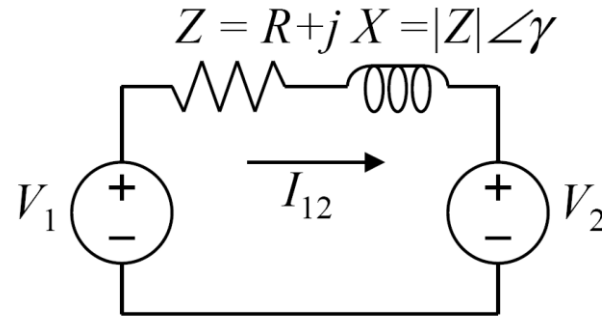
$i \leftarrow j$

$$S_{Loss\ ij} = S_{ij} + S_{ji}$$

التحكم في سريان القدرة:

قبل التعرف على الطرق المستخدمة للتحكم في سريان القدرة، ينبغي معرفة العوامل المؤثرة في سريانها.

العوامل المؤثرة في سريان القدرة:



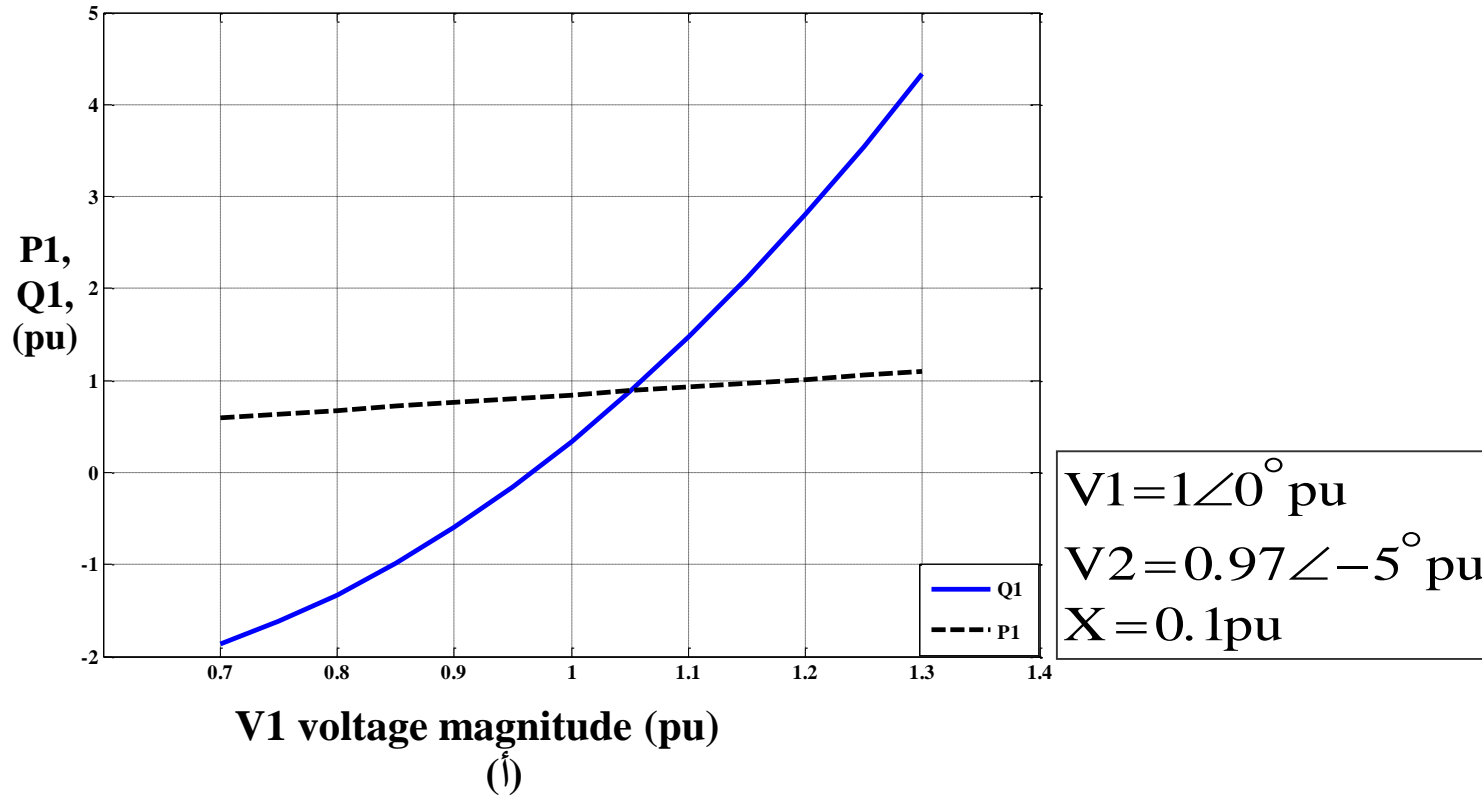
دائرة ذات مصدرين

$$S_{12} = V_1 I_{12}^* = |V_1| \angle \delta_1 \left[\frac{|V_1|}{|Z|} \angle (\gamma - \delta_1) - \frac{|V_2|}{|Z|} \angle (\gamma - \delta_2) \right]$$

$$P_{12} = \frac{|V_1|^2}{|Z|} \cos \gamma - \frac{|V_1| |V_2|}{|Z|} \cos(\gamma + \delta_1 - \delta_2)$$

$$Q_{12} = \frac{|V_1|^2}{|Z|} \sin \gamma - \frac{|V_1| |V_2|}{|Z|} \sin(\gamma + \delta_1 - \delta_2)$$

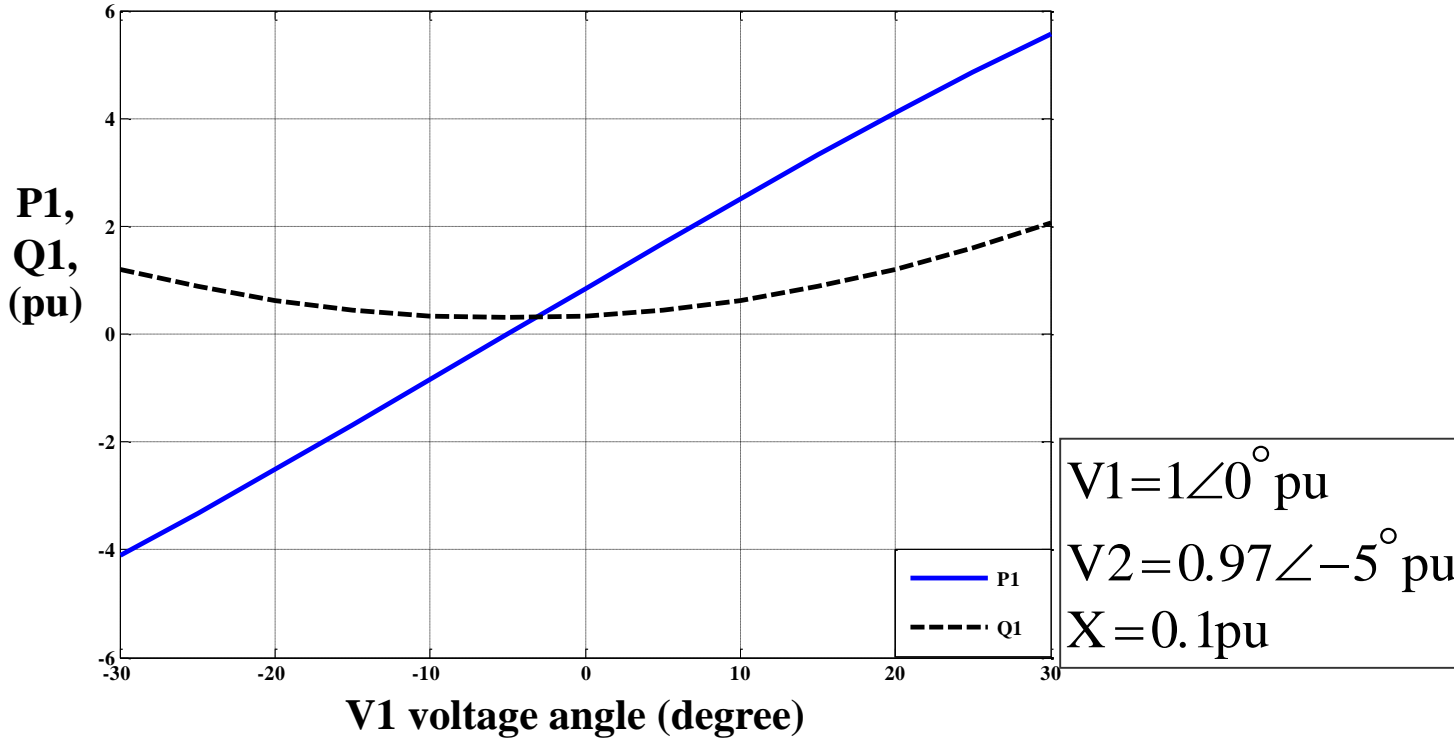
$$P_{12} = \frac{|V_1||V_2|}{X} \sin(\delta_1 - \delta_2) \quad Q_{12} = \frac{|V_1|}{|X|} [|V_1| - |V_2| \cos(\delta_1 - \delta_2)]$$



العلاقة بين القدرة الفعالة وغير الفعالة ومقدار الجهد.

(أ) عند تغيير مقدار الجهد للمصدر (1) ،

$$P_{12} = \frac{|V_1||V_2|}{X} \sin(\delta_1 - \delta_2) \quad Q_{12} = \frac{|V_1|}{|X|} [|V_1| - |V_2| \cos(\delta_1 - \delta_2)]$$



(ب)

العلاقة بين القدرة الفعالة وغير الفعالة وزاوية الجهد.

(ب) عند تغيير زاوية الجهد للمصدر (1).

لذا لنظم القوى الفعلية التي تكون فيها نسبة (R/X) صغيرة، يلاحظ التالي:

- إن التغيير في زاوية الجهد يصاحبه تغير كبير في القدرة الفعالة ΔP ، وتغير صغير (نسبياً بالمقارنة مع ΔP) في القدرة غير الفعالة.
- وأن سريان القدرة الفعالة يكون من القضيب ذي الجهد الأكبر في الزاوية إلى القضيب ذي زاوية الجهد الأصغر.
- أما التغيير في مقدار الجهد يصاحبه تغير كبير في القدرة غير الفعالة ΔQ ، وتغير صغير في القدرة الفعالة ΔP .
- كما أنه يلاحظ أن سريان القدرة الغير فعالة من القضيب ذو الجهد الأعلى مقداراً إلى القضيب ذو الجهد الأقل مقداراً.

طرق التحكم في سريان القدرة:

المعدات التالية تكون متاحة للتحكم في مقدار وزاوية جهد القضبان وبالتالي التحكم في سريان القدرة:

- حاكم المحرك الابتدائي (Prime Mover Governor) ومتحكم الجهد الأوتوماتيكي (AVR) للمولدات يمكن أن تستخدم للتحكم المباشر في القدرة الفعالة ومقادير الجهود.
- المحولات ذات مغير التفريعات عند التحميل (LTC Transformers) تستخدم للتحكم المباشر في جهود القضبان، وخطوة التفريعة تصبح كمتغير يتم حسابه.
- محولات تغيير زاوية الطور (Phase Shift Transformers) يمكن أن تستخدم للتحكم في زوايا جهود القضبان، وبالتالي التحكم في سريان القدرة الفعالة.
- التحكم يمكن أن ينفذ بواسطة المفاعلات المتوالية أو المتوازية.

الباب الثالث

(الجزء العملي)

تطبيقات لتحليل نظم القوى

مقدمة:

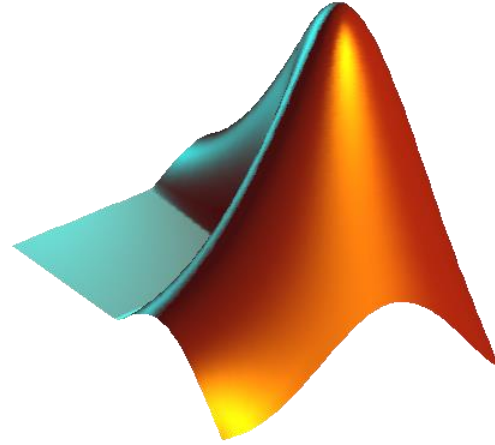
سيتناول هذا الباب تطبيقات لتحليل نظم القوى الكهربائية، وذلك بالاستعانة بالبرامج المساعدة المتمثلة في برنامج نيبلان (Neplan) وبرامج تم برمجتها بلغة ماتلاب (Matlab).

واقصر استخدام هذه البرامج لهذا المشروع على تطبيقات حساب سريان القدرة وحساب الأخطاء، حيث يعتبر حساب سريان القدرة من الإجراءات الأساسية في تحليل نظم القوى عند اشتغالها في الحالة المستقرة (Normal Operation)، أما حساب الأخطاء فهو مهم في تحليل النظم عند اشتغالها في الحالة الغير مستقرة (Operation Abnormal). وتم إجراء هذه التطبيقات لتحليل منظومة افتراضية وأخرى لشبكة توزيع كهربائية لمشروع وحدات سكنية مصممة تبعاً للمواصفات الليبية، وذلك لتوضيح كيفية استخدام البرامج المساعدة.

تعتبر المصفوفات والأعداد المركبة من أهم الوسائل المستخدمة في تحليل نظم القوى الكهربائية؛ لذا

تعتبر ماتلاب لغة برمجة مناسبة لمرونتها العالية في التعامل مع المصفوفات والأعداد المركبة.

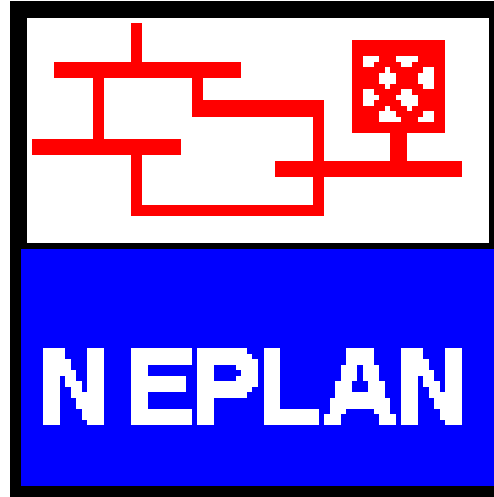
وقد تم استخدامها كأداة لإجراء وتوضيح الحسابات بصحة برنامج نيبلان.



MATLAB

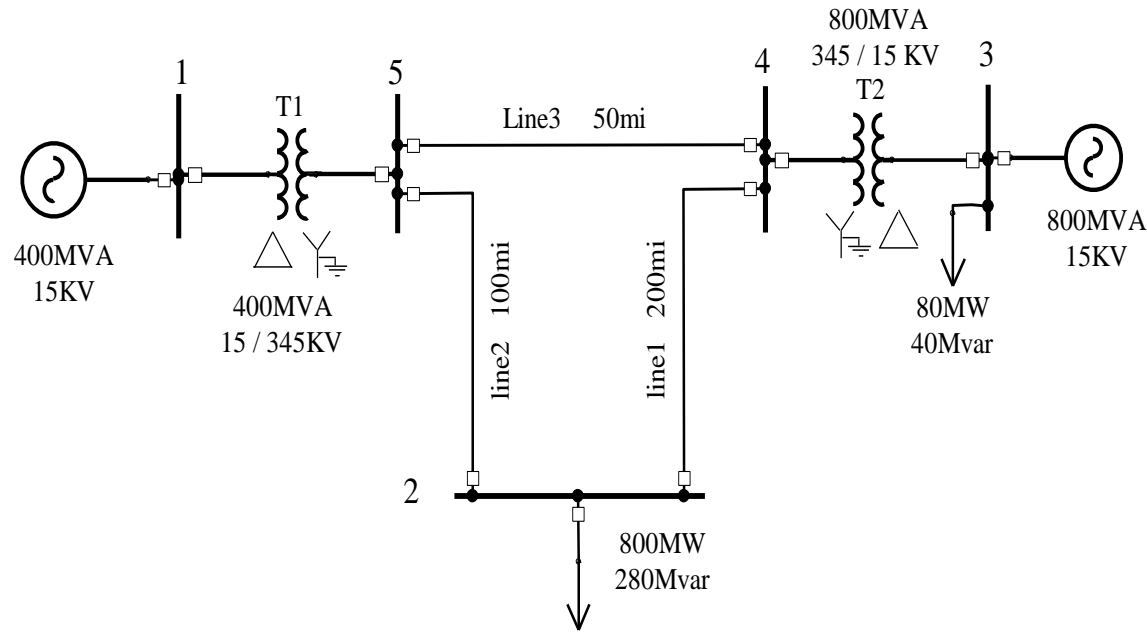
أما برنامج نيبلان فهو برنامج محاكاة تفاعلي إنتاج شركة (BCP Busarello+Cott+Partner.Inc)، وهو برنامج يتم استخدامه من قبل الشركة العامة للكهرباء والمياه والغاز في تحليل نظمها المختلفة، وله عدة تطبيقات في تحليل نظم القوى الكهربائية.

وهو يحاكي منظومة القوى بطريقة تفاعلية مع المستخدم لتمكينه من أي تعديلات مرغوب فيها بشكل سهل، ويقدم هذا البرنامج صورة شاملة عن المنظومة والنواتج المترتبة عن التعديلات الجارية عليها.



