




เอกสารอ้างอิง

1. PESCHON, J.PIERCY, D.S., TINNEY, W.F. and TVEIT, O.J.:  
"Sensitivity in power system", IEEE Trans, 1968,  
PAS - 87, pp.1687-1696.
2. J.F.Dopazo ,O.A. Klitin, G.W Stagg, and M.Watson,"An Optimization  
Technique for Real and Reaction Power Allocation",  
Proceeding of the IEEE, 1967, pp. 1877-1885.
3. I.Hano, Y.Tamura, S.Narita and K.Matocemoto, "Real Time Control  
of System Voltage and Reactive Power." IEEE Transaction  
on Power Apparatus and System , 1969, pp.1544-1558.
4. J.Peschon, D.S. Piercy, W.F. Tinney, O.J. Tveit, and M. cuenod,  
"Optimum Control of Reactive Power Flow." IEEE Transaction  
on power Apparatus and System , Vol. 87, 1968 ,pp. 40-48.
5. DOMMEL, H.W., and Tinney, W.F.: "Optimal power flow solutions."  
IEEE Trans, 1968, PAS-87, pp. 1866-1874.
6. S.Narita and M.S.A.A.Hamman,"A Computational Algorithm for  
Real-Time Control of System Voltage and Reactive Power,  
Part I and II." IEEE Transaction on Power Apparatus and  
Systems, vol. 90, 1971 , pp. 2495-2508.
7. R.R.Shoults and M.S.Chen,"Reactive power Control by Least Squares  
Minimization." IEEE Transaction an Power Apparatus and  
Systems, vol. 95, 1976 , pp.325-334.
8. Eric Hobson, "Network Constrained Reactive Power Control Using  
Linear programming", IEEE. Trans. on PAS, Vol. PAS-99,  
No. 3, May/June 1980, pp. 868-877.

9. K.R.C. Mamandur and R.D. Chenoweth, "Optimal Control of Reactive Power Flow for Improvements in Voltage Profile and Real Power Losses Minimization", IEEE Trans, P.A.S., Vol. 100, NO. 7, July 1981, pp. 3165-3193.
10. S.Ramalyer, R.Ramachandran, and S.Hariharan, "New Technique for Optimum Reactive Power Allocation for loss Minimization in Power System", IEE Proceedings, Vol 130, Pt. c, No. 4, July 1983, pp. 178-182.
12. J.Qiu, S.M.Shahidehpour, : "A new approach for minimizing power losses and improving voltage profile", IEEE Transactions on Power System, Vol. PWRs - 2, No. 2, May 1987, pp. 287-295.
13. A.Venkataramana, J. carr, R.S. Ramshaw.; "Optimal Reactive Power Allocation", IEEE Transactions on Power System, Vol. PWRs - 2, No. 1, February 1987, pp. 138-144.
14. Stevenson, D. William JR., "Element of Power Analysis", 4<sup>th</sup> ed, Mc Graw - Hill, 1982.
15. Stagg, G.W and El-abaid, "Computer Methods in Power System Analysis", New York, Mc Graw - Hill, 1968.
16. M.A.PAI, "Computer Techniques in Power System Analysis", 1 st , Mc Graw - Hill, 1980.
17. Kenji Iba, Hiroshi Suzuki, Kenichi Suzuki, Katsuhiko Suzuki;  
"Practical Reactive Power Allocation/Operation Planning Using Successive Linear Programming", IEEE Transactions on Power System , Vol. PWRs - 3, No. 2, May 1988, pp. 558-566.
18. วิจิตร ตันทสภณี, วันชัย วิจิรวณิช, ศรีจันทร์ ทองประเสริฐ; "การวิจัยดำเนินงาน",  
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

19. S.C.Savulescu, "Qualitative Indices for the system Voltage and Reactive Power Control", IEEE Tran. on PAS, Vol.PAS - 95, July/August 1976 , pp.1413 - 1421.
20. V.A. Venikov, V.A. Stroe, V.I. Idelchick, and V.I. Tarasov, "Estimation of Electrical Power System Steady - State Stability in Load Flow Calculations", IEEE Tran. on PAS, Vol. PAS - 94; May/June 1975, pp.1034 - 1041.



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

การแปลงเมทริกซ์ที่แสดงค่าความไว

(Sensitivity Matrix Transformation)

จากเมทริกซ์ที่แสดงค่าความไวที่ได้กล่าวมาแล้วในสมการที่ 5.29 ซึ่งอยู่ในรูปของ

$$\begin{bmatrix} \Delta P_1 \\ \Delta P \\ \Delta Q_{L1} \\ \Delta Q_{G1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ J & D \\ E & F \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta V_{L1} \\ \Delta V_{G1} \\ \Delta T \end{bmatrix} \quad (5.29)$$

จากรูปเมทริกซ์ใน สมการ(5.29) เราสามารถเขียนในรูปความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$[\Delta P_1] = [A] \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta V_{L1} \end{bmatrix} + [B] \begin{bmatrix} \Delta V_{G1} \\ \Delta T \end{bmatrix} \quad (ก.1)$$

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q_{L1} \end{bmatrix} = [J] \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta V_{L1} \end{bmatrix} + [D] \begin{bmatrix} \Delta V_{G1} \\ \Delta T \end{bmatrix} \quad (ก.2)$$

$$[\Delta Q_{G1}] = [E] \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta V_{L1} \end{bmatrix} + [F] \begin{bmatrix} \Delta V_{G1} \\ \Delta T \end{bmatrix} \quad (ก.3)$$

เมื่อนำค่าของ  $[J^{-1}]$  คูณเข้าไปในสมการ (ก.2) สมการจะกลายเป็น

$$[J^{-1}] \begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q_{L1} \end{bmatrix} = [J^{-1}] [J] \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta V_{L1} \end{bmatrix} + [J^{-1}] [D] \begin{bmatrix} \Delta V_{G1} \\ \Delta T \end{bmatrix} \quad (\text{ก.4})$$

เมื่อย้ายข้างสมการ (ก.4) จะได้ค่า

$$\begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta V_{L1} \end{bmatrix} = [J^{-1}] \begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q_{L1} \end{bmatrix} - [J^{-1}] [D] \begin{bmatrix} \Delta V_{G1} \\ \Delta T \end{bmatrix} \quad (\text{ก.5})$$

เมื่อแทนค่า  $\begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta V_{L1} \end{bmatrix}$  ด้วยค่าจากสมการ (ก.5) จะได้ค่าของสมการตัวแปรต่าง ๆ

ดังนี้

$$[\Delta P_1] = [A] [J^{-1}] \begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q_{L1} \end{bmatrix} - [A] [J^{-1}] [D] \begin{bmatrix} \Delta V_{G1} \\ \Delta T \end{bmatrix} + [B] \begin{bmatrix} \Delta V_{G1} \\ \Delta T \end{bmatrix} \quad (\text{ก.6})$$

และ

$$[\Delta Q_{G1}] = [E] [J^{-1}] \begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q_{L1} \end{bmatrix} - [E] [J^{-1}] [D] \begin{bmatrix} \Delta V_{G1} \\ \Delta T \end{bmatrix} + [F] \begin{bmatrix} \Delta V_{G1} \\ \Delta T \end{bmatrix} \quad (\text{ก.7})$$

เมื่อจัดรูปสมการ (ก.5), (ก.6) และ (ก.7) เข้าไปเป็นรูปเมทริกซ์ จะได้รูปเมทริกซ์

ดังสมการ (5.35) นั้นเอง

$$\begin{bmatrix} \Delta P_1 \\ \Delta \delta \\ \Delta V_{L1} \\ \Delta Q_{G1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} AJ^{-1} & B-AJ^{-1}D \\ J^{-1} & -J^{-1}D \\ EJ^{-1} & F-EJ^{-1}D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q_{L1} \\ \Delta V_{G1} \\ \Delta T \end{bmatrix} \quad (5.35)$$

ซึ่งเมทริกซ์นี้เป็นเมทริกซ์ที่นำไปใช้ใน สมการเป้าหมาย และ เงื่อนไขบังคับของระบบ ที่จะลดกำลังสูญเสียนั่นเอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ข.

### การหาค่าอนุพันธ์ของกำลังจริงและกำลังรีแอกทีฟ เมื่อเทียบกับแทปของหม้อแปลง

เมื่อพิจารณาวงจรสมมูลแบบพายน์ ( $\pi$ ) จากรูปที่ 2.4 ในหัวข้อที่ 2.3 ที่ได้กล่าวมาแล้ว เราสามารถหาค่า บัสแอดมิตแตนซ์ของหม้อแปลง ระหว่างบัส  $i$  และ บัส  $j$  เมื่อเทียบกับแทป (Tap) ของหม้อแปลง ได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$y_{ij} = g_{ij} - j b_{ij} = 1 / (r_{ij} + j x_{ij}) \quad (\text{ข.1})$$

$$Y_{ij} = G_{ij} - j B_{ij} = Y_{ij} \exp(-j \theta_{ij}) = -t_{ij} y_{ij} \quad (\text{ข.2})$$

$$Y_{ii} = G_{ii} - j B_{ii} = Y_{ii} \exp(-j \theta_{ii}) = \sum_j t_{ij} y_{ij} \quad (\text{ข.3})$$

โดย ค่าของ  $G_{ij}$  และ  $B_{ij}$  สามารถเขียนในรูปของ (Tap) ของหม้อแปลง ได้ดังนี้

$$G_{ii}(t_{ij}) = t_{ij}^2 g_{ij} ; \quad G_{jj}(t_{ij}) = 0$$

$$G_{ij}(t_{ij}) = -t_{ij} g_{ij} ; \quad B_{ij}(t_{ij}) = 0$$

$$B_{ii}(t_{ij}) = t_{ij}^2 b_{ij} ; \quad B_{jj}(t_{ij}) = -t_{ij} b_{ij}$$

(ข.4)

เราสามารถเขียนความสัมพันธ์ของกำลังจริงและกำลังรีแอกทีฟของบัส  $i$  และ  $j$  เมื่อเทียบกับแทปของหม้อแปลงที่ต่ออยู่ระหว่างทั้งสองบัส ได้จากสมการ



โดยกำหนดให้  $\delta_i$  ,  $\delta_j$  เป็นมุมของแรงดันที่ บัส i และ j

$$\delta_{ij} = \delta_i - \delta_j \quad (2.5)$$

$$P_i(t_{ij}) = P_{ii} + P_{ij} \quad (2.6)$$

$$= V_i^2 Y_{ii} \cos \theta_{ij} + V_i V_j Y_{ij} \cos (\theta_{ij} + \delta_{ij})$$

$$= V_i^2 G_{ii} + V_i V_j (G_{ij} \cos \delta_{ij} - B_{ij} \sin \delta_{ij})$$

$$P_j(t_{ij}) = P_{jj} + P_{ji} \quad (2.7)$$

$$= V_j^2 G_{jj} + V_i V_j (G_{ij} \cos \delta_{ij} - B_{ij} \sin \delta_{ij})$$

$$Q_i(t_{ij}) = Q_{ii} + Q_{ij} \quad (2.8)$$

$$= V_i^2 B_{ii} + V_i V_j (B_{ij} \cos \delta_{ij} + G_{ij} \sin \delta_{ij})$$

$$Q_j(t_{ij}) = Q_{jj} + Q_{ji} \quad (2.9)$$

$$= V_j^2 B_{jj} + V_i V_j (B_{ij} \cos \delta_{ij} + G_{ij} \sin \delta_{ij}) \quad (2.10)$$

จากสมการ(2.2) ค่าอนุพันธ์ของกำลังจริงและกำลังรีแอกทีฟที่บัส i และ j เมื่อเทียบกับแอมพลิจูดของหม้อแปลงจะมีค่าเท่ากับ

$$\frac{\partial P_i}{\partial t_{ij}} = 2 V_i^2 g_{ij} t_{ij} + V_i V_j (-g_{ij} \cos \delta_{ij} + b_{ij} \sin \delta_{ij}) \quad (2.11)$$

$$\frac{\partial P_j}{\partial t_{1j}} = V_1 V_j (-g_{j1} \cos \delta_{j1} + b_{j1} \sin \delta_{j1}) \quad (\text{ท.12})$$

$$\frac{\partial Q_1}{\partial t_{1j}} = 2 V_1^2 b_{1j} t_{1j} + V_1 V_j (-b_{1j} \cos \delta_{1j} - g_{1j} \sin \delta_{1j}) \quad (\text{ท.13})$$

$$\frac{\partial Q_j}{\partial t_{1j}} = V_1 V_j (-b_{j1} \cos \delta_{j1} - g_{j1} \sin \delta_{j1}) \quad (\text{ท.14})$$

ค่าของอนุพันธ์ของกำลังจริงและกำลังรีแอกทีฟที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น คือค่าความไวของกำลังจริงและกำลังรีแอกทีฟ เมื่อเทียบกับแทปของหม้อแปลงนั่นเอง (The sensitivities of active and reactive power with respect to transformer tap)

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.

