

بسم الله الرحمن الرحيم

power system State Estimation

112205 أحمد محمود عبدالصافي خير الله
112222 سيده محمد أحمد عبدالباقي
112239 محمد مصطفى حسن محجوب

بحث تكميلي لنيل درجة البكالوريوس مرتبة الشرف في الهندسة الكهربائية

والإلكترونية / قسم القدرة

قسم الهندسة الكهربائية والإلكترونية

كلية الهندسة والتقنية

جامعة وادي النيل

يوليو-2016

المخلص

أصبح رصد ومراقبة نظام القدرة من الوظائف المهمة جدا لتحقيق موثوقية عالية في النظام ، وتحسين وظائف نظام ادارة الطاقة (EMS) والتي توفر التقدير الامثل لحالة النظام .

يدرس هذا البحث حالة النظام ، لتحديد حالة النظام تحت التشغيل العادي من اجل مراقبة الوضع الحالي للشبكة ، وتوفير موثوقية عالية ودقيقة لمجموعة كاملة من البيانات لرصد الوقت الحقيقي والسيطرة على نظام القدرة .

في تقدير الحالة استخدمنا (WLS) weighted least square .

تم تطبيق هذه الطريقة المقترحة لبيانات قياسية (IEEE-5BUS) لدراسة حالة النظام .

وايضا استخدمنا MATLAB M-FILE ، واستنتجنا من هذه الدراسة أن هنالك فرق بسيط جداً بين القيم الحقيقية للقياسات والقيم المقدرة .

الآية

بسم الله الرحمن الرحيم

قال تعالى :

وَجَاهِدُوا فِي اللَّهِ حَقَّ جِهَادِهِ هُوَ اجْتَبَاكُمْ وَمَا جَعَلَ عَلَيْكُمْ فِي الدِّينِ مِنْ حَرَجٍ مَثَلًا لِبَيْتِكُمْ
إِبْرَاهِيمَ هُوَ سَمَّاكُمُ الْمُسْلِمِينَ مِنْ قَبْلُ وَفِي هَذَا لِيَكُونَ الرَّسُولُ شَهِيدًا عَلَيْكُمْ وَتَكُونُوا
شُهَدَاءَ عَلَى النَّاسِ فَأَقِيمُوا الصَّلَاةَ وَآتُوا الزَّكَاةَ وَاعْتَصِمُوا بِاللَّهِ هُوَ مَوْلَاكُمْ فَنِعْمَ
الْمَوْلَى وَنِعْمَ النَّصِيرُ {

صدق الله العظيم

الحج {78}

الإهداء

إلهي لا يطيب الليل إلا بشكرك ولا يطيب النهار إلى بطاعتك .. ولا تطيب اللحظات
إلا بذكرك .. ولا تطيب الآخرة إلا بعفوك .. ولا تطيب الجنة إلا برويتك
الله جل جلاله

إلى من بلغ الرسالة وأدى الأمانة .. ونصح الأمة .. إلى نبي الرحمة ونور العالمين

..

سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم

إلى من كلله الله بالهيبة والوقار .. إلى من علمني العطاء بدون انتظار .. إلى من
أحمل اسمه بكل افتخار .. أرجو من الله أن يمد في عمرك لتري ثماراً قد حان
قطافها بعد طول انتظار وستبقى كلماتك نجوم أهتدي بها اليوم وفي الغد وإلى الأبد
والدي العزيز

(إلى ملاكي في الحياة .. إلى معنى الحب وإلى معنى الحنان والتفاني .. إلى بسمة
الحياة وسر الوجود إلى من كان دعائها سر نجاحي وحنانها بلسم جراحي إلى أغلى
الحيات

أمي الحبيبة

الشكر والعرفان

"كن عالما .. فإن لم تستطع فكن متعلما ، فإن لم تستطع فأحب العلماء ، فإن لم

تستطع فلا تبغضهم"

بعد رحلة بحث و جهد و اجتهاد تكالت

بإنجاز

هذا البحث

، نحمد الله عز وجل

على نعمه التي من بها علينا فهو العلي القدير ، .

كما نتقدم بالشكر الجزيل لكل من أسهم في

تقديم يد العون لإنجاز هذا البحث

و نخص بالشكر أستاذتنا الكرام الذين أشرفوا على هذا البحث

كما لا ننسى أن نتقدم بأرقى وأثمن عبارات

الشكر و العرفان إلى القائمين على كلية الهندسة والتقنية

بجامعة وادي النيل وكل العاملين بها

إلى

الذين كانوا عوننا لنا في بحثنا هذا ونورا يضيء الظلمة التي كانت تقف

أحيانا في طريقنا

.إلى من زرعو التفاؤل في دربنا وقدموا لنا المساعدات والتسهيلات

والمعلومات فلهم منا كل الشكر، وأخص منهم

الدكتور صديق عبدالرحمن مضوي

الذي أسهم بشكل وفير في تشجيعي أثناء إنجاز البحث

فهرس المحتويات

فهرس الموضوعات :

الصفحة	الموضوع	البند
I	الملخص	-
II	الآية	-
III	الإهداء	-
IV	الشكر والعرفان	-
V	فهرس المحتويات	-
VII	فهرس الأشكال	-
VII	فهرس الجداول	-
الفصل الأول : مقدمة		
1	تقدير الحالة	1-1
2	أنواع تقدير الحالة	2-1
2	تصنيف الأخطاء	3-1
3	تقدير الحالة القوي	4-1
3	الفكرة الرئيسية للبحث	5-1
الفصل الثاني : نمذجة تقدير الحالة الساكن		
4	مقدمة	1-2
4	المقدر WLS	2-2
4	دالة الإحتمال	1-2-2
6	نموذج المقاييس والإفتراضات لطريقة WLS	3-2
8	نموذج دالة القياس	4-2
10	مصفوفة جاكوبيان للمقاييس	5-2
13	مصفوفة الكسب	6-2
13	خوارزمية المقدر WLS	7-2

الفصل الثالث : تقدير الحالة القوي		
15	مقدمة	1-3
16	متانة ونقاط الإنهيار	2-3
16	نقاط القوة	3-3
17	المقدر-M	4-3
الفصل الرابع :دراسة الحالة والنتائج		
20	مقدمة	1-4
20	دراسة الحالة	2-4
23	النتائج	3-4
الفصل الخامس: الخاتمة		
28	الخاتمة	1-5
29	المراجع	-
30	الملاحق	-

فهرس الأشكال :

الصفحة	الشكل	رقم
8	النموذج π لشبكة فرعية	1-2
22	النظام المعياري IEEE 5-bus	1-4

فهرس الجداول

الصفحة	الجدول	رقم
21	بيانات القضيب (Bus Data)	1-4
21	بيانات الخط (Line Data)	2-4
22	مقاييس المتجهات	3-4
23	حل القدرة المتدفقة (Power flow solution)	4-4
24	حل تدفق الخط والمفايد (Line flow solution and losses)	5-4
25	متغيرات الحالة بإستخدام المقدر WLS	6-4
26	نتائج تقدير الحالة للمقاييس بإستخدام المقدر WLS	7-4

الفصل الأول

المقدمة

1-1 تقدير الحالة :

يعتبر تقدير الحالة واحد من أهم الوظائف في تشغيل ومراقبة نظام القدره ، حيث أدى نمو حجم وتعقيد شبكات الطاقة الكهربائيه مع زيادة الطلب إلى إستخدام نظم إداره الطاقة الحديثه ، وخلال العقود القليله الماضيه حدث تقدم كبير في تقنيات المكونات الماديه والبرمجيّه بتحويل التحكم في نظام القدره من عمليه بسيطه إلى نظام المعالجه الموزعة قادره على دعم تطبيقات متعدده المستويات

أنظمة (SCADA/AGC) أفسحت الطريق في نظم إدارة القدره ، هذه الأجهزة كبيره ومعقدّه جداً أدت إلى رصد وتقييم وتحليل البيانات لضمان التشغيل الآمن وتحسينها إقتصادياً وتسيهيل المهام الدوريّه التي يقوم بها أفراد التشغيل .

البيانات الوارده إلى مراكز التحكم بها ضجيج عشوائي صغير بسبب عدم دقة أجهزة القياس ، أو فقد في بعض البيانات بسبب فشل في الإتصال أو في تحويل الإشاره من تماثليه إلى رقميه . لتقدير حاله نظم القدره الكهربائيه نستخدم المقاييس الإحصائيه لتقليل الضوضاء من خلال

محاكاة المقاييس التي تم الحصول عليها من نظام جمع البيانات ، والنواتج من تقدير الحالة يعتبر وظيفه ضروريه في نظام إدارة الطاقه حيث يعطي بيانات ذات موتوقيه عاليه.