NEPLAN

1.3 سريان القدرة للحالة الأساسية (Base Case):



مخطط أحادي الخط لمنظومة القوى المقترحة

بيانات القضبان

Bus	Type	V Per unit	δ Degrees	P_G Per unit	Q_G Per unit	P_L Per unit	Q_L Per unit	Q_{max} Per unit	Q_{min} Per unit
1	Swing	1	0	–	–	0	0	–	–
2	Load	–	–	0	0	2	0.7	–	–
3	Voltage controlled	1.05	–	1.3	–	0.2	0.1	1	-0.7
4	Load	–	–	0	0	0	0	–	–
5	Load	–	–	0	0	0	0	–	–

بيانات المحولات

Bus to Bus	R Per unit	X Per unit	Maximum MVA Per unit	Maximum Tap Setting Per unit
1-5	0.006	0.08	1.5	—
3-4	0.003	0.04	2.5	—
Per unit* أن القيمة منسوبة لقيم الأساس للمنظومة S_{base} ، V_{base} .				

بيانات خطوط النقل

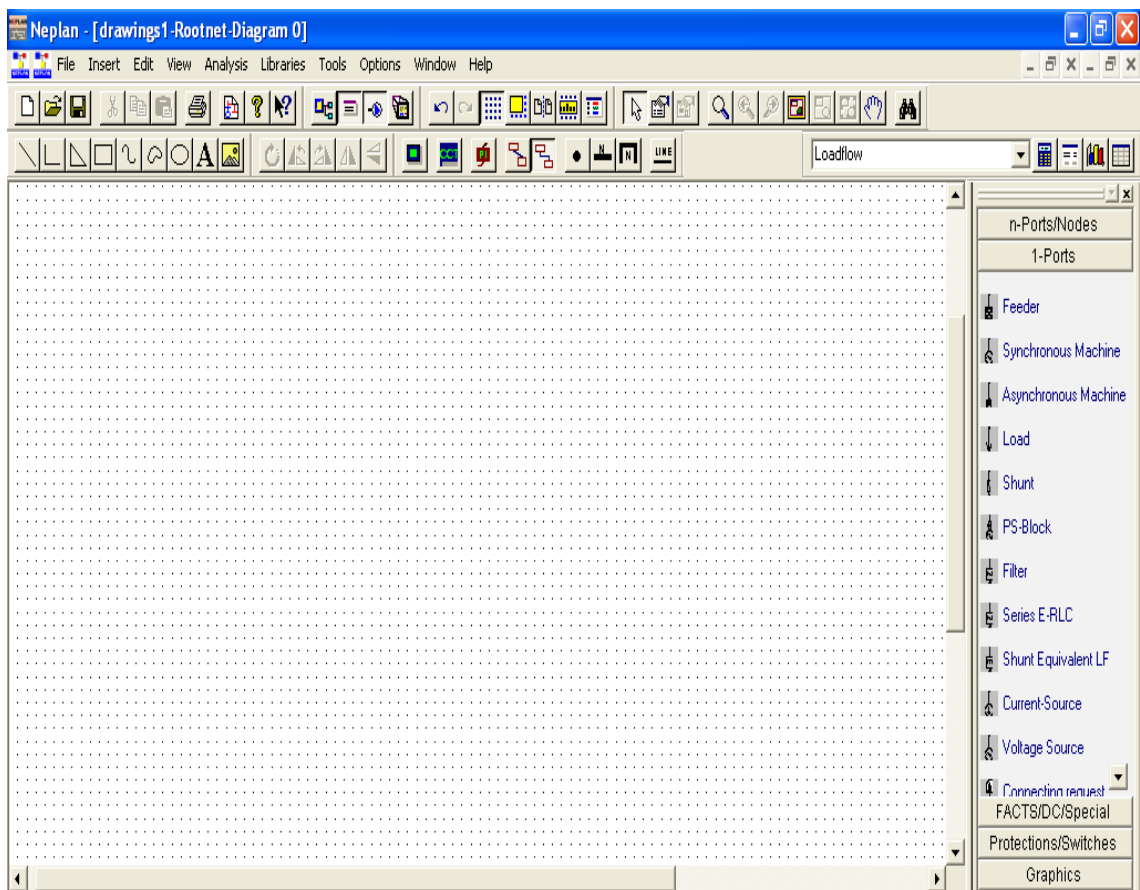
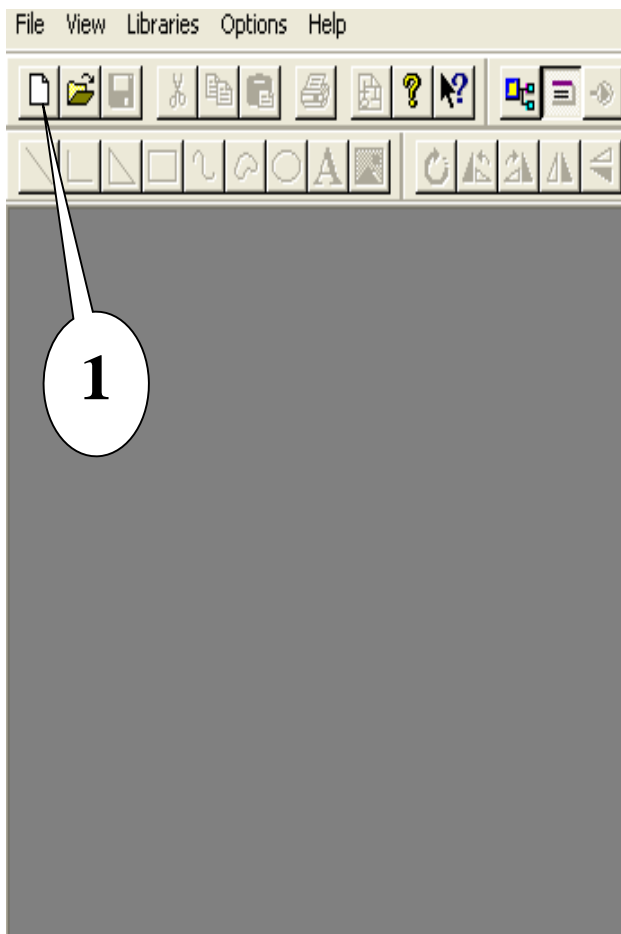
Bus to Bus	R Per unit	X Per unit	B Per unit	MaxMVA Per unit
2-4	0.036	0.4	0.43	3
2-5	0.018	0.2	0.22	3
4-5	0.009	0.1	0.11	3

بيانات الدخل للمحولات

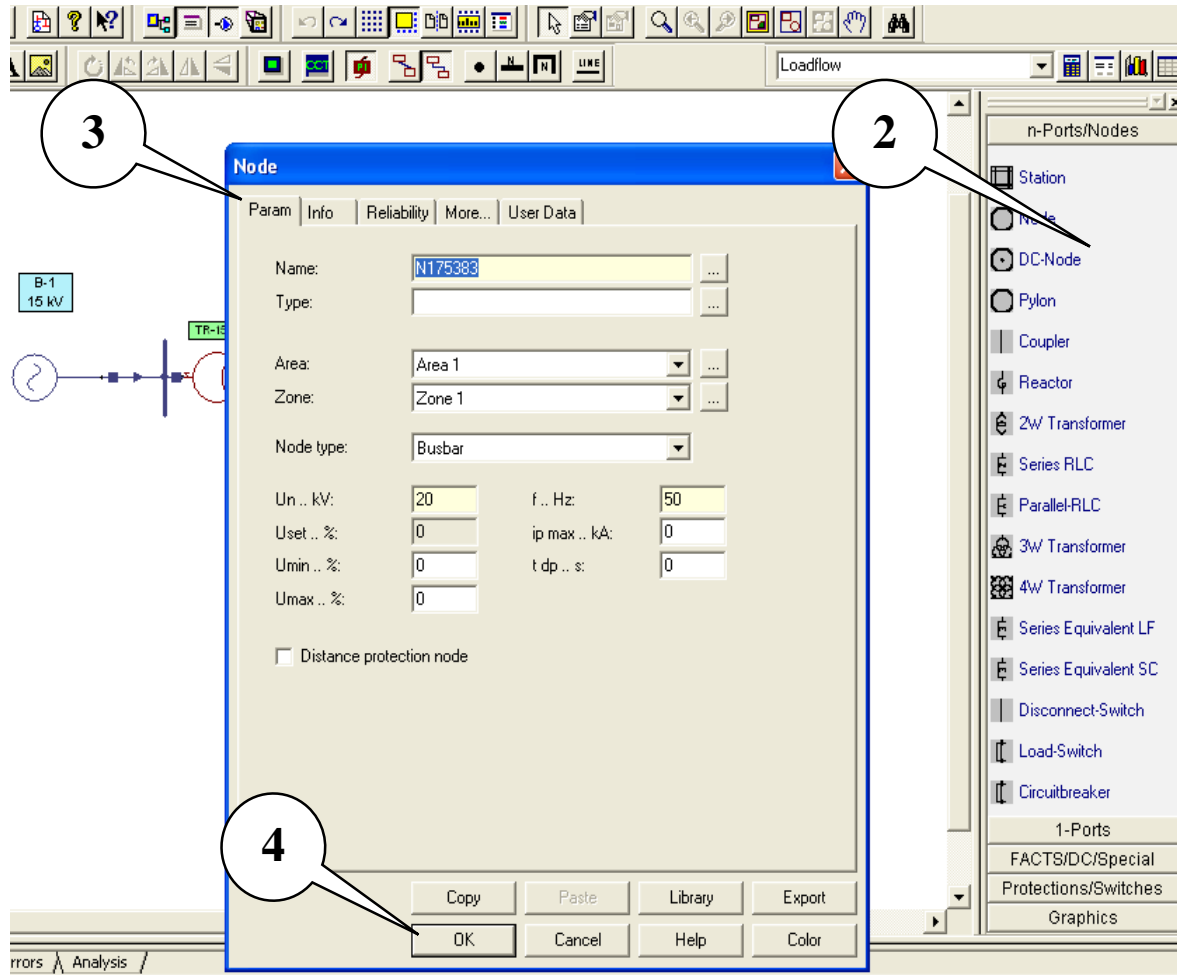
Bus to Bus	R Per unit	X Per unit*	Maximum MVA
1-5	0.006	0.08	600
3-4	0.006	0.08	1000
Per unit* القيمة منسوبة لمقننات المحول وليست لقيم الأساس للمنظومة			

بيانات الدخل لخطوط النقل

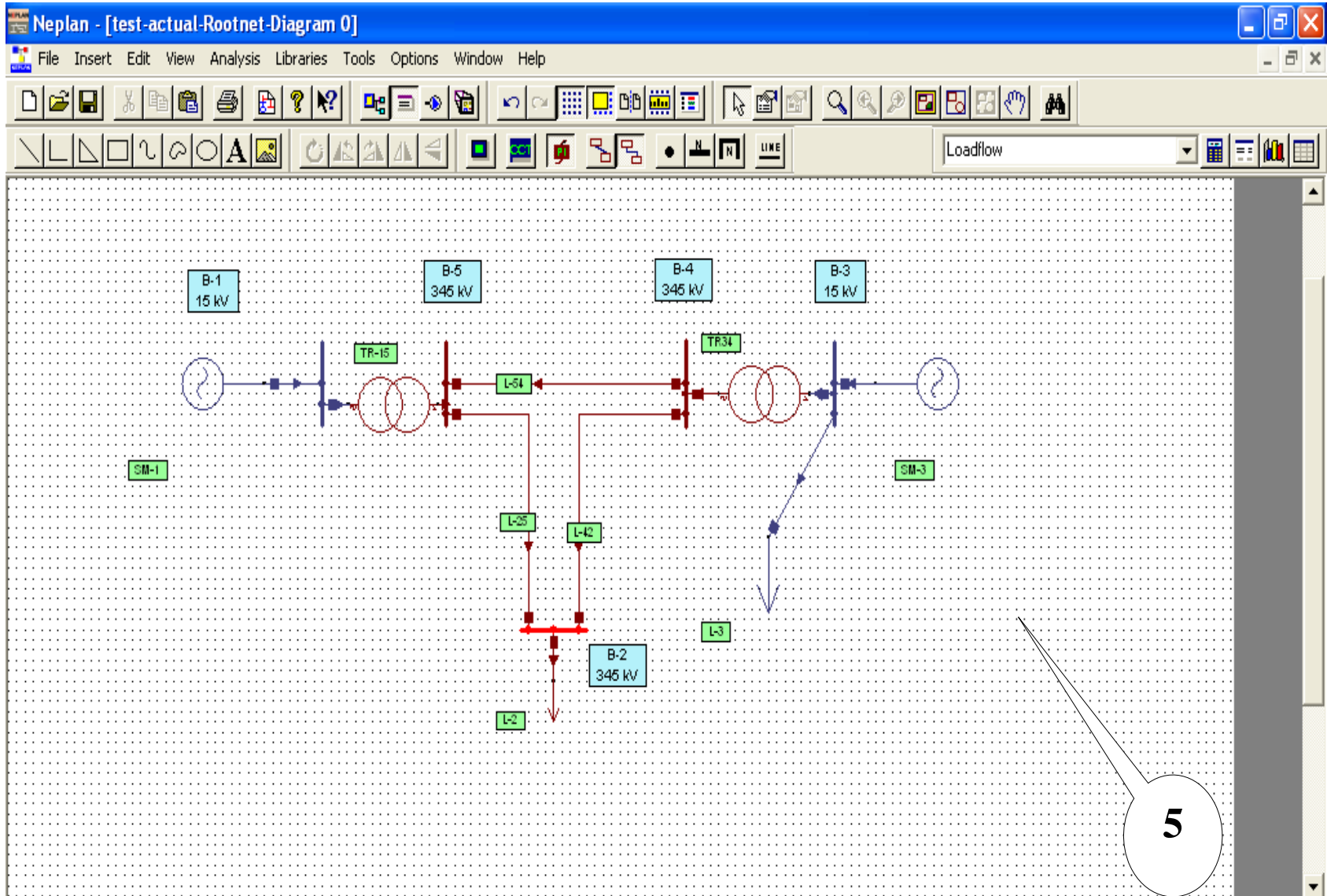
Bus to Bus	R Ω	X Ω	B μ -Siemens	Maximum MVA
2-4	10.71225	119.025	1445.074	1200
2-5	5.356125	59.5125	739.34	1200
4-5	2.678	29.75625	369.67	1200



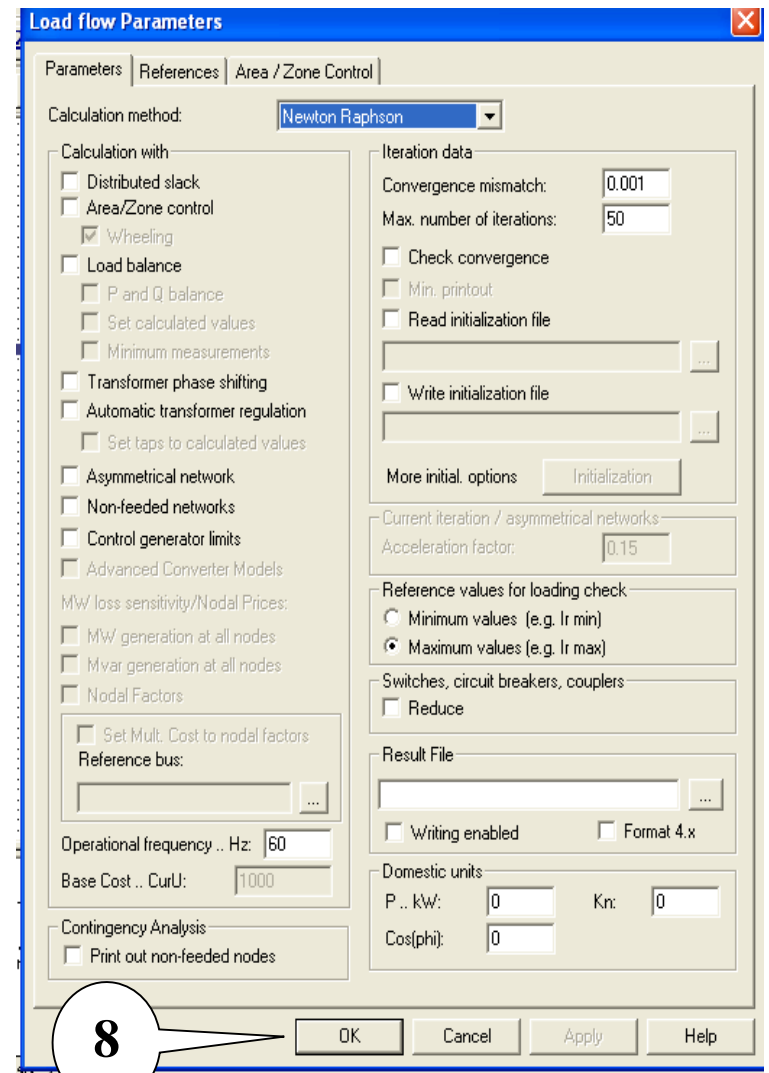
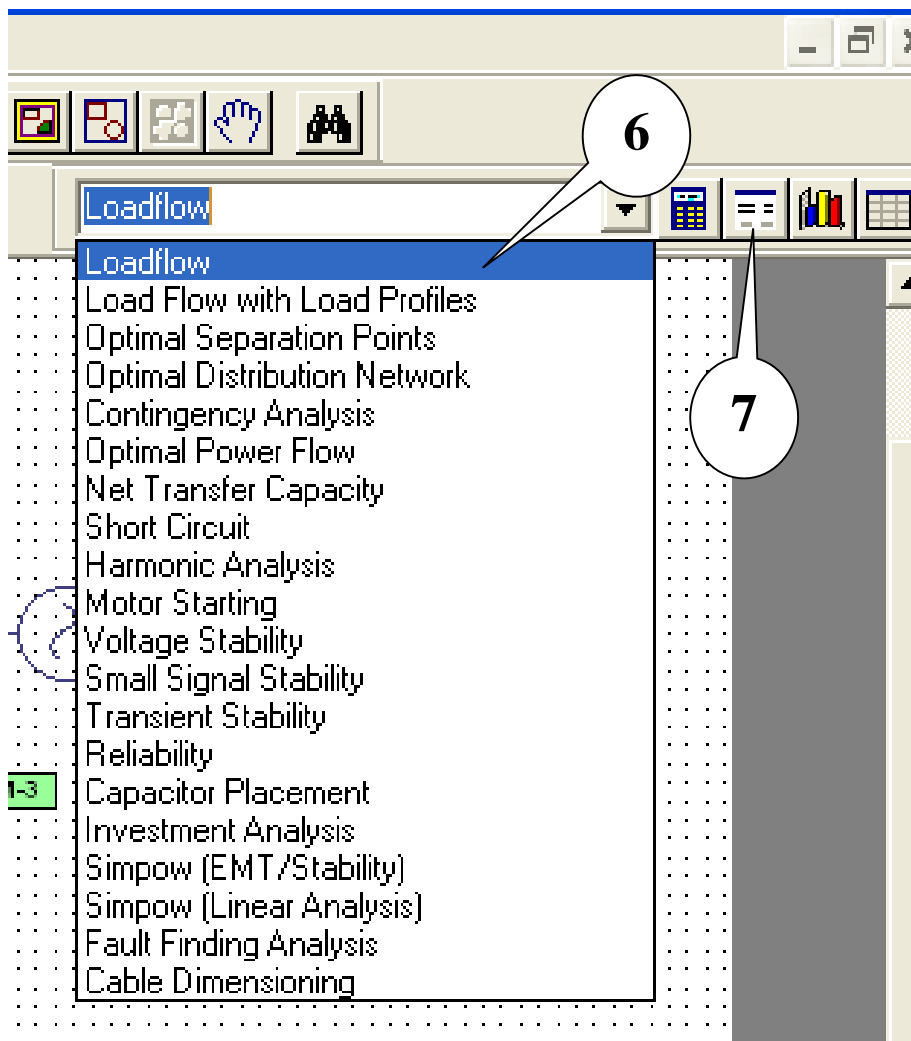
فتح ملف جديد