การจัดรูปปัญหาให้เป็นแบบ all positive value

จากสมการเป้าหมายในการลดกำลังสูญเสียของระบบให้น้อยที่สุด สมการที่(5.39) นั้น  
สมการเป้าหมาย

$$\text{Minimize } \Delta P_L = \begin{bmatrix} \text{[OBJ]} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta Q_{x1} \\ \Delta V_{G1} \\ \Delta T_{ij} \end{bmatrix} \quad (5.39)$$

อสมการบังคับ

Subject to:

$$\begin{bmatrix} \Delta V_{L1min} \\ \Delta Q_{G1min} \\ \Delta Q_{x1min} \\ \Delta V_{G1min} \\ \Delta Q_{Tijmin} \end{bmatrix} \leq \begin{bmatrix} \text{[CONST]} \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta Q_{x1} \\ \Delta V_{G1} \\ \Delta T_{ij} \end{bmatrix} \leq \begin{bmatrix} \Delta V_{L1max} \\ \Delta Q_{G1max} \\ \Delta Q_{x1max} \\ \Delta V_{G1max} \\ \Delta T_{ijmax} \end{bmatrix}$$

จะเห็นได้ว่าค่าของ  $\Delta Q_{x1}$ ,  $\Delta V_{G1}$  และ  $\Delta T_{ij}$  มีโอกาสเป็นลบได้เนื่องจาก  
ค่าของเมทริกซ์ด้านซ้ายมือมีโอกาสเป็นได้ทุกค่า ( $>, 0, <$ ) เมื่อพิจารณาจากสมการ(5.41),  
(5.42)และ(5.43)

$$\text{Max}(\Delta T_{ijmin}, -T_{step}) \leq \Delta T_{ij} \leq \text{Min}(\Delta T_{ijmax}, T_{step}) \quad (5.41)$$

$$\text{Max}(\Delta V_{G_{\text{imin}}} , - T_{\text{step}} ) \leq \Delta V_{G_1} \leq \text{Min}(\Delta V_{G_{\text{imax}}} , T_{\text{step}} ) \quad (5.42)$$

$$\text{Max}(\Delta Q_{x_{\text{imin}}} , - T_{\text{step}} ) \leq \Delta Q_{x_1} \leq \text{Min}(\Delta Q_{x_{\text{imax}}} , T_{\text{step}} ) \quad (5.43)$$

เมื่อลบค่าของเมทริกซ์ด้านซ้ายมือตลอดทั้งสมการ จะได้ตามสมการ(5.44), (5.45)

และ(5.46)

$$\begin{aligned} 0 &\leq [ \Delta T_{ij} - (\text{Max}(\Delta T_{ij_{\text{min}}} , - T_{\text{step}} )) ] \\ &\leq [ \text{Min}(\Delta T_{ij_{\text{max}}} , T_{\text{step}} ) - \text{Max}(\Delta T_{ij_{\text{min}}} , - T_{\text{step}} ) ] \quad (5.44) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0 &\leq [ \Delta V_{G_1} - (\text{Max}(\Delta V_{G_{\text{imin}}} , - V_{\text{step}} )) ] \\ &\leq [ \text{Min}(\Delta V_{G_{\text{imax}}} , V_{\text{step}} ) - \text{Max}(\Delta V_{G_{\text{imin}}} , - V_{\text{step}} ) ] \quad (5.45) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0 &\leq [ \Delta Q_{x_1} - (\text{Max}(\Delta Q_{x_{\text{imin}}} , - Q_{\text{step}} )) ] \\ &\leq [ \text{Min}(\Delta Q_{x_{\text{imax}}} , Q_{\text{step}} ) - \text{Max}(\Delta Q_{x_{\text{imin}}} , - Q_{\text{step}} ) ] \quad (5.46) \end{aligned}$$

เมื่อแทนค่าผลต่างของสมการ(5.44), (5.45) และ(5.46) ด้วยตัวแปร

$\Delta TT_{ij}$  ,  $\Delta VV_{G_1}$  ,  $\Delta QQ_{x_1}$  สมการจึงเขียนใหม่ได้เป็น

$$0 \leq \Delta TT_{ij} \leq \Delta TT_{ij_{\text{max}}} \quad (5.47)$$

$$0 \leq \Delta VV_{G_1} \leq \Delta VV_{G_{\text{imax}}} \quad (5.48)$$

$$0 \leq \Delta QQ_{x_1} \leq \Delta QQ_{x_{\text{imax}}} \quad (5.49)$$

จะเห็นได้ว่าค่าของ  $\Delta TT_{ij}$  ,  $\Delta VV_{G_1}$  ,  $\Delta QQ_{x_1}$  มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์เสมอ เราจึงนำเอาค่าของตัวแปรเหล่านี้ไปคำนวณในสมการออบติไมซ์

จากสมการเป้าหมาย(5.39)จะต้องเปลี่ยนตัวแปรต่าง ๆ ให้อยู่ในรูปของ  $\Delta TT_{ij}$  ,

$\Delta VV_{G_1}$  ,  $\Delta QQ_{x_1}$  สมการเป้าหมาย(5.39)จะกลายเป็น

สมการเป้าหมาย

Minimize

$$\Delta P_1 = \begin{bmatrix} \text{[OBJ]} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta Q_{x1} \\ \Delta V_{G1} \\ \Delta T_{ij} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{[OBJ]} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta A1 \\ \Delta A2 \\ \Delta A3 \end{bmatrix}$$

(ค.1)

เมื่อ  $\Delta A1 = (\text{Max}(\Delta Q_{x1\text{min}}, -Q_{\text{step}}))$

$\Delta A2 = (\text{Max}(\Delta V_{G1\text{min}}, -V_{\text{step}}))$

$\Delta A3 = (\text{Max}(\Delta T_{ij\text{min}}, -T_{\text{step}}))$

จะเห็นได้ว่าค่าของเทอมขวามือเป็นเทอมค่าคงที่ ซึ่งไม่มีผลในการคำนวณสมการการอบติไชน์

เพราะฉะนั้นค่าของสมการเป้าหมาย ที่ใช้ในการคำนวณจริงๆ คือ

สมการเป้าหมาย

Minimize

$$\Delta P_1 = \begin{bmatrix} \text{[OBJ]} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta Q_{x1} \\ \Delta V_{G1} \\ \Delta T_{ij} \end{bmatrix} \quad (\text{ค.2})$$

ในทำนองเดียวกันนี้สำหรับสมการบังคับ ค่าของ  $\Delta V_{L\text{max}}$  จะมีค่าเท่ากับ

$$\begin{bmatrix} \Delta V_{L\text{max}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta V_{L\text{max}} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \text{[CONST]} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{[Max}(\Delta Q_{x1\text{min}}, -Q_{\text{step}}) \\ \text{[Max}(\Delta V_{G1\text{min}}, -V_{\text{step}}) \\ \text{[Max}(\Delta T_{ij\text{min}}, -T_{\text{step}}) \end{bmatrix}$$

(ค.3)

ในทำนองเดียวกันนี้สำหรับสมการบังคับ ค่าของ  $\Delta V_{L\text{min}}$  จะมีค่าเท่ากับ

$$\begin{bmatrix} \Delta VV_{L\min} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta V_{L\min} \end{bmatrix} - [\text{CONST}] \begin{bmatrix} [\text{Max}(\Delta Q_{x\min}, -Q_{\text{step}}) \\ [\text{Max}(\Delta V_{G\min}, -V_{\text{step}}) \\ [\text{Max}(\Delta T_{ij\min}, -T_{\text{step}}) \end{bmatrix} \quad (\text{ค.4})$$

และในทำนองเดียวกันนี้สำหรับอสมการบังคับค่าของ  $\Delta Q_{G\max}$  และ  $\Delta Q_{G\min}$  จึงขอที่จะไม่กล่าวซ้ำอีก กล่าวโดยสรุปรูปแบบสมการเป้าหมาย ที่ใช้ในการคำนวณจริงๆ โดยเขียนรูปสมการให้อยู่ในเทอม ( $\leq$ ) คือ

สมการเป้าหมาย

Minimize

$$\Delta P_1 = [\text{OBJ}] \begin{bmatrix} \Delta Q_{x1} \\ \Delta VV_{G1} \\ \Delta TT_{ij} \end{bmatrix} \quad (5.50)$$

อสมการบังคับ:

$$\begin{bmatrix} [\text{CONST}] \\ \hline [-\text{CONST}] \\ \hline 1 \\ \hline 1 \\ \hline 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta Q_{x1} \\ \Delta VV_{G1} \\ \Delta TT_{ij} \end{bmatrix} \leq \begin{bmatrix} \Delta VV_{L\max} \\ \Delta Q_{G\max} \\ \hline -\Delta VV_{L\min} \\ -\Delta Q_{G\min} \\ \hline \Delta Q_{x\max} \\ \Delta VV_{G\max} \\ \Delta TT_{ij\max} \end{bmatrix}$$

ภาคผนวก ง.

รายละเอียดการคำนวณ ของ ตัวอย่างการศึกษา

ตัวอย่างที่ 1

แสดงการแก้ปัญหาการลดกำลังสูญเสียให้น้อยที่สุดของระบบไฟฟ้ากำลัง 6 บัส โดยติดตั้งอุปกรณ์ผลิตกำลังรีแอกทีฟจำนวน 1 ชุด เข้าที่โหนดบัสหมายเลข 5 โดยใช้ขีดจำกัดการจ่ายกำลังรีแอกทีฟ มีค่าเท่ากับ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 MVARs ตามลำดับ

ขีดจำกัดการจ่ายกำลังรีแอกทีฟ มีค่าเท่ากับ 5 MVARs

The control variables details:

1. Generator voltage variable  
 Generator voltage at bus 2 1.150p.u.  
 Generator voltage at bus 1 1.100p.u.  
 2. Switchable Var Source variable  
 Switchable Var Source at bus 5 .050p.u.  
 3. Transformer Tap variable  
 Transformer no. 1 1.029p.u.  
 Transformer no. 2 1.021p.u.

The Iteration details:

Iter. No.	power loss (MW)
1	10.776
2	10.282
3	9.858
4	9.494
5	9.392
6	9.293
7	9.197
8	9.113
9	9.068
10	9.032
11	9.025

\*\*\* bus voltage and power generation \*\*\*

bus no.	bus type	bus voltage			generation		load	
		pu	kv	deg	MW	MVAR	MW	MVAR
1	3	1.100	253.00	.00	94.02	41.90	.00	.00
2	2	1.150	264.50	-3.35	50.00	19.50	.00	.00
3	1	1.000	230.00	-11.58	.00	.00	55.00	13.00
4	1	.995	228.93	-8.71	.00	.00	.00	.00
5	1	1.000	230.00	-11.21	.00	.00	30.00	13.00
6	1	.983	226.12	-10.98	.00	.00	50.00	5.00

\*\*\* power flow in line \*\*\*

line no.	from bus p	to bus q	flow from bus p		flow to bus q		loss		line charg. MVAR
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR	
1	1	6	44.07	18.17	-41.76	-8.44	2.31	9.73	.00
2	1	4	49.95	23.73	-47.93	-14.37	2.02	9.35	.00
3	4	6	9.71	.86	-9.62	-.47	.09	.39	.00
4	5	2	-28.62	-9.14	31.16	14.91	2.54	5.78	.00
5	2	3	18.84	4.59	-16.78	-1.60	2.05	2.98	.00

\*\*\* power flow in transformer \*\*\*

trans no.	from bus e	to bus f	flow from bus e		flow to bus f		loss	
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR
1	6	5	1.38	3.91	-1.38	-3.86	.00	.05
2	4	3	38.22	13.51	-38.22	-11.40	.00	2.12

\*\*\* system total \*\*\*

	MW	MVAR
generation	144.02	61.40
load	135.00	31.00
line charging	.00	.00
static capacitor	.00	.00
loss	9.0251	30.3969
mismatch	.0003	.0002



ขีดจำกัดการจ่ายกำลังรีแอกทีฟ มีค่าเท่ากับ 10 MVAR

The control variables details:

1. Generator voltage variable  
 Generator voltage at bus 2 1.144p.u.  
 Generator voltage at bus 1 1.100p.u.  
 2. Switchable Var Source variable  
 Switchable Var Source at bus 5 .100p.u.  
 3. Transformer Tap variable  
 Transformer no. 1 1.005p.u.  
 Transformer no. . 2 1.017p.u.

The Iteration details:

Iter. No.	power loss (MW)
1	10.007
2	10.153
3	10.077
4	9.754
5	9.560
6	9.396
7	9.240
8	9.120
9	9.017
10	8.926
11	8.872
12	8.816
13	8.816

\*\*\* bus voltage and power generation \*\*\*

bus no.	bus type	bus voltage			generation		load	
		pu	kv	deg	MW	MVAR	MW	MVAR
1	3	1.100	253.00	.00	93.82	38.05	.00	.00
2	2	1.144	263.01	-3.09	50.00	17.57	.00	.00
3	1	1.000	230.00	-11.57	.00	.00	55.00	13.00
4	1	1.000	230.00	-8.70	.00	.00	.00	.00
5	1	1.000	230.00	-11.21	.00	.00	30.00	8.00
6	1	.995	228.91	-10.99	.00	.00	50.00	5.00

## \*\*\* power flow in line \*\*\*

line no.	from bus p	to bus q	flow from bus p		flow to bus q		loss		line charg.
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR	MVAR
1	1	6	44.01	15.67	-41.79	-6.33	2.22	9.34	.00
2	1	4	49.80	22.38	-47.33	-13.26	1.97	9.12	.00
3	4	6	9.56	-.91	-9.17	1.29	.09	.38	.00
4	5	2	-28.74	-7.97	31.25	13.66	2.51	5.69	.00
5	2	3	18.75	3.91	-16.72	-.96	2.03	2.95	.00

## \*\*\* power flow in transformer \*\*\*

trans no.	from bus e	to bus f	flow from bus e		flow to bus f		loss	
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR
1	6	5	1.26	.04	-1.26	-.03	.00	.00
2	4	3	38.28	14.18	-38.28	-12.04	.00	2.14

## \*\*\* system total \*\*\*

	MW	MVAR
generation	143.82	55.62
load	135.00	26.00
line charging	.00	.00
static capacitor	.00	.00
loss	8.8160	29.6202
mismatch	.0003	.0003

### ขีดจำกัดการจ่ายกำลังรีแอกทีฟ มีค่าเท่ากับ 15 MVARs

The control variables details:

1. Generator voltage variable  
 Generator voltage at bus 2 1.135p.u.  
 Generator voltage at bus 1 1.100p.u.  
 2. Switchable Var Source variable  
 Switchable Var Source at bus 5 .150p.u.  
 3. Transformer Tap variable  
 Transformer no. 1 .997p.u.  
 Transformer no. 2 1.018p.u.

