บทที่ 3

การวิเคราะห์โหลดโฟลว์และการวิเคราะห์โหลดโฟลว์แบบต่อเนื่อง

3.1 การวิเคราะห์โหลดโฟลว์ [11,12,15]

การวิเคราะห์โหลดโฟลว์ในระบบไฟฟ้ากำลังเป็นการวิเคราะห์เพื่อใช้สำหรับจำลองสภาวะการทำงานของระบบ โดยกำหนดเงื่อนไขว่าเมื่อระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่โหลดทั้งระบบคงที่ค่าหนึ่ง ถ้าหากทำการควบคุมสภาพการทำงานบางอย่างในระบบ เช่น ควบคุมกำลังผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าบางยูนิต ควบคุมขนาดแรงดันของบางบัสแล้ว ระบบจะยังคงทำงานในสภาวะปกติได้หรือไม่ การตรวจสอบว่าระบบจะทำงานได้ตามปกติหรือไม่นั้น ต้องดำเนินการวิเคราะห์หาค่าของตัวแปรที่ไม่ถูกควบคุม คือ กำลังผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ายูนิตที่ไม่ถูกควบคุม ขนาดแรงดันของบัสที่ไม่ถูกควบคุม ตลอดจนกำลังไฟฟ้าที่ส่งผ่านสายส่ง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์นี้จะสะท้อนให้เห็นว่าระบบจะสามารถทำงานในสภาวะปกติได้ต่อไปหรือไม่ การวิเคราะห์โหลดโฟลว์ในระบบไฟฟ้ากำลังจึงมีประโยชน์สำคัญ 3 ประการ คือ

1. ช่วยสำหรับการดำเนินการควบคุมการทำงานของระบบ
2. ช่วยสำหรับการออกแบบระบบ
3. ช่วยสำหรับการวางแผนดำเนินงานของระบบ

3.1.1 การจำแนกประเภทของบัสในระบบไฟฟ้ากำลัง

ระบบไฟฟ้ากำลังระบบหนึ่งจะประกอบด้วยบัสจำนวนมากมาย บัสเหล่านี้สามารถจำแนกตามการควบคุมค่าตัวแปรที่บัสได้ 3 ประเภท คือ

1) โหลดบัส (Load Bus)

โหลดบัสเป็นบัสในระบบที่ไม่ต่อเชื่อมอยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า บัสประเภทนี้มีการควบคุมค่า P และ Q ให้คงที่ ส่วนค่า $|V|$ และ δ ยอมให้มีการเปลี่ยนแปลงได้แต่ต้องมีค่าอยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้

ตัวแปรที่ควบคุมค่า คือ P , Q

ตัวแปรที่ไม่ควบคุมค่า คือ $|V|$, δ

2) บัสควบคุมแรงดัน (PV Bus)

บัสทุกบัสในระบบที่ต่ออยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นบัสควบคุมแรงดันยกเว้นบัสอ้างอิง บัสประเภทนี้มีการควบคุมค่า P และ |V| ให้คงที่ ส่วนค่า Q และ δ ยอมให้มีการเปลี่ยนแปลงได้แต่ต้องมีค่าอยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้

ตัวแปรที่ควบคุมค่า คือ P , |V|

ตัวแปรที่ไม่ควบคุมค่า คือ Q , δ

3) บัสอ้างอิง (Slack Bus)

บัสอ้างอิงเป็นบัสที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่ออยู่บัสหนึ่งในระบบ ซึ่งทำหน้าที่ชดเชยค่ากำลังจริงและกำลังรีแอกทีฟสูญเสียที่เกิดขึ้น บัสประเภทนี้มีการควบคุมค่า |V| และ δ ให้คงที่ ส่วนค่า P และ Q ยอมให้มีการเปลี่ยนแปลงได้แต่ต้องมีค่าอยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้

ตัวแปรที่ควบคุมค่า คือ |V| , δ

ตัวแปรที่ไม่ควบคุมค่า คือ P , Q

3.1.2 สมการโหลดโฟลว์

สมการโหลดโฟลว์ สามารถเขียนในรูปของกำลังไฟฟ้าที่ไหลเข้าบัส และแรงดันที่บัสได้ดังนี้