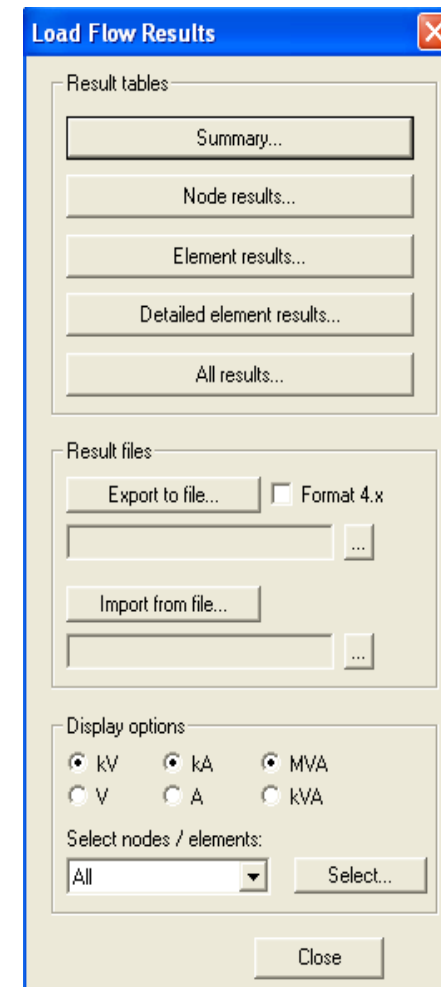
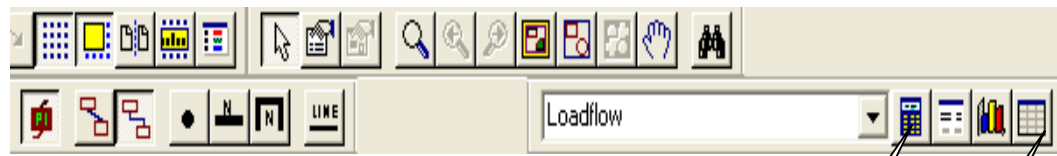
خطوات بناء المخطط أحادي الخط



المخطط أحادي الخط لمنظومة القوى



خطوات انتقاء تحليل سريان القدرة



خطوات إجراء الحسابات

Load flow results

NEPLAN®

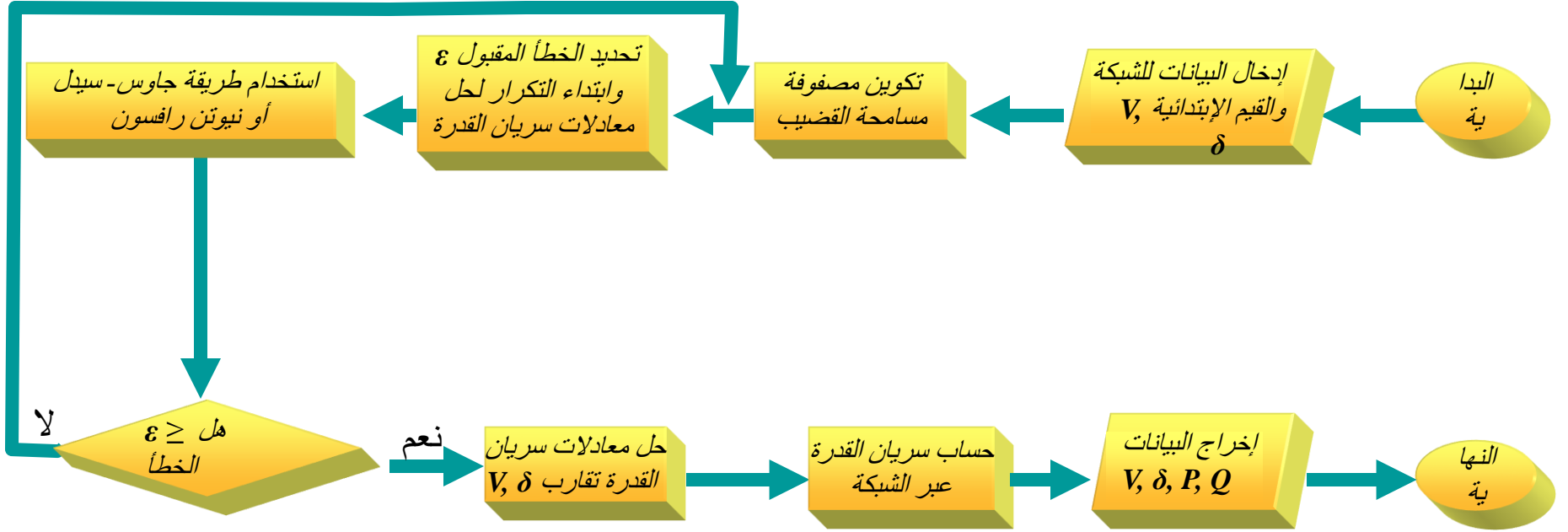
1										
2	Iteration									
3	Iterations: 6									
4	Mismatch: 0									
5										
6	From	To	P Loss	Q Loss	P Imp	Q Imp	P Gen	Q Gen	P Load	Q Load
7	Area/Zon	Area/Zon	MW	MVar	MW	MVar	MW	MVar	MW	MVar
8	Network		34.827	131.395	394.827	114.06	914.827	451.395	880	320
9	Area 1		34.827	131.395	0	0	914.827	451.395	880	320
10	Zone 1		34.827	131.395	0	0	914.827	451.395	880	320
11										
12	Un		P Loss L	Q Loss L	P Loss T	Q Loss T				
13	kV		MW	MVar	MW	MVar				
14	345		30.375	72.203	4.452	59.191				
15										
16	Overload									
17	Nodes (I %									
18	B-2	83.39								
19										
20	ID	Node	U	u	Angle U	P Load	Q Load	P Gen	Q Gen	Q Shunt
21		Name	kV	%	°	MW	MVar	MW	MVar	MVar
22	734	B-1	15	100	0	0	0	394.827	114.06	0
23	737	B-2	287.699	83.39	-22.4	800	280	0	0	0
24	740	B-3	15.75	105	-0.6	80	40	520	337.335	0
25	728	B-4	351.69	101.94	-2.8	0	0	0	0	0
26	732	B-5	336.161	97.44	-4.5	0	0	0	0	0
27										
28	ID	Node	Element	Type	P	Q	I	Angle I	Loading	P Loss
29		Name	Name		MW	MVar	kA	°	%	MW
30	713	B-1	SM-1	Synchron	-394.827	-114.06	15.818	163.9		
31	714	B-3	SM-3	Synchron	-520	-337.335	22.721	146.4		
32	717	B-5	L-54	Line	-133.361	-182.541	0.388	121.6	19.34	1.0408
33	717	B-4	L-54	Line	134.402	150.357	0.331	-51	16.49	1.0408
34	730	B-1	TR-15	2W Trans	394.827	114.06	15.818	-16.1	68.5	2.5335
35	730	B-5	TR-15	2W Trans	-392.293	-80.375	0.688	163.9	66.74	2.5335
36	726	B-4	TR34	2W Trans	-438.082	-271.828	0.846	145.4	51.56	1.9184
37	726	B-3	TR34	2W Trans	440	297.335	19.467	-34.6	53.1	1.9184
38	723	B-4	L-42	Line	303.68	121.471	0.537	-24.6	26.74	11.8372
39	723	B-2	L-42	Line	-291.843	-139.12	0.649	132.1	32.31	11.8372
40	720	B-5	L-25	Line	525.654	262.916	1.009	-31.1	50.27	17.4968
41	720	B-2	L-25	Line	-508.157	-140.88	1.058	142.1	52.7	17.4968
42	738	B-3	L-3	Load	80	40	3.279	-27.2		
43	735	B-2	L-2	Load	800	280	1.701	-41.7		

برنامج ماتلاب لحساب سريان القدرة باستخدام طريقة نيوتن - رافسون

إدخال البيانات للشبكة والقيم الابتدائية

```
% Matlab program to solve Power Flow by using Newton-Raphson Method
=====
% S_base=400MVA; V_base=15KV at buses 1, 3; V_base=345KV at buses 2, 4, 5.
clc
clear
syms V1 V2 V3 V4 V5 d1 d2 d3 d4 d5      %Identify symbols, firstly.
V=[V1; V2; V3; V4; V5]; d=[ d1; d2; d3; d4; d5 ]; % As a matrix.
PL=[0; 800; 80; 0; 0]/400;              %P of load .
QL=[0; 280; 40; 0; 0]/400;              %Q of load .
Ps=[0; -800; (520-80); 0; 0]/400;       %Specific P of Buses. since P=(Pg-PL)
Qs=[0; -280; -40; 0; 0]/400;           %Specific Q of Buses. since Q=(Qg-QL)
=====
```

المخطط الانسيابي لحساب سريان القدرة



تكوين مصفوفة مسامحة القضييب للشبكة

% Sub-program to build Ybus

```
zdata = [ 0    2    0 -4.6511  % Input data for impedance and
          0    2    0 -9.0909  % charge admittance of branches.
          0    4    0 -18.1818
          0    4    0 -4.6511
          0    5    0 -9.0909
          0    5    0 -18.1818
          1    5    0.006  0.08
          3    4    0.003  0.04
          2    4    0.036  0.4
          2    5    0.018  0.2
          4    5    0.009  0.1 ];
```

```
nl=zdata(:,1); nr=zdata(:,2); R=zdata(:,3); X=zdata(:,4);
nbr=length(zdata(:,1)); nbus = max(max(nl), max(nr));
Z = R + j*X; %Branch impedance .
y= ones(nbr,1)./Z; %Branch admittance .
Ybus=zeros(nbus,nbus); % Initialize Ybus to zero .
for k = 1:nbr; % Formation of the off diagonal elements.
    if nl(k) > 0 & nr(k) > 0
        Ybus(nl(k),nr(k)) = Ybus(nl(k),nr(k)) - y(k);
        Ybus(nr(k),nl(k)) = Ybus(nl(k),nr(k));
    end
end
for n = 1:nbus % Formation of the diagonal elements.
    for k = 1:nbr
        if nl(k) == n | nr(k) == n
            Ybus(n,n) = Ybus(n,n) + y(k);
        else, end
    end
end
Ybus ; % The resulting Bus Admittance matrix.
Y= abs(Ybus); t=angle(Ybus);

% Frequently, this Sub-program will be used for build Ybus, as a User
% Defined Function (ybus) called to return Bus admittance matrix.
%=====
```

تكوين معادلات القدرة ومصفوفة جاكوب

```

    %Loop to construct the calculated power equations:
    %In the form of:  $P_i = \sum (|V_i||V_j||Y_{ij}|\cos(\theta_{ji}-\delta_i+\delta_j))$ .
    %                   $Q_i = \sum (|V_i||V_j||Y_{ij}|\sin(\theta_{ji}-\delta_i+\delta_j))$ .
for k=2:5
    for j=1:5
        p(j,1) = V(k) * (V(j) * Y(k,j) * cos(t(k,j)-d(k)+d(j)));
        q(j,1) = -V(k) * (V(j) * Y(k,j) * sin(t(k,j)-d(k)+d(j)));
    end

    P(k,1) = sum(p);           %Symbolic P matrix.

    Q(k,1) = sum(q);         %Symbolic Q matrix.
end
%=====
%---Functions for symbolic jacobian---%
%   (Partial Derivatives Matrix)

f=[P(2:end);Q([2,4:5])];    %The required functions.
x=[d2;d3;d4;d5;V2;V4;V5];  %The required variables.
R=jacobian(f,x);           %Symbolic Jacobian Mtrix(Built-in matlab
                           %function).
V =[1.0; 1; 1.05; 1; 1];   %Initial values of magnitude of buses voltages.
d =[0; 0; 0; 0; 0];       %Initial values of angle of buses voltages.
%=====
```

تحديد الخطأ المقبول ϵ وابتداء التكرار لحل معادلات سريان القدرة باستخدام طريقة نيوتن-رافسون

```
                                %Iteration Loop
iter=0;                          % Iteration counter
pwracur = 0.000001;              % Power accuracy(relative error).
DC= 10;                          % Set the maximum power mismatch to a high
                                % value for first test of condition of the loop.

while max(abs(DC))>pwracur & iter<20 % Test for convergence.
iter = iter +1                    % No. of iterations.
X=[d(2:end);V([2,4:5])];
e=V.*exp(i*d);                   % Construct complex bus voltages vector.
s=conj(e).*(Ybus*e);             % The calculated conjugated power.
P=real(s);Q=-imag(s);
DC=[Ps(2:end)-P(2:end);Qs([2,4:5])-Q([2,4:5])]; %The Power mismatch.
V1=V(1);V2=V(2);V3=V(3);V4=V(4);V5=V(5); %Substituting elements of %Voltages &
d1=d(1);d2=d(2);d3=d(3);d4=d(4);d5=d(5); %angles vectors in variables V & d.
J=subs(R); J=vpa(J,5);           % Evaluated jacobian matrix.
DX = J\DC ;                      % Change of variables .
X=X+DX;
V([2,4:5])=X(5:7);d(2:end)=X(1:4); % Solution of unkown variables.
end
%=====
```

حساب سريان القدرة والمفايد عبر الشبكة

```
% Calculation of power flows through branches.
V=V.*exp(i*d);
V1=V(1);V2=V(2);V3=V(3);V4=V(4);V5=V(5);
d1=d(1);d2=d(2);d3=d(3);d4=d(4);d5=d(5);
I15=-Ybus(1,5)*(V1-V5); I51=-I15;
I54=-Ybus(5,4)*(V5-V4)+(0.11i/2)*V5;
I45=-Ybus(5,4)*(V4-V5)+(0.11i/2)*V4;
I52=-Ybus(5,2)*(V5-V2)+(0.22i/2)*V5;
I25=-Ybus(5,2)*(V2-V5)+(0.22i/2)*V2;
I43=-Ybus(4,3)*(V4-V3); I34=-I43;
I42=-Ybus(4,2)*(V4-V2)+(0.43i/2)*V4;
I24=-Ybus(4,2)*(V2-V4)+(0.43i/2)*V2;
S15=V1*conj(I15); S51=V5*conj(I51);
S54=V5*conj(I54); S45=V4*conj(I45);
S52=V5*conj(I52); S25=V2*conj(I25);
S43=V4*conj(I43); S34=V3*conj(I34);
S42=V4*conj(I42); S24=V2*conj(I24);
%===== Power flows and Losses =====
S=[P+PL, Q+QL]*400; % Generated Power matrix.

S15_51=[S15 S15+S51; S51 S15+S51]*400; %---\
S54_45=[S54 S54+S45; S45 S54+S45]*400; %|
S52_25=[S52 S52+S25; S25 S52+S25]*400; %->Branch Power flows & Losses
S43_34=[S43 S43+S34; S34 S43+S34]*400; %|
S42_24=[S42 S42+S24; S24 S42+S24]*400; %---/
%=====
```