The Iteration details:

Iter. No.	power loss (MW)
1	9.978
2	10.134
3	10.012
4	9.742
5	9.560
6	9.396
7	9.240
8	9.120
9	9.017
10	8.926
11	8.853
12	8.816
13	8.782
14	8.751
15	8.723
16	8.728

\*\*\* bus voltage and power generation \*\*\*

bus no.	bus type	bus voltage			generation		load	
		pu	kv	deg	MW	MVAR	MW	MVAR
1	3	1.100	253.00	.00	93.72	37.31	.00	.00
2	2	1.135	261.07	-2.74	50.00	15.10	.00	.00
3	1	1.000	230.00	-11.56	.00	.00	55.00	13.00
4	1	1.000	230.00	-8.69	.00	.00	.00	.00
5	1	1.000	230.00	-11.18	.00	.00	30.00	3.00
6	1	1.000	229.74	-10.99	.00	.00	50.00	5.00

## \*\*\* power flow in line \*\*\*

line no.	from bus p	to bus q	flow from bus p		flow to bus q		loss		line charg. MVAR
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR	
1	1	6	43.98	14.93	-41.78	-5.69	2.19	9.23	.00
2	1	4	49.75	22.39	-47.78	-13.29	1.97	9.10	.00
3	4	6	9.43	-1.77	-9.34	2.14	.09	.37	.00
4	5	2	-23.38	-6.46	31.34	12.06	2.47	5.60	.00
5	2	3	18.56	3.03	-16.55	-1.12	2.00	2.31	.00

## \*\*\* power flow in transformer \*\*\*

trans no.	from bus e	to bus f	flow from bus e		flow to bus f		loss	
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR
1	6	5	1.12	-1.45	-1.12	1.46	.00	.01
2	4	3	38.35	15.05	-38.35	-12.38	.00	2.18

## \*\*\* system total \*\*\*

	MW	MVAR
generation	143.72	52.41
load	135.00	22.00
line charging	.00	.00
static capacitor	.00	.00
loss	8.7227	29.4085
mismatch	.0002	.9999

### ขีดจำกัดการจ่ายกำลังรีแอกทีฟ มีค่าเท่ากับ 20 MVARs

The control variables details:

1. Generator voltage variable  
 Generator voltage at bus 2 1.123p.u.  
 Generator voltage at bus 1 1.100p.u.  
 2. Switchable Var Source variable  
 Switchable Var Source at bus 5 .160p.u.  
 3. Transformer Tap variable  
 Transformer no. 1 .993p.u.  
 Transformer no. 2 1.022p.u.

The Iteration details:

Iter. No.	power loss (MW)
1	9.949
2	10.117
3	9.942
4	9.734
5	9.560
6	9.396
7	9.240
8	9.120
9	9.017
10	8.926
11	8.853
12	8.816
13	8.782
14	8.751
15	8.723
16	8.697
17	8.683
18	8.674

\*\*\* bus voltage and power generation \*\*\*

bus no.	bus type	bus voltage			generation		load	
		pu	kv	deg	MW	MVAR	MW	MVAR
1	3	1.100	253.00	.00	93.67	37.64	.00	.00
2	2	1.123	258.39	-2.27	50.00	11.76	.00	.00
3	1	1.000	230.00	-11.55	.00	.00	55.00	13.00
4	1	.993	229.56	-8.68	.00	.00	.00	.00
5	1	1.000	230.00	-11.15	.00	.00	30.00	2.00
6	1	1.000	230.00	-10.98	.00	.00	50.00	5.00

## \*\*\* power flow in line \*\*\*

line no.	from bus p	to bus q	flow from bus p		flow to bus q		loss		line charg. MVAR
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR	
1	1	6	43.95	14.69	-41.77	-5.50	2.18	9.19	.00
2	1	4	49.72	22.95	-47.74	-13.78	1.98	9.17	.00
3	4	6	9.28	-2.49	-9.19	2.86	.09	.38	.00
4	5	2	-29.04	-4.39	31.47	9.91	2.43	5.52	.00
5	2	3	18.53	1.85	-16.54	1.04	1.99	.81	.00

## \*\*\* power flow in transformer \*\*\*

trans no.	from bus e	to bus f	flow from bus e		flow to bus f		loss	
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR
1	6	5	.96	-2.37	-.96	2.39	.00	.02
2	4	3	38.46	16.27	-38.46	-14.04	.00	2.23

## \*\*\* system total \*\*\*

	MW	MVAR
generation	143.67	49.39
load	135.00	20.00
line charging	.00	.00
static capacitor	.00	.00
loss	8.6744	27.3221
mismatch	.0002	2.0725

ขีดจำกัดการจ่ายกำลังรีแอกทีฟ มีค่าเท่ากับ 25 MVAR

The control variables details:

1. Generator voltage variable  
 Generator voltage at bus 2 1.123p.u.  
 Generator voltage at bus 1 1.100p.u.  
 2. Switchable Var Source variable  
 Switchable Var Source at bus 5 .160p.u.  
 3. Transformer Tap variable  
 Transformer no. 1 .993p.u.  
 Transformer no. 2 1.022p.u.

The Iteration details:

Iter. No.	power loss (MW)
1	9.924
2	10.109
3	9.918
4	9.734
5	9.560
6	9.396
7	9.240
8	9.120
9	9.017
10	8.926
11	8.853
12	8.816
13	8.782
14	8.751
15	8.723
16	8.697
17	8.683
18	8.674

\*\*\* bus voltage and power generation \*\*\*

bus no.	bus type	bus voltage			generation		load	
		pu	kv	deg	MW	MVAR	MW	MVAR
1	3	1.100	253.00	.00	93.67	37.64	.00	.00
2	2	1.123	258.39	-2.27	50.00	11.76	.00	.00
3	1	1.000	230.00	-11.55	.00	.00	55.00	13.00
4	1	.992	229.56	-3.63	.00	.00	.00	.00
5	1	1.000	230.00	-11.15	.00	.00	30.00	2.00
6	1	1.000	230.00	-10.98	.00	.00	50.00	5.00

## \*\*\* power flow in line \*\*\*

line no.	from bus p	to bus q	flow from bus p		flow to bus q		loss		line charg. MVAR
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR	
1	1	6	43.95	14.69	-41.77	-5.50	2.18	9.19	.00
2	1	4	49.72	22.95	-47.74	-13.78	1.98	9.17	.00
3	4	6	9.28	-2.49	-9.19	2.36	.09	.38	.00
4	5	2	-29.04	-4.39	31.47	9.91	2.43	5.52	.00
5	2	3	18.53	1.85	-16.54	1.04	1.99	.81	.00

## \*\*\* power flow in transformer \*\*\*

trans no.	from bus e	to bus f	flow from bus e		flow to bus f		loss	
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR
1	6	5	.96	-2.37	-.96	2.39	.00	.02
2	4	3	38.46	16.27	-38.46	-14.04	.00	2.23

## \*\*\* system total \*\*\*

	MW	MVAR
generation	143.67	49.39
load	135.00	20.00
line charging	.00	.00
static capacitor	.00	.00
loss	8.6745	27.3222
mismatch	.0002	2.0724



ขีดจำกัดการจ่ายกำลังรีแอกทีฟ มีค่าเท่ากับ 30 MVARs

The control variables details:

1. Generator voltage variable  
Generator voltage at bus 2 1.123p.u.  
Generator voltage at bus 1 1.100p.u.
2. Switchable Var Source variable  
Switchable Var Source at bus 5 .160p.u.
3. Transformer Tap variable  
Transformer no. 1 .993p.u.  
Transformer no. 2 1.022p.u.

The Iteration details:

Iter. No.	power loss (MW)
1	9.924
2	10.109
3	9.918
4	9.734
5	9.560
6	9.396
7	9.240
8	9.120
9	9.017
10	8.926
11	8.853
12	8.816
13	8.782
14	8.751
15	8.723
16	8.697
17	8.683
18	8.674

\*\*\* bus voltage and power generation \*\*\*

bus no.	bus type	bus voltage			generation		load	
		pu	kv	deg	MW	MVAR	MW	MVAR
1	3	1.100	253.00	.00	93.67	37.64	.00	.00
2	2	1.123	258.39	-2.27	50.00	11.76	.00	.00
3	1	1.000	230.00	-11.55	.00	.00	55.00	13.00
4	1	.998	229.56	-8.68	.00	.00	.00	.00
5	1	1.000	230.00	-11.15	.00	.00	30.00	2.00
6	1	1.000	230.00	-10.98	.00	.00	50.00	5.00

## \*\*\* power flow in line \*\*\*

line no.	from bus p	to bus q	flow from bus p		flow to bus q		loss		line charg. MVAR
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR	
1	1	6	43.95	14.69	-41.77	-5.50	2.18	9.19	.00
2	1	4	49.72	22.95	-47.74	-13.78	1.98	9.17	.00
3	4	6	9.28	-2.49	-9.19	2.86	.09	.38	.00
4	5	2	-29.04	-4.39	31.47	9.91	2.43	5.52	.00
5	2	3	18.53	1.85	-16.54	1.04	1.99	.81	.00

## \*\*\* power flow in transformer \*\*\*

trans no.	from bus e	to bus f	flow from bus e		flow to bus f		loss	
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR
1	6	5	.96	-2.37	-.96	2.39	.00	.02
2	4	3	38.46	16.27	-38.46	-14.04	.00	2.23

## \*\*\* system total \*\*\*

	MW	MVAR
generation	143.67	49.39
load	135.00	20.00
line charging	.00	.00
static capacitor	.00	.00
loss	8.6745	27.3222
mismatch	.0002	2.0724

## ตัวอย่างที่ 2

แสดงความแตกต่างของกำลังสูญเสียที่น้อยที่สุด ในการติดตั้งอุปกรณ์ผลิตกำลังรีแอกทีฟ จำนวน 1 ชุด ขนาด 5 MVAR เข้าไปในโหนดบัสที่แตกต่างกัน(หมายเลข 3,4,5 และ 6) ของระบบไฟฟ้ากำลัง 6 บัส

ติดตั้งเข้าไปในโหนดบัสหมายเลข 3

The control variables details:

1.Generator voltage variable  
 Generator voltage at bus 2 1.148p.u.  
 Generator voltage at bus 1 1.100p.u.  
 2.Switchable Var Source variable  
 Switchable Var Source at bus 3 .050p.u.  
 3.Transformer Tap variable  
 Transformer no. 1 1.056p.u.  
 Transformer no. 2 1.010p.u.

The Iteration details:

Iter. No.	power loss (MW)
1	10.686
2	10.241
3	9.839
4	9.566
5	9.465
6	9.368
7	9.274
8	9.182
9	9.093
10	9.085
11	9.085

\*\*\* bus voltage and power generation \*\*\*

bus no.	bus type	bus voltage			generation		load	
		pu	kv	deg	MW	MVAR	MW	MVAR
1	3	1.100	253.00	.00	94.09	42.71	.00	.00
2	2	1.148	264.14	-3.27	50.00	19.01	.00	.00
3	1	1.000	230.00	-11.65	.00	.00	55.00	8.00
4	1	1.000	230.00	-8.77	.00	.00	.00	.00
5	1	1.000	230.00	-11.16	.00	.00	30.00	18.00
6	1	.973	223.70	-10.91	.00	.00	50.00	5.00

## \*\*\* power flow in line \*\*\*

line no.	from bus p	to bus q	flow from bus p		flow to bus q		loss		line charg. MVAR
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR	
1	1	6	43.93	20.35	-41.55	-10.32	2.38	10.04	.00
2	1	4	50.15	22.36	-48.16	-13.14	1.99	9.22	.00
3	4	6	10.02	4.51	-9.90	-4.02	.12	.49	.00
4	5	2	-28.54	-8.92	31.07	14.64	2.52	5.72	.00
5	2	3	18.93	4.37	-16.86	-1.36	2.07	3.01	.00

## \*\*\* power flow in transformer \*\*\*

trans no.	from bus e	to bus f	flow from bus e		flow to bus f		loss	
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR
1	6	5	1.46	9.33	-1.46	-9.08	.00	.25
2	4	3	38.14	8.63	-38.14	-6.64	.00	1.99

## \*\*\* system total \*\*\*

	MW	MVAR
generation	144.09	61.72
load	135.00	31.00
line charging	.00	.00
static capacitor	.00	.00
loss	9.0854	30.7239
mismatch	.0003	.0002

### ติดตั้งเข้าไปในโหลดมีหมายเลข 4

The control variables details:

1. Generator voltage variable  
 Generator voltage at bus 2 1.149p.u.  
 Generator voltage at bus 1 1.100p.u.  
 2. Switchable Var Source variable  
 Switchable Var Source at bus 4 .050p.u.  
 3. Transformer Tap variable  
 Transformer no. 1 1.056p.u.  
 Transformer no. 2 1.017p.u.