$$P_i - jQ_i = V_i^* \sum_{j=1}^{N} Y_{ij} V_j \tag{3.1}$$

โดยที่

P_i = กำลังจริงที่ไหลเข้าสู่บัส i

Q_i = กำลังรีแอกทีฟที่ไหลเข้าสู่บัส i

V_i, V_j = แรงดันไฟฟ้าที่บัส i และ บัส j ตามลำดับ

V_i^* = สังยุคเชิงซ้อนของแรงดันไฟฟ้าที่บัส i

Y_{ij} = สมาชิกในตำแหน่งที่ (i , j) ของบัสแอดมิตแตนซ์เมตริกซ์

N = จำนวนบัสทั้งหมดในระบบไฟฟ้า

เมื่อพิจารณา (3.1) จะสามารถเขียนสมการแสดงค่ากำลังจริงและกำลังรีแอกทีฟที่จ่ายเข้าไปยังบัส i ของระบบไฟฟ้ากำลังที่ประกอบไปด้วยบัสจำนวน N บัส ได้

$$P_i = \sum_{j=1}^{N} | Y_{ij}V_iV_j | \cos(\theta_{ij} + \delta_j - \delta_i) \tag{3.2}$$

$$Q_i = \sum_{j=1}^{N} | Y_{ij}V_iV_j | \sin(\theta_{ij} + \delta_j - \delta_i) \tag{3.3}$$

P_i, Q_i	=	กำลังจริงและกำลังรีแอกทีฟที่จ่ายเข้าบัส i
$\|V_i\|, \delta_i$	=	ขนาดและมุมเฟสของแรงดันบัสที่บัส i
$\|V_j\|, \delta_j$	=	ขนาดและมุมเฟสของแรงดันบัสที่บัส j
$\|Y_{ij}\|, \theta_{ij}$	=	สมาชิกตำแหน่ง (i, j) ของเมตริกซ์แอดมิตแตนซ์ของระบบ

3.1.3 การวิเคราะห์โหลดโฟลว์โดยวิธีนิวตัน-ราฟสัน

(3.2) และ (3.3) เรียกว่าสมการโหลดโฟลว์ ซึ่งเป็นสมการที่มีลักษณะไม่เป็นเชิงเส้น การวิเคราะห์โหลดโฟลว์โดยใช้วิธีนิวตัน-ราฟสัน จะเปลี่ยนสมการโหลดโฟลว์ให้อยู่ในรูปสมการเชิงเส้นโดยใช้การกระจายของอนุกรมเทเลอร์ (Taylor series expansion) กระจายฟังก์ชันของ P และ Q รอบจุดเริ่มต้นและไม่คิดเทอมอนุพันธ์อันดับสองขึ้นไป เขียนให้อยู่ในรูปของสมการความคลาดเคลื่อนของกำลังจริงและกำลังรีแอกทีฟเป็นเมตริกซ์ได้

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta\delta \\ |\Delta V| \end{bmatrix} \tag{3.4}$$

โดยที่

$\Delta P, \Delta Q$	=	เวคเตอร์ความคลาดเคลื่อนของกำลังจริงและกำลังรีแอกทีฟของแต่ละบัส
$\Delta\delta$	=	เวคเตอร์ของมุมเฟสของแรงดันที่บัส
$\Delta\|V\|$	=	เวคเตอร์ของขนาดของแรงดันที่บัส
J_1, J_2, J_3, J_4	=	เมตริกซ์จาโคเบียนย่อย (Sub jacobian matrix)

การคำนวณค่าสมาชิกของจาโคเบียน

ทำได้ดังนี้ คือ

สมาชิกของ $[J_1]$

สมาชิกในแนวทแยงมุม : $\dfrac{\partial P_i}{\partial \delta_i} = \sum_{j \neq i} |V_i||V_j||Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j)$ (3.5)

สมาชิกนอกแนวทแยงมุม : $\dfrac{\partial P_i}{\partial \delta_j} = -|V_i||V_j||Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad j \neq i$ (3.6)

สมาชิกของ $[J_2]$

สมาชิกในแนวทแยงมุม : $\dfrac{\partial P_i}{\partial |V_i|} = 2|V_i||Y_{ii}| \cos\theta_{ii} + \sum_{j \neq i} |V_j||Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j)$ (3.7)

สมาชิกนอกแนวทแยงมุม : $\dfrac{\partial P_i}{\partial |V_j|} = |V_i||Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad j \neq i$ (3.8)

สมาชิกของ $[J_3]$

สมาชิกในแนวทแยงมุม : $\dfrac{\partial Q_i}{\partial \delta_i} = \sum_{j \neq i} |V_i||V_j||Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j)$ (3.9)

สมาชิกนอกแนวทแยงมุม : $\dfrac{\partial Q_i}{\partial \delta_j} = -|V_i||V_j||Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad j \neq i$ (3.10)