وترتيب إخراج البيانات V, δ, P, Q

```

                                % Arrangement and show the results
format short
[V] = [abs(V) angle(V)*180/pi];
bus=[ '1  ' ;'2  ' ;'3  ' ;'4  ' ;'5  ' ];
disp('Output Data:')
disp('-----')
disp('-----')
disp('                                Output Data of Buses          ')
disp('bus |V(pu)|  Vang(deg)      P_Load      Q_Load      P_Gen      Q_Gen')
disp('-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----')
disp('-----')
disp([bus num2str([ V(:,1), V(:,2), PL, QL, S ])]);
disp('-----')
disp('-----')
format short g
bus_bus=['1-5  ' ;'5-1  ' ;'5-4  ' ;'4-5  ' ;'5-2  ' ...
        ;'2-5  ' ;'4-3  ' ;'3-4  ' ;'4-2  ' ;'2-4  ' ];
So=[S15_51;S54_45;S52_25;S43_34;S42_24];
Sr=real(So);  Si=imag(So);
S_out=[Sr(:,1) Si(:,1) Sr(:,2) Si(:,2)];
disp('-----')
disp('From          Branches Power Flows          ')
disp('/To          P (MW)          Q(MVar)          P(loss)          Q(loss)          ')
disp('-----|-----|-----|-----|-----')
disp([bus_bus num2str( S_out) ])
%=====
%=====

```

النتائج

⌘ The Results //

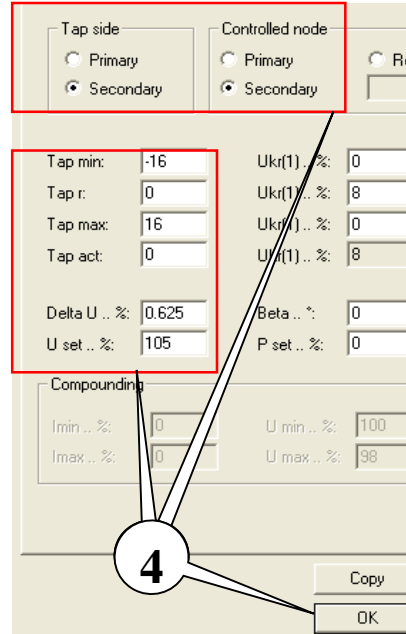
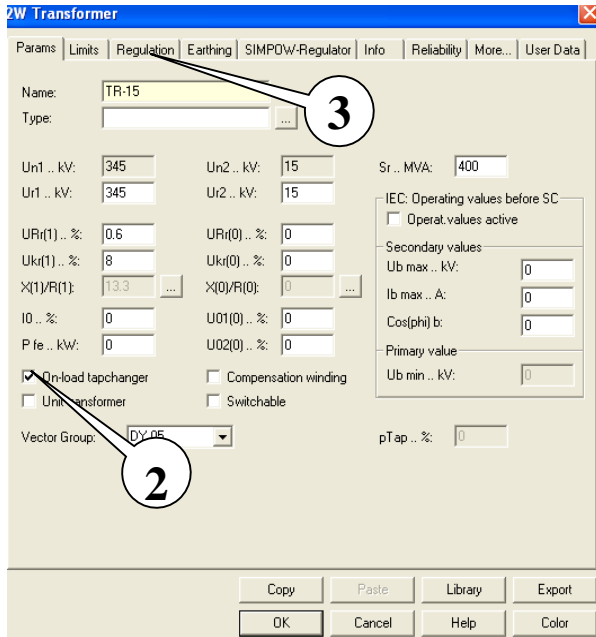
iter =
6

Output Data:

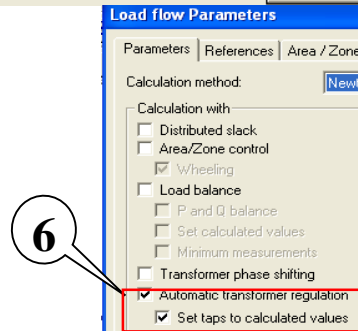
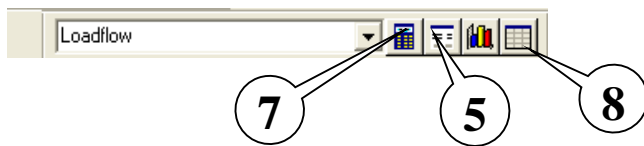
Output Data of Buses						
bus	V(pu)	Vang(deg)	P_Load	Q_Load	P_Gen	Q_Gen
1	1.0000	0	0	0	394.8387	114.2816
2	0.8338	-22.4064	2.0000	0.7000	0.0000	-0.0000
3	1.0500	-0.5973	0.2000	0.1000	520.0000	337.4774
4	1.0193	-2.8340	0	0	-0.0000	0.0000
5	0.9743	-4.5479	0	0	-0.0000	0.0000

From /To	Branches Power Flows			
	P(MW)	Q(MVar)	P(loss)	Q(loss)
1-5	394.8387	114.2816	2.534368	33.79157
5-1	-392.3043	-80.49007	2.534368	33.79157
5-4	-133.3577	-182.5296	1.040898	-32.17522
4-5	134.3986	150.3543	1.040898	-32.17522
5-2	525.662	263.0197	17.50317	122.1257
2-5	-508.1588	-140.894	17.50317	122.1257
4-3	-438.081	-271.8908	1.918999	25.58665
3-4	440	297.4774	1.918999	25.58665
4-2	303.6824	121.5377	11.84123	-17.56749
2-4	-291.8412	-139.1051	11.84123	-17.56749

2.3 تحسين الجهد عند قضيب الحمل (2) باستخدام محول متغير التفريعات:

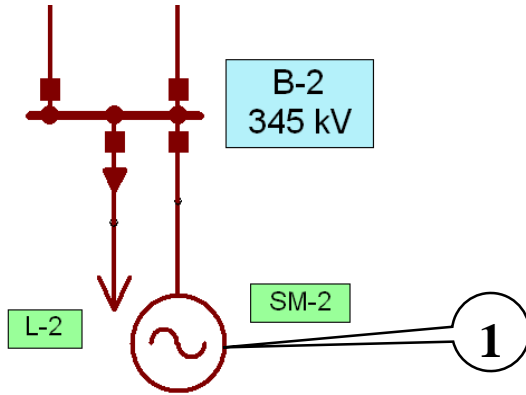


Node Name	U kV	u %	Angle U °
B-1	15	100	0
B-2	287.699	83.39	-22.4
B-3	15.75	105	-0.6
B-4	351.69	101.94	-2.8
B-5	336.161	97.44	-4.5



خطوات تعديل المحول وحساب سريان القدرة

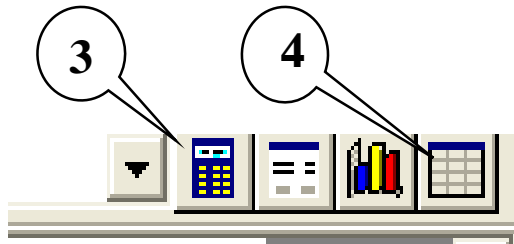
3.3 تحسين مستوى الجهد باستخدام المكثفات:



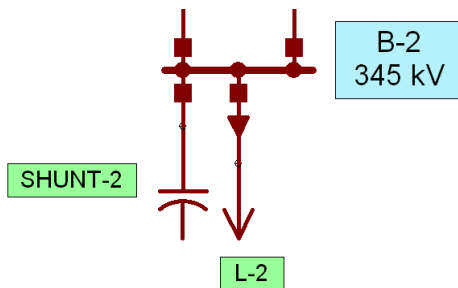
Synchronous Machine

SIMPOW-Regulator/Turbines		Li
Params	Limits	Operational
Name:	SM-2	
Type:		
Ur... kV:	<input type="text" value="0"/>	pUr... %:
Sr... MVA:	<input type="text" value="0"/>	xd sat...:
Pr... MW:	<input type="text" value="0"/>	xd' sat...:
Cos(phi):	<input type="text" value="0"/>	xd'' sat...:
Ufmax/Ufr:	<input type="text" value="2.0"/>	

Name	U kV	u %	U ang °
B-1	15	100	0
B-2	313.926	90.99	19.9
B-3	15.75	105	-0.3
B-4	359.564	104.22	-2.6
B-5	358.454	103.9	-4.5

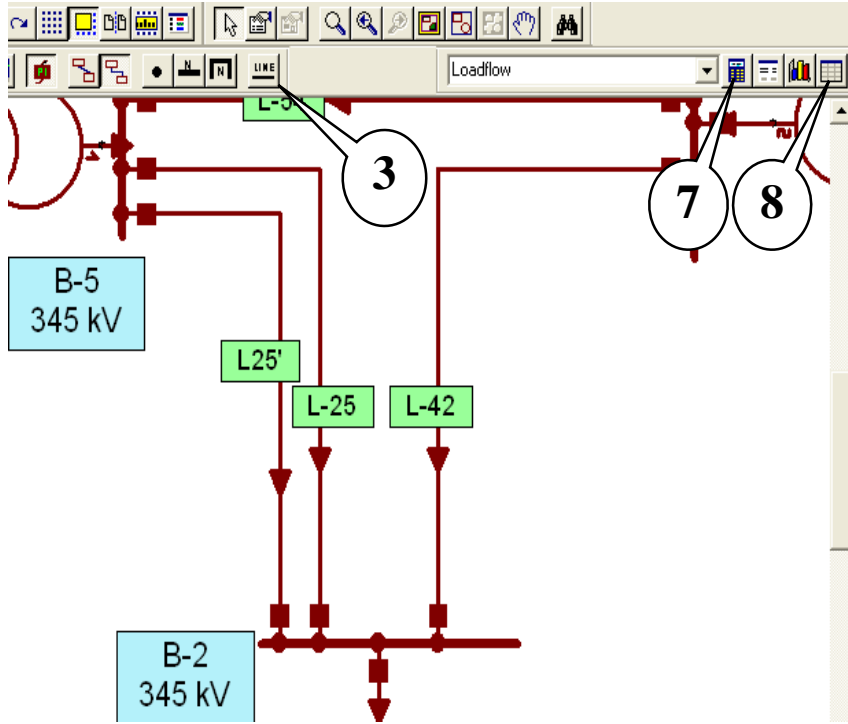


U kV	u %	U ang °	P Load MW	Q Load MVar	P Gen MW	Q Gen MVar
15	100	0	0	85.286	383.957	0
345	100	-19.1	800	280	0	260.97
15.75	105	-0.4	80	40	520	103.437
359.37	104.17	-2.7	0	0	0	0
349.914	101.42	-4.4	0	0	0	0



خطوات تحويل قضيب الحمل لقضيب توليد، وحساب سريان القدرة لتحديد سعة المكثفات

4.3 تحسين مستوى الجهد بإضافة خط نقل جديد:



Line

Params Sections Line Loads Pylons Compensation Info Reliability More... User Data

Name: L-25

Type: [...]

Length .. mile: 1 Units: Ohm/miles

R(1) .. Ohm/mile: 5.35612 R(0) .. Ohm/mile: 0

X(1) .. Ohm/mile: 59.5125 X(0) .. Ohm/mile: 0

C(1) .. uF/mile: 1.96116 C(0) .. uF/mile: 0

B(1) .. uS/mile: 739.34 B(0) .. uS/mile: 0

G(1) .. uS/mile: 0

Ir max .. A: 0 Temp. at end of SC. °: 80

Ir min .. A: 0 Number of lines: 1

Reduction factor: 1 Q .. mm2: 0

Operating Temp... °: 40

Cable Switchable

Overhead

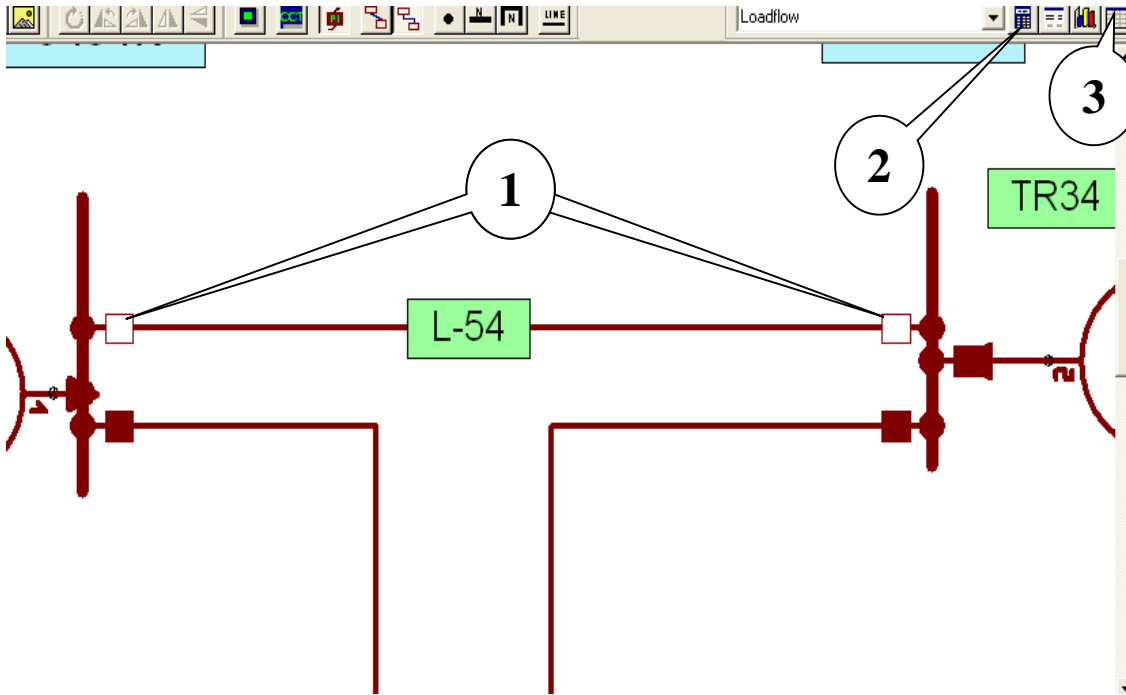
Copy Paste Library Export

OK Cancel Help Color

خطوات بإضافة خط نقل جديد وحساب سريان القدرة

Name	U kV	u %	U ang °
B-1	15	100	0
B-2	328.742	95.29	-13.2
B-3	15.75	105	0.9

5.3 تأثير فقد أحد العناصر في المنظومة:



Name	U kV	u %	U ang °
B-1	15	100	0
B-2	267.453	77.52	-19.6
B-3	15.75	105	13.7
B-4	352.883	102.28	11.4
B-5	321.821	93.28	-4.7

خطوات فقد خط نقل وحساب سريان القدرة

6.3 تحويل قضيبي محكوم الجهد (PV Bus) إلى قضيبي حمل (PQ Bus):

Load flow Parameters

Parameters | References | Area / Zone Control

Calculation method: Newton Raphson

Calculation with:

- Distributed slack
- Area/Zone control
- Wheeling
- Load balance
- P and Q balance
- Set calculated values
- Minimum measurements
- Transformer phase shifting
- Automatic transformer regulation
- Set taps to calculated values
- Asymmetrical network
- Non-fed networks
- Control generator limits
- Advanced Converter Models
- MW loss sensitivity
- MW generation at a
- Mvar generation at a
- Nodal Factors
- Set Mult. Cost to nodal factors

Reference bus:

Operational frequency .. Hz: 60

Base Cost .. CurU: 1000

Contingency Analysis

Print out non-fed nodes

Iteration data:

Convergence mismatch: 0.001

Max. number of iterations: 50

Check convergence

Min. printout

Read initialization file

Write initialization file

More initial. options Initialization

Current iteration / asymmetrical networks

Acceleration factor: 0.15

Reference values for loading check

Minimum values (e.g. I_r min)

Maximum values (e.g. I_r max)

Switches, circuit breakers, couplers

Reduce

Result File

Writing enabled Format 4.x

Domestic units

P .. kW: 0 Kn: 0

Cos(phi): 0

OK Cancel Apply Help

Load

Params | Voltage Dependence | Scaling Factors | Info | Reliability | More... | User Data

Name: L-3

Type:

LF-Type: PQ Units: HV

S .. MVA: 170 E .. MWh: 0 P(O) .. MW: 0

P .. MW: 80 Velander factor 1: 0 Q(O) .. Mvar: 0

Q .. Mvar: 150 Velander factor 2: 0

I .. kA: 6,543 Domestic units: 0

cos(phi): 0.471

Scaled values

S oper .. MVA: 170

P oper .. MW: 80

Q oper .. Mvar: 150

I oper .. kA: 6,543

cos(phi) oper: 0.471

Total scaling factor for P: 1

Total scaling factor for Q: 1

Load Balancing

Load variable

Calculated scaling factor P: 1

Calculated scaling factor Q: 1

Equivalent circuit for harmonic analysis:

R, L series-connected

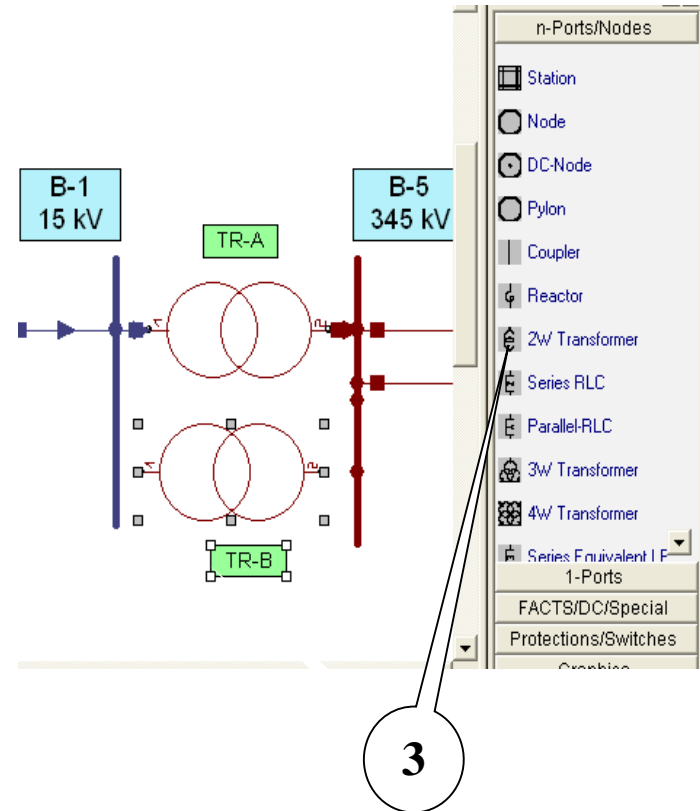
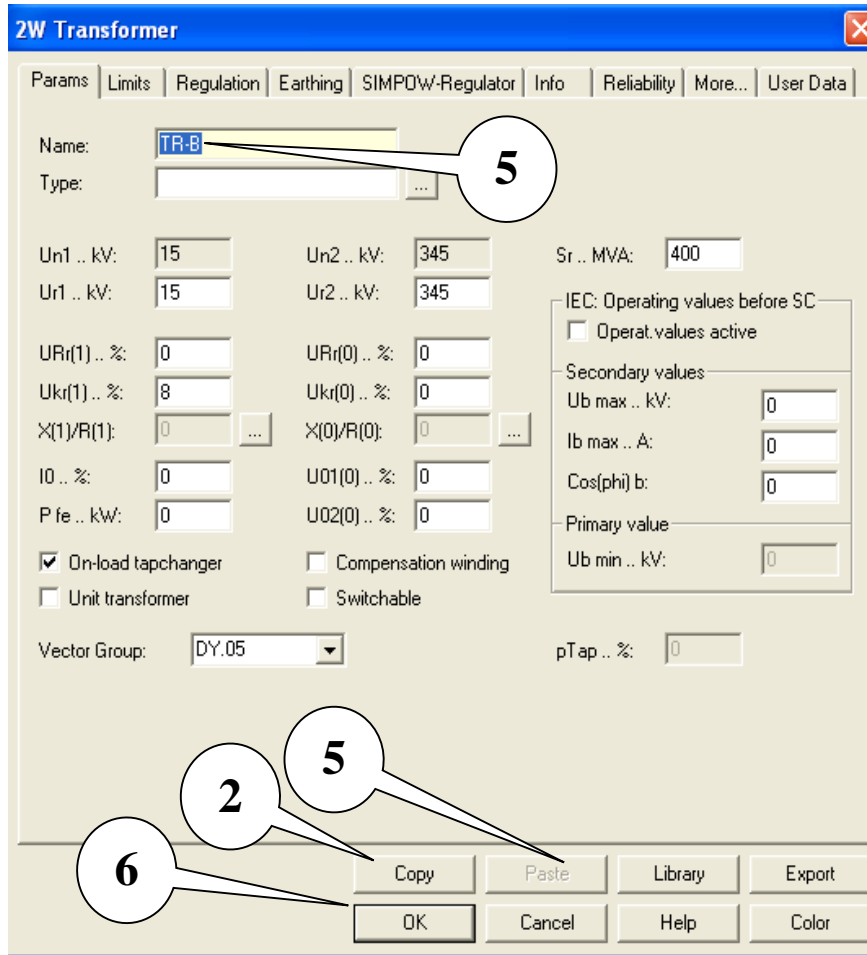
Copy Paste Library Export

OK Cancel Help Color

Name	U kV	u %	U ang °
B-1	15	100	0
B-2	272.804	79.07	-23.9
B-3	15.167	101.11	-0.2
B-4	339.513	98.41	-2.7
B-5	328.685	95.27	-4.6

خطوات تحويل قضيبي محكوم الجهد PV إلى قضيبي حمل PQ وحساب سريان القدرة

7.3 تنظيم سريان القدرة بواسطة محول التنظيم:



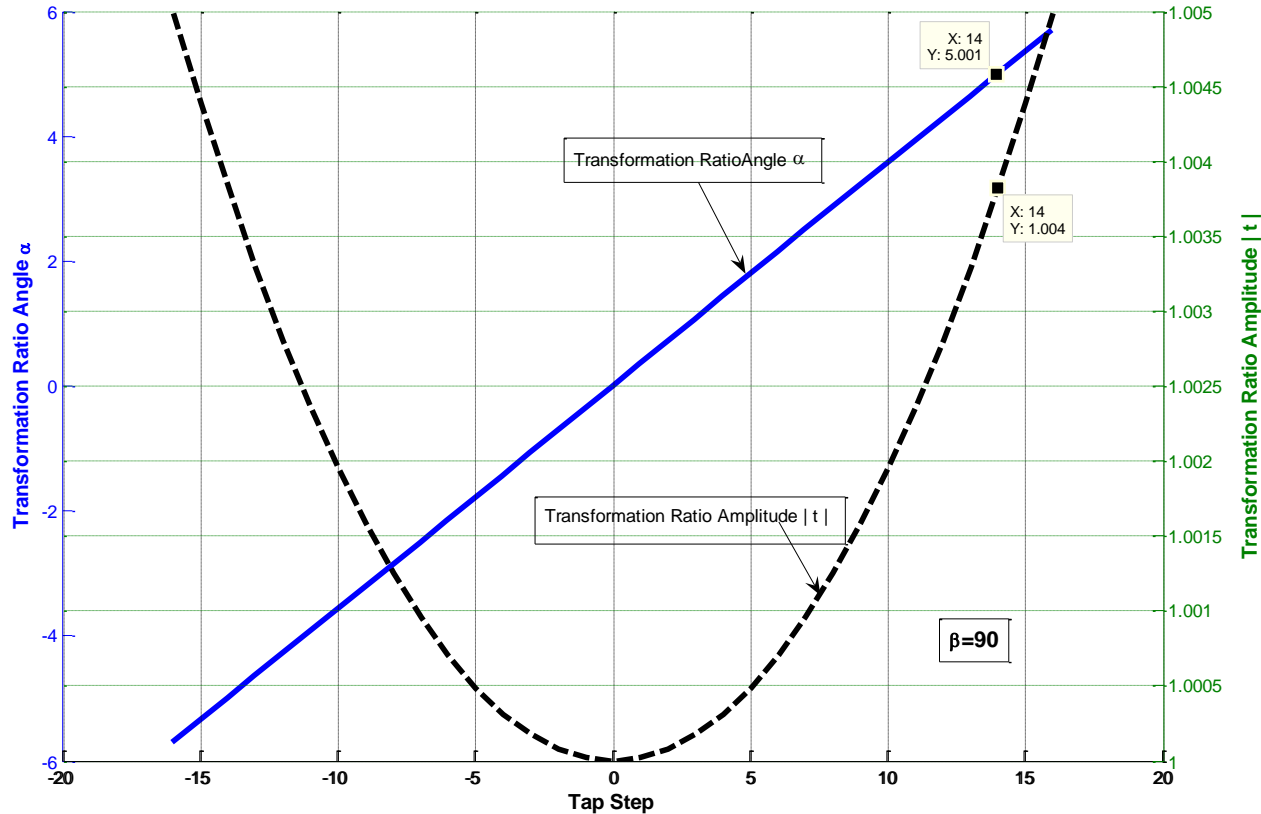
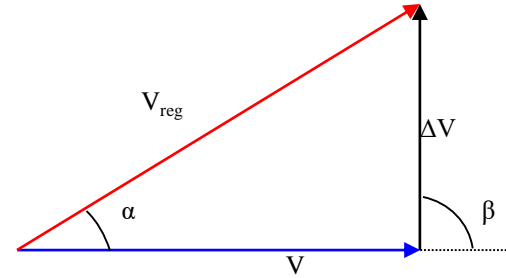
$$\therefore V_{\text{reg}} = V + \Delta V$$

$$\therefore V_{\text{reg}} = V + (\text{Tap act} - \text{Tap r}) \cdot V \cdot \Delta U \cdot [\cos \beta + j \cdot \sin \beta]$$

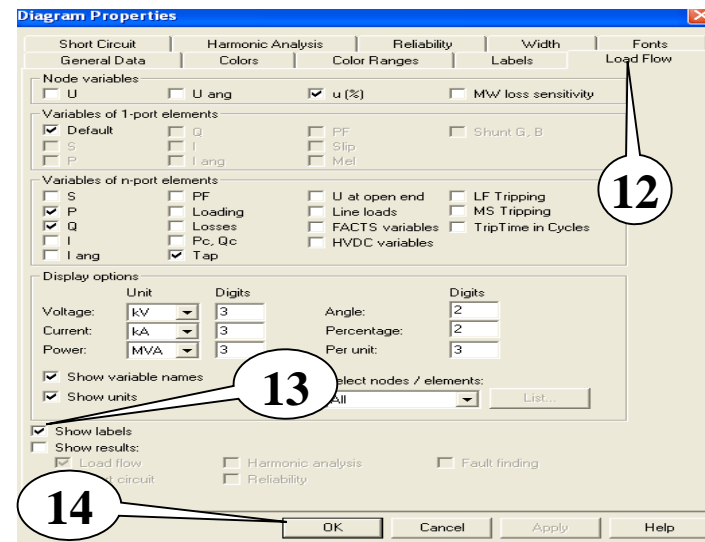
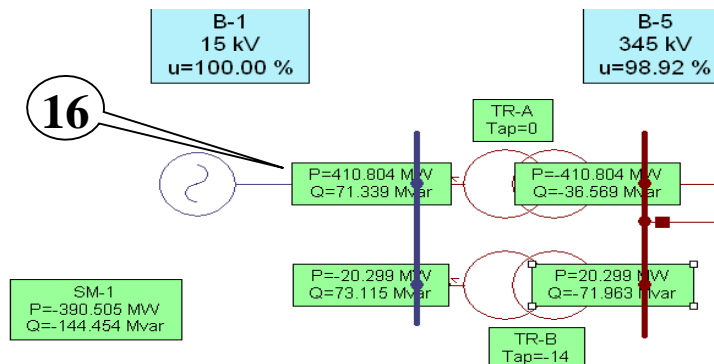
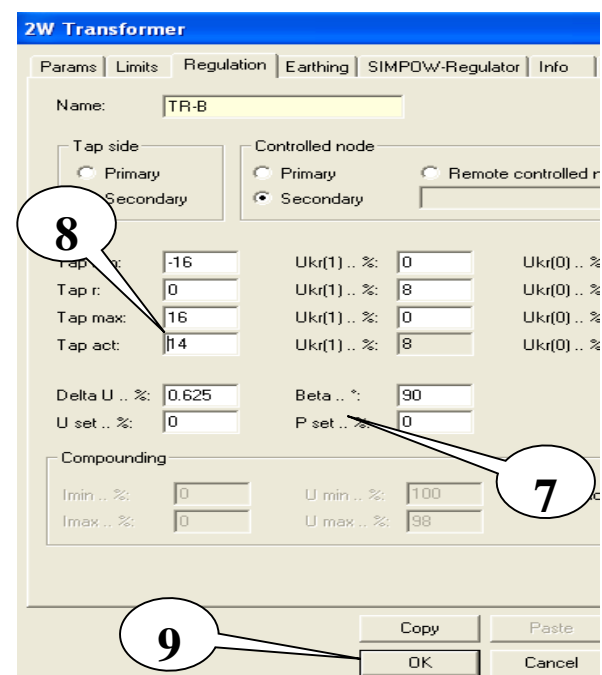
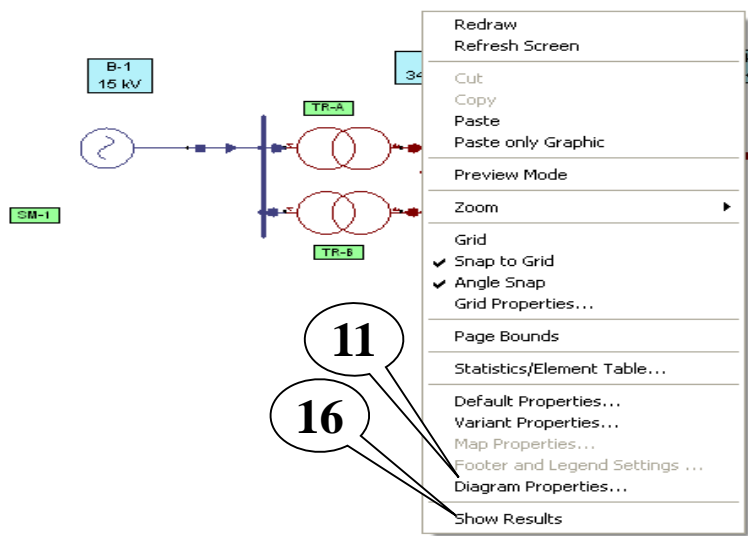
When $\beta = 90^\circ$

$$\begin{aligned} \therefore V_{\text{reg}} &= V + j(\text{Tap act} - \text{Tap r}) \cdot V \cdot \Delta U \\ &= |V_{\text{reg}}| \angle \alpha^\circ \end{aligned}$$

$$\therefore t \angle \alpha \Big|_{\text{Secondary side}} = \frac{V_{\text{Sreg}} \angle \alpha^\circ}{V_S \angle 0^\circ}$$



العلاقة بين خطوة التفريعات وكل من زاوية ومقدار نسبة التحويل عند $\beta=90^\circ$



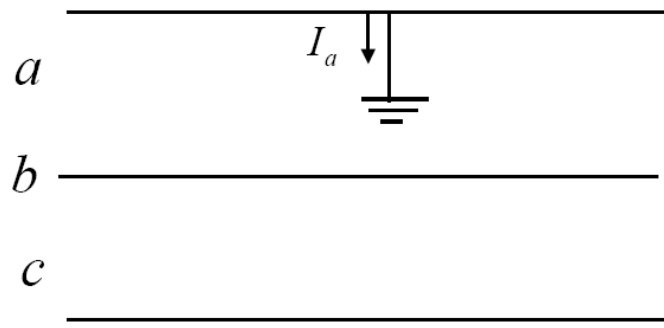
خطوات تغيير الزاوية وعرض النتائج على المخطط أحادي الخط

نتائج تغيير نسبة التحويل للمحول TR-B، وتأثيراتها على جهد القضيب (5) والقدرة المناسبة في فرع المحول TR-A

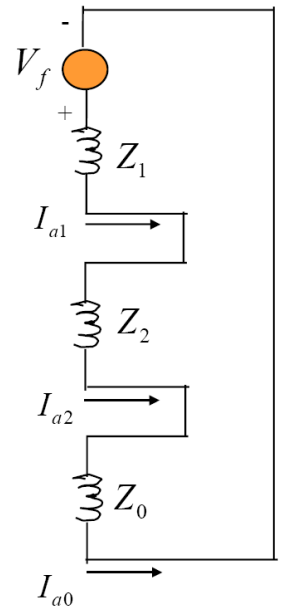
نسبة تحويل TR-B	جهد القضيب (5)	P القدرة الفعالة عبر TR-A	$\Delta P \%$ $\frac{(P-195.44)}{195.44}$	Q القدرة غير الفعالة عبر TR-A	$\Delta Q \%$ $\frac{(Q-51.11)}{51.11}$
$1 \angle 0^\circ$	$0.986 \angle -2.2^\circ$	196 * Base Case		59.48 Base Case	
$1.05 \angle 0^\circ$	$1.005 \angle -2.2^\circ$	190.9	(-2.6%)	-36.9 **	(-162 %)
$0.95 \angle 0^\circ$	$0.964 \angle -2.2^\circ$	202.25	(3.2%)	169.1	(184.3%)
$1 \angle 5^\circ$	$0.9867 \angle 0.3^\circ$	-18.27	(-109.3 %)	68.15	(14.6 %)
$1 \angle -5^\circ$	$0.9867 \angle -4.7^\circ$	411	(109.7 %)	52.58	(-11.6%)

* Base Case هي الحالة التي يتم مقارنة التغييرات بها، سواءً لنسبة التحويل أو لانسحاب القدرة.