The Iteration details:

Iter. No.	power loss (MW)
1	10.804
2	10.332
3	9.928
4	9.681
5	9.566
6	9.465
7	9.368
8	9.273
9	9.181
10	9.103
11	9.087
12	9.087

\*\*\* bus voltage and power generation \*\*\*

bus no.	bus type	bus voltage			generation		load	
		pu	kV	deg	MW	MVAR	MW	MVAR
1	3	1.100	253.00	.00	94.09	42.67	.00	.00
2	2	1.149	264.27	-3.29	50.00	19.17	.00	.00
3	1	1.000	230.00	-11.63	.00	.00	55.00	13.00
4	1	1.000	230.00	-8.77	.00	.00	.00	-5.00
5	1	1.000	230.00	-11.16	.00	.00	30.00	18.00
6	1	.973	223.76	-10.91	.00	.00	50.00	5.00

## \*\*\* power flow in line \*\*\*

line no.	from bus p	to bus q	flow from bus p		flow to bus q		loss		line charg. MVAR
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR	
1	1	6	43.94	20.31	-41.55	-10.28	2.38	10.03	.00
2	1	4	50.15	22.36	-48.16	-13.14	1.99	9.22	.00
3	4	6	10.01	4.45	-9.90	-3.96	.12	4.9	.00
4	5	2	-28.55	-9.01	31.08	14.74	2.53	5.74	.00
5	2	3	18.92	4.43	-16.85	-1.43	2.07	3.00	.00

## \*\*\* power flow in transformer \*\*\*

trans no.	from bus e	to bus f	flow from bus e		flow to bus f		loss	
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR
1	6	5	1.45	9.24	-1.45	-8.99	.00	.25
2	4	3	38.15	13.69	-38.15	-11.57	.00	2.11

## \*\*\* system total \*\*\*

	MW	MVAR
generation	144.09	61.84
load	135.00	31.00
line charging	.00	.00
static capacitor	.00	.00
loss	9.0873	30.8397
mismatch	.0001	.0002

ติดตั้งเข้าไปในโหนดที่หมายเลข 5

The control variables details:

1. Generator voltage variable  
 Generator voltage at bus 2 1.150p.u.  
 Generator voltage at bus 1 1.100p.u.  
 2. Switchable Var Source variable  
 Switchable Var Source at bus 5 .050p.u.  
 3. Transformer Tap variable  
 Transformer no. 1 1.029p.u.  
 Transformer no. 2 1.021p.u.

The Iteration details:

Iter. No.	power loss (MW)
1	10.776
2	10.282
3	9.858
4	9.494
5	9.392
6	9.293
7	9.197
8	9.113
9	9.068
10	9.032
11	9.025

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## \*\*\* bus voltage and power generation \*\*\*

bus no.	bus type	bus voltage			generation		load	
		pu	kv	deg	MW	MVAR	MW	MVAR
1	3	1.100	253.00	.00	94.02	41.90	.00	.00
2	2	1.150	264.50	-3.35	50.00	19.50	.00	.00
3	1	1.000	230.00	-11.58	.00	.00	55.00	13.00
4	1	.995	228.93	-8.71	.00	.00	.00	.00
5	1	1.000	230.00	-11.21	.00	.00	30.00	13.00
6	1	.983	226.12	-10.98	.00	.00	50.00	5.00

## \*\*\* power flow in line \*\*\*

line no.	from bus p	to bus q	flow from bus p		flow to bus q		loss		line charg. MVAR
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR	
1	1	6	44.07	18.17	-41.76	-8.44	2.31	9.73	.00
2	1	4	49.95	23.73	-47.93	-14.37	2.02	9.35	.00
3	4	6	9.71	.86	-9.62	-.47	.09	.39	.00
4	5	2	-28.62	-9.14	31.16	14.91	2.54	5.78	.00
5	2	3	18.84	4.59	-16.78	-1.60	2.05	2.98	.00

## \*\*\* power flow in transformer \*\*\*

trans no.	from bus e	to bus f	flow from bus e		flow to bus f		loss	
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR
1	6	5	1.38	3.91	-1.38	-3.86	.00	.05
2	4	3	38.22	13.51	-38.22	-11.40	.00	2.12

## \*\*\* system total \*\*\*

	MW	MVAR
generation	144.02	61.40
load	135.00	31.00
line charging	.00	.00
static capacitor	.00	.00
loss	9.0251	30.3969
mismatch	.0003	.0002



## ติดตั้งเข้าไปในโหลดมีหมายเลข 6

The control variables details:

1. Generator voltage variable  
 Generator voltage at bus 2 1.150p.u.  
 Generator voltage at bus 1 1.100p.u.  
 2. Switchable Var Source variable  
 Switchable Var Source at bus 6 .050p.u.  
 3. Transformer Tap variable  
 Transformer no. 1 1.045p.u.  
 Transformer no. 2 1.022p.u.

The Iteration details:

Iter. No.	power loss (MW)
1	10.817
2	10.330
3	9.912
4	9.561
5	9.455
6	9.354
7	9.255
8	9.159
9	9.090
10	9.042
11	9.034
12	9.034

\*\*\* bus voltage and power generation \*\*\*

bus no.	bus type	bus voltage			generation		load	
		pu	kv	deg	MW	MVAR	MW	MVAR
1	3	1.100	253.00	.00	94.03	42.13	.00	.00
2	2	1.150	264.50	-3.34	50.00	19.50	.00	.00
3	1	1.000	230.00	-11.58	.00	.00	55.00	13.00
4	1	.995	228.86	-8.71	.00	.00	.00	.00
5	1	1.000	230.00	-11.21	.00	.00	30.00	18.00
6	1	.982	225.97	-10.98	.00	.00	50.00	.00

## \*\*\* power flow in line \*\*\*

line no.	from bus p	to bus q	flow from bus p		flow to bus q		loss		line charg. MVAR
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR	
1	1	6	44.08	18.31	-41.76	-8.56	2.32	9.75	.00
2	1	4	49.96	23.82	-47.93	-14.45	2.03	9.37	.00
3	4	6	9.72	.94	-9.62	-.55	.09	.39	.00
4	5	2	-28.61	-9.14	31.16	14.91	2.54	5.77	.00
5	2	3	18.84	4.58	-16.79	-1.60	2.06	2.99	.00

## \*\*\* power flow in transformer \*\*\*

trans no.	from bus e	to bus f	flow from bus e		flow to bus f		loss	
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR
1	6	5	1.39	9.10	-1.39	-8.86	.00	.24
2	4	3	38.21	13.52	-38.21	-11.40	.00	2.12

## \*\*\* system total \*\*\*

	MW	MVAR
generation	144.03	61.63
load	135.00	31.00
line charging	.00	.00
static capacitor	.00	.00
loss	9.0343	30.6262
mismatch	.0003	.0001

## ตัวอย่างที่ 3

แสดงความแตกต่างของกำลังสูญเสียที่น้อยที่สุด ในการติดตั้งอุปกรณ์ผลิตกำลังรีแอกทีฟจำนวน 2 ชุด ขนาด 5 MVARs เข้าไปในโหนดบัสที่แตกต่างกัน ของระบบไฟฟ้ากำลัง 6 บัส การศึกษาในตัวอย่างนี้จะติดตั้งอุปกรณ์ผลิตกำลังรีแอกทีฟ เข้าไปในโหนดบัส 6 แบบคือ

แบบที่ 1 ติดตั้งเข้าไปในโหนดบัสหมายเลข 3 และ 4

แบบที่ 2 ติดตั้งเข้าไปในโหนดบัสหมายเลข 3 และ 5

แบบที่ 3 ติดตั้งเข้าไปในโหนดบัสหมายเลข 3 และ 6

แบบที่ 4 ติดตั้งเข้าไปในโหนดบัสหมายเลข 4 และ 5

แบบที่ 5 ติดตั้งเข้าไปในโหนดบัสหมายเลข 4 และ 6

แบบที่ 6 ติดตั้งเข้าไปในโหนดบัสหมายเลข 5 และ 6

## แบบที่ 1

The control variables details:

1. Generator voltage variable  
 Generator voltage at bus 2 1.140p.u.  
 Generator voltage at bus 1 1.092p.u.

2. Switchable Var Source variable  
 Switchable Var Source at bus 3 .050p.u.  
 Switchable Var Source at bus 4 .050p.u.

3. Transformer Tap variable  
 Transformer no. 1 1.069p.u.  
 Transformer no. 2 1.011p.u.

The Iteration details:

Iter. No.	power loss (MW)
1	10.542
2	10.048
3	9.726
4	9.597
5	9.458
6	9.341
7	9.245
8	9.151
9	9.060
10	9.047
11	9.017
12	9.035
13	9.017

## \*\*\* bus voltage and power generation \*\*\*

bus no.	bus type	bus voltage			generation		load	
		pu	kv	deg	MW	MVAR	MW	MVAR
1	3	1.092	251.21	.00	94.02	40.17	.00	.00
2	2	1.140	262.20	-3.08	50.00	16.50	.00	.00
3	1	1.000	230.00	-11.83	.00	.00	55.00	8.00
4	1	1.000	230.00	-8.95	.00	.00	.00	-5.00
5	1	1.000	230.00	-11.27	.00	.00	30.00	18.00
6	1	.965	221.94	-11.04	.00	.00	50.00	5.00

## \*\*\* power flow in line \*\*\*

line no.	from bus p	to bus q	flow from bus p		flow to bus q		loss		line charg. MVAR
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR	
1	1	6	43.76	20.21	-41.36	-10.13	2.40	10.09	.00
2	1	4	50.26	19.96	-43.30	-10.89	1.96	9.07	.00
3	4	6	10.14	6.35	-10.00	-5.77	.14	.58	.00
4	5	2	-28.64	-7.44	31.11	13.05	2.47	5.60	.00
5	2	3	18.89	3.45	-16.84	-.47	2.05	2.98	.00

## \*\*\* power flow in transformer \*\*\*

trans no.	from bus e	to bus f	flow from bus e		flow to bus f		loss	
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR
1	6	5	1.36	10.90	-1.36	-10.56	.00	.34
2	4	3	38.16	9.54	-38.16	-7.53	.00	2.01

## \*\*\* system total \*\*\*

	MW	MVAR
generation	144.02	56.68
load	135.00	26.00
line charging	.00	.00
static capacitor	.00	.00
loss	9.0166	30.5763
mismatch	.0003	.0005

## แบบที่ 2

The control variables details:

1. Generator voltage variable  
 Generator voltage at bus 2 1.134p.u.  
 Generator voltage at bus 1 1.100p.u.  
 2. Switchable Var Source variable  
 Switchable Var Source at bus 5 .050p.u.  
 Switchable Var Source at bus 3 .050p.u.  
 3. Transformer Tap variable  
 Transformer no. 1 1.042p.u.  
 Transformer no. 2 1.012p.u.

The Iteration details:

Iter. No.	power loss (MW)
1	10.498
2	10.001
3	9.551
4	9.302
5	9.204
6	9.111
7	9.021
8	8.950
9	8.896
10	8.886
11	8.893
12	8.886

\*\*\* bus voltage and power generation \*\*\*

bus no.	bus type	bus voltage			generation		load	
		pu	kv	deg	MW	MVAR	MW	MVAR
1	3	1.100	253.00	.00	93.89	41.43	.00	.00
2	2	1.134	260.72	-2.66	50.00	14.64	.00	.00
3	1	1.000	230.00	-11.63	.00	.00	55.00	8.00
4	1	1.000	230.00	-8.74	.00	.00	.00	.00
5	1	1.000	230.00	-11.11	.00	.00	30.00	13.00
6	1	.979	225.14	-10.91	.00	.00	50.00	5.00

## \*\*\* power flow in line \*\*\*

line no.	from bus p	to bus q	flow from bus p		flow to bus q		loss		line charg. MVAR
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR	
1	1	6	43.85	19.06	-41.53	-9.28	2.32	9.79	.00
2	1	4	50.03	22.37	-18.05	-13.19	1.99	9.19	.00
3	4	6	9.79	3.03	-9.69	-2.60	.10	.43	.00
4	5	2	-28.79	-6.27	31.23	11.82	2.45	5.55	.00
5	2	3	18.77	2.82	-16.74	.12	2.03	2.69	.00

## \*\*\* power flow in transformer \*\*\*

trans no.	from bus e	to bus f	flow from bus e		flow to bus f		loss	
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR
1	6	5	1.21	6.88	-1.21	-6.73	.00	.14
2	4	3	38.25	10.16	-38.26	-8.12	.00	2.03

## \*\*\* system total \*\*\*

	MW	MVAR
generation	143.89	56.07
load	135.00	26.00
line charging	.00	.00
static capacitor	.00	.00
loss	8.8858	29.3237
mismatch	.0004	.2439

## แบบที่ 3

The control variables details:

1. Generator voltage variable  
 Generator voltage at bus 2 1.134p.u.  
 Generator voltage at bus 1 1.100p.u.  
 2. Switchable Var Source variable  
 Switchable Var Source at bus 6 .050p.u.  
 Switchable Var Source at bus 3 .050p.u.  
 3. Transformer Tap variable  
 Transformer no. 1 1.057p.u.  
 Transformer no. 2 1.012p.u.