สมาชิกของ $[J_4]$

สมาชิกในแนวทแยงมุม : $\dfrac{\partial Q_i}{\partial |V_i|} = -2|V_i||Y_{ii}| \sin\theta_{ii} - \sum_{j \neq i} |V_j||Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j)$ (3.11)

สมาชิกนอกแนวทแยงมุม : $\dfrac{\partial Q_i}{\partial |V_j|} = -|V_i||Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad j \neq i$ (3.12)

แต่ละสมาชิกของ ΔP และ ΔQ ใน (3.4) สามารถคำนวณได้ดังนี้

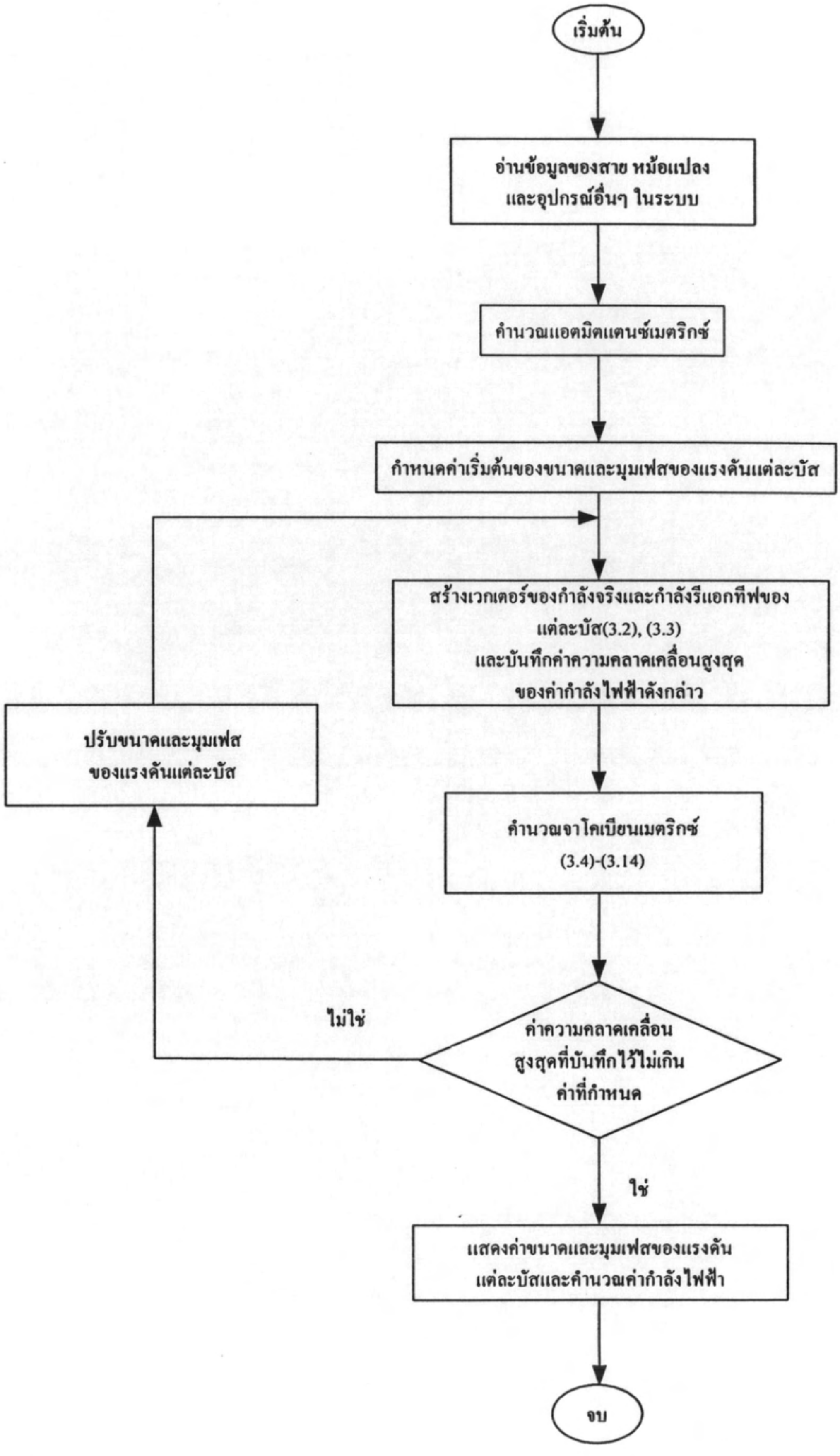
$$\Delta P_i^{(k)} = P_i - P_i^{(k)} \tag{3.13}$$