** الإشارة السالبة (-) تعني أن سريان القدرة من القضيب (5) إلى القضيب (1) (أي حدث تغيير في اتجاه سريان القدرة).



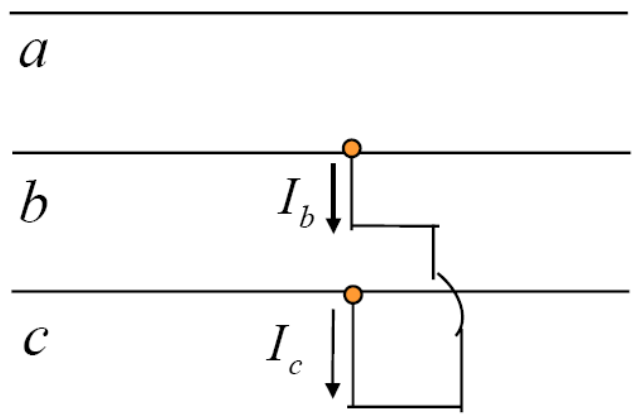
$$I_b = 0 \quad I_c = 0 \quad V_a = 0$$



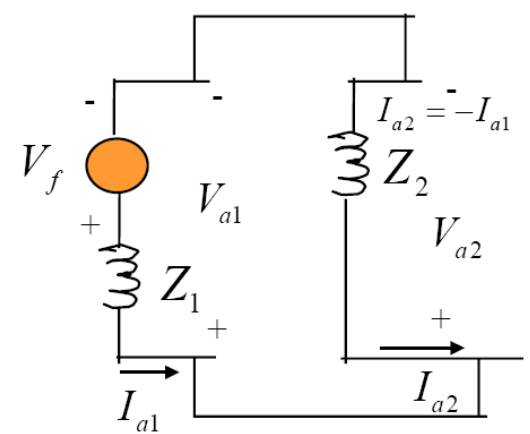
خطأ LG

حساب الأخطاء:

الأخطاء غير المتماثلة:

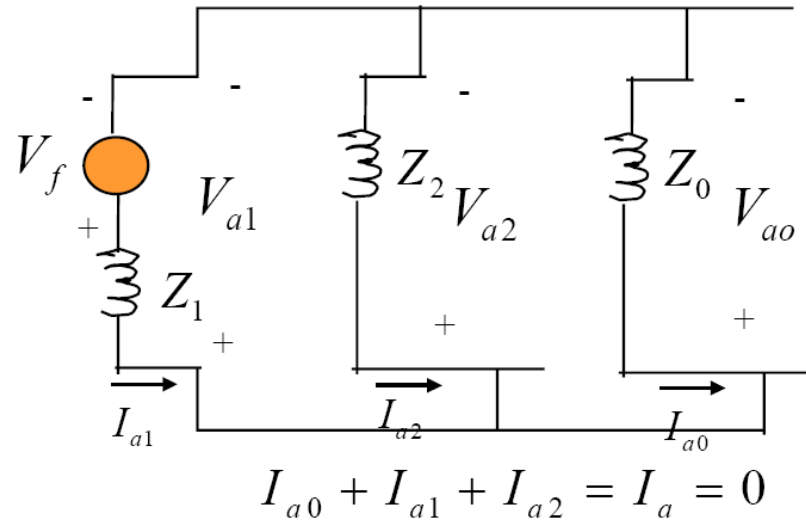


$$V_b = V_c \quad I_a = 0 \quad I_b = -I_c$$



خطأ LL

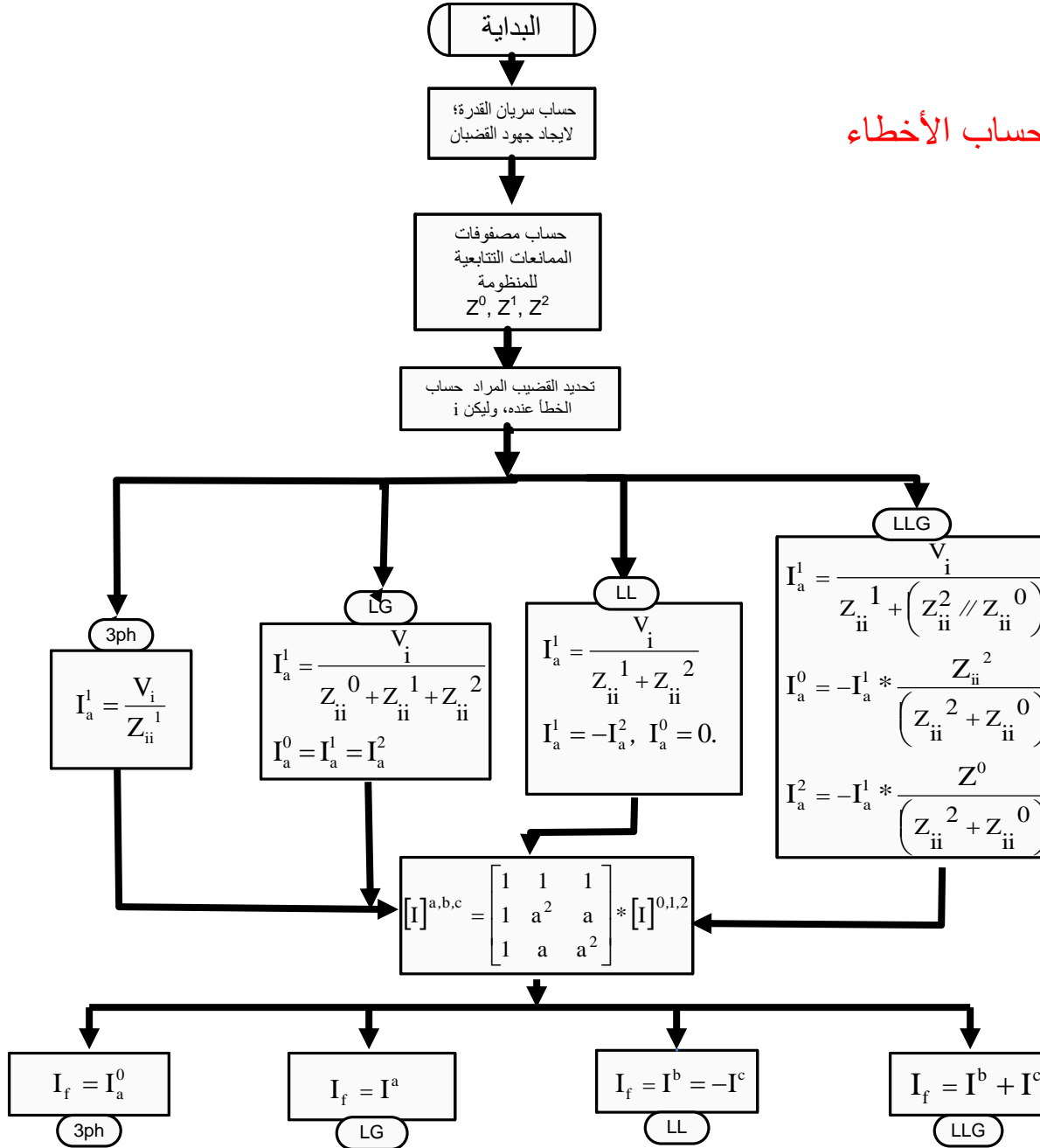
خطأ LLG



$$V_b = V_c = 0$$

$$I_a = 0$$

مخطط انسيابي لحساب الأخطاء



8.3 تطبيقات حساب الأخطاء :

البيانات المدخلة

بيانات المولدات

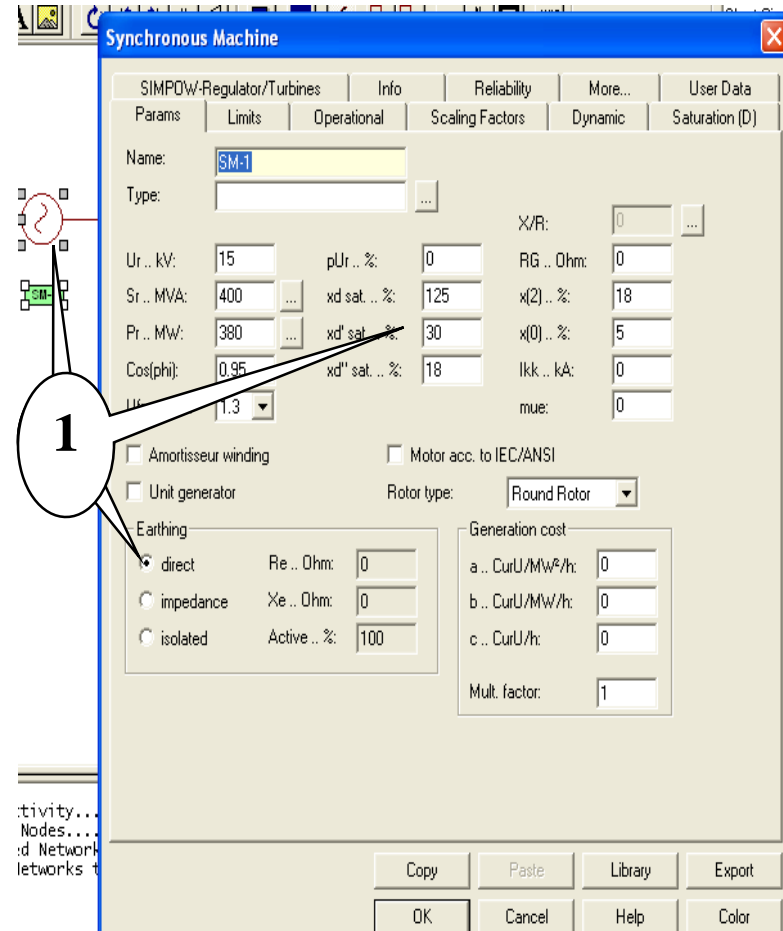
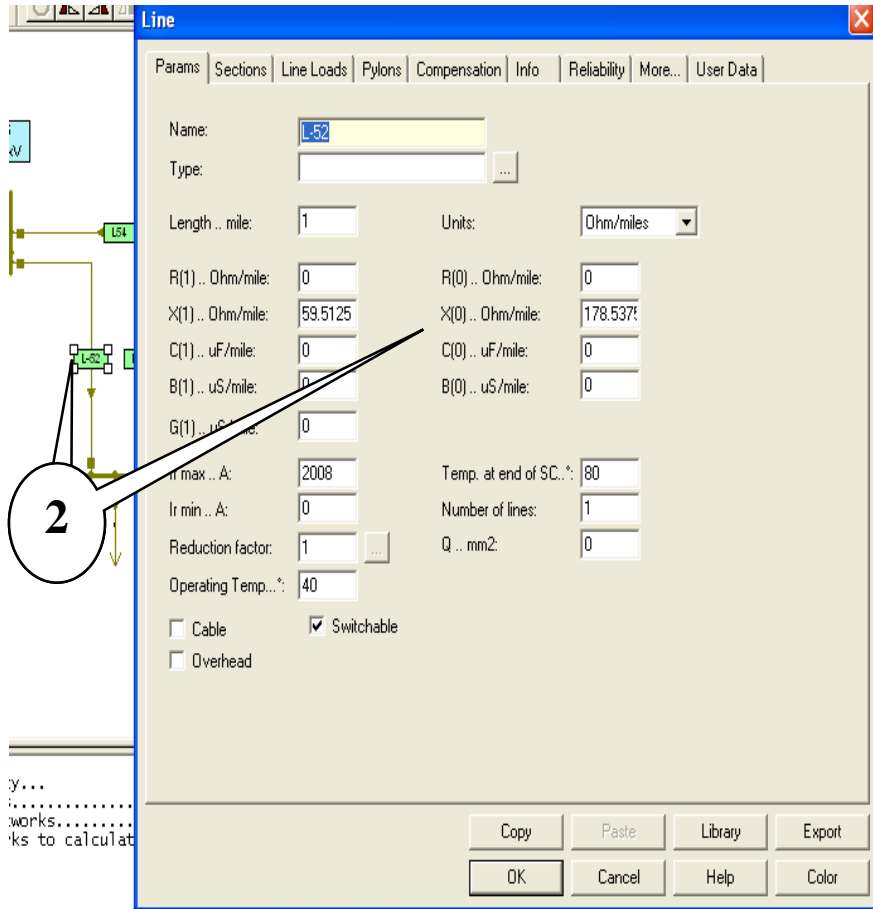
Bus	X_0 Perunit*	$X_1=X_2$ Perunit	X_2 perunit	Neutral Reactance $X_n \Omega$
1	0.05	0.18	0.18	0
3	0.04	0.18	0.18	0.005625
Perunit* تعني أن القيمة منسوبة لمقننات المولد				

بيانات المحولات

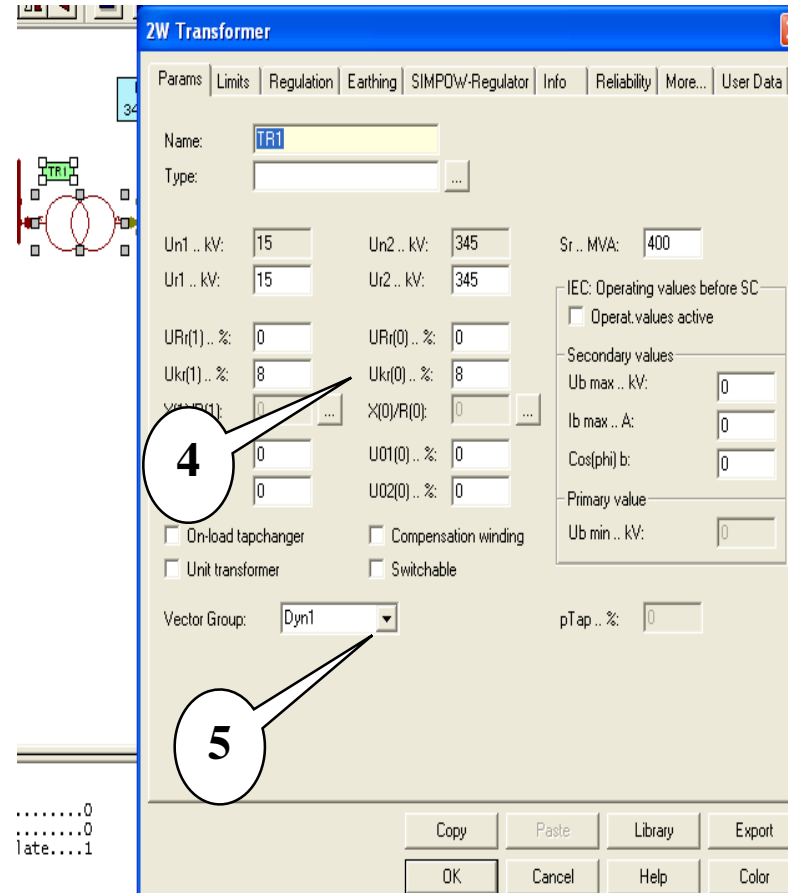
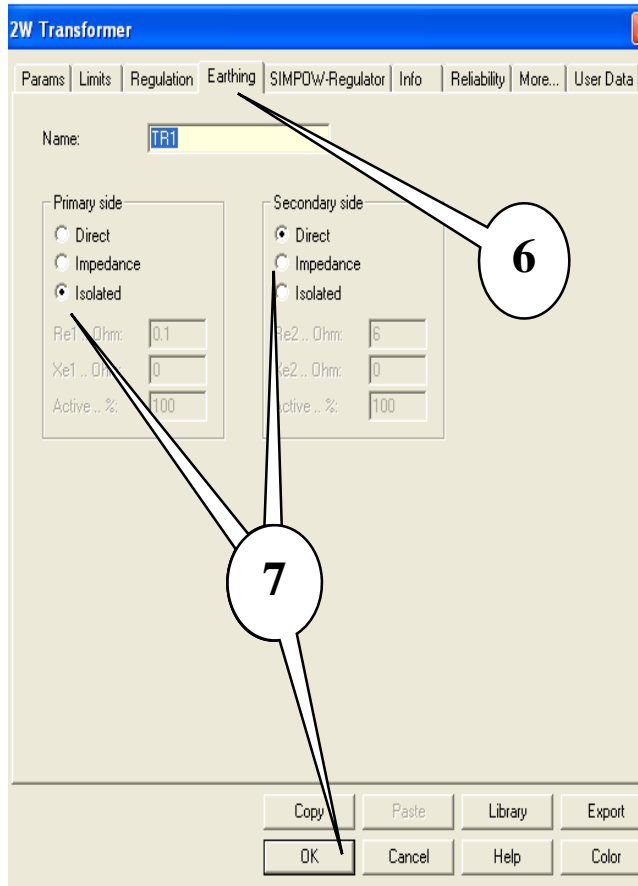
Bus to Bus	X_0 Perunit*	$X_1=X_2$ Perunit	Neutral Reactance Ω
1-5	0.08	0.08	0
3-4	0.08	0.08	0
Perunit* تعني أن القيمة منسوبة لمقننات المحول			

بيانات خطوط النقل

Bus to Bus	X_0 Ω	$X_1=X_2$ Ω
2-4	357.075	119.025
2-5	178.5375	59.5125
4-5	89.26875	29.7562



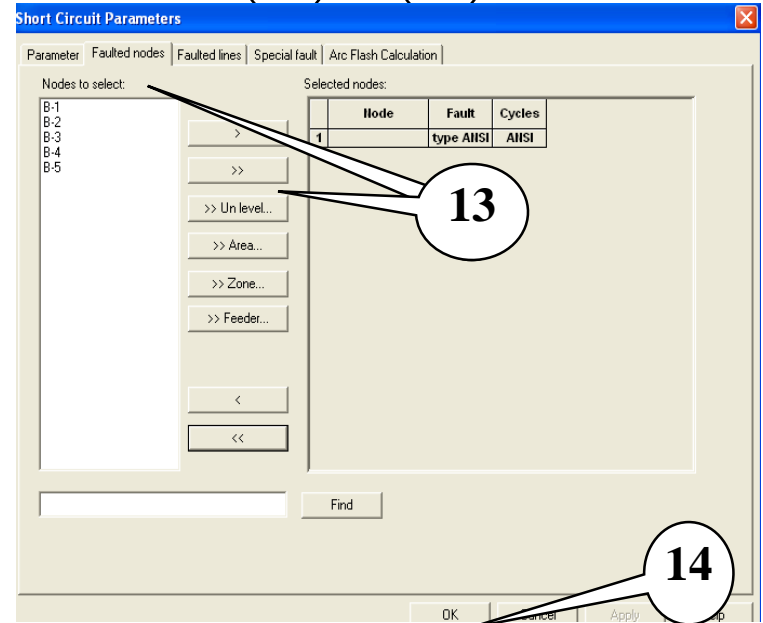
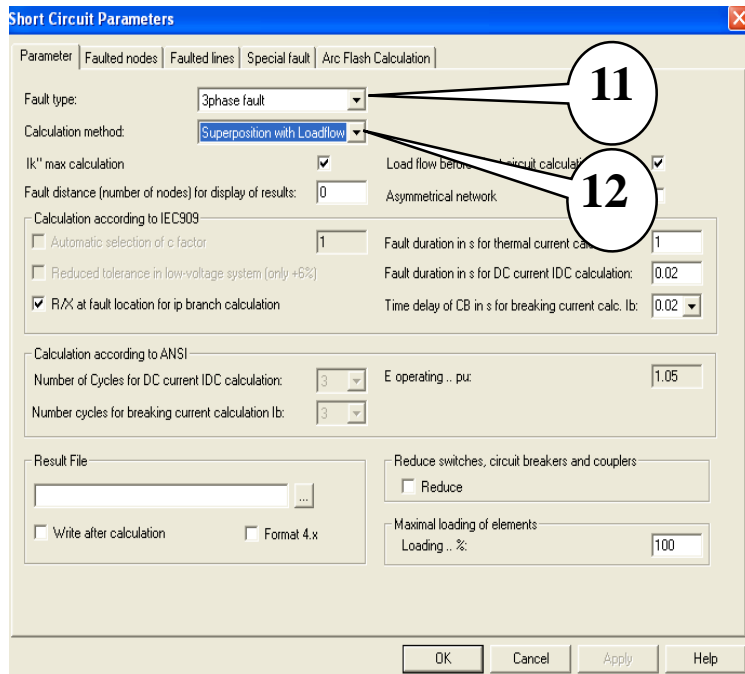
خطوات التعديل لخصائص المولد وخط النقل