The Iteration details:

Iter. No.	power loss (MW)
1	10.529
2	10.040
3	9.606
4	9.361
5	9.261
6	9.166
7	9.073
8	9.004
9	8.911
10	8.901
11	8.895
12	8.903
13	8.895

\*\*\* bus voltage and power generation \*\*\*

bus no.	bus type	bus voltage			generation		load	
		pu	kv	deg	MW	MVAR	MW	MVAR
1	3	1.100	253.00	.00	93.89	41.51	.00	.00
2	2	1.134	260.39	-2.69	50.00	14.86	.00	.00
3	1	1.000	230.00	-11.63	.00	.00	55.00	8.00
4	1	1.000	230.00	-8.75	.00	.00	.00	.00
5	1	1.000	229.99	-11.11	.00	.00	30.00	18.00
6	1	.979	225.06	-10.91	.00	.00	50.00	.00

## \*\*\* power flow in line \*\*\*

line no.	from bus p	to bus q	flow from bus p		flow to bus q		loss		line charg. MVAR
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR	
1	1	6	43.86	19.13	-41.53	-9.33	2.33	9.80	.00
2	1	4	50.04	22.37	-48.05	-13.19	1.99	9.19	.00
3	4	6	9.80	3.10	-9.70	-2.67	.10	.43	.00
4	5	2	-23.77	-6.40	31.22	11.96	2.45	5.56	.00
5	2	3	18.78	2.89	-16.75	.05	2.03	2.84	.00

## \*\*\* power flow in transformer \*\*\*

trans no.	from bus e	to bus f	flow from bus e		flow to bus f		loss	
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR
1	6	5	1.23	12.00	-1.23	-11.60	.00	.41
2	4	3	38.25	10.08	-38.25	-8.05	.00	2.03

## \*\*\* system total \*\*\*

	MW	MVAR
generation	143.89	56.36
load	135.00	26.00
line charging	.00	.00
static capacitor	.00	.00
loss	8.8947	30.2635
mismatch	.0003	.1012



แนบที่ 4

The control variables details:

1. Generator voltage variable  
 Generator voltage at bus 2 1.134p.u.  
 Generator voltage at bus 1 1.100p.u.  
 2. Switchable Var Source variable  
 Switchable Var Source at bus 5 .050p.u.  
 Switchable Var Source at bus 4 .050p.u.  
 3. Transformer Tap variable  
 Transformer no. 1 1.042p.u.  
 Transformer no. 2 1.019p.u.

The Iteration details:

Iter. No.	power loss (MW)
1	10.546
2	10.030
3	9.602
4	9.354
5	9.256
6	9.161
7	9.070
8	8.999
9	8.929
10	8.886
11	8.895
12	8.886

\*\*\* bus voltage and power generation \*\*\*

bus no.	bus type	bus voltage			generation		load	
		pu	kV	deg	MW	MVAR	MW	MVAR
1	3	1.100	253.00	.00	93.89	41.38	.00	.00
2	2	1.134	260.36	-2.68	50.00	14.82	.00	.00
3	1	1.000	230.00	-11.61	.00	.00	55.00	13.00
4	1	1.000	230.00	-3.74	.00	.00	.00	-5.00
5	1	1.000	230.00	-11.11	.00	.00	30.00	13.00
6	1	.979	225.20	-10.91	.00	.00	50.00	5.00

## \*\*\* power flow in line \*\*\*

line no.	from bus p	to bus q	flow from bus p		flow to bus q		loss		line charg. MVAR
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR	
1	1	6	43.85	19.01	-41.53	-9.23	2.32	9.78	.00
2	1	4	50.03	22.37	-48.05	-13.19	1.99	9.19	.00
3	4	6	9.78	2.96	-9.68	-2.54	.10	.43	.00
4	5	2	-28.79	-6.37	31.24	11.93	2.45	5.56	.00
5	2	3	18.76	2.89	-16.73	.05	2.02	2.84	.00

## \*\*\* power flow in transformer \*\*\*

trans no.	from bus e	to bus f	flow from bus e		flow to bus f		loss	
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR
1	6	5	1.21	6.77	-1.21	-6.63	.00	.14
2	4	3	38.27	15.22	-38.27	-13.05	.00	2.17

## \*\*\* system total \*\*\*

	MW	MVAR
generation	143.89	56.20
load	135.00	26.00
line charging	.00	.00
static capacitor	.00	.00
loss	8.8259	30.1054
mismatch	.0003	.0996

## แบบที่ 5

The control variables details:

1. Generator voltage variable

Generator voltage at bus 2 1.135p.u.

Generator voltage at bus 1 1.100p.u.

2. Switchable Var Source variable

Switchable Var Source at bus 6 .050p.u.

Switchable Var Source at bus 4 .050p.u.

3. Transformer Tap variable

Transformer no. 1 1.057p.u.

Transformer no. 2 1.019p.u.

The Iteration details:

Iter. No.	power loss (MW)
1	10.568
2	10.063
3	9.649
4	9.405
5	9.313
6	9.214
7	9.119
8	9.026
9	8.938
10	8.895
11	8.905
12	8.895

\*\*\* bus voltage and power generation \*\*\*

bus no.	bus type	bus voltage			generation		load	
		pu	kv	deg	MW	MVAR	MW	MVAR
1	3	1.100	253.00	.00	93.89	41.45	.00	.00
2	2	1.135	261.04	-2.71	50.00	15.04	.00	.00
3	1	1.000	229.99	-11.61	.00	.00	55.00	13.00
4	1	1.000	229.99	-8.75	.00	.00	.00	-5.00
5	1	1.000	230.00	-11.11	.00	.00	30.00	18.00
6	1	.979	225.12	-10.91	.00	.00	50.00	.00

## \*\*\* power flow in line \*\*\*

line no.	from bus p	to bus q	flow from bus p		flow to bus q		loss		line charg. MVAR
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR	
1	1	6	43.86	19.08	-41.53	-9.29	2.33	9.79	.00
2	1	4	50.04	22.37	-48.05	-13.19	1.99	9.19	.00
3	4	6	9.79	3.04	-9.69	-2.61	.10	.43	.00
4	5	2	-23.78	-6.50	31.23	12.07	2.45	5.57	.00
5	2	3	18.77	2.97	-16.74	-.02	2.03	2.94	.00

## \*\*\* power flow in transformer \*\*\*

trans no.	from bus e	to bus f	flow from bus e		flow to bus f		loss	
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR
1	6	5	1.22	11.90	-1.22	-11.50	.00	.40
2	4	3	38.26	15.15	-38.26	-12.98	.00	2.17

## \*\*\* system total \*\*\*

	MW	MVAR
generation	143.89	56.49
load	135.00	26.00
line charging	.00	.00
static capacitor	.00	.00
loss	8.8947	30.4928
mismatch	.0003	.0001

แบบที่ 6

The Iteration details:

Iter. No.	power loss (MW)
1	10.629
2	10.079
3	9.611
4	9.290
5	9.183
6	9.088
7	8.995
8	8.905
9	8.855
10	8.819
11	8.819

The control variables details:

1. Generator voltage variable  
 Generator voltage at bus 2 1.144p.u.  
 Generator voltage at bus 1 1.100p.u.

2. Switchable Var Source variable  
 Switchable Var Source at bus 5 .050p.u.  
 Switchable Var Source at bus 6 .050p.u.

3. Transformer Tap variable  
 Transformer no. 1 1.020p.u.  
 Transformer no. 2 1.017p.u.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## \*\*\* bus voltage and power generation \*\*\*

bus no.	bus type	bus voltage			generation		load	
		pu	kv	deg	MW	MVAR	MW	MVAR
1	3	1.100	253.00	.00	93.82	38.07	.00	.00
2	2	1.144	263.05	-3.10	50.00	17.63	.00	.00
3	1	1.000	230.00	-11.57	.00	.00	55.00	13.00
4	1	1.000	230.00	-8.70	.00	.00	.00	.00
5	1	1.000	230.00	-11.20	.00	.00	30.00	13.00
6	1	.995	228.89	-10.99	.00	.00	50.00	.00

## \*\*\* power flow in line \*\*\*

line no.	from bus p	to bus q	flow from bus p		flow to bus q		loss		line charg. MVAR
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR	
1	1	6	44.01	15.69	-41.79	-6.34	2.22	9.35	.00
2	1	4	49.81	22.38	-47.83	-13.26	1.97	9.12	.00
3	4	6	9.56	-8.89	-9.47	1.27	.09	.38	.00
4	5	2	-28.74	-8.01	31.25	13.70	2.51	5.70	.00
5	2	3	18.75	3.93	-16.73	-9.98	2.03	2.95	.00

## \*\*\* power flow in transformer \*\*\*

trans no.	from bus e	to bus f	flow from bus e		flow to bus f		loss	
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR
1	6	5	1.26	5.07	-1.26	-4.99	.00	.08
2	4	3	38.27	14.16	-38.27	-12.02	.00	2.14

## \*\*\* system total \*\*\*

	MW	MVAR
generation	143.82	55.70
load	135.00	26.00
line charging	.00	.00
static capacitor	.00	.00
loss	8.8189	29.7013
mismatch	.0001	.0003

#### ตัวอย่างที่ 4

แสดงความแตกต่างของกำลังสูญเสียที่น้อยที่สุด ในกรณีที่ใช้จำนวนการติดตั้งอุปกรณ์ผลิตกำลังรีแอกทีฟไม่เท่ากัน ขนาดชุดละ 5 MVARs เข้าไปในโหนดบัสที่แตกต่างกัน ของระบบไฟฟ้ากำลัง 6 บัส

โดยมีรายละเอียดการติดตั้ง 4 แบบ ดังนี้

1. จำนวนอุปกรณ์ผลิตกำลังรีแอกทีฟ 1 ชุดติดตั้งเข้าไปในโหนดบัสหมายเลข 5
2. จำนวนอุปกรณ์ผลิตกำลังรีแอกทีฟ 2 ชุดติดตั้งเข้าไปในโหนดบัสหมายเลข 5,6
3. จำนวนอุปกรณ์ผลิตกำลังรีแอกทีฟ 3 ชุดติดตั้งเข้าไปในโหนดบัสหมายเลข 3,5,6
4. จำนวนอุปกรณ์ผลิตกำลังรีแอกทีฟ 4 ชุดติดตั้งเข้าไปในโหนดบัสหมายเลข 3,4,5,6

#### แบบที่ 1

The control variables details:  
 1. Generator voltage variable  
 Generator voltage at bus 2 1.150p.u.  
 Generator voltage at bus 1 1.100p.u.  
 2. Switchable Var Source variable  
 Switchable Var Source at bus 5 .050p.u.  
 3. Transformer Tap variable  
 Transformer no. 1 1.029p.u.  
 Transformer no. 2 1.021p.u.

#### The Iteration details:

Iter. No.	power loss (MW)
1	10.776
2	10.282
3	9.858
4	9.494
5	9.392
6	9.293
7	9.197
8	9.113
9	9.068
10	9.032
11	9.025
12	9.025

## \*\*\* bus voltage and power generation \*\*\*

bus no.	bus type	bus voltage			generation		load	
		pu	kv	deg	MW	MVAR	MW	MVAR
1	3	1.100	253.00	.00	94.02	41.90	.00	.00
2	2	1.150	264.50	-3.35	50.00	19.50	.00	.00
3	1	1.000	230.00	-11.58	.00	.00	55.00	13.00
4	1	.995	228.93	-8.71	.00	.00	.00	.00
5	1	1.000	230.00	-11.21	.00	.00	30.00	13.00
6	1	.983	226.12	-10.98	.00	.00	50.00	5.00

## \*\*\* power flow in transformer \*\*\*

trans no.	from bus e	to bus f	flow from bus e		flow to bus f		loss	
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR
1	6	5	1.38	3.91	-1.38	-3.86	.00	.05
2	4	3	38.22	13.51	-38.22	-11.40	.00	2.12

## \*\*\* power flow in line \*\*\*

line no.	from bus p	to bus q	flow from bus p		flow to bus q		loss		line chg. MVAR
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR	
1	1	6	41.07	18.17	-41.76	-8.44	2.31	9.73	.00
2	1	4	49.95	23.73	-47.93	-14.37	2.02	9.35	.00
3	4	6	9.71	.86	-9.62	-.47	.09	.39	.00
4	5	2	-28.62	-9.14	31.16	14.91	2.54	5.78	.00
5	2	3	18.84	4.59	-16.78	-1.60	2.05	2.98	.00

## \*\*\* system total \*\*\*

	MW	MVAR
generation	144.02	61.40
load	135.00	31.00
line charging	.00	.00
static capacitor	.00	.00
loss	9.0250	30.3968
mismatch	.0003	.0003



แบบที่ 2

The control variables details:

1. Generator voltage variable  
 Generator voltage at bus 2 1.144p.u.  
 Generator voltage at bus 1 1.100p.u.  
 2. Switchable Var Source variable  
 Switchable Var Source at bus 5 .050p.u.  
 Switchable Var Source at bus 6 .050p.u.  
 3. Transformer Tap variable  
 Transformer no. 1 1.020p.u.  
 Transformer no. 2 1.017p.u.