$$\Delta Q_i^{(k)} = Q_i - Q_i^{(k)} \tag{3.14}$$

โดยที่

$\Delta P_i^{(k)}$	=	สมาชิกตัวที่ i ของเวคเตอร์ความคลาดเคลื่อนกำลังจริง
$\Delta Q_i^{(k)}$	=	สมาชิกตัวที่ i ของเวคเตอร์ความคลาดเคลื่อนกำลังรีแอกทีฟ
P_i	=	กำลังจริงที่ไหลเข้าสู่บัส i
Q_i	=	กำลังรีแอกทีฟที่ไหลเข้าสู่บัส i
$P_i^{(k)}$	=	ค่ากำลังจริงที่คำนวณได้จาก (3.2) สำหรับบัส i
$Q_i^{(k)}$	=	ค่ากำลังรีแอกทีฟที่คำนวณได้จาก (3.3) สำหรับบัส i

การคำนวณโหลดโฟลว์โดยวิธีนิวตัน-ราฟสันนั้นจำเป็นต้องทำการคำนวณที่ (3.4) ซ้ำ เพื่อหาค่าที่จะนำไปปรับเปลี่ยนค่ามุมกับขนาดแรงดันที่แต่ละบัส ได้แก่ $\Delta\delta$ และ $\Delta|V|$ จากนั้นจึงนำไปใช้เป็นค่าเริ่มต้นสำหรับการคำนวณในรอบถัดไป จนกระทั่งค่าความคลาดเคลื่อนของกำลังจริงและกำลังรีแอกทีฟที่ทุกบัสในระบบน้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้จึงหยุดคำนวณ เราสามารถสรุปขั้นตอนการคำนวณโหลดโฟลว์โดยวิธีนิวตัน-ราฟสัน ได้ดังรูปที่ (3.1)



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการคำนวณโหลดโฟลว์โดยวิธีนิวตัน-ราฟสัน

3.2 การวิเคราะห์โหลดโฟลว์แบบต่อเนื่อง [4,5,14]

การวิเคราะห์โหลดโฟลว์แบบต่อเนื่องจะเริ่มวิเคราะห์ระบบในกรณีโหลดฐานไปจนกระทั่งระบบถึงจุดวิกฤต ซึ่งพัฒนามาจากการวิเคราะห์โหลดโฟลว์แบบนิวตัน-ราฟสัน โดยใช้ตัวปรับค่าและตัวทำนายค่า เพื่อประมาณค่าตามโหลดที่เพิ่มขึ้น วิธีนี้มีข้อดี คือ สามารถหาค่าคำตอบได้ที่จุดวิกฤต ซึ่งถ้าใช้วิธีโหลดโฟลว์ธรรมดาจะไม่สามารถอินเวอร์สเมตริกซ์เพื่อหาค่าคำตอบได้ เนื่องจากที่จุดวิกฤตค่าดีเทอร์มิแนนท์ของเมตริกซ์จาโคเบียนจะเท่ากับ 0

จากสมการกำลังไฟฟ้าที่บัส ได้

$$0 = P_{Gi} - P_{Li} - P_{Ti} \tag{3.15}$$

$$0 = Q_{Gi} - Q_{Li} - Q_{Ti} \tag{3.16}$$

โดยที่

$$P_{Ti} = \sum_{j=1}^{n} V_i V_j y_{ij} \cos(\delta_i - \delta_j - \gamma_{ij}) \tag{3.17}$$

$$Q_{Ti} = \sum_{j=1}^{n} V_i V_j y_{ij} \sin(\delta_i - \delta_j - \gamma_{ij}) \tag{3.18}$$

P_{Ti}, Q_{Ti} = กำลังจริงและกำลังรีแอกทีฟที่จ่ายเข้าสู่ระบบ
P_{Gi}, Q_{Gi} = กำลังจริงและกำลังรีแอกทีฟที่จ่ายจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
P_{Li}, Q_{Li} = กำลังจริงและกำลังรีแอกทีฟที่จ่ายให้โหลด
V_i, V_j = ขนาดของแรงดันที่บัส i และ บัส j
y_{ij} = ค่าของบัสแอดมิตแตนท์เมตริกซ์ที่ตำแหน่ง i, j
γ_{ij} = มุมเฟสของบัสแอดมิตแตนท์เมตริกซ์ที่ตำแหน่ง i , j
δ_i, δ_j = มุมของแรงดันที่บัส i และ บัส j

เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโหลด ตัวแปร P_{Li} และ Q_{Li} จะเปลี่ยนแปลง โดยสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน ส่วนแรกมีค่าเท่ากับโหลดเริ่มต้น ส่วนที่ 2 ค่าจะเปลี่ยนแปลงตามโหลด

สมการความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับการเปลี่ยนแปลงของโหลด คือ

$$P_{Li} = P_{Lio} + \lambda(k_{Li} S_{\Delta base} \cos\psi_i) \tag{3.19}$$

$$Q_{Li} = Q_{Lio} + \lambda(k_{Li} S_{\Delta base} \sin\psi_i) \tag{3.20}$$

กำหนดให้

$$0 \le \lambda \le \lambda_{critical}$$

ณ จุด $\lambda = 0$ คือ ค่าโหลดฐาน (base load) หรือโหลด ณ จุดทำงานปกติก่อนที่จะมีการเปลี่ยนแปลงของโหลด

λ	=	ตัวประกอบโหลด
$\lambda_{critical}$	=	ตัวประกอบโหลด ณ จุดวิกฤต
P_{Lio}, Q_{Lio}	=	กำลังจริงและกำลังรีแอกทีฟที่จ่ายให้โหลดเริ่มต้น
k_{Li}	=	ค่าคงที่แสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงของโหลดที่บัส i
ψ_i	=	มุมของตัวประกอบกำลังที่บัส i
$S_{\Delta base}$	=	กำลังปรากฏที่ใช้เป็นค่าฐานแต่ละบัส

ในทำนองเดียวกันสมการความสัมพันธ์ระหว่างกำลังจริงที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงของโหลดคำนวณได้

$$P_{Gi} = P_{Gio}(1 + \lambda k_{Gi}) \tag{3.21}$$

P_{Gio}	=	กำลังจริงที่จ่ายจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเริ่มต้น
k_{Gi}	=	ค่าคงที่แสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

นำ (3.17) - (3.21) แทนลงใน (3.15) และ (3.16) ได้

$$0 = P_{Gio}(1 + \lambda k_{Gi}) - P_{Li0} - \lambda(k_{Li} S_{\Delta base} \cos\psi_i) - P_{Ti} \tag{3.22}$$

$$0 = Q_{Gio} - Q_{Li0} - \lambda(k_{Li} S_{\Delta base} \sin\psi_i) - Q_{Ti} \tag{3.23}$$

เขียนให้อยู่ในรูปของเซตสมการได้

$$\underline{F}(\underline{\delta},\underline{V},\lambda)=\underline{0}\ ; \qquad 0\le\lambda\le\lambda_{critical} \tag{3.24}$$

$\underline{F}$ = เซตของสมการที่เกี่ยวข้องทั้งหมด

$\underline{\delta}$ = เวคเตอร์มุมของแรงดันบัส

$\underline{V}$ = เวคเตอร์ของขนาดแรงดันบัส

โดยที่ $(\underline{\delta}_0,\underline{V}_0,\lambda_0)$ เป็นจุดเริ่มต้นของการคำนวณในการวิเคราะห์โหลดโฟลว์แบบต่อเนื่อง ซึ่งหาได้จากการวิเคราะห์โหลดโฟลว์ที่กรณีโหลดฐาน

การทำนายค่าในขั้นถัดไปโดยใช้ตัวทำนายค่า หลักการ คือ ขั้นแรกคำนวณหาความชันของกราฟที่จุดเริ่มต้น ซึ่งคำนวณจากการหาอนุพันธ์ของสมการ โหลดโฟลว์ ได้

$$d[\underline{F}(\underline{\delta},\underline{V},\lambda)]=\underline{F}_{\delta}d\underline{\delta}+\underline{F}_{v}d\underline{V}+\underline{F}_{\lambda}d\lambda=\underline{0} \tag{3.25}$$

เขียนในรูปเมตริกซ์ได้

$$\begin{bmatrix}\underline{F}_{\delta} & \underline{F}_{v} & \underline{F}_{\lambda}\end{bmatrix}*\begin{bmatrix}d\underline{\delta}\\ d\underline{V}\\ d\lambda\end{bmatrix}=\underline{0} \tag{3.26}$$