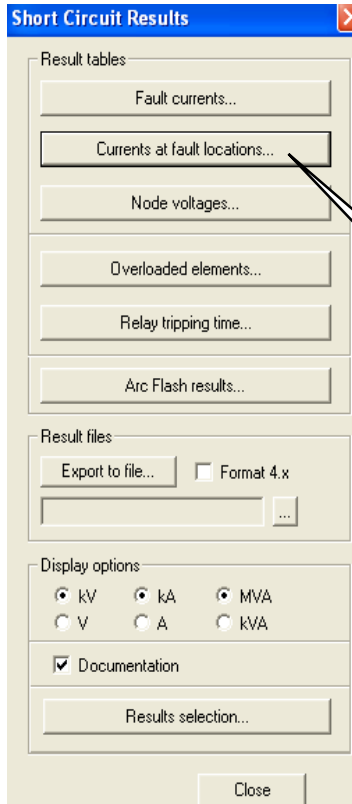
خطوات التعديل لخصائص المحول



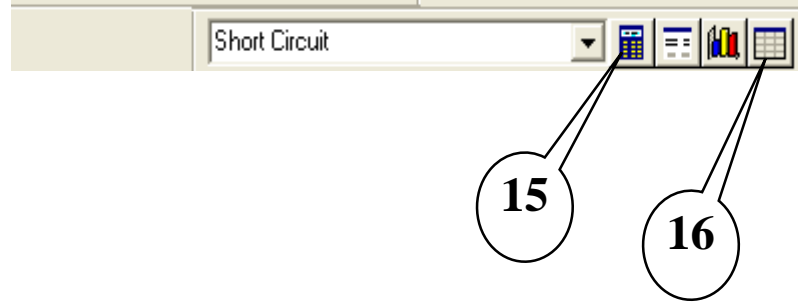
8 8



خطوات إجراء حساب الأخطاء



16



15

16

خطوات عرض نتائج حساب الأخطاء

Currents at fault locations NEPLAN®

	ID	Fault location	Un kV	Ik"(RST) kA	AIk"(RST) °	Fault type	Method	Maxim um current	Network type
1	175056	B-1	15.000	149.647	-83.86	3phase f	Superpos	1	MULT.FED
2	175059	B-2	345.000	3.392	-83.29	3phase f	Superpos	1	MESHED
3	175062	B-3	15.000	240.701	-82.94	3phase f	Superpos	1	MULT.FED
4	175050	B-4	345.000	8.058	-83.75	3phase f	Superpos	1	MULT.FED
5	175054	B-5	345.000	6.381	-83.87	3phase f	Superpos	1	MULT.FED

نتائج حساب خطأ ثلاثي الطور لجميع القضبان

Currents at fault locations NEPLAN®

	ID	Fault location	Un kV	Ik"(RST) kA	AIk"(RST) °	Fault type	Method	Maxim um current	Network type
1	175056	B-1	15.000	180.095	-53.05	1phase	Superpos	1	MULT.FED
2				0.000	-90.00			1	
3				0.000	-90.00			1	
4	175059	B-2	345.000	2.199	258.78	1phase	Superpos	1	MESHED
5				0.000	-90.00			1	
6				0.000	-90.00			1	
7	175062	B-3	15.000	262.845	-53.40	1phase	Superpos	1	MULT.FED
8				0.000	180.00			1	
9				0.000	153.43			1	
10	175050	B-4	345.000	9.965	-85.23	1phase	Superpos	1	MULT.FED
11				0.000	0.00			1	
12				0.000	0.00			1	
13	175054	B-5	345.000	7.299	-86.37	1phase	Superpos	1	MULT.FED
14				0.000	-90.00			1	
15				0.000	-90.00			1	

نتائج حساب خطأ طور إلى الأرض لجميع القضبان

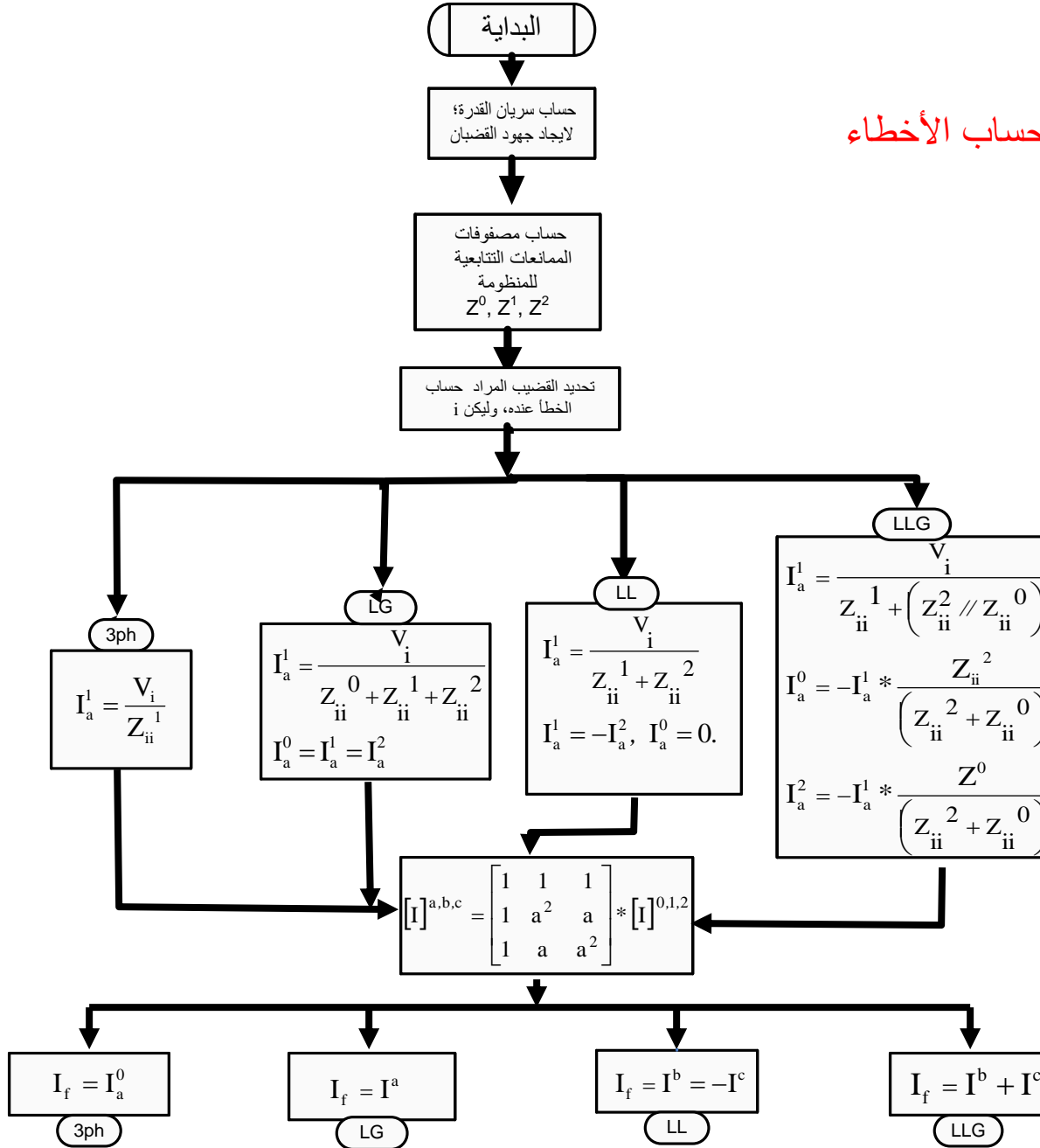
	ID	Fault location	Un	Ik"(RST)	Alk"(RST)	Fault	Method	Maximum	Network
			kV	kA	°	type		current	type
1	175056	B-1	15.000	0.000	-90.00	2phase f	Superpos	1	MULT.FED
2				129.598	216.14			1	
3				129.598	36.14			1	
4	175059	B-2	345.000	0.000	-90.00	2phase f	Superpos	1	MESHED
5				2.938	186.71			1	
6				2.938	6.71			1	
7	175062	B-3	15.000	0.000	-90.00	2phase f	Superpos	1	MULT.FED
8				208.453	217.06			1	
9				208.453	37.06			1	
10	175050	B-4	345.000	0.000	-90.00	2phase f	Superpos	1	MULT.FED
11				6.978	186.25			1	
12				6.978	6.25			1	
13	175054	B-5	345.000	0.000	-90.00	2phase f	Superpos	1	MULT.FED
14				5.526	186.13			1	
15				5.526	6.13			1	

نتائج حساب خطأ طورين لجميع القضبان

	ID	Fault location	Un	Ik"(RST)	Alk"(RST)	Fault	Method	Maximum	Network
			kV	kA	°	type		current	type
1	175056	B-1	15.000	0.000	-75.96	2phase	Superpos	1	MULT.FED
2				174.921	175.93			1	
3				168.923	78.10			1	
4	175059	B-2	345.000	0.000	-90.00	2phase	Superpos	1	MESHED
5				2.686	171.47			1	
6				3.360	18.84			1	
7	175062	B-3	15.000	0.000	-45.00	2phase	Superpos	1	MULT.FED
8				251.692	181.96			1	
9				255.828	71.50			1	
10	175050	B-4	345.000	0.000	116.57	2phase	Superpos	1	MULT.FED
11				9.222	141.39			1	
12				9.866	47.49			1	
13	175054	B-5	345.000	0.000	180.00	2phase	Superpos	1	MULT.FED
14				6.620	146.44			1	
15				7.307	41.49			1	

نتائج حساب خطأ طورين إلى الأرض لجميع القضبان

مخطط انسيابي لحساب الأخطاء



برنامج ماتلاب لحساب الأخطاء عند كل القضبان

```
% Matlab Program to calculate Faults Currents at All Buses:
%=====
clc, clear

% Building Zbus of sequence circuits of the fault.

zdata1 = [0    1    0.00    0.18 % Input data for Impedance of
          0    3    0.00    0.09 % positive sequence circuit
          0    3    4        2    % (and negative sequence circuit).
          0    2    0.278    0.0974
          1    5    0.00    0.08
          2    4    0.0      0.4
          3    4    0.00    0.04
          2    5    0.0      0.2
          4    5    0.00    0.10 ];

zdata0 = [0    1    0.00    0.05 %Input data for Impedances of
          0    3    0.00    0.02+3*.01 %zero sequence circuit.
          0    5    0.0      0.08
          2    4    0.0      1.2
          0    4    0.00    0.04
          2    5    0.0      0.6
          4    5    0.00    0.3  ];

Y1=ybus(zdata1); Zbus1=inv(Y1); Zbus2=Zbus1; % Ybus is a User Defined

Y0=ybus(zdata0); Zbus0=inv(Y0); % Function (ybus) called to return
                                % Bus admittance matrix.(Script of
                                % ybus was shown in Power flow program)

%=====
```

```

                                %Calculating fault currents

V=[ 1      +      0i
    0.7223 -      0.32090i
    1.0500 +      0.00457i
    1.0015 -      0.03755i
    0.9500 -      0.07200i ];% Pre-fault Bus Voltages from Power flow

for k=1:5

If=zeros(4,1);                % Building a matrix of fault currents.
If(1)=V(k)/Zbus1(k,k);        % Three phase fault.
If(2)=3*V(k)/(Zbus1(k,k)+Zbus2(k,k)+Zbus0(k,k)); %Phase to ground fault.
If(3)=-sqrt(3)*V(k)*i/(Zbus1(k,k)+Zbus2(k,k)); % Phase to phase fault.
I=V(k)/(Zbus1(k,k)+Zbus2(k,k)+Zbus0(k,k))/(Zbus2(k,k)+Zbus0(k,k));
If(4)=-3*I*Zbus2(k,k)/(Zbus2(k,k)+Zbus0(k,k)); %Double phase to ground
fault.

%=====

```

```

                                % Arrangement and show the results

if k==1|k==3
    If_bus=[abs(If).*400.e6/(sqrt(3)*15e3), (angle(If)*180/pi-30)];
    If_bus(1,2)=If_bus(1,2)-30;

else
    If_bus=[abs(If).*400.e6/(sqrt(3)*345e3), angle(If)*180/pi];

end
disp(['Fault currents at Bus ', num2str(k)])
fault_type=['3-Ph          '; 'Ph-Gnd          '; 'Ph-Ph          '; 'Ph-Ph-Gnd      '];
disp('-----')
disp('   Fault      Current      Angle      ')
disp('   Type        (A)          (Degree)  ')
disp('-----|-----|-----')
disp([fault_type num2str(If_bus) ]);disp(' ')
end
=====

```

Results//

النتائج

Fault currents at Bus 1

Fault Type	Current (A)	Angle (Degree)
3-Ph	149275.5165	-85.70637012
Ph-Gnd	180306.8625	-56.54368038
Ph-Ph	129276.3894	-145.7063701
Ph-Ph-Gnd	227532.0761	122.1799957

Fault currents at Bus 2

Fault Type	Current (A)	Angle (Degree)
3-Ph	3378.8494	-83.7262
Ph-Gnd	2193.1199	-101.3717
Ph-Ph	2926.1694	-173.7262
Ph-Ph-Gnd	1571.6712	70.522621

Fault currents at Bus 3

Fault Type	Current (A)	Angle (Degree)
3-Ph	240184.0275	-85.18012478
Ph-Gnd	262865.2125	-56.4175458
Ph-Ph	208005.4694	-145.1801248
Ph-Ph-Gnd	290096.2623	122.0878335

Fault currents at Bus 4

Fault Type	Current (A)	Angle (Degree)
3-Ph	8030.05578	-85.26082
Ph-Gnd	9932.19845	-86.4731894
Ph-Ph	6954.2323	-175.26082
Ph-Ph-Gnd	13002.8562	91.5634151

Fault currents at Bus 5

Fault Type	Current (A)	Angle (Degree)
3-Ph	6356.3542	-85.093876
Ph-Gnd	7272.6983	-87.298746
Ph-Ph	5504.7642	-175.09388
Ph-Ph-Gnd	8478.163	89.759812

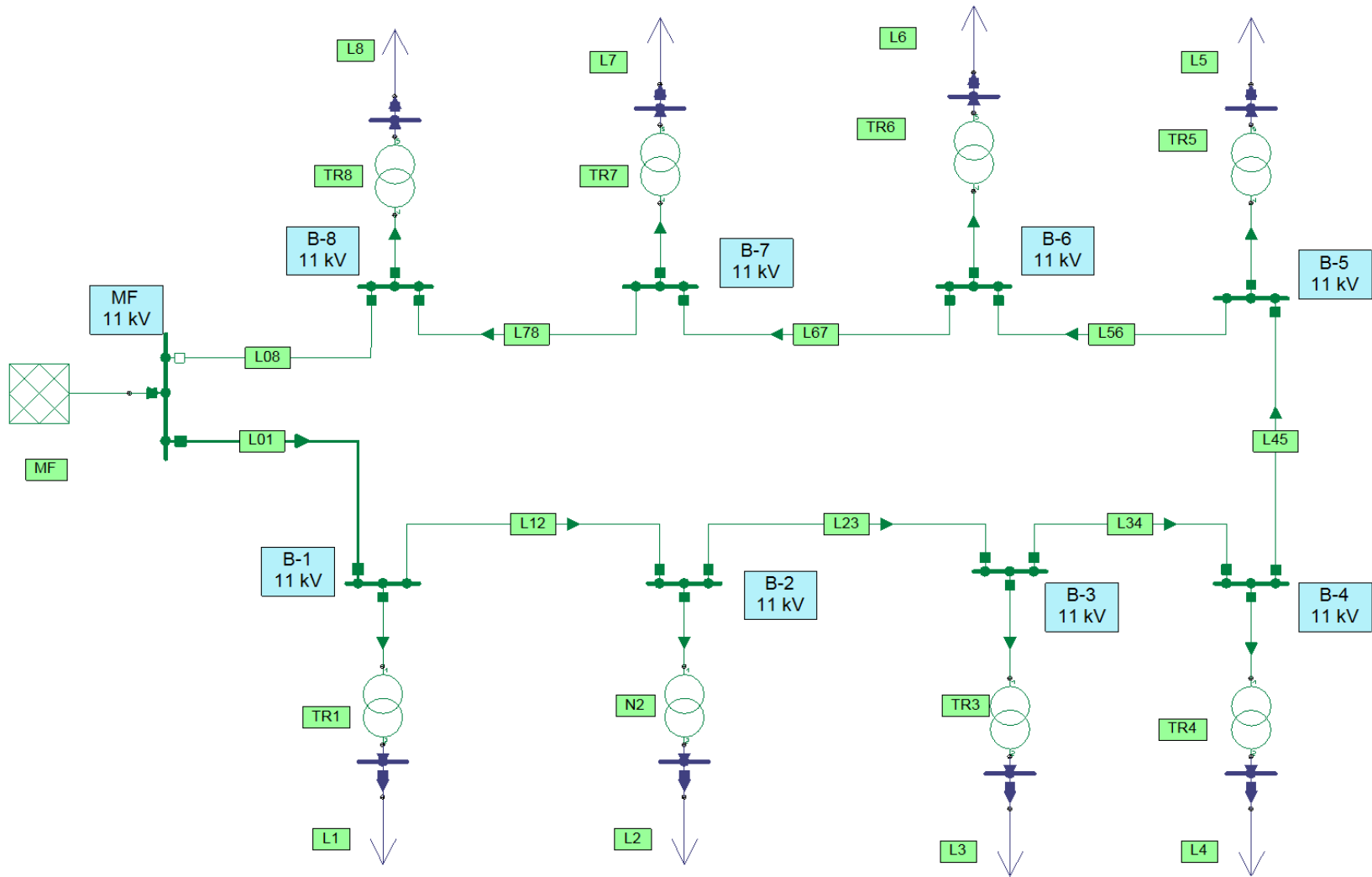
9.3 تطبيقات البرامج المساعدة في تصميم شبكة التوزيع (11/0.4 KV) لمشروع وحدات سكنية:

- كوابل من النوع (XLPE) 240 mm^2 لها البيانات التالية:
. $(R/m) = 9.832 \times 10^{-5} \Omega/m$
. $X_L = 9.408 \times 10^{-5} \Omega/m$ هذا يعني أن $(L/km) = 0.298 \text{ mH/km}$
. $(C/km) = 0.36 \mu F/km$
. $I_{\text{rated}} = 381A$
. $S_{\text{rated}} = 7.26 \text{ MVA}$

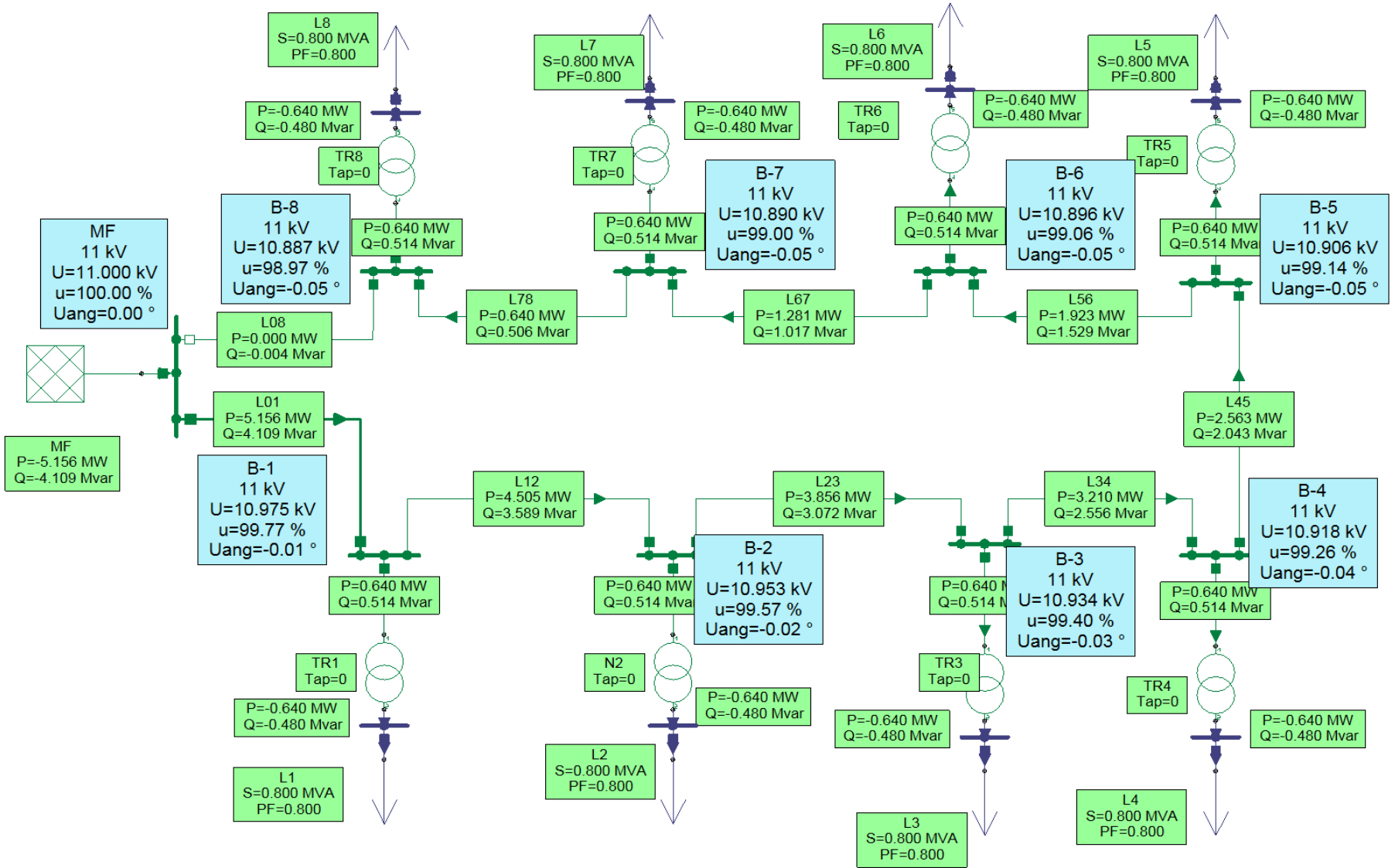
- محولات من النوع الغاطس في الزيت المبرد بالهواء، بقدرة (1MVA) وهذا المحول له البيانات التالية (تبعاً للمواصفات GES 22214):
الضیاعات عند التحميل (Load Loss) = 12200W.
ممانعة القصر (Short Circuit Impedance) = 5%.
• وطريقة الربط للمحول Δ / Y و (Vector group) هي (Dyn11)

$$\therefore P_{\text{loss}} = \frac{12.200 \times 10^3}{1000 \times 10^3} = 0.0122\%$$

شبكة التوزيع الكهربائية (11/0.4 KV) للوحدات السكنية



• حساب سريان القدرة لشبكة التوزيع:



النتائج ظاهرة على مخطط شبكة التوزيع الكهربائية (11/0.4 KV) للوحدات السكنية

Load flow results

NEPLAN®

1										
2	Iteration									
3	Iterations:6									
4	Mismatch:0									
5										
6	From	To	P Loss	Q Loss	P Imp	Q Imp	P Gen	Q Gen	P Load	Q Load
7	Area/Zon	Area/Zon	MW	MVar	MW	MVar	MW	MVar	MW	MVar
8	Network		0.036	0.269	5.156	4.109	5.156	4.109	5.12	3.84
9	Area 1		0.036	0.269	0	0	5.156	4.109	5.12	3.84
10	Zone 1		0.036	0.269	0	0	5.156	4.109	5.12	3.84
11										
12	Un		P Loss Li	Q Loss L	P Loss T	Q Loss T				
13	kV		MW	MVar	MW	MVar				
14	11		0.035	-0.004	0.001	0.274				
15										
16	ID	Node	U	u	Angle U	P Load	Q Load	P Gen	Q Gen	Q Shunt
17		Name	kV	%	°	MW	MVar	MW	MVar	MVar
18	175648	MF	11	100	0	0	0	5.156	4.109	0
19	175669	B-1	10.975	99.77	0	0	0	0	0	0
20	175657	B-2	10.953	99.57	0	0	0	0	0	0
21	175651	B-3	10.934	99.4	0	0	0	0	0	0
22	175675	B-4	10.918	99.26	0	0	0	0	0	0
23	175678	B-5	10.906	99.14	0	0	0	0	0	0
24	175666	B-6	10.896	99.06	-0.1	0	0	0	0	0
25	175663	B-7	10.89	99	-0.1	0	0	0	0	0
26	175660	B-8	10.887	98.97	-0.1	0	0	0	0	0
27	175844	N1	0.389	97.24	-1.9	0.64	0.48	0	0	0
28	175907	N2	0.388	97.04	-1.9	0.64	0.48	0	0	0
29	175934	N3	0.387	96.86	-1.9	0.64	0.48	0	0	0
30	175961	N4	0.387	96.71	-1.9	0.64	0.48	0	0	0
31	176135	N5	0.386	96.59	-2	0.64	0.48	0	0	0
32	176108	N6	0.386	96.51	-2	0.64	0.48	0	0	0
33	176081	N7	0.386	96.45	-2	0.64	0.48	0	0	0
34	175988	N8	0.386	96.42	-2	0.64	0.48	0	0	0
35										
36	ID	Node	Element	Type	P	Q	I	Angle I	Loading	P Loss
37		Name	Name		MW	MVar	kA	°	%	MW
38	175721	B-5	L56	Line	1.923	1.529	0.13	-38.5	34.13	0.0015
39	175721	B-6	L56	Line	-1.921	-1.532	0.13	141.4	34.17	0.0015
40	175726	B-6	L67	Line	1.281	1.017	0.087	-38.5	22.75	0.0007
41	175985	N8	L8	Load	0.64	0.48	1.198	-38.8		
42	175984	N8	TR8	2W Trans	-0.64	-0.48	1.198	141.2	80	0.0001
43	176283	MF	MF	Feeder	-5.156	-4.109	0.346	141.4		
44	175726	B-7	L67	Line	-1.28	-1.021	0.087	141.4	22.78	0.0007
45	175731	B-7	L78	Line	0.64	0.506	0.043	-38.4	11.36	0.0002
46	175731	B-8	L78	Line	-0.64	-0.51	0.043	141.4	11.39	0.0002
47	176078	N7	L7	Load	0.64	0.48	1.197	-38.8		
48	176077	N7	TR7	2W Trans	-0.64	-0.48	1.197	141.2	80	0.0001
49	176105	N6	L6	Load	0.64	0.48	1.197	-38.8		

...Start Analysis....

...Check Network Connectivity...

--> Number of isolated Nodes.....0

--> Number of not feeded Networks.....0

--> Number of partial Networks to calculate....1

--> Number of isolated Nodes.....0

--> Number of not feeded Networks.....0

--> Number of partial Networks to calculate....1

Load flow calculation:

Iteration progress:

1 . .4.498030e-002

2 . .3.176713e-003

3 . .6.951434e-006

4 . .3.867374e-011

5 . .3.611377e-014

6 . .2.174705e-014

Node-mismatches:

Regulated transformers:

Tapcal Tapact Tapmin Tapmax Reg.node:

...Assign Results....

Violated Lower Voltage Limits

Violated Upper Voltage Limits

Overloaded Elements

حساب الأخطاء (خطاً ثلاثي الطور) لشبكة التوزيع:

Feeder

Params | Info | Reliability | More... | User Data

Name: MF

Type: ...

Sk' max .. MVA: 685.892 Sk' min .. MVA: 0 Ik' according to IEC

Ik' max .. kA: 36 Ik' min .. kA: 0 Eoper .. pu: 1

R(1)/X(1) max: 0.7 R(1)/X(1) min: 0.3

Z(0)/Z(1) max: 6 Z(0)/Z(1) min: 3

R(0)/X(0) max: 0.15 R(0)/X(0) min: 0.3

C .. uF: 0

Operational data

LF-Type: SL Slack portion .. %: 0

P oper .. MW: 0 U oper .. %: 100

Q oper .. Mvar: 0 Uw oper .. %: 0

Operating Mode

Generation cost

a .. CurU/Mw²/h: 0

b .. CurU/Mw/h: 0

c .. CurU/h: 0

Mult. factor: 1

Copy Paste Library Export

OK Cancel Help Color

إدخال بيانات المغذي الرئيسي

Currents at fault locations NEPLAN®

	ID	Fault location	Un	Ik"(RST)	AIk"(RST)	Fault	Method	Maximum	Network
			kV	kA	°	type		current	type
1	175988	N8	0.400	29.371	-86.76	3phase f	IEC6090	1	SING.FED
2	176081	N7	0.400	29.510	-87.02	3phase f	IEC6090	1	SING.FED
3	176108	N6	0.400	29.650	-87.27	3phase f	IEC6090	1	SING.FED
4	175844	N1	0.400	30.358	-88.58	3phase f	IEC6090	1	SING.FED
5	176135	N5	0.400	29.790	-87.53	3phase f	IEC6090	1	SING.FED
6	175907	N2	0.400	30.215	-88.31	3phase f	IEC6090	1	SING.FED
7	175663	B-7	11.000	14.356	-48.26	3phase f	IEC6090	1	SING.FED
8	175660	B-8	11.000	13.215	-47.91	3phase f	IEC6090	1	SING.FED
9	175648	MF	11.000	36.000	-55.01	3phase f	IEC6090	1	SING.FED
10	175657	B-2	11.000	25.205	-51.63	3phase f	IEC6090	1	SING.FED
11	175651	B-3	11.000	21.904	-50.60	3phase f	IEC6090	1	SING.FED
12	175934	N3	0.400	30.073	-88.05	3phase f	IEC6090	1	SING.FED
13	175666	B-6	11.000	15.711	-48.68	3phase f	IEC6090	1	SING.FED
14	175678	B-5	11.000	17.348	-49.19	3phase f	IEC6090	1	SING.FED
15	175669	B-1	11.000	29.663	-53.02	3phase f	IEC6090	1	SING.FED
16	175675	B-4	11.000	19.363	-49.82	3phase f	IEC6090	1	SING.FED
17	175961	N4	0.400	29.931	-87.79	3phase f	IEC6090	1	SING.FED

الباب الرابع

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات:

1. كما تبين في التطبيقات توجد هناك طرق عديدة للتحكم في سريان القدرة وتحسين مستوى الجهد لمنظومة القوى، منها ربط المكثف مع القضييب أو استخدام محول متعدد التفريعات أو ربط خط نقل إضافي، وبالتالي تحسين أداء المنظومة.
2. بالإضافة إلى تحسين أداء المنظومة، ربما يحدث فقد لأحد المكونات أو أي حدث اضطراري، وبالاستعانة بالبرنامج يتم فحص التأثيرات الناجمة عن تلك الأحداث.
3. حسابات الأخطاء تتم بسهولة، وللبرنامج الإمكانية لحساب الأخطاء عند الخطوط وعلى أي مسافة من القضبان.
4. برنامج نيبلان وسيلة مساعدة في تحليل وتصميم نظم القوى الكهربائية، وسهل الاستخدام نظراً لطريقة استخدامه التفاعلية مع المستخدم.
5. يُتيح البرنامج تصوراً شاملاً على تصرف نظم القوى حيال التعديلات التي تم إجراؤها عليها.

6. إمكانية الاستفادة من مخرجات أو المعلومات الناتجة من تطبيق معين كمدخلات أو امتداد لتطبيق آخر.
7. إظهاره للنتائج يمكن أن يرفق مع المخططات أو في جداول.
8. التطبيقات الموضحة في هذا المشروع تساعد على الإلمام بشكل مبدئي بكيفية التعامل مع البرنامج.
9. من سمات لغة البرمجة ماتلاب مرونتها العالية في التعامل مع المصفوفات والأعداد المركبة؛ لذا تكون هذه اللغة ملائمة في كتابة البرامج لتحليل نظم القوى الكهربائية.
10. وجود مواصفات موحدة تساعد في توفير البيانات لتصميم شبكة التوزيع بالإضافة إلى أنه يساعد أيضاً في التأكد من ملائمة التصميم لظروف التشغيل العادية والاضطرارية، حيث تحدد المواصفات الحدود المسموح بها مثلاً للجهد والتحميل للمعدات.

التوصيات:

1. المستخدم لبرنامج نيبلان يفترض بأن يكون على دراية بتحليل منظومات القوى، على الأقل الأساسي منها.
2. توفير النسخة الأصلية؛ لأن البرنامج المستخدم كان لنسخة تجريبية تحتوى على كافة التطبيقات لكن بإمكانيات محدودة.
3. إرفاق المواصفات الموحدة للمعدات مع البرنامج على شكل قوالب جاهزة (Library)، وكذلك المواصفات الموحدة للحدود المسموح بها والتي يجب التقيد بها في التصميم.
4. البرامج المبرمجة بلغة ماتلاب تم استخدامها كأداة لإجراء الحسابات وتوضيحها بصحبة برنامج نيبلان.
5. إمكانية الاستفادة من البرنامج في دراسات أو تطبيقات أخرى في تحليل نظم القوى الكهربائية.

وشكراً

المعهد العالي للصناعة
قسم الهندسة الكهروميكانيكية
شعبة نظم قوى كهربائية

تصميم شبكة توزيع كهربائية (11/0.4 KV) لمشروع وحدات سكنية باستخدام البرامج المساعدة

مشروع مقدم للاستكمال الجزئي لمتطلبات نيل درجة البكالوريوس التقني

إعداد :
الطالب: محمد علي أبوعلة

إشراف :
أ. محمد علي شتوان

الخريف 2007/2008