1-2 أنواع تقدير الحالة:

إعتماداً على التغيير في الزمن أو التسلسل في القياسات يمكن تصنيف تقدير الحالة إلى ثلاثه

1-تقدير الحالة الساكن

2-تتبع تقدير الحالة

3-تقدير الحالة الديناميكي

1-3 تصنيف الأخطاء:

صنفت الى ثلاث فئات:

1- الخطأ الأقصى : هو الفرق المطلق بين القيمة المقاسه والقيمة الحقيقية ويكون أكبر من 20σ .

حيث: $\sigma \equiv$ الإنحراف المعياري للمقاييس

2- الخطأ الناتج من سوء البيانات (Bad data): هو الفرق المطلق بين القيمة المقاسه والقيمة الحقيقية ويكون بين 5σ إلى 20σ .

3- الخطأ الطبيعي (Normal error): هو الفرق المطلق بين القيمة المقاسه والقيمة الحقيقية ويكون أقل من 5σ

1-4 تقدير الحالة القوي (Robust State Estimation) :

هناك نقاط متطرفة ناتجة عن سوء البيانات في المقاييس ولها تأثير كبير على تقدير الحالة ، يقوم المقدر M- (M-Estimator) بعرض تطوير لمفهوم تقدير الحالة القوي الذي يقوم على نمذجة ديناميكية لتحسين أداء المرشح في وجود اللقيم المتطرفة .

1-5 الفكرة الرئيسية للبحث:

الهدف الرئيسى من هذا البحث هو تحديد حالة النظام فى ظل ظروف التشغيل العادية ومراقبة و رصد الحالة الراهنة للشبكة وتوفير موثوقية ودقة مجموعة كاملة من البيانات فى الوقت الحقيقى و رصد ومراقبة النظام الكهري .

هذا البحث يتكون من خمسة فصول:

الفصل الثانى : يحتوى على النموذج الرياضى لتقدير الحالة الساكن ، والمقدر WLS ، مصفوفة جاكوبيان ، مصفوفة الكسب وخوارزمية المقدر WLS .

الفصل الثالث : يحتوى على تقدير الحالة القوي ، متانة و نقاط الإنهيار ، نقاط القوة ، المقدر M- .

الفصل الرابع : يحتوى على دراسة الحالة والنتائج

الفصل الخامس : يحتوى على الخاتمة

الفصل الثاني

نمذجة تقدير الحالة الساكن

Modeling Of Static State Estimation

1-2 مقدمة:

مقدر الحالة يقوم بحساب قيمة الجهد وزاويته في قضبان نظام القدره ، كما نعلم أن نظام القدره ليس ساكن ولكن التغيرات تكون ببطء شديد مع الزمن .

في هذا الفصل سوف نصف نموذج تقدير حاله ، وعلاوة على ذلك سوف نظهر

المزيد من التفاصيل وذلك على أساس طريقة (Weighted Least Square(WLS) .

2-2 المقدر (Weighted Least Square(WLS) :

1-2-2 دالة الإحتمال Likelihood Function :

الهدف الأساسي من تقدير الحالة هو الحصول على التقدير الأمثل للنظام القائم على قياس

الكميات باستخدام تقدير أقصى إحتمال (Maximum likelihood estimation) .

بفرض أن لدينا قياسات عشوائية :-

$\mu \equiv$ التباين .

$\sigma \equiv$ الانحراف المعياري للمقاييس .

فإن دالة الكثافة الإحتمالية ل Z من المقاييس تعطى بالعلاقة:

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}(z-\mu)^2/\sigma^2} \quad (2-1)$$

ودالة الإحتمال (Likelihood function) تكتب كالاتي :

$$f_m(z) = f(z_1)f(z_2)\dots f(z_m) \quad (2-2)$$

دالة المعدل تسمى Log-Likelihood (L) تعطى بالعلاقة:

$$L = \log f_m(z) = \sum_{i=1}^m \log f(z_i) = -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \left(\frac{z_i - \mu_i}{\sigma_i} \right)^2 - \frac{m}{2} \log 2\pi - \sum_{i=1}^m \log \sigma_i \quad (2-3)$$

أقصى دالة احتمال (MLE) يمكن الحصول عليها :

Maximize $\log f_m(z)$ or

$$\text{Minimize } \sum_{i=1}^m \left(\frac{z_i - \mu_i}{\sigma_i} \right)^2 \quad (2-4)$$

يمكن قياس المتبقي r_i كالاتي :

$$r_i = z_i - \mu = z_i - E(z_i) \quad (2-5)$$

μ تعنى القيمة المتوقعة للمقياس z_i ويمكن التعبير عنها باعتبارها علاقة غير خطية لحالة x النظام بالنسبة للمقياس .

$$\text{Minimize } \sum_{i=1}^m W_i r_i^2$$

$$\text{Subject to } z_i = h_i(x) + r_i \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2-6)$$

حل المعادلة (2-6) يسمى Weight Least Square estimator (WLS)

3-2 نموذج المقاييس والإفترضات لطريقة WLS:

بأخذ مجموعة من المقاييس المعطى بالمتجه z :

$$z = \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ z_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ h_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \cdot \\ \cdot \\ h_m(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ e_m \end{bmatrix} = h(x) + e \quad (2-7)$$

حيث:

$$h^T = [h_1(x), h_2(x), \dots, h_m(x)]$$

$h_i(x)$ هو داله غير خطيه تربط المقياس i بالمتجه x .

$$x^t = [x_1, x_2, \dots, x_m]$$

$e^t = [e_1, e_2, \dots, e_m]$ هو متجه أخطاء القياس.

يقوم المقدر **WLS** بتقليل دالة الهدف أدناه:

$$J(x) = \sum_{i=1}^m \frac{(z_i - h(x))^2}{R_i} = [z - h(x)]^T R^{-1} [z - h(x)] \quad (2-8)$$

R تمثل مصفوفة الوسط الحسابي لأخطاء المقاييس، $R = \text{diag}\{\sigma_1^2, \sigma_2^2, \dots, \sigma_m^2\}$ بعدها $(m \times m)$

الحل الامثل يمكن الحصول عليه عندما $\partial J(x) / \partial x = g(x) = 0$

$$g(x) = -H^T R^{-1} [z - h(x)] = 0 \quad (2-9)$$

حيث

$H(x) = \partial h(x) / \partial x$ هي jacobian matix للمقاييس باستخدام متسلسلة تايلور حول x^k عندما:

$$g(x) = g(x^k) + G(x^k)(x - x^k) + \dots = 0$$

$$x^{k+1} = x^k - G(x^k)^{-1} \cdot g(x^k)$$

$$G(x^k) = \partial g(x^k) / \partial x = H^T(x^k) R^{-1} H(x^k) \quad (2-10)$$

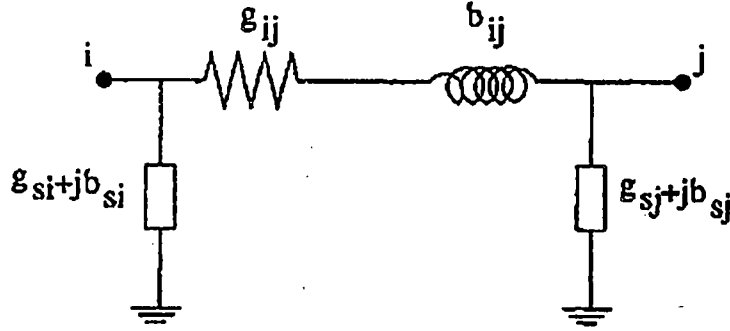
حيث k هي عملية تكرارية، و x^k هو متجه الحل ل k تكرار، و $G(x)$ مصفوفة الكسب.

$$G(x^k) \Delta x^{k+1} = H(x^k) R^{-1} [z - h(x^k)] \quad (2-11)$$

حيث: $\Delta x^{k+1} = x^{k+1} - x^k$

المعادلة (2-11) تسمى بالمعادلة العامة .