หรือ

$$\begin{bmatrix}\dfrac{\partial P}{\partial\delta} & \dfrac{\partial P}{\partial V} & \dfrac{\partial P}{\partial\lambda}\\ \dfrac{\partial Q}{\partial\delta} & \dfrac{\partial Q}{\partial V} & \dfrac{\partial Q}{\partial\lambda}\end{bmatrix}*\begin{bmatrix}d\underline{\delta}\\ d\underline{V}\\ d\lambda\end{bmatrix}=\underline{0} \tag{3.27}$$

สมการ โหลดโฟลว์แบบต่อเนื่องจะมีตัวแปรโหลดพารามิเตอร์เพิ่มเข้ามาจากเดิมที่มีตัวแปรเพียง 2 ตัว คือ มุมเฟสของแรงดันและขนาดของแรงดันทำให้มีตัวแปร 3 ตัว แต่มีเพียง 2 สมการ คือ สมการอนุพันธ์ของกำลังจริง และกำลังรีแอกทีฟเท่านั้น ดังนั้นจึงต้องเพิ่มสมการเข้าไปเพื่อให้แก้สมการหาค่าได้แต่ไม่ทำให้คำตอบผิดเพี้ยน เมื่อลองพิจารณาค่าตัวแปรทั้ง 3 ตัวของสมการเมตริกซ์พบว่าแรงดันกับมุมเฟสเป็นค่าที่ต้องการหาเมื่อโหลดมีขนาดเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าทั้ง 2 นี้

อาจจะมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้ไม่แน่นอน ดังนั้นจึงมีการเติมค่าเมตริกซ์แถวที่ 3 (Unit Matrix) ในจาร์โคเบียนเมตริกซ์เดิม ได้

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial P}{\partial \delta} & \frac{\partial P}{\partial V} & \frac{\partial P}{\partial \lambda} \\ \frac{\partial Q}{\partial \delta} & \frac{\partial Q}{\partial V} & \frac{\partial Q}{\partial \lambda} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} d\underline{\delta} \\ d\underline{V} \\ d\lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \pm 1 \end{bmatrix} \tag{3.28}$$

ซึ่งค่าในแถวที่ 3 ของเมตริกซ์ผลลัพธ์จะเป็น -1 หรือ 1 ขึ้นอยู่กับว่าจุดทำงานที่หาได้นั้นผ่านจุดวิกฤติไปแล้วหรือไม่ ซึ่งถ้าจุดทำงานยังไม่ผ่านจุดวิกฤติค่าคงที่จะมีค่าเท่ากับ 1 และถ้าผ่านจุดวิกฤตไปแล้วค่าคงที่จะเท่ากับ -1

จาก (3.28) และวิธีการแก้สมการเมตริกซ์โดยวิธีอินเวอร์สเมตริกซ์จะสามารถหาเมตริกซ์ความชัน ได้

$$\begin{bmatrix} d\underline{\delta} \\ d\underline{V} \\ d\lambda \end{bmatrix} = [J]^{-1} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \tag{3.29}$$

ดังนั้นค่าต่างๆ ของระบบที่ได้จากการทำนายค่า (Predicted Value) มีค่าเท่ากับค่าเดิมรวมผลคูณระหว่างความกว้างของช่วงที่ใช้ในการคำนวณกับความชันของเส้นโค้งดังนี้

$$\begin{bmatrix} \underline{\delta}* \\ \underline{V}* \\ \lambda* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{\delta} \\ \underline{V} \\ \lambda \end{bmatrix} + \sigma \begin{bmatrix} d\underline{\delta} \\ d\underline{V} \\ d\lambda \end{bmatrix} \tag{3.30}$$

σ = ความกว้างของช่วง

ซึ่งค่าความกว้างของช่วงที่ใช้ในการเพิ่มค่าในการคำนวณแต่ละรอบจะมีความสำคัญในการหาค่าจุดวิกฤติของระบบมากเพราะจะมีผลต่อความเร็ว และความแม่นยำในการคำนวณ

ค่าที่ได้จากสมการทำนายค่าเป็นค่าโดยประมาณเท่านั้น จึงต้องมีตัวปรับค่าที่ได้จากการทำนายเข้าสู่ค่าจริงให้มากที่สุด โดยปกติการปรับค่าเพื่อลดความผิดพลาดของการคำนวณนี้จะ

พยายามปรับค่าเข้าสู่ค่าจริงให้ได้มากที่สุดหรือการดึงค่าที่ได้จากขั้นตอนของการทำนายค่ากลับเข้าสู่เส้นกราฟ ความสัมพันธ์ให้ได้มากที่สุด