The Iteration details:

Iter. No.	power loss (MW)
1	10.629
2	10.079
3	9.611
4	9.290
5	9.183
6	9.088
7	8.995
8	8.905
9	8.855
10	8.819
11	8.819

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## \*\*\* bus voltage and power generation \*\*\*

bus no.	bus type	bus voltage			generation		load	
		pu	kv	deg	MW	MVAR	MW	MVAR
1	3	1.100	253.00	.00	93.82	38.07	.00	.00
2	2	1.144	263.05	-3.10	50.00	17.63	.00	.00
3	1	1.000	230.00	-11.57	.00	.00	55.00	13.00
4	1	1.000	230.00	-8.70	.00	.00	.00	.00
5	1	1.000	230.00	-11.20	.00	.00	30.00	13.00
6	1	.995	228.89	-10.99	.00	.00	50.00	.00

## \*\*\* power flow in line \*\*\*

line no.	from bus p	to bus q	flow from bus p		flow to bus q		loss		line charging MVAR
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR	
1	1	6	44.01	15.69	-41.79	-6.34	2.22	9.35	.00
2	1	4	49.81	22.38	-47.83	-13.26	1.97	9.12	.00
3	4	6	9.56	-.89	-9.47	1.27	.09	.38	.00
4	5	2	-28.74	-8.01	31.25	13.70	2.51	5.70	.00
5	2	3	18.75	3.93	-16.73	-.98	2.03	2.95	.00

## \*\*\* power flow in transformer \*\*\*

trans no.	from bus e	to bus f	flow from bus e		flow to bus f		loss	
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR
1	6	5	1.26	5.07	-1.26	-4.99	.00	.08
2	4	3	38.27	14.16	-38.27	-12.02	.00	2.14

## \*\*\* system total \*\*\*

	MW	MVAR
generation	143.82	55.70
load	135.00	26.00
line charging	.00	.00
static capacitor	.00	.00
loss	8.8189	29.7013
mismatch	.0001	.0003

## บทที่ 3

The control variables details:

1. Generator voltage variable  
 Generator voltage at bus 2 1.140p.u.  
 Generator voltage at bus 1 1.089p.u.  
 2. Switchable Var Source variable  
 Switchable Var Source at bus 5 .050p.u.  
 Switchable Var Source at bus 6 .050p.u.  
 Switchable Var Source at bus 3 .050p.u.  
 3. Transformer Tap variable  
 Transformer no. 1 1.029p.u.  
 Transformer no. 2 1.011p.u.

The Iteration details:

Iter. No.	power loss (MW)
1	10.351
2	9.319
3	9.397
4	9.132
5	9.036
6	8.944
7	8.854
8	8.811
9	8.748
10	8.747

\*\*\* bus voltage and power generation \*\*\*

bus no.	bus type	bus voltage			generation		load	
		pu	kv	deg	MW	MVAR	MW	MVAR
1	3	1.089	250.52	.00	93.75	33.80	.00	.00
2	2	1.140	262.20	-3.17	50.00	16.53	.00	.00
3	1	1.000	230.00	-11.82	.00	.00	55.00	8.00
4	1	1.000	230.00	-8.95	.00	.00	.00	.00
5	1	1.000	229.99	-11.41	.00	.00	30.00	13.00
6	1	.988	227.34	-11.20	.00	.00	50.00	.00

## \*\*\* power flow in line \*\*\*

line no.	from bus	to bus	flow from bus p		flow to bus q		loss		line charg.
	p	q	MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR	MVAR
1	1	6	43.35	14.74	-41.63	-5.39	2.22	9.34	.00
2	1	4	49.39	19.06	-47.97	-10.16	1.92	8.90	.00
3	4	6	9.71	.72	-9.61	-.33	.09	.39	.00
4	5	2	-28.75	-7.38	31.24	13.01	2.48	5.64	.00
5	2	3	18.76	3.52	-16.74	-.57	2.03	2.94	.00

## \*\*\* power flow in transformer \*\*\*

trans no.	from bus	to bus	flow from bus e		flow to bus f		loss	
	e	f	MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR
1	6	5	1.25	5.72	-1.25	-5.62	.00	.10
2	4	3	38.26	9.45	-38.26	-7.43	.00	2.92

## \*\*\* system total \*\*\*

	MW	MVAR
generation	143.75	50.33
load	135.00	21.00
line charging	.00	.00
static capacitor	.00	.00
loss	8.7466	29.3308
mismatch	.0003	.0004

แบบที่ 4

The control variables details:

1. Generator voltage variable  
 Generator voltage at bus 2 1.130p.u.  
 Generator voltage at bus 1 1.081p.u.  
 2. Switchable Var Source variable  
 Switchable Var Source at bus 5 .050p.u.  
 Switchable Var Source at bus 6 .050p.u.  
 Switchable Var Source at bus 3 .050p.u.  
 Switchable Var Source at bus 4 .050p.u.  
 3. Transformer Tap variable  
 Transformer no. 1 1.042p.u.  
 Transformer no. 2 1.009p.u.

The Iteration details:

Iter. No.	power loss (MW)
1	10.227
2	9.632
3	9.384
4	9.116
5	9.058
6	8.955
7	8.860
8	8.768
9	8.706
10	8.707

\*\*\* bus voltage and power generation \*\*\*

bus no.	bus type	bus voltage			generation		load	
		pu	kV	deg	MW	MVAR	MW	MVAR
1	3	1.081	248.74	.00	93.71	31.41	.00	.00
2	2	1.130	259.90	-2.97	50.00	13.91	.00	.00
3	1	.997	229.27	-12.03	.00	.00	55.00	8.00
4	1	1.000	230.00	-9.13	.00	.00	.00	-5.00
5	1	1.000	230.00	-11.53	.00	.00	30.00	13.00
6	1	.980	225.50	-11.33	.00	.00	50.00	.00

## \*\*\* power flow in line \*\*\*

line no.	from bus p	to bus q	flow from bus p		flow to bus q		loss		line charg. MVAR
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR	
1	1	6	43.70	14.71	-41.46	-5.29	2.24	9.41	.00
2	1	4	50.01	16.71	-48.11	-7.91	1.90	8.79	.00
3	4	6	9.85	2.64	-9.75	-2.21	.10	.42	.00
4	5	2	-28.79	-5.66	31.21	11.17	2.43	5.51	.00
5	2	3	18.79	2.74	-16.75	.23	2.04	2.51	.00

## \*\*\* power flow in transformer \*\*\*

trans no.	from bus e	to bus f	flow from bus e		flow to bus f		loss	
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR
1	6	5	1.21	7.50	-1.21	-7.34	.00	.17
2	4	3	38.25	10.28	-38.25	-8.23	.00	2.05

## \*\*\* system total \*\*\*

	MW	MVAR
generation	143.71	45.32
load	135.00	16.00
line charging	.00	.00
static capacitor	.00	.00
loss	8.7060	28.8663
mismatch	.0003	.4538

## ตัวอย่างที่ 5

แสดงถึงผลของการปรับแก้หม้อแปลงที่มีต่อเงื่อนไขบังคับ (constraint) ของระบบไฟฟ้ากำลัง 6 บัสโดยติดตั้งอุปกรณ์ผลิตกำลังรีแอกทีฟขนาด 5 MVARs จำนวน 2 ชุดเข้าไปในโหลดบัสหมายเลข 5, 6

การศึกษาในตัวอย่างนี้กำหนดให้เทปของหม้อแปลงมีค่าคงที่เท่ากับ 0.9 แล้วสังเกตลักษณะ performance ของระบบโดยการศึกษาสมการโหลดโพลว์

\*\*\* bus voltage and power generation \*\*\*

bus no.	bus type	bus voltage			generation		load	
		pu	kv	deg	MW	MVAR	MW	MVAR
1	3	1.075	247.22	.00	96.85	25.88	.00	.00
2	2	1.150	264.50	-7.31	50.00	46.25	.00	.00
3	1	.893	205.50	-13.14	.00	.00	55.00	13.00
4	1	1.000	230.00	-9.51	.00	.00	.00	.00
5	1	.906	208.34	-12.96	.00	.00	30.00	18.00
6	1	.991	227.83	-12.08	.00	.00	50.00	5.00

\*\*\* power flow in line \*\*\*

line no.	from bus p	to bus q	flow from bus p		flow to bus q		loss		line charg. MVAR
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR	
1	1	6	45.68	11.20	-43.33	-1.28	2.36	9.92	.00
2	1	4	51.17	14.68	-49.21	-5.60	1.96	9.08	.00
3	4	6	10.91	-.03	-10.80	.52	.12	.48	.00
4	5	2	-25.88	-22.37	29.90	31.49	4.02	9.12	.00
5	2	3	20.10	14.76	-16.70	-9.82	3.40	4.94	.00

## \*\*\* power flow in transformer \*\*\*

trans no.	from bus e	to bus f	flow from bus e		flow to bus f		loss	
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR
1	6	5	4.12	-4.23	-4.12	4.37	.00	.13
2	4	3	38.29	5.64	-38.29	-3.18	.00	2.46

## \*\*\* system total \*\*\*

	MW	MVAR
generation	146.95	72.13
load	135.00	36.00
line charging	.00	.00
static capacitor	.00	.00
loss	11.8538	36.1332
mismatch	.0013	.0031

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## ตัวอย่างที่ 6

แสดงถึงผลของการปรับขนาดแรงดันของบัสควบคุมแรงดันและบัสอ้างอิงที่มีต่อการควบคุมการจ่ายกำลังรีแอกทีฟของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของระบบไฟฟ้ากำลัง 6 บัส โดยติดตั้งอุปกรณ์ผลิตกำลังรีแอกทีฟขนาด 5 MVARs จำนวน 2 ชุด เข้าไปในโหลดบัสหมายเลข 5 และ 6

การศึกษาจะแบ่งออกเป็นสองขั้นตอน คือ

1. กำหนดขีดจำกัดการปรับขนาดแรงดันของบัสควบคุมแรงดัน (หมายเลข 2) ให้มีค่าอยู่ระหว่าง 1.10 - 1.15 p.u. และบัสอ้างอิง (หมายเลข 1) ให้มีค่าอยู่ระหว่าง 1.0 - 1.1 p.u. แล้วสังเกตลักษณะ performance ของระบบโดยใช้สมการโหลดไฟลว์

2. เพิ่มขีดจำกัดการปรับขนาดแรงดันของบัสควบคุมแรงดัน (หมายเลข 2) ให้มีค่าอยู่ระหว่าง 1.10 - 1.175 p.u. และบัสอ้างอิง (หมายเลข 1) ให้มีค่าอยู่ระหว่าง 1.0 - 1.15 p.u. แล้วสังเกตลักษณะ performance ของระบบโดยใช้สมการโหลดไฟลว์

แบบที่ 1

The control variables details:

1. Generator voltage variable

Generator voltage at bus 2 1.150p.u.

Generator voltage at bus 1 1.034p.u.

2. Switchable Var Source variable

Switchable Var Source at bus 5 .050p.u.

Switchable Var Source at bus 6 .050p.u.

3. Transformer Tap variable

Transformer no. 1 .950p.u.

Transformer no. 2 .950p.u.

\*\*\* bus voltage and power generation \*\*\*

bus no.	bus type	bus voltage			generation		load	
		pu	kv	deg	MW	MVAR	MW	MVAR
1	3	1.034	237.86	.00	96.23	<u>21.37</u>	.00	.00
2	2	<u>1.150</u>	254.50	-7.51	50.00	39.90	.00	.00
3	1	.907	208.52	-13.76	.00	.00	55.00	13.00
4	1	.963	221.39	-10.25	.00	.00	.00	.00
5	1	.935	215.02	-13.76	.00	.00	30.00	13.00
6	1	.965	221.90	-13.07	.00	.00	50.00	.00

## \*\*\* power flow in line \*\*\*

line no.	from bus p	to bus q	flow from bus p		flow to bus q		loss		line charg. MVAR
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR	
1	1	6	45.47	8.04	-43.02	2.28	2.45	5.76	.00
2	1	4	50.76	13.33	-48.70	-3.80	2.06	9.53	.00
3	4	6	10.57	-2.77	-10.44	3.29	.12	.52	.00
4	5	2	-26.54	-18.73	29.95	26.46	3.40	7.73	.00
5	2	3	20.05	13.44	-16.87	-8.81	3.19	4.63	.00

## \*\*\* power flow in transformer \*\*\*

trans no.	from bus e	to bus f	flow from bus e		flow to bus f		loss	
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR
1	6	5	3.46	-5.53	-3.46	5.73	.00	.15
2	4	3	38.13	6.57	-38.13	-4.19	.00	2.38

## \*\*\* system total \*\*\*

	MW	MVAR
generation	146.23	61.27
load	135.00	26.00
line charging	.00	.00
static capacitor	.00	.00
loss	11.2277	30.6974
mismatch	.0009	4.5636

## แบบที่ 2

The control variables details:

1. Generator voltage variable

Generator voltage at bus 2 1.174p.u.

Generator voltage at bus 1 1.066p.u.

2. Switchable Var Source variable

Switchable Var Source at bus 5 .050p.u.

Switchable Var Source at bus 6 .050p.u.

3. Transformer Tap variable

Transformer no. 1 .950p.u.

Transformer no. 2 .950p.u.