4-2 نموذج دالة القياس (The Model of Measurement Function):



الشكل (1-2) النموذج π - لشبكة فرعية

➤ القدرة الفعلية والردي فعلية المحقونة في القضيب أ تعطى :

$$P_i = V_i \sum_{j=1}^N V_j (G_{ij} \cos \theta_{ij} + B_{ij} \sin \theta_{ij}) \quad (2-12)$$

$$Q_i = V_i \sum_{j=1}^N V_j (G_{ij} \sin \theta_{ij} - B_{ij} \cos \theta_{ij}) \quad (2-13)$$

➤ القدرة الفعلية والردي فعلية الساريه من القضيب أ إلى القضيب ز تعطى :

$$P_{ij} = V_i^2 (g_{si} + g_{ij}) - V_i V_j (g_{ij} \cos \theta_{ij} + b_{ij} \sin \theta_{ij}) \quad (2-14)$$

$$Q_{ij} = -V_i^2 (b_{si} + b_{ij}) - V_i V_j (g_{ij} \sin \theta_{ij} - b_{ij} \cos \theta_{ij}) \quad (2-15)$$

➤ مقدار تيار الخط المار بين القضيبين أو ز يعطى :

$$I_{ij} = \frac{\sqrt{P_{ij}^2 + Q_{ij}^2}}{V_i}$$

عند تجاهل معاوقة التوازي ، تكون قيمة التيار :

$$I_{ij} = \sqrt{(g_{ij}^2 + b_{ij}^2)(V_i^2 + V_j^2 - 2V_i V_j \cos \theta_{ij})} \quad (2-16)$$

حيث : V_i هو قيمة الجهد الكهربى في القضيب i .

θ_{ij} تمثل زاوية الطور في القضيب i .

$$\theta_{ij} = \theta_i - \theta_j$$

$G_{ij} + B_{ij}$ تمثل العنصر $ijth$ في مصفوفة المعاوقات .

$g_{ij} + b_{ij}$ تمثل معاوقة التوالي التي تربط القضيب i والقضيب j .

$g_{si} + b_{si}$ تمثل معاوقة التوازي الفرعية للقضيب i .

N_i مجموعة أرقام القضبان الموصله مباشرة الى القضيب i .

5-2 مصفوفة جاكوبيان للمقاييس : Jacobian Matrix of the Measurement H

تكون المصفوفة على الشكل :

$$H = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_{inj}}{\partial \theta} & \frac{\partial P_{inj}}{\partial V} \\ \frac{\partial P_{flow}}{\partial \theta} & \frac{\partial P_{flow}}{\partial V} \\ \frac{\partial Q_{inj}}{\partial \theta} & \frac{\partial Q_{inj}}{\partial V} \\ \frac{\partial Q_{flow}}{\partial \theta} & \frac{\partial Q_{flow}}{\partial V} \\ \frac{\partial I_{mag}}{\partial \theta} & \frac{\partial I_{mag}}{\partial V} \\ 0 & \frac{\partial V_{mag}}{\partial V} \end{bmatrix} \quad (2-17)$$

المقادير الجبرية بالنسبة لكل المقادير تعطى :

*العناصر المتناظرة للقدرة الفعلية المحقونه للمقاييس:

$$\frac{\partial P_i}{\partial \theta_i} = \sum_{j=1}^N V_i V_j (-G_{ij} \sin \theta_{ij} + B_{ij} \cos \theta_{ij}) - V_i^2 B_{ii} \quad (2-18)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial \theta_j} = V_i V_j (G_{ij} \cos \theta_{ij} - B_{ij} \sin \theta_{ij}) \quad (2-19)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial V_i} = \sum_{j=1}^N V_j (G_{ij} \cos \theta_{ij} + B_{ij} \sin \theta_{ij} + V_i G_{ii}) \quad (2-20)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial V_j} = V_i (G_{ij} \cos \theta_{ij} + B_{ij} \sin \theta_{ij}) \quad (2 - 21)$$

*العناصر المتناظرة للقدرة الردي فعليه المحقونه للمقاييس:

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \theta_i} = \sum_{j=1}^N V_i V_j (G_{ij} \cos \theta_{ij} + B_{ij} \sin \theta_{ij}) - V_i^2 G_{ij} \quad (2 - 22)$$

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \theta_j} = V_i V_j (-G_{ij} \cos \theta_{ij} - B_{ij} \sin \theta_{ij}) \quad (2 - 23)$$

$$\frac{\partial Q_i}{\partial V_i} = \sum_{j=1}^N V_j (G_{ij} \sin \theta_{ij} - B_{ij} \cos \theta_{ij}) - V_i B_{ii} \quad (2 - 24)$$

$$\frac{\partial Q_i}{\partial V_j} = V_i (G_{ij} \sin \theta_{ij} - B_{ij} \cos \theta_{ij}) \quad (2 - 25)$$

*العناصر المتناظرة للقدرة الفعلية المتدفقة للمقاييس:

$$\frac{\partial P_{ij}}{\partial \theta_i} = V_i V_j (g_{ij} \sin \theta_{ij} - b_{ij} \cos \theta_{ij}) \quad (2 - 26)$$

$$\frac{\partial P_{ij}}{\partial \theta_j} = -V_i V_j (g_{ij} \sin \theta_{ij} - b_{ij} \cos \theta_{ij}) \quad (2 - 27)$$

$$\frac{\partial P_{ij}}{\partial V_i} = -V_j (g_{ij} \cos \theta_{ij} + b_{ij} \sin \theta_{ij}) + 2V_i (g_{ij} + g_{is}) \quad (2 - 28)$$

$$\frac{\partial P_{ij}}{\partial V_j} = -V_i (g_{ij} \cos \theta_{ij} + b_{ij} \sin \theta_{ij}) \quad (2 - 29)$$

*العناصر المتناظرة للقدرة الردي فعلية المتدفقة للمقاييس:

$$\frac{\partial Q_{ij}}{\partial \theta_i} = -V_i V_j (g_{ij} \cos \theta_{ij} + b_{ij} \sin \theta_{ij}) \quad (2 - 30)$$

$$\frac{\partial Q_{ij}}{\partial \theta_j} = V_i V_j (g_{ij} \cos \theta_{ij} + b_{ij} \sin \theta_{ij}) \quad (2 - 31)$$

$$\frac{\partial Q_{ij}}{\partial V_i} = -V_j (g_{ij} \sin \theta_{ij} - b_{ij} \cos \theta_{ij}) - 2V_{ij} (b_{ij} + b_{is}) \quad (2 - 32)$$

$$\frac{\partial Q_{ij}}{\partial V_{ij}} = -V_i (g_{ij} \sin \theta_{ij} - b_{ij} \cos \theta_{ij}) \quad (2 - 33)$$

*العناصر المتناظرة لمقياس كمية الجهد :

$$\frac{\partial V_i}{\partial V_i} = 1 \quad (2 - 34)$$

$$\frac{\partial V_i}{\partial V_j} = 0 \quad (2 - 35)$$

$$\frac{\partial V_i}{\partial \theta_i} = 0 \quad (2 - 36)$$

$$\frac{\partial V_i}{\partial \theta_j} = 0 \quad (2 - 37)$$

*العناصر المتناظرة لمقياس كمية التيار (مع تجاهل معاوقة التوازي) :

$$\frac{\partial I_{ij}}{\partial \theta_i} = \frac{g_{ij}^2 + b_{ij}^2}{I_{ij}} V_i V_j \sin \theta_{ij} \quad (2 - 38)$$

$$\frac{\partial I_{ij}}{\partial \theta_{ij}} = -\frac{g_{ij}^2 + b_{ij}^2}{I_{ij}} V_i V_j \sin \theta_{ij} \quad (2 - 39)$$

$$\frac{\partial I_{ij}}{\partial V_i} = \frac{g_{ij}^2 + b_{ij}^2}{I_{ij}} (V_i - V_j \cos \theta_{ij}) \quad (2 - 40)$$

$$\frac{\partial I_{ij}}{\partial V_{ij}} = \frac{g_{ij}^2 + b_{ij}^2}{I_{ij}} (V_j - V_i \cos \theta_{ij}) \quad (2 - 41)$$

2-6 مصفوفة الكسب G (Gain Matrix):

تكون على النحو :

$$G(x^k) = H^T R^{-1} H \quad (2-42)$$

2-7 خوارزمية المقدر WLS:

1- بدء التكرار، $k=0$.

2- تهيئة متجه الحالة x^k على القيمه الابتدائية .

3- حساب مصفوفة الكسب $G(x^k)$.

4- حساب $t^k = H(x^k)R^{-1}[z - h(x^k)]$.

5- حلها ب $\Delta x^k = t^k / G(x^k)$.

6- إختبار التقارب $\text{Max } |\Delta x^k| \leq \varepsilon$.

7- اذا كانت الاجابة بنعم،توقف وإلا قم بتحديث $x^{k+1} = x^k + \Delta x^k$ ، $k = k + 1$ ، وانتقل إلى

الخطوة 3 .

الخوارزمية أعلاه تحتوي أساسا على الحسابات التالية لكل عملية تكرارية K :

1- حساب الجانب الايمن من المعادلة (2-12) .

(أ) حساب دالة القياس $h(x^k)$.

(ب) بناء $H(x^k)$.

2- حساب مصفوفة الكسب $G(x^k)$ وحل المعادلة (2-12) .

(أ) بناء مصفوفة الكسب $G(x^k)$.

(ب) تحليل $G(x^k)$ في عوامل توسكي (Cholesky) .

(ج) القيام للأمام وللخلف بالتعويض في Δx^{k+1} .

الفصل الثالث

تقدير الحالة القوي

Robust State Estimation

1-3 مقدمة:

الهدف الرئيسي من هذا الفصل هو تقديم بعض أساليب تقدير الحالة أقوى مقارنة بطريقة

المقدر (WLS) (لا تتأثر بسوء البيانات)

بسبب رداءة نوعية البيانات التي توفرها منظومة (SCADA) .

الهدف الرئيسي لتقدير حاله هو التقليل لأدنى حد من الأخطاء في قاعدة بيانات نظام إدارة

الطاقة.

الخطأ يعرف بأنه الفرق بين القيمة المقاسة لأي متغير و قيمتها الحقيقية.

إذا قياسات توزيع الأخطاء عن طريق المقدر WLS عادةً تمثل الحل الأمثل لمشكلة تقدير

الحالة ، ولكن اذا كان بعض القياسات ذات أخطاء كبير جدًا (القيم المتطرفة الإحصائية) فإن

طريقة WLS تصبح غير موثوقة.

إن القيم المتطرفة هي قياس البيانات بشكل غير طبيعي لقيم مختلفة عن بقية مجموعة القياسات. هذه القيم المتطرفة الموجودة تكون بسبب أخطاء جسيمة في القياس وقد يحدث الخطأ بسبب الضوضاء.

2-3 متانة ونقاط الإنهيار (Robustness and Breakdown Points):

درجة متانة المقدر في وجود القيم المتطرفة يمكن أن يقاس بواسطة مفهوم توزيع العينة ، نقاط الإنهيار هي أقل مقدار من القيم المتطرفة يمكن أن تسبب تشويش في المقدر .
 بأخذ مجموعه Z لعدد m من المقاييس الجيده :

$$Z = \{z_1, z_2, \dots, z_m\} \quad (3-1)$$

القاعده القصوى للتحيز في تقدير الحاله:

$$b^{mb} = \max_{i=1, \dots, n} |\hat{x}_i - \hat{x}'_i| \quad (3-2)$$

أكبر نسبة تعطى :

$$\varepsilon = \frac{m_b}{m} \quad (3-3)$$

3-3 نقاط القوة :

هي النقاط التي تكون بعيدة عن مركز البيانات ولها تأثير كبير على تقدير الحاله .
 وهناك نهجان لحل المشكلة عند قياس مجموعة البيانات كنقاط ارتكاز وهي:

1- تحديد نقاط القوة والقضاء عليها قبل التقدير.

2- استخدام مقدرات لا تتأثر بنقاط القوة.

نقاط القوة يمكن تعريفها باستخدام النموذج الخطي المعطى :

$$Z = H.x + e \quad (3-4)$$

حيث : $E(e) = 0, E [e e^T] = I_m$ تعرف بأنها متجه خطأ القياس , e لها وسط حسابي

يساوي الواحد.

إذن المقدر WLS للمتجه x يمكن التعبير عنه:

$$\hat{x} = (H^T H)^{-1} H^T z \quad (3 - 5)$$

والمقدر z يعبر عنه :

$$\hat{z} = H(H^T H)^{-1} H^T z = K.z \quad (3 - 6)$$

حيث K_{ii} العناصر القطرية للمصفوفة k :

$$K_{ii} = H_i(H^T H)^{-1} H_i^T \quad (3 - 7)$$

عندما $(K = K^T)$ إذن K_{ii} يمكن كتابتها كما يلي:

$$K_{ii} = K_{ii}^2 + \sum_{i \neq j} K_{ij}^2 \quad (3 - 8)$$

قياس المتبقي يمكن التعبير عنها باعتبارها دالة عناصر في مصفوفة k :

$$r = z - \hat{z} = z - K.z = (I_m - K).z \quad (3 - 9)$$

4-3 المقدر M – (The M-Estimators) .:

يعبر عن دالة المقياس المتبقي ب $\rho(r)$:

$$\min \sum_{i=1}^m \rho(r_i) \quad (3-12)$$

$$Z = h(x) + r \quad (3-13)$$

حيث $\rho(r)$ تمثل دالة قياس المتبقي r_i فهو متماثل حول 0 .

انواع المقدر M :

1- المقدر المستمر من الدرجة الثانية (QC) (Quadratic Constant estimator) :

$$\rho(r_i) = \begin{cases} \frac{r_i^2}{\sigma_i^2} & \left| \frac{r_i}{\sigma_i} \right| \leq \alpha \\ \alpha^2 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3-14)$$

2- المقدر التربيعي الخطي (QL) (Quadratic Linear estimator) :

$$\rho(r_i) = \begin{cases} \frac{r_i^2}{\sigma_i^2} & \left| \frac{r_i}{\sigma_i} \right| \leq \alpha \\ 2\alpha\sigma_i|r_i| - \alpha^2\sigma_i^2 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3-15)$$

3- مقدر الجذر التربيعي (SR) (Square Root estimator) :

$$\rho(r_i) = f(x) = \begin{cases} \frac{r_i^2}{\sigma_i^2} & \left| \frac{r_i}{\sigma_i} \right| \leq \alpha \\ 4\alpha^2 \sqrt{r_i/\sigma_i} - 3\alpha^2 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3-16)$$

4-المقدر المعمم لشوكوبي _ هوير (SHGM) (Schweppe-Huber Generalized)

:(M- estimator

$$\rho(r_i) = \begin{cases} \frac{1}{2} \frac{r_i^2}{\sigma_i^2} & \left| \frac{r_i}{\sigma_i} \right| \leq \alpha \\ \alpha \omega_i |r_i/\sigma_i| - \frac{1}{2} \alpha^2 \omega_i^2 & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (3-17)$$

5-مقدر أقل قيمه مطلقه (LAV) (Least Absolute Value estimator) :

$$\rho(r_i) = |r_i| \quad (3-18)$$

الفصل الرابع

دراسة الحالة والنتائج

Case Study and Results

1-4 مقدمة:

يفترض نظام القدره يعمل في حالة مستقرة تحت ظروف متوازنة ، وهذا يعني أن أحمال القضبان في الأوجه الثلاثة والقدرة المتدفقه يجب أن تكون متعادلة. في هذه الدراسة للقدرة المتدفقه ، كل بيانات الشبكة يتم التعبير عنها في نظام الوحدة.

2-4 دراسة الحالة (Case study) :

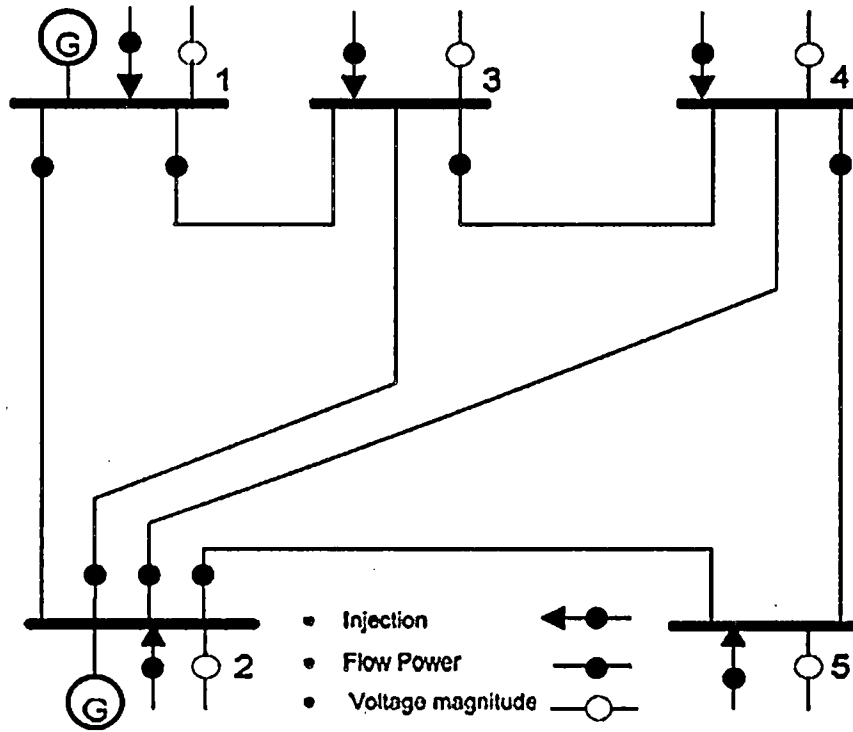
وفي هذه الحالة إستخدمنا البيانات المعيارية IEEE- 5 bus وإستخدمنا المقدر WLS للحصول على تقدير الحالة للنظام .تم أخذ قيم القياسات من تدفق الحمل . ويبين الجدول (1-4) بيانات تدفق الحمل في القضبان و الجدول(2-4) تمثل بيانات الخط بالنسبه IEEE- 5 bus في النظام .ويمثل الشكل (1-4)النموذج المعياري IEEE 5 للنظام. ويتم إختبار المحاكاة للتشغيل العادي للبيانات المعيارية، وهناك 29 مقياس موضحة في الجدول (3-4) والشكل (1-4) .

الجدول (1-4) بيانات القضييب (Bus Data)

Bus No	Voltage Mag	Angle Dgree	Load		Generation		Injetcted
			MW	Mvar	MW	Mvar	Mvar
1	1.060	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	1.040	0.000	20.000	10.000	40.000	30.000	0.000
3	1.000	0.000	45.000	15.000	0.000	0.0	0.000
4	1.000	0.000	40.000	50.000	0.000	0.0	0.000
5	1.000	0.000	60.000	10.000	0.000	0.000	0.000

الجدول (2-4) بيانات الخط (Line Data)

Bus nl	Bus nr	R p.u.	X p.u.	1/2 B	Ta
1	2	0.02	0.06	0.0	1
1	3	0.08	0.24	0.025	1
2	3	0.06	0.18	0.0	1
2	4	0.06	0.18	0.0	1
2	5	0.04	0.12	0.015	1
3	4	0.01	0.03	0.0	1
4	5	0.085	0.24	0.025	1



الشكل (1-4) النظام المعياري IEEE 5-bus (Standard IEEE 5-bus System)

الجدول (3-4) مقاييس المتجهات

Measurement No	Type	True Measurement
1	active power flow	$P_f(1-2), P_f(1-3), P_f(2-3), P_f(2-4), P_f(2-5), P_f(3-4), P_f(4-5)$
2	Active power injected	P_1, P_2, P_3, P_4, P_5
3	reactive power flow	$q_f(1-2), q_f(1-3), q_f(2-3), q_f(2-4), q_f(2-5), q_f(3-4), q_f(4-5)$
4	Reactive power injected	q_1, q_2, q_3, q_4, q_5
5	Voltage magnitude	V_1, V_2, V_3, V_4, V_5

3-4 النتائج :

نتائج تدفق الحمل و تقدير الحالة تظهر فى الجداول ، الجداول (4-4) و (5-4)

توضح تدفق الحل باستخدام طريقة غاوس سايدل والقضيب 1 عبارة عن مرجع.

ويبين الجدول(4-6) متغيرات الحالة عندما يكون النظام فى ظل ظروف التشغيل

العادية .

الجدول (4-7) يبين نتائج تقدير الحالة .وإذا ما قارنا بين القيم المقاسة و القيم المقدرة،

نجد ان هناك فرق بين تلك القيم موضحة فى عمود المتبقية.

جدول (4-4) حل القدره المتدفقة (Power flow solution)

Bus No	Voltage Mag	Angel Degree	Load		Generation		Injected
			MW	Mvar	MW	Mvar	Mvar
1	1.060	0.000	0.000	0.000	130.432	27.744	0.000
2	1.035	-2.638	20.000	10.000	40.000	38.528	0.000
3	0.992	-4.575	45.000	15.000	0.000	0.000	0.000
4	0.985	-4.794	40.000	50.000	0.000	0.000	0.000
5	1.000	-6.023	60.000	10.000	0.000	4.832	0.000
Total			165.000	40.000	170.432	71.104	23.300

الجدول (5-4) حل تدفق الخط والمفاقد (Line flow solution and losses)

From	To	MW	MVAR	MVA	MW	MAVR
1		130.432	27.744	133.350		
	2	89.557	12.815	90.469	1.474	-2.162
	3	40.830	14.794	43.428	1.408	-1.049
2		20.000	28.528	34.840		
	1	-88.083	-14.977	89.347	1.474	-2.162
	3	24.769	14.838	28.666	0.497	-2.621
	4	27.941	17.745	33.099	0.659	-2.107
	5	55.347	11.670	56.564	1.210	0.522
3		-45.000	-15.000	47.434		
	1	-39.423	-15.843	42.487	1.408	-1.049
	2	-24.299	-17.004	29.658	0.497	-2.621
	4	18.735	17.733	25.796	0.071	-1.742
		-40.000	-50.000	64.031		
	2	-27.282	-19.851	33.740	0.659	-2.107
	3	-18.664	-19.471	26.974	0.071	-1.042
	5	5.902	-10.596	12.129	0.089	-4.674
5		-60.000	-5.168	60.222		
	2	-54.138	-11.148	55.247	1.210	0.522
	4	-5.813	5.922	8.299	0.089	-4.674
Total losses					5.408	-13.832

الجدول (6-4) متغيرات الحالة باستخدام المقدر WLS (The state variables with WLS estimator)

Bus i	True value from load flow		Estimated value	
	voltage (pu)	angle (degrees)	voltage (pu)	angle (degrees)
1	1.060	0.000	1.0607	0.000
2	1.035	-2.638	1.0357	-2.6338
3	0.992	-4.575	0.9932	-4.5658
4	0.985	-4.794	0.9857	-4.7849
5	1.000	-6.023	1.0007	-6.0174

الجدول 7-4 نتائج تقدير الحالة للمقاييس باستخدام المقدر WLS

(The state estimation result of the measurements using WLS estimator)

Measuremet No.i	Type	Measurement ValueZ(pu)	Estimated Value hx (pu)	Residual r1(pu)
1	P ₁₂	0.8956	0.8956	-0.0001
2	P ₁₃	0.4083	0.4081	0.0002
3	P ₂₃	0.2480	0.2476	0.0003
4	P ₂₄	0.2794	0.2791	0.0003
5	P ₂₅	0.5535	0.5538	-0.0004
6	P ₃₄	0.1874	0.1874	-0.0000
7	P ₄₅	0.0590	0.0594	-0.0004
8	P ₁	1.3043	1.3037	0.0006
9	P ₂	0.2000	0.1997	0.0003
10	P ₃	-0.4500	-0.4493	-0.0007
11	P ₄	-0.4000	-0.3998	-0.0002
12	P ₅	-0.6000	-0.6003	0.0003
13	Q ₁₂	0.2237	0.2248	-0.0012
14	Q ₁₃	0.2378	0.2379	-0.0001
15	Q ₂₃	0.2563	0.2561	0.0002
16	Q ₂₄	0.2899	0.2898	0.0001
17	Q ₂₅	0.2238	0.2235	0.0003
18	Q ₃₄	0.2414	0.2419	-0.0006
19	Q ₄₅	-0.0284	-0.0283	-0.0000
20	Q ₁	0.2774	0.2771	0.0004
21	Q ₂	0.2853	0.2860	-0.0007
22	Q ₃	-0.1500	-0.1506	0.0006
23	Q ₄	-0.5000	-0.4997	-0.0003
24	Q ₅	-0.0517	-0.0518	0.0001
25	V ₁	1.0600	1.0607	-0.0007
26	V ₂	1.0350	1.0357	-0.0006
27	V ₃	0.9925	0.9932	-0.0007
28	V ₄	0.9850	0.9857	-0.0007
29	V ₅	1.0000	1.0007	-0.0007

الجدول (4-7) يبين نتائج تقدير الحالة باستخدام المقدر WLS من هذا الجدول نلاحظ ان القيم المقدرة تكون قريبة من القيم المقاسة ونجد ان هناك فرق بين هذه القيم موضحة في عمود المتبقي، كما يمكننا من الجدول (4-6) ان نلاحظ ان تقدير الحالة لقيم الجهد قوته تتفق مع الحالة الفعلية الجهد الكهربي في تدفق الحمل.

الفصل الخامس

الخاتمة

Conclusion

1-5 الخاتمة :

أصبح رصد ومراقبة نظام القدرة وظيفة مهمة جداً لتحقيق موثوقية عالية في النظام ، وتحسين نظام ادارة الطاقة (EMS).

وتتناول هذه الدراسة تقدير الحالة الساكنة لتحديد حالة النظام للحصول على بيانات دقيقة و موثوق بها في الوقت الحقيقي ورصد ومراقبة النظام الكهربي.

إستخدمنا المقدر WLS لتقدير حالة النظام ، وأيضاً برنامج MATLAB M-file وتطبيق البيانات المعيارية IEEE 5-bus كدراسة للحالة. يمكن تلخيص النتائج على النحو التالي:

1. متجه الحالة المقدر يتفق مع متجه الحالة الحقيقي في تدفق الحمل .
2. للمقارنة بين القيم المقاسة و القيم المقدره للقياسات ، نجد هناك فرق بسيط بين تلك القيم كما مبين في العمود الايسر للمتبقّي .
3. بدون اخطاء كبيرة في القياسات فإن المقدر WLS يستطيع الحصول على الحل الامثل لتقدير الحالة.

المراجع

- [1] Schweppe F.C. and Wildes J., "Power System Static-State Estimation, Part I: Exact Model", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol.PAS-89, January 1970, pp. 120-125.
- [2] Schweppe F.C. and Rom D.B., "Power System Static-State Estimation, Part II: Approximate Model", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol.PAS-89, January 1970, pp.125-130.
- [3] Schweppe F.C., "Power System Static-State Estimation, Part III: Implementation", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol.PAS-89, January 1970, pp. 130-135.
- [4] Slobodan Paji', "Power System State Estimation and Contingency Constrained Optimal Power Flow - A Numerically Robust Implementation", April 2007.
- [5] A. Abur and A. G. Exposito, Power system state estimation: theory and implementation: CRC Press, 2004.
- [6] G. Durgaprasad and S. Thakur, "Robust dynamic state estimation of power systems based on M-estimation and realistic modeling of system dynamics," Power Systems, IEEE Transactions on, vol. 13pp. 1331-1336, 1998.
- [7] H. Zhu and G. B. Giannakis, "Robust power system state estimation for the nonlinear AC flow model," in North American Power Symposium (NAPS), 2012, pp. 1-6 , 2012.
- [8] R. Baldick, K. Clements, Z. Pinjo-Dzagal, and P. Davis, "Implementing nonquadratic objective functions for state estimation and bad data rejection," Power Systems, IEEE Transactions on, vol. 12, pp. 376-382, 1997.
- [9] L. Mili, M. G. Cheniae, N. S. Vichare, and P. J. Rousseeuw, "Robustification of the least absolute value estimator by means of projection statistics, power system state estimation.
- [10] M. AHMAD, Power System State Estimation: Artech house, 2013. measurement units. Power Systems Computation Conference (PSCC), Glasgow, Scotland.
- [11] Van Cutsem, T., M. Ribbens-Pavella, and L.Mili, "Bad Data Identification Methods in Power System State Estimation: A Comparative Study," IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol.PAS-104, No.11, November 1985, PP 3037-3049.
- [12] Rousseeuw, P. J., and B. C. van Zomeren, "Unmasking Multivariate Outliers and Leverage Points," Journal of the American Statistical Association, Vol. 85, 1990, pp. 633-639.
- [13] M. A. Chapman, "Adaptation and Installation of a Robust State Estimation Package in the EEF Utility," Citeseer, 1999.
- [14] I. Naziri and M. Karrari, "Hierarchical robust state estimation in power system using phasor measurement units," in Innovative Smart Grid Technologies (ISGT), 2011 IEEE PES, pp. 1-6, 2011.
- [15] A. Abur and M. K. Celik, "A fast algorithm for the weighted least absolute value state estimation [for power systems]," Power Systems, IEEE Transactions on, vol. 6, pp. 1-8, 1991.
- [16] R. C. Pires, A. S. Costa, and L. Mili, "Iteratively reweighted least-squares state estimation through givens rotations," Power Systems, IEEE Transactions on, vol. 14, pp. 1499-1507, 1999.

الملاحق

برنامج ماتلاب

```
basemva = 100; accuracy = 0.001; accel = 1.8; maxiter = 1000;
```

```
% IEEE 14-BUS TEST SYSTEM (American Electric Power)
% Bus Bus Voltage Angle ---Load----Generator----- Static Mvar
% No code Mag. Degree MW Mvar MW Mvar Qmin Qmax +Qc/-Ql
busdata=[1 1 1.06 0.0 0.0 0.0 232.4 -16.9 0 0 0
2 2 1.045 0.0 21.7 12.7 40.0 42.4 -40 50 0
3 2 1.01 0.0 94.2 19.0 0.0 23.4 0 40 0
4 0 1.0 0.0 47.8 -3.9 0.0 0.0 0 0 0
5 0 1.0 0.0 7.6 1.6 0.0 0.0 0 0 0
6 2 1.07 0.0 11.2 7.5 0.0 12.2 -6 24 0
7 0 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 0 0
8 2 1.09 0.0 0.0 0.0 0.0 17.4 -6 24 0
9 0 1.0 0.0 29.5 16.6 0.0 0.0 0 0 19
10 0 1.0 0.0 9.0 5.8 0.0 0.0 0 0 0
11 0 1.0 0.0 3.5 1.8 0.0 0.0 0 0 0
12 0 1.0 0.0 6.1 1.6 0.0 0.0 0 0 0
13 0 1.0 0.0 13.5 5.8 0.0 0.0 0 0 0
14 0 1.0 0.0 14.9 5.0 0.0 0.0 0 0 0];
```

```
% Line code
% Bus bus R X 1/2 B = 1 for lines
% nl nr p.u. p.u. p.u. > 1 or < 1 tr. tap at bus nl
linedata=[1 2 0.01938 0.05917 0.0264 1
2 3 0.04699 0.19797 0.0219 1
2 4 0.05811 0.17632 0.0170 1
1 5 0.05403 0.22304 0.0246 1
2 5 0.05695 0.17388 0.0173 1
3 4 0.06701 0.17103 0.0064 1
4 5 0.01335 0.04211 0.0 1
5 6 0.0 0.25202 0.0 0.932
4 7 0.0 0.20912 0.0 0.978
7 8 0.0 0.17615 0.0 1
4 9 0.0 0.55618 0.0 0.969
7 9 0.0 0.11001 0.0 1
9 10 0.03181 0.08450 0.0 1
6 11 0.09498 0.19890 0.0 1
6 12 0.12291 0.25581 0.0 1
6 13 0.06615 0.13027 0.0 1
9 14 0.12711 0.27038 0.0 1
10 11 0.08205 0.19207 0.0 1
12 13 0.22092 0.19988 0.0 1
13 14 0.17093 0.34802 0.0 1];
```

```
lfybus % form the bus admittance matrix
lfgauss % Load flow solution by Gauss-Seidel method
busout % Prints the power flow solution on the screen
lineflow % Computes and displays the line flow and losses
y0=[-1i*0.051 -1i*0.0826 -1i*0.0283 -1i*0.0234 -1i*0.0419 0 0 0 0 0 0 0 0];
b01=imag(y0(1)); b02=imag(y0(2)); b03=imag(y0(3)); b04=imag(y0(4));
b05=imag(y0(5)); b06=imag(y0(6));
b07=imag(y0(7)); b08=imag(y0(8)); b09=imag(y0(9)); b010=imag(y0(10)); b011=imag(y0(11));
b012=imag(y0(12)); b013=imag(y0(13)); b014=imag(y0(14));
for i=1:nbus
for j=1:nbus
I(i,j)=-Ybus(i,j)*(V(i)-V(j))+y0(i)*V(i);
I(j,i)=-Ybus(i,j)*(V(j)-V(i))+y0(j)*V(j);
```



```

h13=-v(i)*v(j)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j))); %dqij/di
h14=
v(i)*v(j)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j))); %dqij/dj
h15=
-v(j)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j)))-2*v(i)*(b(i,j)+b04); %dqij/dvi
h16=
-v(i)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j))); %dqij/dvj
else end
if i==4 && j==9

h17=v(i)*v(j)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j))); %dpij/di
h18=-v(i)*v(j)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j))); %dpij/dj
h19=-v(j)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j)))+2*(g(i,j)+0)*v(i); %dpij/vi
h20=-v(i)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j))); %dpij/vj
h21=-v(i)*v(j)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j))); %dqij/di
h22=
v(i)*v(j)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j))); %dpij/dj
h23=
-v(j)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j)))-2*v(i)*(b(i,j)+b04); %dqij/dvi
h24=
-v(i)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j))); %dqij/dvj
else end
if i==6 && j==11

h25=v(i)*v(j)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j))); %dpij/di
h26=-v(i)*v(j)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j))); %dpij/dj
h27=-v(j)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j)))+2*(g(i,j)+0)*v(i); %dpij/vi
h28=-v(i)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j))); %dpij/vj
h29=-v(i)*v(j)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j))); %dqij/di
h30=
v(i)*v(j)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j))); %dqij/dj
h31=
-v(j)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j)))-2*v(i)*(b(i,j)+0); %dqij/dvi
h32=
-v(i)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j))); %dqij/dvj
else end
if i==6 && j==12

h33=v(i)*v(j)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j))); %dpij/di
h34=-v(i)*v(j)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j))); %dpij/dj
h35=-v(j)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j)))+2*(g(i,j)+0)*v(i); %dpij/vi
h36=-v(i)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j))); %dpij/vj
h37=-v(i)*v(j)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j))); %dqij/di
h38=
v(i)*v(j)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j))); %dqij/dj
h39=
-v(j)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j)))-2*v(i)*(b(i,j)+0); %dqij/dvi
h40=
-v(i)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j))); %dqij/dvj
else end
if i==7 && j==8

```



```

h41=v(i)*v(j)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j))); %dpij/di
h42=-v(i)*v(j)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j))); %dpij/dj
h43=-v(j)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j)))+2*(g(i,j)+0)*v(i); %dpij/vi
h44=-v(i)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j))); %dpij/vj
h45=-v(i)*v(j)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j))); %dqij/di
h46=
v(i)*v(j)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j))); %dpij/dj
h47=
-v(j)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j)))-2*v(i)*(b(i,j)+0); %dqij/dvi
h48=
-v(i)*(g(1,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j))); %dqij/dvj
else end
if i==7 && j==9

h49=v(i)*v(j)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j))); %dpij/di
h50=-v(i)*v(j)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j))); %dpij/dj
h51=-v(j)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j)))+2*(g(i,j)+0)*v(i); %dpij/vi
h52=-v(i)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j))); %dpij/vj
h53=-v(i)*v(j)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j))); %dqij/di
h54=
v(i)*v(j)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j))); %dqij/dj
h55=
-v(j)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j)))-2*v(i)*(b(i,j)+0); %dqij/dvi
h56=
-v(i)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j))); %dqij/dvj
else end
if i==9 && j==10

h57=v(i)*v(j)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j))); %dpij/di
h58=-v(i)*v(j)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j))); %dpij/dj
h59=-v(j)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j)))+2*(g(i,j)+0)*v(i); %dpij/vi
h60=-v(i)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j))); %dpij/vj
h61=-v(i)*v(j)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j))); %dqij/di
h62=
v(i)*v(j)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j))); %dqij/dj
h63=
-v(j)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j)))-2*v(i)*(b(i,j)+0); %dqij/dvi
h64=
-v(i)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j))); %dqij/dvj
else end
if i==13 && j==14

h65=v(i)*v(j)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j))); %dpij/di
h66=-v(i)*v(j)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j))); %dpij/dj
h67=-v(j)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j)))+2*(g(i,j)+0)*v(i); %dpij/vi
h68=-v(i)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j))); %dpij/vj
h69=-v(i)*v(j)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j))); %dqij/di

```

```

h70=
v(i)*v(j)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j))); %dpij/dj
h71=
-v(j)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j)))-2*v(i)*(b(i,j)+0); %dqij/dvi
h72=
-v(i)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j))); %dqij/dvj
else end
    if i==1 && j==2 % injection power p1 & q1
h73=v(i)*v(j)*(Gbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))-Bbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))); % dpi/dj
h74=v(i)*(Gbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))+Bbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))); % dpi/dvj
h75=v(i)*v(j)*(-Gbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))-Bbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))); % dqj/dj
h76=v(i)*(Gbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))-Bbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))); % dqj/vj
    else end
        if i==1 && j==5 % injection power p1 & q1
h77=v(i)*v(j)*(Gbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))-Bbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))); % dpi/dj
h78=v(i)*(Gbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))+Bbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))); % dpi/dvj
h79=v(i)*v(j)*(-Gbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))-Bbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))); % dqj/dj
h80=v(i)*(Gbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))-Bbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))); % dqj/vj
        else end
            if i==3 && j==2 % injection power p3 & q3
h81=v(i)*v(j)*(Gbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))-Bbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))); % dpi/dj
h82=v(i)*(Gbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))+Bbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))); % dpi/dvj
h83=v(i)*v(j)*(-Gbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))-Bbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))); % dqj/dj
h84=v(i)*(Gbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))-Bbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))); % dqj/vj
            else end
                if i==3 && j==4 % injection power p3 & q3
h85=v(i)*v(j)*(Gbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))-Bbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))); % dpi/dj
h86=v(i)*(Gbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))+Bbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))); % dpi/dvj
h87=v(i)*v(j)*(-Gbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))-Bbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))); % dqj/dj
h88=v(i)*(Gbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))-Bbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))); % dqj/vj;
                else end
                    if i==6 && j==5 % injection power p6 & q6
h89=v(i)*v(j)*(Gbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))-Bbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))); % dpi/dj
h90=v(i)*(Gbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))+Bbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))); % dpi/dvj
h91=v(i)*v(j)*(-Gbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))-Bbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))); % dqj/dj
h92=v(i)*(Gbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))-Bbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))); % dqj/vj
                    else end
                        if i==6 && j==11 % injection power p6 & q6
h93=v(i)*v(j)*(Gbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))-Bbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))); % dpi/dj
h94=v(i)*(Gbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))+Bbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))); % dpi/dvj
h95=v(i)*v(j)*(-Gbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))-Bbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))); % dqj/dj
h96=v(i)*(Gbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))-Bbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))); % dqj/vj =
                        else end
                            if i==6 && j==12
h97=v(i)*v(j)*(Gbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))-Bbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))); % dpi/dj
h98=v(i)*(Gbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))+Bbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))); % dpi/dvj
h99=v(i)*v(j)*(-Gbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))-Bbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))); % dqj/dj
h100=v(i)*(Gbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))-Bbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))); % dqj/vj
                            else end
                                if i==6 && j==13
h101=v(i)*v(j)*(Gbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))-Bbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))); % dpi/dj
h102=v(i)*(Gbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))+Bbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))); % dpi/dvj
h103=v(i)*v(j)*(-Gbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))-Bbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))); % dqj/dj
h104=v(i)*(Gbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))-Bbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))); % dqj/vj
                                =
                                else end
                                    if i==10 && j==9 % injection power p10 & q10
h105=v(i)*v(j)*(Gbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))-Bbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))); % dpi/dj
h106=v(i)*(Gbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))+Bbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))); %
dpi/dvj
h107=v(i)*v(j)*(-Gbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))-Bbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))); % dqj/dj
h108=v(i)*(Gbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))-Bbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))); % dqj/vj
                                    else end
                                        if i==10 && j==11 % injection power p10 & q10

```



```

p9=p9+sum(v(a)*v(f)*(-Gbus(a,f)*sin(d(a)-d(f))+Bbus(a,f)*cos(d(a)-d(f))));
q9=q9+sum(v(a)*v(f)*(Gbus(a,f)*cos(d(a)-d(f))+Bbus(a,f)*sin(d(a)-d(f))));
p10=p10+sum(v(f)*(Gbus(a,f)*cos(d(a)-d(f))+Bbus(a,f)*sin(d(a)-d(f)))); %dp2/dv2
q10=q10+sum(v(f)*(Gbus(a,f)*sin(d(a)-d(f))-Bbus(a,f)*cos(d(a)-d(f))));
else end
end
end
% p1=p1-e1; q1=q1-e2;
p2=p2+e3; q2=q2-e4;
p3=p3-e5; q3=q3-e6; p4=p4+e7; q4=q4-e8;
p5=p5-e9; q5=q5-e10; p6=p6+e11; q6=q6-e12;
p7=p7-e13; q7=q7-e14; p8=p8+e15; q8=q8-e16;
p9=p9-e17; q9=q9-e18; p10=p10+e19; q10=q10-e20;

H1=[0 0 0 h2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 h3 0 0 0 h4 0 0 0 0 0 0 0 0]; H2=[0 0 0
h6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 h7 0 0 0 h8 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0];
H3=[0 0 h9 h10 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 h11 h12 0 0 0 0 0 0 0]; H4=[0 0 h13
h14 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 h15 h16 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0];
H5=[0 0 h17 0 0 0 0 h18 0 0 0 0 0 0 0 h19 0 0 0 0 h20 0 0 0 0 0]; H6=[0 0 h21
0 0 0 h22 0 0 0 0 0 0 0 0 h23 0 0 0 0 h24 0 0 0 0 0];
H7=[0 0 0 0 h25 0 0 0 0 h26 0 0 0 0 0 0 h27 0 0 0 0 h28 0 0 0]; H8=[0 0 0
0 h29 0 0 0 0 h30 0 0 0 0 0 0 h31 0 0 0 0 h32 0 0 0];
H9=[0 0 0 0 h33 0 0 0 0 h34 0 0 0 0 0 0 h35 0 0 0 0 h36 0 0]; H10=[0 0
0 0 h37 0 0 0 0 h38 0 0 0 0 0 0 h39 0 0 0 0 h40 0 0];
H11=[0 0 0 0 h41 h42 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 h43 h44 0 0 0 0 0]; H12=[0 0
0 0 h45 h46 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 h47 h48 0 0 0 0 0];
H13=[0 0 0 0 h49 0 h50 0 0 0 0 0 0 0 0 0 h51 0 h52 0 0 0 0]; H14=[0 0
0 0 h53 0 h54 0 0 0 0 0 0 0 0 0 h55 0 h56 0 0 0 0];
H15=[0 0 0 0 h57 h58 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 h59 h60 0 0 0 0]; H16=[0 0
0 0 h61 h62 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 h63 h64 0 0 0 0];
H17=[0 0 0 0 h65 h66 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 h67 h68]; H18=[0 0 0
0 0 0 0 h69 h70 0 0 0 0 0 0 0 0 0 h71 h72];
H19=[h73 0 0 h77 0 0 0 0 0 0 0 0 0 p2 h74 0 0 h78 0 0 0 0 0 0 0]; H20=[h75 0
0 h79 0 0 0 0 0 0 0 q2 h76 0 0 h80 0 0 0 0 0 0 0];
H21=[h81 p3 h85 0 0 0 0 0 0 0 0 0 h82 p4 h86 0 0 0 0 0 0 0 0]; H22=[h83 q3
h87 0 0 0 0 0 0 0 h84 q4 h88 0 0 0 0 0 0 0 0];
H23=[0 0 0 h89 p5 0 0 0 0 h93 h97 h101 0 0 0 0 h90 p6 0 0 0 0 h94 h98 h102 0]; H24=[0
0 h91 q5 0 0 0 0 h95 h99 h103 0 0 0 0 h92 q6 0 0 0 0 h96 h100 h104 0];
H25=[0 0 0 0 0 0 h105 p7 h109 0 0 0 0 0 0 0 0 h106 p8 h110 0 0 0]; H26=[0 0 0
0 0 0 h107 q7 h111 0 0 0 0 0 0 0 0 h108 q8 h112 0 0 0];
H27=[0 0 0 0 h113 0 0 0 0 p9 h117 0 0 0 0 0 h114 0 0 0 0 p10 h118 0]; H28=[0 0 0
0 h115 0 0 0 0 q9 h119 0 0 0 0 0 h116 0 0 0 0 q10 h120 0];
H29=[dv1;dv3; dv8; dv11; dv12; dv14];
H=[H1; H3; H5; H7; H9; H11; H13; H15; H17; H19; H21; H23; H25; H27; H2; H4; H6; H8; H10;
H12; H14; H16; H18; H20; H22; H24; H26; H28; H29];

% Calculation of Measurement Functiot h(x)
hx19=0; hx20=0; hx21=0; hx22=0; hx23=0; hx24=0; hx25=0; hx26=0;hx27=0; hx28=0;
for i=1:nbus
for j=1:nbus
if i==1 && j==5
hx1=v(i)^2*(0+g(i,j))-v(i)*v(j)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j)));
hx2=-v(i)^2*(b01+b(i,j))-v(i)*v(j)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j)));
else end
if i==4 && j==5
hx3=v(i)^2*(0+g(i,j))-v(i)*v(j)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j)));
hx4=-v(i)^2*(b04+b(i,j))-v(i)*v(j)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j)));
else end
if i==4 && j==9
hx5=v(i)^2*(0+g(i,j))-v(i)*v(j)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j)));
hx6=-v(i)^2*(b04+b(i,j))-v(i)*v(j)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j)));
else end
if i==6 && j==11
hx7=v(i)^2*(0+g(i,j))-v(i)*v(j)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j)));

```

```

hx8=-v(i)^2*(0+b(i,j))-v(i)*v(j)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j)));
else end
if i==6 && j==12
hx9=v(i)^2*(0+g(i,j))-v(i)*v(j)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j)));
hx10=-v(i)^2*(0+b(i,j))-v(i)*v(j)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j)));
else end
if i==7 && j==8
hx11=v(i)^2*(0+g(i,j))-v(i)*v(j)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j)));
hx12=-v(i)^2*(0+b(i,j))-v(i)*v(j)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j)));
else end
if i==7 && j==9
hx13=v(i)^2*(0+g(i,j))-v(i)*v(j)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j)));
hx14=-v(i)^2*(0+b(i,j))-v(i)*v(j)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j)));
else end
if i==9 && j==10
hx15=v(i)^2*(0+g(i,j))-v(i)*v(j)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j)));
hx16=-v(i)^2*(0+b(i,j))-v(i)*v(j)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j)));
else end
if i==13 && j==14
hx17=v(i)^2*(0+g(i,j))-v(i)*v(j)*(g(i,j)*cos(d(i)-d(j))+b(i,j)*sin(d(i)-d(j)));
hx18=-v(i)^2*(0+b(i,j))-v(i)*v(j)*(g(i,j)*sin(d(i)-d(j))-b(i,j)*cos(d(i)-d(j)));
else end
if i==1
hx19=hx19+v(i)*sum(v(j)*(Gbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))+Bbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))));
hx20=hx20+v(i)*sum(v(j)*(Gbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))-Bbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))));
else end
if i==3
hx21=hx21+v(i)*sum(v(j)*(Gbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))+Bbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))));
hx22=hx22+v(i)*sum(v(j)*(Gbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))-Bbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))));
else end
if i==6
hx23=hx23+v(i)*sum(v(j)*(Gbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))+Bbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))));
hx24=hx24+v(i)*sum(v(j)*(Gbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))-Bbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))));
else end
if i==10
hx25=hx25+v(i)*sum(v(j)*(Gbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))+Bbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))));
hx26=hx26+v(i)*sum(v(j)*(Gbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))-Bbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))));
else end
if i==12
hx27=hx27+v(i)*sum(v(j)*(Gbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))+Bbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))));
hx28=hx28+v(i)*sum(v(j)*(Gbus(i,j)*sin(d(i)-d(j))-Bbus(i,j)*cos(d(i)-d(j))));
else end
hx29=v(1); hx30=v(3); hx31=v(8); hx32=v(11); hx33=v(12); hx34=v(14);
end
end
hx=[hx1; hx3; hx5; hx7; hx9; hx11; hx13; hx15; hx17; hx19; hx21; hx23; hx25; hx27; hx2;
hx4; hx6; hx8;
hx10; hx12; hx14; hx16; hx18; hx20; hx22; hx24; hx26; hx28; hx29; hx30; hx31; hx32;
hx33; hx34];
G=H'/R1*H;
t=H'/R1*(Zm-hx);
dx=G\t;
A=abs(dx);
Max=max(A);
if Max <=0.000001
break
end
X=X+dx;
v=[X(14) X(15) X(16) X(17) X(18) X(19) X(20) X(21) X(22) X(23) X(24) X(25) X(26) X(27)];
d=[0 X(1) X(2) X(3) X(4) X(5) X(6) X(7) X(8) X(9) X(10) X(11) X(12) X(13)];
%disp(' Zm hx: r')
%J1=(Zm-hx)'/R*(Zm-hx); % Objective Function ,J(x)
r=Zm-hx;
disp([v', d',d'*180/pi])

```

```
K=H/G*H'/R1;  
Si=(1-K);  
I=Si*R1;  
ri=sqrt(I)\abs(r);  
  
disp([ Zm, hx, r, ri])  
  
end
```