โดยปกติการปรับค่าเพื่อลดความผิดพลาดของการคำนวณนี้จะพยายามปรับค่าเข้ามาอยู่ภายในช่วงที่ยอบรับได้ นั่นคือจะมีการตั้งเงื่อนไขค่าผิดพลาดที่ยอมรับได้ (ε) ขึ้นมาก่อนเพื่อเป็นจุดซึ่งใช้ยุติการคำนวณ ซึ่งตรวจสอบหาค่าผิดพลาดที่ยังมีอยู่ในแต่ละรอบของการคำนวณจะอาศัยหลักการที่ว่าโดยปกติค่าที่ถูกต้องของผลคูณจาโคเบียนเมตริกซ์กับเมตริกซ์ค่าผิดพลาดจะต้องมีค่าเท่ากับศูนย์ หรือน้อยกว่าค่าผิดพลาดที่ยอมรับได้ ดังนั้นในแต่ละรอบของการคำนวณ ถ้าค่าที่ได้จากการคำนวณถูกต้องแล้วผลคูณของสมการเมตริกซ์จะต้องมีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนี้

$$\begin{bmatrix} F_\delta^* & F_V^* & F_\lambda^* \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \Delta\underline{\delta} \\ \Delta\underline{V} \\ \Delta\lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f(x,\lambda) - f^*(x,\lambda) \\ 0 \end{bmatrix} \tag{3.31}$$

โดยที่ $f^*(x,\lambda)$ ได้จากการแทนค่า $\begin{bmatrix} \underline{\delta}* \\ \underline{V}* \\ \lambda* \end{bmatrix}$ ที่ได้จาก (3.30) ลงใน (3.22) และ (3.23) ตามลำดับ

$\begin{bmatrix} \Delta\underline{\delta} \\ \Delta\underline{V} \\ \Delta\lambda \end{bmatrix}$ คือ เมตริกซ์ค่าผิดพลาดที่ทำนายค่าผิดไปจากค่าจริง

$\begin{bmatrix} F_\delta^* & F_V^* & F_\lambda^* \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ คือ จาโคเบียนเมตริกซ์ที่ได้จากการแทนค่าที่ได้จากการทำนายลงไปในจาโคเบียนเมตริกซ์เดิม

เพราะฉะนั้นจะได้ค่าที่จะต้องแก้ไข (Corrector Value) ดังนี้

$$\begin{bmatrix} \Delta\underline{\delta} \\ \Delta\underline{V} \\ \Delta\lambda \end{bmatrix} = -\begin{bmatrix} F_\delta^* & F_V^* & F_\lambda^* \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}^{-1} * \begin{bmatrix} f(x,\lambda) - f^*(x,\lambda) \\ 0 \end{bmatrix} \tag{3.32}$$

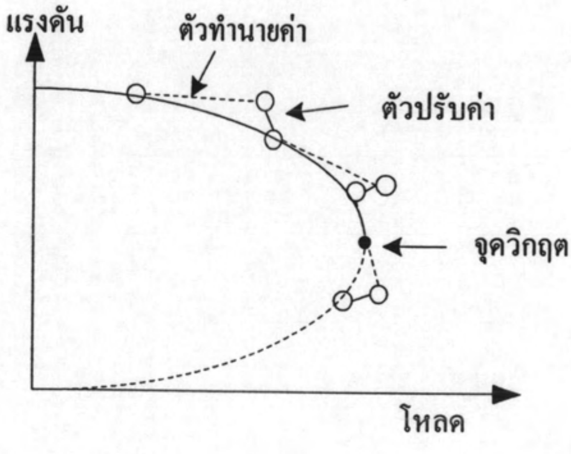
หากค่าที่จะได้จาก (3.32) ทั้ง 3 ค่าน้อยกว่าค่าผิดพลาดที่ยอมรับได้ และจะถือว่าค่าของแรงดันมุมเฟส ค่าคงที่ของโหลด ณ จุดนั้นถูกต้องแล้ว และสามารถจะหยุดการคำนวณในรอบนั้นและนำคำตอบไปใช้ได้ แต่ถ้าค่าผิดพลาดยังมากกว่าขอบเขตที่ยอมรับได้อยู่จะต้องนำค่าผิดพลาดที่ได้นี้ไปรวมกับค่าที่ได้จากการคำนวณในขั้นตอนของการแก้ไขค่าก่อนหน้านี้เพื่อปรับค่าให้ถูกต้องขึ้นดังนี้

$$\begin{bmatrix} \underline{\delta}' \\ \underline{V}' \\ \lambda' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{\delta}^* \\ \underline{V}^* \\ \lambda^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta\underline{\delta} \\ \Delta\underline{V} \\ \Delta\lambda \end{bmatrix} \tag{3.33}$$

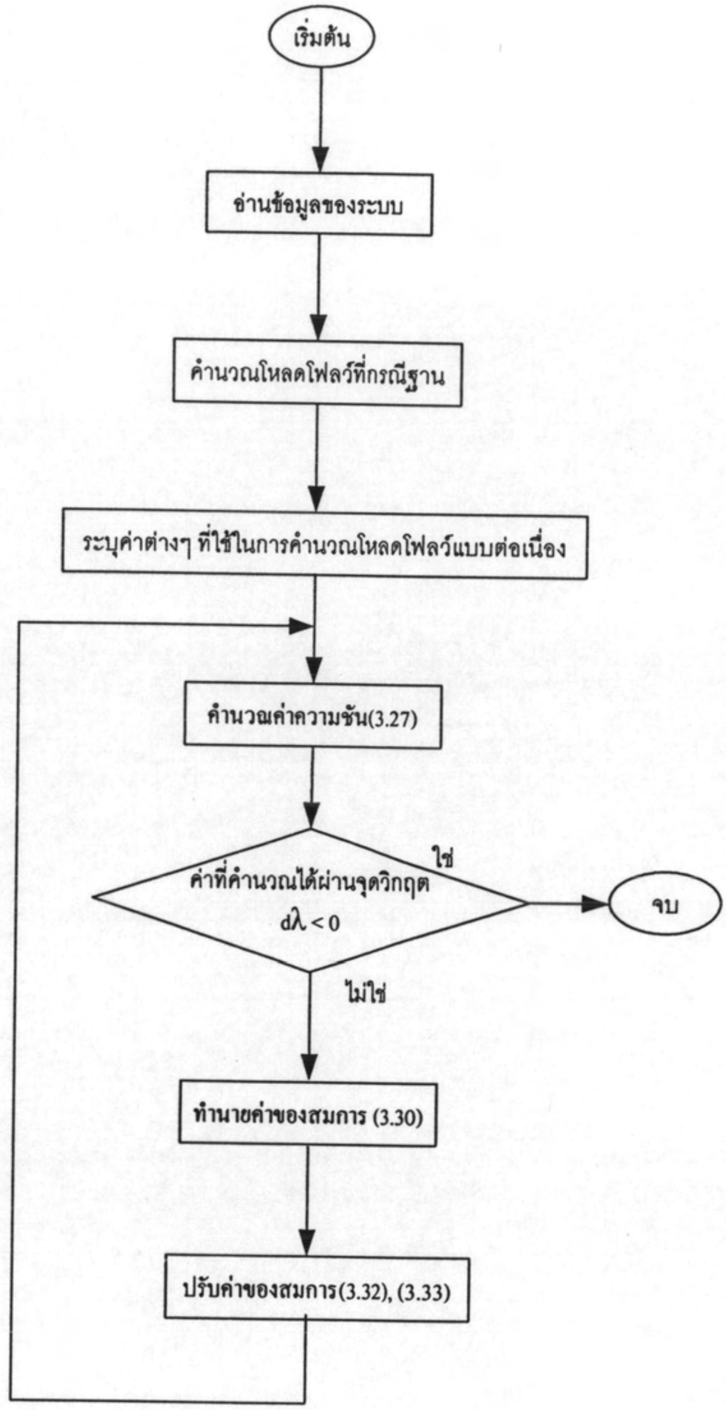
แล้วจึงเริ่มต้นคำนวณในขั้นตอนของการแก้ไขค่าใหม่อีกครั้งหนึ่ง

โดยที่ $\begin{bmatrix} \underline{\delta}' \\ \underline{V}' \\ \lambda' \end{bmatrix}$ คือ เมตริกซ์คำตอบที่ได้รับการแก้ไขค่าแล้ว และค่า $\begin{bmatrix} \underline{\delta}' \\ \underline{V}' \\ \lambda' \end{bmatrix}$ จะเป็นค่าเริ่มต้น

ของการคำนวณในรอบถัดไป จนกว่าจะถึงจุดวิกฤต



รูปที่ 3.2 แบบแผนของวิธีโหลดโฟลว์แบบต่อเนื่องโดยใช้ตัวทำนายค่าและตัวปรับค่า



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการคำนวณโหลดโฟลว์แบบต่อเนื่อง