\*\*\* bus voltage and power generation \*\*\*

bus no.	bus type	bus voltage			generation		load	
		pu	kv	deg	MW	MVAR	MW	MVAR
1	3	1.066	245.09	.00	95.45	<span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">20.00</span>	.00	.00
2	2	<span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">1.174</span>	270.03	-6.73	50.00	38.70	.00	.00
3	1	.940	216.26	-12.79	.00	.00	55.00	13.00
4	1	.998	229.51	-9.54	.00	.00	.00	.00
5	1	.957	222.41	-12.76	.00	.00	30.00	13.00
6	1	1.000	230.00	-12.16	.00	.00	50.00	.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## \*\*\* power flow in line \*\*\*

line no.	from bus p	to bus q	flow from bus p		flow to bus q		loss		line charg. MVAR
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR	
1	1	6	45.08	7.41	-42.82	2.11	2.26	5.29	.00
2	1	4	50.37	12.59	-48.47	-3.81	1.90	8.79	.00
3	4	6	10.51	-2.77	-10.40	3.26	.12	.48	.00
4	5	2	-26.79	-18.50	29.98	25.75	3.20	7.25	.00
5	2	3	20.02	12.94	-17.04	-8.62	2.98	4.33	.00

## \*\*\* power flow in transformer \*\*\*

trans. no.	from bus e	to bus f	flow from bus e		flow to bus f		loss	
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR
1	6	5	3.21	-5.37	-3.21	5.50	.00	.13
2	4	3	37.96	6.52	-37.96	-4.38	.00	2.20

## \*\*\* system total \*\*\*

	MW	MVAR
generation	145.45	52.70
load	135.00	26.00
line charging	.00	.00
static capacitor	.00	.00
loss	10.4517	28.4696
mismatch	.0005	4.2266

## ตัวอย่างที่ 7

แสดงการแก้ปัญหาการลดกำลังสูญเสียให้น้อยที่สุดของระบบไฟฟ้ากำลัง 14 บัส โดยติดตั้งอุปกรณ์ผลิตกำลังรีแอกทีฟจำนวน 4 ชุด เข้าที่โหลดบัสหมายเลข 4, 5, 7, 9 โดยมีขีดจำกัดการจ่ายกำลังรีแอกทีฟเท่ากับ 5 และ 10 MVARs ตามลำดับ

ขีดจำกัดการจ่ายกำลังรีแอกทีฟเท่ากับ 5 MVARs

The control variables details:

1. Generator voltage variable	
Generator voltage at bus 2	1.081p.u.
Generator voltage at bus 3	1.040p.u.
Generator voltage at bus 6	1.033p.u.
Generator voltage at bus 8	1.089p.u.
Generator voltage at bus 1	1.100p.u.
2. Switchable Var Source variable	
Switchable Var Source at bus 7	.050p.u.
Switchable Var Source at bus 5	.050p.u.
Switchable Var Source at bus 4	.050p.u.
Switchable Var Source at bus 9	.050p.u.
3. Transformer Tap variable	
Transformer no. 1	.987p.u.
Transformer no. 2	1.019p.u.
Transformer no. 3	1.031p.u.

The Iteration details:

Iter. No.	power loss (MW)
1	12.879
2	12.715
3	12.799
4	12.706
5	12.780
6	12.642
7	12.572
8	12.575
9	12.599
10	12.547
11	12.603
12	12.561
13	12.601
14	12.557
15	12.605
16	12.546

## \*\*\* bus voltage and power generation \*\*\*

bus no.	bus type	bus voltage			generation		load	
		pu	kv	deg	MW	MVAR	MW	MVAR
1	3	1.100	253.00	.00	231.55	-4.41	.00	.00
2	2	1.081	243.65	-4.56	40.00	46.37	21.70	12.70
3	2	1.040	239.20	-11.74	.00	20.27	94.20	19.00
4	1	1.046	240.63	-9.45	.00	.00	47.30	-1.10
5	1	1.050	241.50	-8.00	.00	.00	7.60	-3.40
6	2	1.033	237.32	-13.31	.00	-1.67	11.20	7.50
7	1	1.050	241.50	-12.64	.00	.00	.00	-5.00
8	2	1.039	250.43	-12.64	.00	24.01	.00	.00
9	1	1.031	237.09	-14.32	.00	.00	29.50	11.60
10	1	1.024	235.42	-14.49	.00	.00	9.00	5.30
11	1	1.025	235.65	-14.15	.00	.00	3.50	1.30
12	1	1.013	234.20	-14.42	.00	.00	6.10	1.60
13	1	1.014	233.27	-14.62	.00	.00	13.50	5.30
14	1	1.005	231.16	-15.47	.00	.00	14.90	5.00

## \*\*\* system total \*\*\*

	MW	MVAR
generation	271.55	84.58
load	259.00	61.30
line charging	.00	30.16
static capacitor	.00	.00
loss	12.5455	31.4729
mismatch	.0001	21.9708

## \*\*\* power flow in line \*\*\*

line no.	from bus p	to bus q	flow from bus p		flow to bus q		loss		line charg. MVAR
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR	
1	1	2	155.65	-13.00	-152.71	18.77	3.95	5.77	6.28
2	2	3	73.22	6.96	-71.03	-2.66	2.19	4.31	4.93
3	2	4	56.33	2.97	-54.74	-2.38	1.59	.60	4.23
4	1	5	74.89	8.59	-72.33	-3.70	2.56	4.90	5.69
5	2	5	41.45	4.96	-40.59	-6.20	.86	1.23	3.86
6	3	4	-23.17	3.93	23.52	-6.79	.35	2.86	3.76
7	4	5	-62.26	10.49	62.75	-10.36	.49	.13	1.41
3	7	8	.00	-23.15	.00	24.01	.00	.86	.00
9	7	9	28.89	18.71	-28.89	-17.53	.00	1.18	.00
10	9	10	6.08	6.60	-6.05	-6.53	.02	.06	.00
11	6	11	6.49	1.17	-6.45	-1.08	.04	.08	.00
12	6	12	7.61	2.22	-7.54	-2.07	.07	.15	.00
13	6	13	17.27	6.00	-17.06	-5.59	.21	.41	.00
14	9	14	10.10	5.15	-9.95	-4.82	.15	.33	.00
15	10	11	-2.95	.73	2.95	-.72	.01	.02	.00
16	12	13	1.44	.47	-1.43	-.47	.00	.00	.00
17	13	14	4.99	.26	-4.95	-.18	.04	.08	.00

## \*\*\* power flow in transformer \*\*\*

trans no.	from bus e	to bus f	flow from bus e		flow to bus f		loss	
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR
1	4	7	28.89	-7.69	-28.89	9.44	.00	1.75
2	4	9	16.79	7.47	-16.79	-5.82	.00	1.65
3	5	6	42.57	23.65	-42.57	-18.56	.00	5.10

### ขีดจำกัดการจ่ายกำลังรีแอกทีฟเท่ากับ 10 MVARs

The control variables details:

1. Generator voltage variable  
 Generator voltage at bus 2 1.080p.u.  
 Generator voltage at bus 3 1.036p.u.  
 Generator voltage at bus 6 1.037p.u.  
 Generator voltage at bus 8 1.077p.u.  
 Generator voltage at bus 1 1.100p.u.

2. Switchable Var Source variable  
 Switchable Var Source at bus 7 .050p.u.  
 Switchable Var Source at bus 5 .013p.u.  
 Switchable Var Source at bus 4 .050p.u.  
 Switchable Var Source at bus 9 .069p.u.

3. Transformer Tap variable  
 Transformer no. 1 1.002p.u.  
 Transformer no. 2 1.003p.u.  
 Transformer no. 3 1.017p.u.

The Iteration details:

Iter. No.	power loss (MW)
1	12.212
2	12.448
3	12.659
4	12.817
5	12.636
6	12.313
7	12.643
8	12.591
9	12.574
10	12.578
11	12.546
12	12.573
13	12.548

\*\*\* system total \*\*\*

	MW	MVAR
generation	271.55	85.13
load	259.00	59.09
line charging	.00	30.10
static capacitor	.00	.00
loss	12.5459	30.1830
mismatch	.0005	25.9534



## \*\*\* bus voltage and power generation \*\*\*

bus no.	bus type	bus voltage			generation		load	
		pu	kv	deg	MW	MVAR	MW	MVAR
1	3	1.100	253.00	.00	231.55	-3.11	.00	.00
2	2	1.080	248.49	-4.55	40.00	46.91	21.70	12.70
3	2	1.036	238.29	-11.70	.00	17.30	94.20	19.00
4	1	1.045	240.24	-9.43	.00	.00	47.80	-1.10
5	1	1.050	241.50	-8.01	.00	.00	7.60	-1.74
6	2	1.037	238.45	-13.58	.00	7.58	11.20	7.50
7	1	1.050	241.50	-12.61	.00	.00	.00	-5.00
8	2	1.077	247.68	-12.61	.00	16.44	.00	.00
9	1	1.031	237.08	-14.30	.00	.00	29.50	7.73
10	1	1.024	235.58	-14.48	.00	.00	9.00	5.80
11	1	1.027	236.19	-14.18	.00	.00	3.50	1.80
12	1	1.022	235.07	-14.48	.00	.00	6.10	1.60
13	1	1.018	234.08	-14.57	.00	.00	13.50	5.80
14	1	1.007	231.52	-15.48	.00	.00	14.90	5.00

## \*\*\* power flow in line \*\*\*

line no.	from bus p	to bus q	flow from bus p		flow to bus q		loss		line charg. MVAR
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR	
1	1	2	156.57	-11.69	-152.63	17.44	3.94	5.75	6.28
2	2	3	73.08	8.71	-70.88	-4.34	2.20	4.37	4.91
3	2	4	56.35	3.56	-54.75	-2.94	1.60	.62	4.22
4	1	5	74.97	8.58	-72.40	-3.67	2.57	4.92	5.69
5	2	5	41.51	4.50	-40.65	-5.73	.86	1.23	3.86
6	3	4	-23.32	2.65	23.68	-5.49	.35	2.85	3.74
7	4	5	-62.32	6.26	62.80	-6.15	.48	.11	1.40
8	7	8	.00	-16.03	.00	16.44	.00	.41	.00
9	7	9	29.11	18.75	-29.11	-17.55	.00	1.20	.00
10	9	10	6.05	5.71	-6.03	-5.66	.02	.06	.00
11	6	11	6.52	2.05	-6.47	-1.96	.04	.09	.00
12	6	12	7.64	2.33	-7.56	-2.18	.07	.15	.00
13	6	13	17.30	6.45	-17.09	-6.04	.21	.41	.00
14	9	14	10.04	4.58	-9.90	-4.27	.15	.31	.00
15	10	11	-2.97	-.14	2.97	.16	.01	.02	.00
16	12	13	1.46	.58	-1.46	-.58	.01	.00	.00
17	13	14	5.05	.82	-5.00	-.73	.04	.09	.00

## \*\*\* power flow in transformer \*\*\*

trans no.	from bus e	to bus f	flow from bus e		flow to bus f		loss	
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR
1	4	7	29.11	-.66	-29.11	2.28	.00	1.62
2	4	9	16.49	3.93	-16.49	-2.47	.00	1.45
3	5	6	42.65	15.29	-42.65	-10.75	.00	4.54

## ตัวอย่างที่ 8

แสดงการแก้ปัญหาการลดกำลังสูญเสียให้น้อยที่สุดของระบบไฟฟ้ากำลัง 30 บัสโดยติดตั้งอุปกรณ์ผลิตกำลังรีแอกทีฟจำนวน 6 ชุด เข้าที่โหนดบัสหมายเลข 17, 23, 24, 26, 29, 30 โดยมีขีดจำกัดการจ่ายกำลังรีแอกทีฟเท่ากับ 5 และ 10 MVARs ตามลำดับ

ขีดจำกัดการจ่ายกำลังรีแอกทีฟเท่ากับ 5 MVARs

The control variables details:

1. Generator voltage variable

Generator voltage at bus 2	1.038p.u.
Generator voltage at bus 5	1.016p.u.
Generator voltage at bus 3	1.033p.u.
Generator voltage at bus 11	1.097p.u.
Generator voltage at bus 13	1.058p.u.
Generator voltage at bus 1	1.061p.u.

2. Switchable Var Source variable

Switchable Var Source at bus 24	.050p.u.
Switchable Var Source at bus 23	.050p.u.
Switchable Var Source at bus 26	.030p.u.
Switchable Var Source at bus 30	.032p.u.
Switchable Var Source at bus 17	.050p.u.
Switchable Var Source at bus 29	.010p.u.

3. Transformer Tap variable

Transformer no. 1	.979p.u.
Transformer no. 2	1.033p.u.
Transformer no. 3	.979p.u.
Transformer no. 4	1.003p.u.

The Iteration details:

Iter. No.	power loss (MW)
1	7.173
2	7.082
3	7.088
4	7.030
5	7.066
6	7.021

## \*\*\* bus voltage and power generation \*\*\*

bus no.	bus type	bus voltage			generation		load	
		pu	kv	deg	MW	MVAR	MW	MVAR
1	3	1.061	244.00	.00	138.46	11.18	.00	.00
2	2	1.038	238.63	-2.57	57.56	-19.57	21.70	12.70
3	1	1.040	239.22	-4.57	.00	.00	2.40	1.20
4	1	1.035	237.96	-5.47	.00	.00	7.60	1.60
5	2	1.016	233.63	-8.33	24.56	25.36	94.20	19.00
6	1	1.031	237.10	-6.35	.00	.00	.00	.00
7	1	1.017	233.92	-7.39	.00	.00	22.80	10.90
8	2	1.033	237.59	-6.37	35.00	32.76	30.00	30.00
9	1	1.040	239.24	-8.01	.00	.00	.00	.00
10	1	1.027	236.26	-9.92	.00	.00	5.80	2.00
11	2	1.097	252.40	-6.14	17.93	30.47	.00	.00
12	1	1.031	237.18	-9.11	.00	.00	11.20	7.50
13	2	1.058	243.41	-7.37	16.91	20.65	.00	.00
14	1	1.019	234.41	-10.08	.00	.00	6.20	1.50
15	1	1.017	233.99	-10.27	.00	.00	8.20	2.50
16	1	1.024	235.50	-9.79	.00	.00	3.50	1.30
17	1	1.024	235.45	-10.16	.00	.00	9.00	.80
18	1	1.008	231.95	-10.37	.00	.00	3.20	.90
19	1	1.006	231.47	-11.03	.00	.00	9.50	3.40
20	1	1.011	232.48	-10.81	.00	.00	2.20	.70
21	1	1.017	233.81	-10.44	.00	.00	17.50	11.20
22	1	1.013	234.07	-10.44	.00	.00	.00	.00
23	1	1.018	234.07	-10.94	.00	.00	3.20	-3.40
24	1	1.014	233.11	-11.11	.00	.00	8.70	1.70
25	1	1.023	235.38	-11.11	.00	.00	.00	.00
26	1	1.017	233.95	-11.94	.00	.00	3.50	-.70
27	1	1.032	237.36	-10.66	.00	.00	.00	.00
28	1	1.029	236.75	-6.82	.00	.00	.00	.00
29	1	1.021	234.73	-12.10	.00	.00	2.40	-.07
30	1	1.014	233.19	-13.09	.00	.00	10.60	-1.27

ศูนย์ถ่ายทอดพยากรณ์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## \*\*\* power flow in line \*\*\*

line no.	from bus p	to bus q	flow from bus p		flow to bus q		loss		line charg.
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR	MVAR
1	1	2	90.53	11.37	-89.09	-12.90	1.43	1.52	5.81
2	1	3	47.94	-.19	-47.01	-.52	.92	.33	4.50
3	2	4	29.03	-8.35	-28.56	6.33	.47	2.52	3.95
4	3	4	44.51	-.68	-44.37	.49	.24	.19	.88
5	2	5	58.16	-1.44	-56.68	3.26	1.48	1.82	4.41
6	2	6	37.76	-9.09	-36.96	7.61	.80	1.59	4.00
7	4	6	39.40	-2.17	-39.23	1.31	.17	.36	.96
8	5	7	-12.96	3.10	13.04	-5.00	.08	1.90	2.11
9	6	7	36.18	5.16	-35.84	-5.90	.34	.74	1.78
10	6	8	-.70	-5.46	.71	4.51	.00	.95	.96
11	9	11	-17.93	-28.31	17.93	30.47	.00	2.16	.00
12	9	10	32.50	12.78	-32.50	-11.54	.00	1.24	.00
13	12	13	-16.91	-19.76	16.91	20.65	.00	.89	.00
14	12	14	7.54	1.28	-7.48	-1.14	.07	.14	.00
15	12	15	17.49	2.26	-17.30	-1.38	.19	.38	.00
16	12	16	6.60	.70	-6.57	-.61	.04	.08	.00
17	14	15	1.28	-.46	-1.27	.47	.00	.00	.00
18	16	17	3.07	-1.19	-3.06	1.21	.01	.02	.00
19	15	18	5.60	1.42	-5.57	-1.35	.03	.07	.00
20	18	19	2.37	.45	-2.37	-.44	.00	.01	.00
21	19	20	-7.13	-2.96	7.15	1.00	.02	.04	.00
22	10	20	9.45	3.91	-9.35	-3.70	.09	.21	.00
23	10	17	5.96	2.04	-5.94	-2.01	.01	.03	.00
24	10	21	15.88	7.32	-15.78	-7.10	.10	.22	.00
25	10	22	7.67	2.84	-7.62	-2.74	.05	.09	.00
26	21	22	-1.72	-4.10	1.73	4.10	.00	.00	.00
27	15	23	4.77	-2.51	-4.74	2.56	.03	.06	.00
28	22	24	5.89	-1.36	-5.85	1.42	.04	.06	.00
29	23	24	1.54	.84	-1.53	-.83	.00	.01	.00
30	24	25	-1.31	-2.29	1.33	2.32	.01	.02	.00
31	25	26	3.53	-.65	-3.50	.70	.03	.05	.00
32	25	27	-4.36	-1.66	4.38	1.72	.03	.05	.00
33	27	29	6.18	-.34	-6.10	.49	.08	.15	.00
34	27	30	7.08	-.50	-6.93	.78	.15	.28	.00
35	29	30	3.70	-.42	-3.67	.48	.03	.06	.00
36	8	28	4.29	-1.75	-4.28	-2.76	.01	1.01	4.55
37	6	28	13.90	-1.93	-13.87	.66	.03	1.27	1.38

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## \*\*\* power flow in transformer \*\*\*

trans no.	from bus e	to bus f	flow from bus e		flow to bus f		loss	
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR
1	6	9	14.57	-14.66	-14.57	15.53	.00	.87
2	6	10	12.25	7.58	-12.25	-6.56	.00	1.02
3	4	12	25.93	-6.26	-25.93	8.03	.00	1.77
4	28	27	18.15	2.10	-18.15	-.37	.00	1.23

## \*\*\* system total \*\*\*

	MW	MVAR
generation	290.42	100.85
load	283.40	104.06
line charging	.00	35.30
static capacitor	.00	.00
loss	7.0213	25.4149
mismatch	.0008	6.6743

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### ขีดจำกัดการจ่ายกำลังรีแอกทีฟเท่ากับ 10 MVARs

The control variables details:

1. Generator voltage variable

Generator voltage at bus 2 1.055p.u.  
 Generator voltage at bus 5 1.015p.u.  
 Generator voltage at bus 8 1.026p.u.  
 Generator voltage at bus 11 1.093p.u.  
 Generator voltage at bus 13 1.038p.u.  
 Generator voltage at bus 1 1.070p.u.

2. Switchable Var Source variable

Switchable Var Source at bus 24 .040p.u.  
 Switchable Var Source at bus 23 .040p.u.  
 Switchable Var Source at bus 26 .040p.u.  
 Switchable Var Source at bus 30 .020p.u.  
 Switchable Var Source at bus 17 .040p.u.  
 Switchable Var Source at bus 29 .020p.u.

3. Transformer Tap variable

Transformer no. 1 .998p.u.  
 Transformer no. 2 1.000p.u.  
 Transformer no. 3 1.017p.u.  
 Transformer no. 4 .998p.u.

The Iteration details:

Iter. No.	power loss (MW)
1	7.071
2	7.257
3	6.950
4	6.931
5	6.951
6	7.064
7	6.941

\*\*\* power flow in line \*\*\*

line no.	from bus p	to bus q	flow from bus p		flow to bus q		loss		line charg. MVAR
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR	
1	1	2	90.99	-2.91	-89.60	1.10	1.39	1.81	5.96
2	1	3	47.38	5.29	-46.47	-6.11	.91	.82	4.54
3	2	4	29.33	2.54	-28.38	-5.18	.45	2.63	4.01
4	3	4	44.07	4.91	-43.33	-5.10	.24	.19	.88
5	2	5	58.14	8.18	-56.66	-6.44	1.48	1.74	4.48
6	2	6	38.00	2.35	-37.23	-4.09	.76	1.74	4.06
7	4	6	38.41	-.94	-38.25	.56	.16	.38	.96
8	5	7	-12.98	3.78	13.07	-5.67	.09	1.88	2.10
9	6	7	36.21	4.50	-35.37	-5.23	.34	.74	1.77
10	6	8	-.81	4.79	.81	-5.72	.00	.94	.95
11	9	11	-17.93	-25.97	17.93	27.39	.00	1.92	.00
12	9	10	32.56	13.31	-32.56	-17.37	.00	1.14	.00
13	12	13	-16.91	-6.63	16.91	7.07	.00	.14	.00
14	12	14	7.69	1.60	-7.61	-1.45	.07	.15	.00
15	12	15	17.81	3.59	-17.60	-3.18	.21	.41	.00
16	12	16	6.91	1.69	-6.86	-1.59	.05	.09	.00
17	14	15	1.41	-.15	-1.41	.15	.00	.00	.00
18	16	17	3.36	-.21	-3.35	.23	.01	.02	.00
19	15	18	5.79	1.74	-5.76	-1.66	.04	.08	.00
20	18	19	2.56	.76	-2.55	-.75	.00	.01	.00
21	19	20	-6.25	-2.65	6.97	2.69	.02	.04	.00
22	10	20	9.26	3.58	-9.17	-3.39	.09	.20	.00
23	10	17	5.66	2.06	-5.65	-2.03	.01	.03	.00
24	10	21	15.91	7.69	-15.81	-7.47	.10	.22	.00
25	10	22	7.69	3.08	-7.64	-2.98	.05	.10	.00
26	21	22	-1.69	-3.73	1.70	3.74	.00	.00	.00
27	15	23	5.02	-1.21	-4.99	1.26	.03	.05	.00
28	22	24	5.94	-.75	-5.90	.82	.04	.06	.00
29	23	24	1.79	1.14	-1.79	-1.13	.01	.01	.00
30	24	25	-1.01	-2.39	1.02	2.41	.01	.02	.00
31	25	26	3.54	-1.64	-3.50	1.70	.04	.06	.00
32	25	27	-4.56	-.77	4.58	.81	.02	.04	.00
33	27	29	6.19	-.60	-6.11	.76	.08	.15	.00
34	27	30	7.07	-.09	-6.92	.38	.15	.29	.00
35	29	30	3.71	.34	-3.68	-.28	.03	.06	.00
36	8	28	4.19	-3.54	-4.18	-.94	.01	2.60	4.51
37	6	28	13.70	-.88	-13.67	-.39	.03	.49	1.37

\*\*\* bus voltage and power generation \*\*\*

bus no.	bus type	bus voltage			generation		load	
		pu	kv	deg	MW	MVAR	MW	MVAR
1	3	1.070	246.14	.00	138.37	2.38	.00	.00
2	2	1.055	242.64	-2.66	57.56	26.88	21.70	12.70
3	1	1.040	239.19	-4.34	.00	.00	2.40	1.20
4	1	1.033	237.49	-5.20	.00	.00	7.60	1.60
5	2	1.015	233.35	-8.57	24.56	16.34	94.20	19.00
6	1	1.028	236.54	-6.06	.00	.00	.00	.00
7	1	1.015	233.47	-7.61	.00	.00	22.80	10.90
8	2	1.026	236.06	-6.01	35.00	20.75	30.00	30.00
9	1	1.040	239.20	-7.69	.00	.00	.00	.00
10	1	1.021	234.76	-9.63	.00	.00	5.80	2.00
11	2	1.093	251.28	-5.81	17.93	27.89	.00	.00
12	1	1.029	236.63	-8.32	.00	.00	11.20	7.50
13	2	1.038	238.31	-7.55	16.91	7.07	.00	.00
14	1	1.016	233.68	-9.79	.00	.00	6.20	1.60
15	1	1.013	233.04	-9.97	.00	.00	8.20	2.50
16	1	1.019	234.48	-9.49	.00	.00	3.50	1.80
17	1	1.017	233.95	-9.85	.00	.00	9.00	.80
18	1	1.003	230.78	-10.58	.00	.00	3.20	.90
19	1	1.001	230.19	-10.74	.00	.00	9.50	3.40
20	1	1.005	231.14	-10.52	.00	.00	2.20	.70
21	1	1.010	232.22	-10.14	.00	.00	17.50	11.20
22	1	1.011	232.46	-10.14	.00	.00	.00	.00
23	1	1.011	232.47	-10.60	.00	.00	3.20	-5.40
24	1	1.005	231.23	-10.79	.00	.00	8.70	-.30
25	1	1.015	233.46	-10.86	.00	.00	.00	.00
26	1	1.012	232.87	-11.84	.00	.00	3.50	-.70
27	1	1.022	234.96	-10.38	.00	.00	.00	.00
28	1	1.026	236.05	-6.51	.00	.00	.00	.00
29	1	1.011	232.54	-11.88	.00	.00	2.40	-.27
30	1	1.001	230.19	-12.79	.00	.00	10.60	.39

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## \*\*\* power flow in transformer \*\*\*

trans no.	from bus	to bus	flow from bus e		flow to bus f		loss	
	e	f	MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR
1	6	9	14.63	-6.66	-14.63	7.17	.00	.51
2	6	10	11.75	1.79	-11.75	-1.04	.00	.74
3	4	12	26.70	9.62	-26.70	-7.75	.00	1.37
4	28	27	17.85	1.32	-17.85	-.11	.00	1.21

## \*\*\* system total \*\*\*

	MW	MVAR
generation	290.33	101.30
load	283.40	101.51
line charging	.00	35.59
static capacitor	.00	.00
loss	6.9313	26.1890
mismatch	.0016	9.1913

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### ประวัติผู้เขียน

นาย เทอดทรงชัย พุทธิศรี เกิดเมื่อวันที่ 11 ตุลาคม พ.ศ. 2508 มีภูมิลำเนาอยู่ที่ จังหวัดเชียงใหม่ สำเร็จปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จาก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2530 หลังจากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในบัณฑิตวิทยาลัย ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาพลังงาน ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ระหว่างปีการศึกษา 2530 ถึง 2531 ได้ทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยวิจัยของห้องปฏิบัติการวิจัยระบบพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย