บทที่ 4

การพิจารณาชนิด ขนาด และตำแหน่งของตัวเก็บประจุ

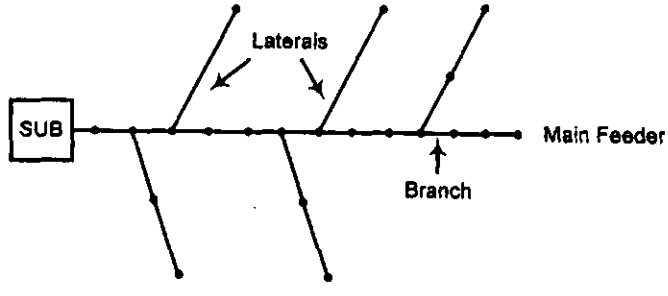
จุดประสงค์ของการติดตั้งตัวเก็บประจุกำลังในระบบจำหน่ายไฟฟ้านั้น เพื่อทำการลดกำลังสูญเสียที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า และปรับปรุงระดับแรงดันของระบบไฟฟ้าให้ดีขึ้น ในการติดตั้งตัวเก็บประจุโดยทั่วไปจะทำการพิจารณาถึงตำแหน่งที่จะทำการติดตั้ง ขนาดของตัวเก็บประจุ และชนิดของตัวเก็บประจุว่าเป็นแบบที่มีขนาดคงที่ หรือแบบสวิตช์ โดยลักษณะของปัญหาที่พิจารณานี้เป็นการหาผลที่เหมาะสมจากทางเลือกที่เป็นไปได้มากมาย ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าว ซึ่งอาศัยดัชนีความไวและกระบวนพิจารณาแบบต่อเนื่อง รวมทั้งจะกล่าวถึงแบบจำลองของโหลด และส่วนประกอบต่าง ๆ ในระบบไฟฟ้าด้วย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 แบบจำลองของส่วนประกอบต่าง ๆ ในระบบจำหน่ายไฟฟ้ากำลังที่ใช้ในการวิเคราะห์

แบบจำลองของส่วนประกอบต่าง ๆ ในระบบไฟฟ้าที่ใช้พิจารณาการติดตั้งตัวเก็บประจุในระบบจำหน่ายไฟฟ้ากำลัง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1.1 รูปแบบของระบบจำหน่ายไฟฟ้ากำลัง

ลักษณะของระบบจำหน่ายที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นสายป้อนแบบเรเดียลซึ่งประกอบด้วยสายป้อนหลัก (Main feeder) และสายป้อนย่อยที่แยกจากสายป้อนหลัก (Lateral feeders) ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.1 โดยระบบที่พิจารณาจะสมมติให้เป็นระบบสมดุลสามเฟส



รูปที่ 4.1 ลักษณะตัวอย่างของระบบจำหน่ายไฟฟ้ากำลัง

4.1.2 แบบจำลองของตัวเก็บประจุ

แบบจำลองของตัวเก็บประจุนั้นจะมีความสำคัญต่อการวางแผนติดตั้งตัวเก็บประจุ เนื่องจากแบบจำลองตัวเก็บประจุจะส่งผลต่อขนาดแรงดันที่บัสต่าง ๆ และค่ากำลังสูญเสียในระบบที่ได้จากการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า ซึ่งค่าต่าง ๆ เหล่านี้จะส่งผลต่อฟังก์ชันเป้าหมาย และข้อกำหนดของการหาค่าเหมาะสมโดยตรง

งานวิจัยในอดีต[4, 10-11] ได้จำลองตัวเก็บประจุเป็นแบบค่ากำลังคงที่ (Constant power) นั่นคือ เมื่อทำการติดตั้งตัวเก็บประจุขนาด Q_c (kVAR) แล้วกำลังรีแอกทีฟของโหลดที่บัสซึ่งติดตั้งตัวเก็บประจุจะลดลงเท่ากับ Q_c

ข้อดีของการจำลองตัวเก็บประจุแบบนี้คือ ทำให้การวิเคราะห์ฟังก์ชันเป้าหมาย โดยใช้วิธี และเทคนิคในการหาค่าเหมาะสมของฟังก์ชันเป้าหมายนั้นทำได้ง่าย แต่ข้อเสียที่สำคัญคือ จะได้ผลที่ผิดพลาดจากความเป็นจริงไปบ้าง เนื่องจากกำลังรีแอกทีฟที่จ่ายเข้าระบบจากตัวเก็บประจุจะแปรผันตามขนาดแรงดันของบัสที่ติดตั้งยกกำลังสอง[12]

ดังนั้นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะจำลองตัวเก็บประจุเป็นแบบค่าแอดมิตแตนซ์คงที่ (Constant admidtance) ซึ่งเมื่อทำการติดตั้งตัวเก็บประจุแล้ว จะคิดผลของตัวเก็บประจุโดยทำการเปลี่ยนแปลงค่าแอดมิตแตนซ์บัสของระบบดังนี้

$$Y_{pp}^{NEW} = Y_{pp}^{OLD} + Y_{shunt\,C} \qquad (4.1)$$

ซึ่งค่า $Y_{shunt\,C}$ สามารถหาได้จาก

$$Y_{shunt\,C} = (-Q_C / \text{Base Power})*j \qquad (4.2)$$

โดยที่

Y_{pp}^{OLD}, Y_{pp}^{NEW} คือสมาชิกของบัสแอดมิตแตนซ์บัส P ที่ติดตั้งตัวเก็บประจุ ก่อน และหลังทำการติดตั้งตามลำดับ (pu.)

$Y_{shunt\,C}$ คือแอดมิตแตนซ์ของตัวเก็บประจุที่ทำการติดตั้ง (pu.)

Q_C คือกำลังของตัวเก็บประจุ (kVAR)

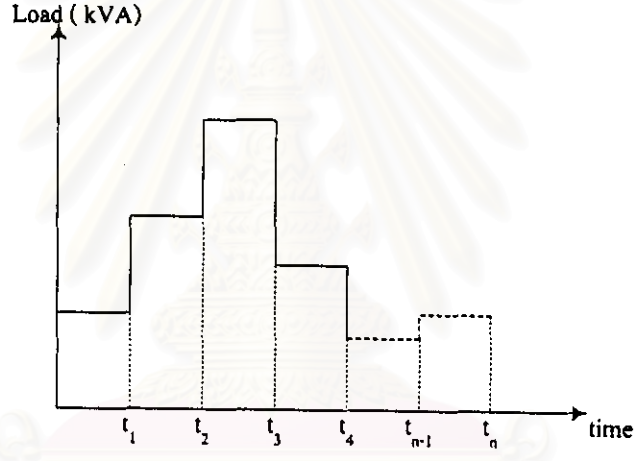
Base Power คือค่าฐานกำลังของระบบไฟฟ้า (kVA)

j คือ $\sqrt{-1}$

4.1.3 แบบจำลองโหลดของระบบ

แบบจำลองโหลดเป็นสิ่งสำคัญประการหนึ่งในการวางแผนติดตั้งตัวเก็บประจุ เนื่องจากแบบจำลองโหลดจะส่งผลต่อการคำนวณค่าต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณค่าของฟังก์ชันเป้าหมายเช่น กำลังสูญเสียที่เกิดขึ้น ระดับแรงดันในระบบไฟฟ้า

โดยทั่วไปความต้องการของผู้ใช้ไฟฟ้าที่แต่ละจุดในแต่ละเวลาจะไม่เหมือนกัน ดังนั้นงานวิจัยในอดีตที่ใช้แบบจำลองโหลดเป็นแบบเส้นโค้งช่วงเวลาโหลด (Load duration curve)[2,3] จะทำให้การคิดค่ากำลังสูญเสีย และระดับของแรงดันที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้าคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ดังนั้นเพื่อให้เกิดความถูกต้องมากขึ้นในการคำนวณค่าต่าง ๆ ดังกล่าว ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะใช้แบบจำลองโหลดสำหรับบัสต่าง ๆ ที่แปรเปลี่ยนตามเวลา (Time Varying Load) ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 4.2



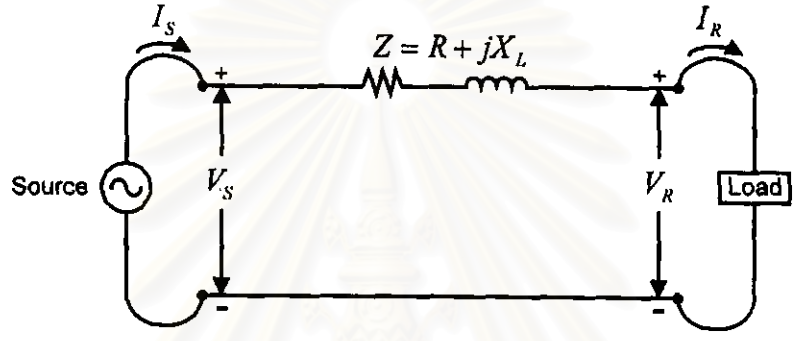
รูปที่4.2 ตัวอย่างโหลดที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา

t_1, t_2, t_3, ..., t_n คือช่วงเวลาที่ t_1 จนถึงช่วงเวลาที่ t_n ยกตัวอย่างเช่นถ้าใช้จำนวนช่วงเวลาโหลดเท่ากับ 24 ช่วงเวลาในการคำนวณ เวลาเริ่มต้นจะเริ่มตั้งแต่ 0.00 นาฬิกา ดังนั้น t_1 จะเท่ากับ 1.00 นาฬิกา และช่วงเวลาจะห่างกัน 1 ชั่วโมงจนกระทั่ง t_n คือ 24.00 นาฬิกา เป็นต้น

การใช้แบบจำลองโหลดดังกล่าวในแต่ละบัส จะมีลักษณะของรูปกราฟที่แตกต่างกันโดยจะพิจารณาที่แต่ละบัสว่าเป็นโหลดผู้ใช้ประเภทใด ซึ่งหลักเกณฑ์ในการแยกประเภทของโหลด และการเปลี่ยนแปลงของโหลดแต่ละเวลาของผู้ใช้แต่ละประเภท จะกล่าวไว้ในภาคผนวก ก และมีข้อสมมติฐานว่าการเปลี่ยนแปลงของโหลดที่แต่ละบัสนั้นจะมีลักษณะซ้ำกันทุกวัน ในระยะเวลา 1 ปีที่ทำการพิจาณาค่าของฟังก์ชันเป้าหมาย

4.1.4 แบบจำลองของสายป้อน

เนื่องจากสายป้อนของระบบจำหน่ายมักมีความยาวไม่เกิน 80-100 กิโลเมตร ดังนั้นแบบจำลองของสายป้อนจึงจัดอยู่ในประเภทของสายส่งระยะสั้น (Short Transmission Line) คุณสมบัติของสายส่งระยะสั้นคือ ไม่มีการคิดไลน์ชาร์จจิ้ง (Line Charging) ที่มีอยู่ในสายส่งมาคิดเนื่องจากมีค่าน้อยมาก มีแต่การนำเอาค่าอิมพีแดนซ์ (Impedance)ของสายป้อนมาคิดเท่านั้น ซึ่งสามารถแสดงวงจรสมมูลได้ดังรูปที่ 4.3 [9]



รูปที่ 4.3 วงจรสมมูลของสายส่งระยะสั้นหรือสายป้อนของระบบจำหน่าย

มีผลให้การคิดค่าแอดมิตแดนซ์เมตริกซ์ของระบบไฟฟ้า และค่ากำลังสูญเสียที่เกิดขึ้นในสายป้อน ก็จะไม่มีการนำผลจากไลน์ชาร์จจิ้งมาคำนวณด้วย

4.2 ดัชนีกำหนดตำแหน่งการติดตั้งตัวเก็บประจุ

สำหรับการเลือกตำแหน่งหรือบัสที่จะติดตั้งตัวเก็บประจุนั้นจะอาศัยหลักการที่ว่าตำแหน่งที่จะทำการติดตั้งตัวเก็บประจุนั้น ควรมีผลต่อการลดกำลังสูญเสียรวมในระบบลงสูงสุด ทั้งนี้ดัชนีดังกล่าวสามารถคำนวณได้โดยดัชนีความไว (Sensitivity index) ซึ่งเป็นอนุพันธ์ย่อยของกำลังจริงสูญเสียรวมของระบบเทียบกับกำลังรีแอกทีฟที่จ่ายเข้าระบบที่บัส i หรือ $\partial P_L / \partial Q_i$ ทั้งนี้ค่าดังกล่าว สามารถทำการคำนวนได้โดยเริ่มพิจารณาจากสมการกำลังปรากฏสูญเสียทั้งระบบคือ[5]

$$S_L = \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} V_i V_j Y_{ij} \qquad (4.3)$$

สมการกำลังจริงสูญเสียทั้งระบบคือ[5]

$$P_L = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} |V_i||V_j||Y_{ij}|\cos(\theta_i - \theta_j - \delta_{ij}) \qquad (4.4)$$

โดยที่

P_L คือค่ากำลังจริงสูญเสียทั้งหมดในระบบ

θ_i , θ_j คือ มุมของแรงดันที่บัส i และ บัส j ตามลำดับ

δ_{ij} คือมุมของสมาชิกแอดมิตแตนซ์เมตริกซ์แถว i หลัก j

อนุพันธ์ย่อยของกำลังจริงสูญเสียเทียบกับขนาดของแรงดันที่บัส i ($\partial P_L / \partial V_i$)[5]

$$\frac{\partial P_L}{\partial V_i} = 2\sum_{j=1}^{N} |V_j||Y_{ij}|\cos\delta_{ij}\cos(\theta_i - \theta_j) \qquad (4.5)$$

ส่วนอนุพันธ์ย่อยของกำลังจริงสูญเสียเทียบกับขนาดของมุมของแรงดันที่บัส i ($\partial P_L / \partial \theta_i$) [5]

$$\frac{\partial P_L}{\partial \theta_i} = -2|V_i|\sum_{j=1}^{N} |V_j||Y_{ij}|\cos\delta_{ij}\sin(\theta_i - \theta_j) \qquad (4.6)$$

จากสมการที่(4.5) สมการที่(4.6) และจาโคเบียนเมตริกซ์ที่ได้กล่าวในบทที่ 3 ทำให้สามารถคำนวณค่า $\partial P_L / \partial V_i$ ได้จากสมการดังนี้

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial P_L}{\partial \theta} \\ \frac{\partial P_L}{\partial V} \end{bmatrix} = \left[J^T\right] \begin{bmatrix} \frac{\partial P_L}{\partial P} \\ \frac{\partial P_L}{\partial Q} \end{bmatrix} \qquad (4.7)$$

ซึ่ง [J^T] คือจาโคเบียนเมตริกซ์ของโหลดโฟว์ทรานสโพส

$$[J^T] = \begin{bmatrix} \frac{\partial P}{\partial \theta} & \frac{\partial Q}{\partial \theta} \\ \frac{\partial P}{\partial V} & \frac{\partial Q}{\partial V} \end{bmatrix} \quad (4.8)$$

โดยที่

$\partial P/\partial \theta$ คือเมตริกซ์อนุพันธ์ย่อยของกำลังไฟฟ้าจริงสุทธิที่บัสเทียบกับมุมของแรงดันไฟฟ้าที่บัส

$\partial P/\partial V$ คือเมตริกซ์อนุพันธ์ย่อยของกำลังไฟฟ้าจริงสุทธิที่บัสเทียบกับขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่บัส

$\partial Q/\partial \theta$ คือเมตริกซ์อนุพันธ์ย่อยของกำลังรีแอกทีฟสุทธิที่บัสเทียบกับมุมของแรงดันไฟฟ้าที่บัส

$\partial Q/\partial V$ คือเมตริกซ์อนุพันธ์ย่อยของกำลังรีแอกทีฟสุทธิที่บัสเทียบกับขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่บัส

ความหมายของกำลังจริงสุทธิคือ กำลังจริงที่จ่ายเข้าระบบที่บัสหักออกด้วยกำลังจริงของโหลดที่บัสนั้น ส่วนความหมายของกำลังรีแอกทีฟสุทธิคือ กำลังรีแอกทีฟที่จ่ายเข้าระบบที่บัสนั้นหักออกด้วยกำลังรีแอกทีฟของโหลดที่บัสดังกล่าว ซึ่งรายละเอียดในการคำนวณนั้นจะเป็นไปตามสมการที่(3.26) ถึงสมการที่(3.33)

จากสมการที่(4.7) จะได้

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial P_L}{\partial P} \\ \frac{\partial P_L}{\partial Q} \end{bmatrix} = [J^T]^{-1} \begin{bmatrix} \frac{\partial P_L}{\partial \theta} \\ \frac{\partial P_L}{\partial V} \end{bmatrix} \quad (4.9)$$

โดยที่

$[J^T]^{-1}$ คืออินเวอร์สทรานสโพสของจาโคเบียนเมตริกซ์[4] ซึ่งเป็นไปตามสมการที่(4.10)

$$[J^T]^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{\partial \theta}{\partial P} & \frac{\partial V}{\partial P} \\ \frac{\partial \theta}{\partial Q} & \frac{\partial V}{\partial Q} \end{bmatrix} \quad (4.10)$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทำให้สามารถหาค่าเวคเตอร์ของอนุพันธ์ย่อยของกำลังจริงสูญเสียรวมของระบบเทียบกับกำลังรีแอกทีฟที่จ่ายเข้าระบบที่บัส [$\partial P_L / \partial Q$] ได้ดังสมการที่(4.11)

$$[\,\partial P_L / \partial Q\,] \;=\; [\,J_{L3} | J_{L4}\,] \begin{bmatrix} \dfrac{\partial P_L}{\partial \theta} \\ \dfrac{\partial P_L}{\partial V} \end{bmatrix} \tag{4.11}$$

ซึ่ง $J_{L3} = \partial\theta/\partial Q$ และ $J_{L4} = \partial V/\partial Q$ เป็นเมตริกย่อยของอินเวอร์สทรานสโพสของจาโคเบียนเมตริกซ์ โดยที่

$\partial\theta/\partial Q$ คืออนุพันธ์ย่อยของมุมของแรงดันบัสเทียบกับกำลังรีแอกทีฟที่จ่ายเข้าระบบ และ

$\partial V/\partial Q$ คืออนุพันธ์ย่อยของแรงดันบัสเทียบกับกำลังรีแอกทีฟที่จ่ายเข้าระบบ

ทั้งนี้บัสซึ่งมีค่าดัชนีดังกล่าวที่มีค่าติดลบมากที่สุด จะแสดงถึงตำแหน่งที่ทำการจ่ายกำลังรีแอกทีฟเข้าระบบ แล้วทำให้กำลังจริงสูญเสียลดลงได้สูงสุด บัสดังกล่าวจะถือว่าเป็นตำแหน่งที่เหมาะสมอันดับแรกในการติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้า ซึ่งจะพิจารณารายละเอียดในขั้นตอนการพิจารณาขนาด และตำแหน่งของตัวเก็บประจุ

4.3 ขั้นตอนการพิจารณาขนาด และตำแหน่งของตัวเก็บประจุ

ในการเลือกตำแหน่งและขนาดในการติดตั้งตัวเก็บประจุตามวิธีการที่ได้พิจารณาขึ้นนั้น จะพิจารณาติดตั้งตัวเก็บประจุแบบคงที่ก่อนทั้งนี้เนื่องจากตัวเก็บประจุแบบคงที่มีราคาที่ถูกกว่าตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ ถ้าทำการพิจารณาตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ก่อนจะทำให้ช่วงเวลาที่ต้องการรีแอกทีฟโหลดสูงจะติดตั้งขนาดของตัวเก็บประจุแบบสวิตช์เป็นจำนวนมาก ทำให้ค่าของฟังก์ชันเป้าหมายที่ได้เป็นค่าที่ไกลจากจุดเหมาะสม แต่ถ้าทำการพิจารณาตัวเก็บประจุแบบคงที่ก่อน จะทำให้การชดเชยรีแอกทีฟในช่วงเวลาที่ต้องการรีแอกทีฟโหลดสูงนั้นประกอบไปด้วยตัวเก็บประจุแบบคงที่ และแบบสวิตช์ จะทำให้มูลค่าของการลงทุนติดตั้งตัวเก็บประจุนั้นถูกลง จากเหตุผลที่กล่าวในขั้นต้นเมื่อทำการพิจารณาตัวเก็บประจุแบบคงที่แล้วก็จะพิจารณาว่าจะติดตัวเก็บประจุแบบสวิตช์หรือไม่ โดยมีกระบวนการพิจารณาดังนี้

4.3.1 ขั้นตอนการพิจารณาตัวเก็บประจุแบบคงที่

สำหรับขั้นตอนการพิจารณาตัวเก็บประจุแบบคงที่ มีขั้นตอนการพิจารณาดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 อ่านข้อมูลของระบบ และคำนวณฟังก์ชันเป้าหมาย

ขั้นตอนที่2 พิจารณาตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งตัวเก็บประจุ เนื่องจากตัวเก็บประจุแบบคงที่จะส่งผลต่อระบบทุกช่วงเวลาโหลด อย่างไรก็ดีค่า $\partial P_L/\partial Q_i$ ที่คำนวณได้เป็นดัชนีสำหรับโหลดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งเท่านั้น

เพื่อให้การพิจารณาตำแหน่งติดตั้งตัวเก็บประจุได้ตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดเมื่อใช้ฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการค่าต่ำสุด จึงใช้ค่า $\partial P_L/\partial Q_i$ เฉลี่ยทุกๆ ช่วงเวลามาจัดลำดับโดยการคิดค่า $\partial P_L/\partial Q_i$ เฉลี่ยจะมีการถ่วงน้ำหนัก (weight) ด้วยระยะเวลาที่เกิดขึ้นของแต่ละช่วงเวลา ดังนั้นค่า $\partial P_L/\partial Q_i$ เฉลี่ยจึงคำนวณได้จาก

$$(\partial P_L/\partial Q_i)_{average} = \sum_{i=1}^{N_T} (T_i/N_T) * \partial P_L/\partial Q_i \qquad (4.12)$$

โดยที่

$(\partial P_L/\partial Q_i)_{average}$ คือค่าดัชนีเฉลี่ยที่ใช้จัดลำดับ

T_i คือระยะเวลาของช่วงเวลาโหลด i (ชั่วโมง)

N_T คือจำนวนช่วงเวลาโหลด

$\partial P_L/\partial Q_i$ คือค่าดัชนีของช่วงเวลาโหลด i

สำหรับการใช้ฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการค่าสูงสุด ช่วงเวลาที่เกิดโหลดสูงสุดจะมีผลต่อฟังก์ชันเป้าหมายมากกว่าช่วงเวลาอื่นมาก เนื่องมาจากในสมการฟังก์ชันเป้าหมายได้มีการคิดมูลค่าของการลดกำลังสูญเสียสูงสุดด้วย ดังนั้นเพื่อความสะดวกและส่งผลดีต่อฟังก์ชันเป้าหมาย การใช้ค่า $\partial P_L/\partial Q_i$ สำหรับทำการจัดลำดับนั้นจะใช้ค่า $\partial P_L/\partial Q_i$ ที่คำนวณจากช่วงเวลาโหลดสูงสุด

ขั้นตอนที่ 3 เลือกขนาดของตัวเก็บประจุที่มีขนาดใหญ่กว่าขนาดที่ติดตั้งอยู่ในบัสที่ได้รับการเลือกอยู่ 1 ขั้น โดยเริ่มแรก ให้ทำการเลือกตัวเก็บประจุที่มีขนาดเล็กที่สุด การเลือกตัวเก็บประจุตามที่กล่าวมานั้นสามารถทำได้โดยสร้างรายการขนาด และราคาของตัวเก็บประจุขึ้นมาก่อน

ขั้นตอนที่ 4 ทำการติดตั้งตัวเก็บประจุที่เลือกไว้ในขั้นตอนที่ 3 ในบัสที่ทำการเลือกไว้ในขั้นตอนที่ 2 จากนั้นทำการคำนวณโหลดโฟว์ทุกช่วงเวลา และคำนวณฟังก์ชันเป้าหมาย

ขั้นตอนที่ 5 จากผลการคำนวณโหลดโฟว์ หากขนาดแรงดันบางบัสในช่วงโหลดเวลาใดเวลาหนึ่งไม่อยู่ในช่วงที่กำหนด ให้นำตัวเก็บประจุที่เพิ่งติดตั้งออกจากระบบ และพิจารณาตำแหน่งที่จะติดตั้งซึ่งเป็นบัสที่มีดัชนีรองลงไป แล้วย้อนกลับไปทำขั้นตอนที่ 3

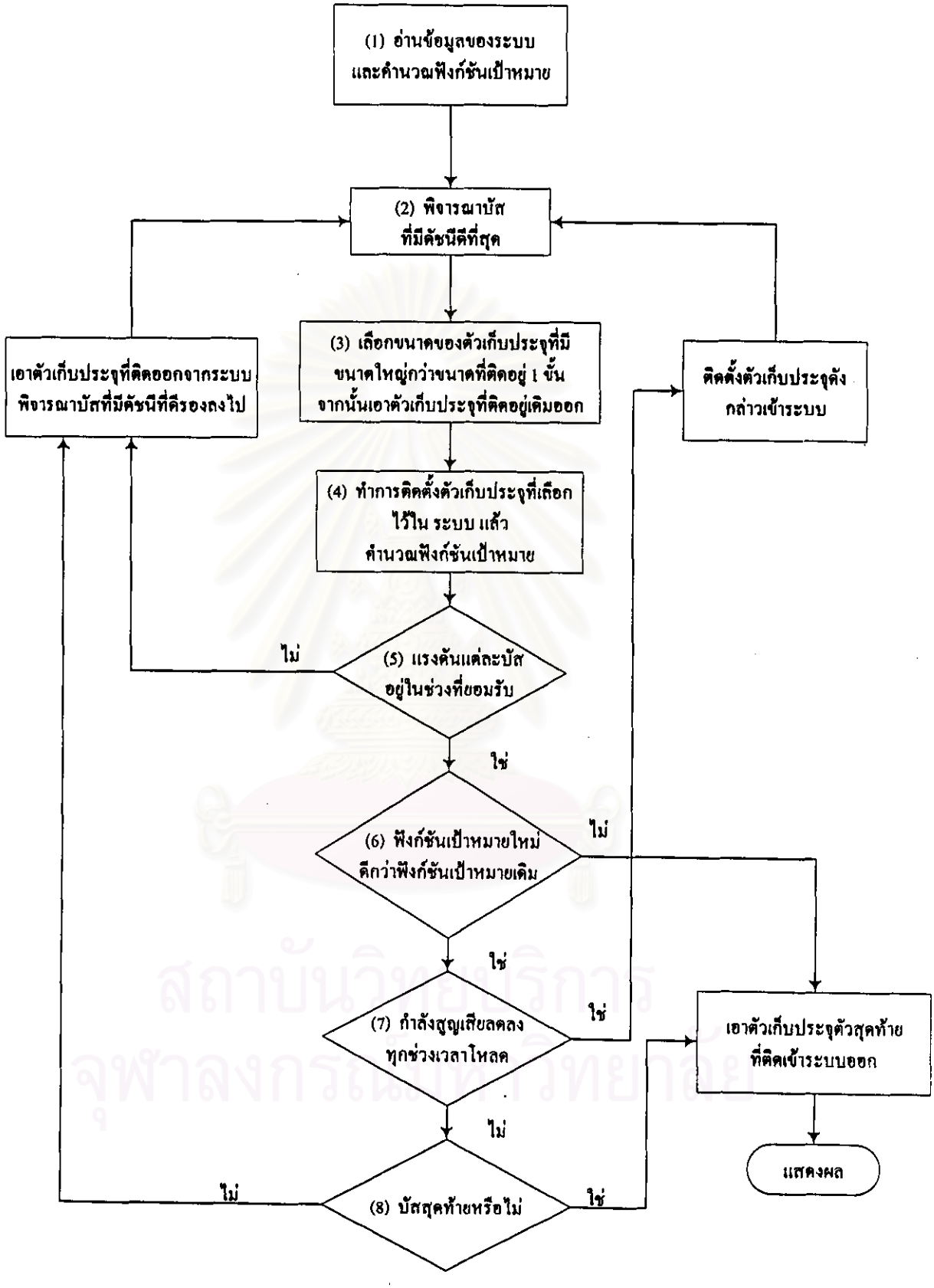
ขั้นตอนที่ 6 ถ้าขนาดแรงดันทุกบัสในทุกช่วงเวลาอยู่ในช่วงที่กำหนด และหากฟังก์ชันเป้าหมายมีค่าที่ดีกว่าเดิม ให้ทำขั้นตอนต่อไป ถ้าค่าของฟังก์ชันเป้าหมายแย่ลงกว่าเดิม ให้นำตัวเก็บประจุตัวสุดท้ายออก และหยุดกระบวนการค้นหาตอบ

ขั้นตอนที่ 7 พิจารณากำลังสูญเสียทุกช่วงเวลาโหลด ถ้ามีค่าน้อยกว่าทุกช่วงเวลา ให้ติดตัวเก็บประจุดังกล่าวในระบบแล้วย้อนไปขั้นตอนที่2 แต่ถ้าไม่เป็นไปตามเงื่อนไขให้ทำขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนที่ 8 พิจารณาว่าเป็นบัสสุดท้ายของการจัดลำดับหรือไม่ ถ้าไม่ใช่ให้เอาตัวเก็บประจุออกจากระบบ แล้วย้อนไปขั้นตอนที่ 2 แต่ถ้าเป็นบัสสุดท้ายให้เอาตัวเก็บประจุออกจากระบบแล้วหยุดกระบวนการค้นหาคำตอบ

จากที่กล่าวมาในข้างต้น สามารถสรุปเป็นแผนผังขั้นตอนได้ดังรูปที่ 4.4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.4 แผนผังขั้นตอนในการพิจารณาตัวเก็บประจุแบบคงที่

4.3.2 ขั้นตอนการพิจารณาตัวเก็บประจุแบบสวิตช์

สำหรับขั้นตอนในการพิจารณาตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะแสดงวิธีที่ใช้ในการพิจารณาไว้ 2 วิธี โดยวิธีแรกสามารถแสดงรายระเอียดได้ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 อ่านข้อมูลของระบบ และคำนวณฟังก์ชันเป้าหมาย

ขั้นตอนที่ 2 พิจารณาข้อมูลในช่วงเวลาที่เกิดโหลดสูงสุด แล้วเก็บคำตอบของการติดตั้งตัวเก็บประจุในขณะนั้นไว้

ขั้นตอนที่ 3 พิจารณาหาตำแหน่งที่เหมาะสมโดยใช้ดัชนีความไว ตัวเก็บประจุแบบสวิตช์จะส่งผลต่อฟังก์ชันเป้าหมายในช่วงเวลาโหลดสูงสุดมาก ดังนั้นดัชนีความไวที่ใช้สำหรับการพิจารณาตำแหน่งจะคำนวณ และจัดลำดับจากช่วงเวลาโหลดสูงสุด

ขั้นตอนที่ 4 เลือกขนาดของตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ที่มีขนาดใหญ่กว่าขนาดที่ติดตั้งอยู่ในบัสที่ได้รับการเลือกอยู่เพิ่มขึ้นอีก 1 ขั้น ถ้าในระหว่างกระบวนการไม่ได้มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ในบัสที่ได้รับการเลือก ให้เลือกตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ที่มีขนาดเล็กที่สุด การเลือกตัวเก็บประจุตามที่กล่าวมานั้นสามารถทำได้โดยสร้างรายการขนาด และราคาของตัวเก็บประจุขึ้นมาก่อนเช่นเดียวกับการพิจารณาตัวเก็บประจุแบบคงที่

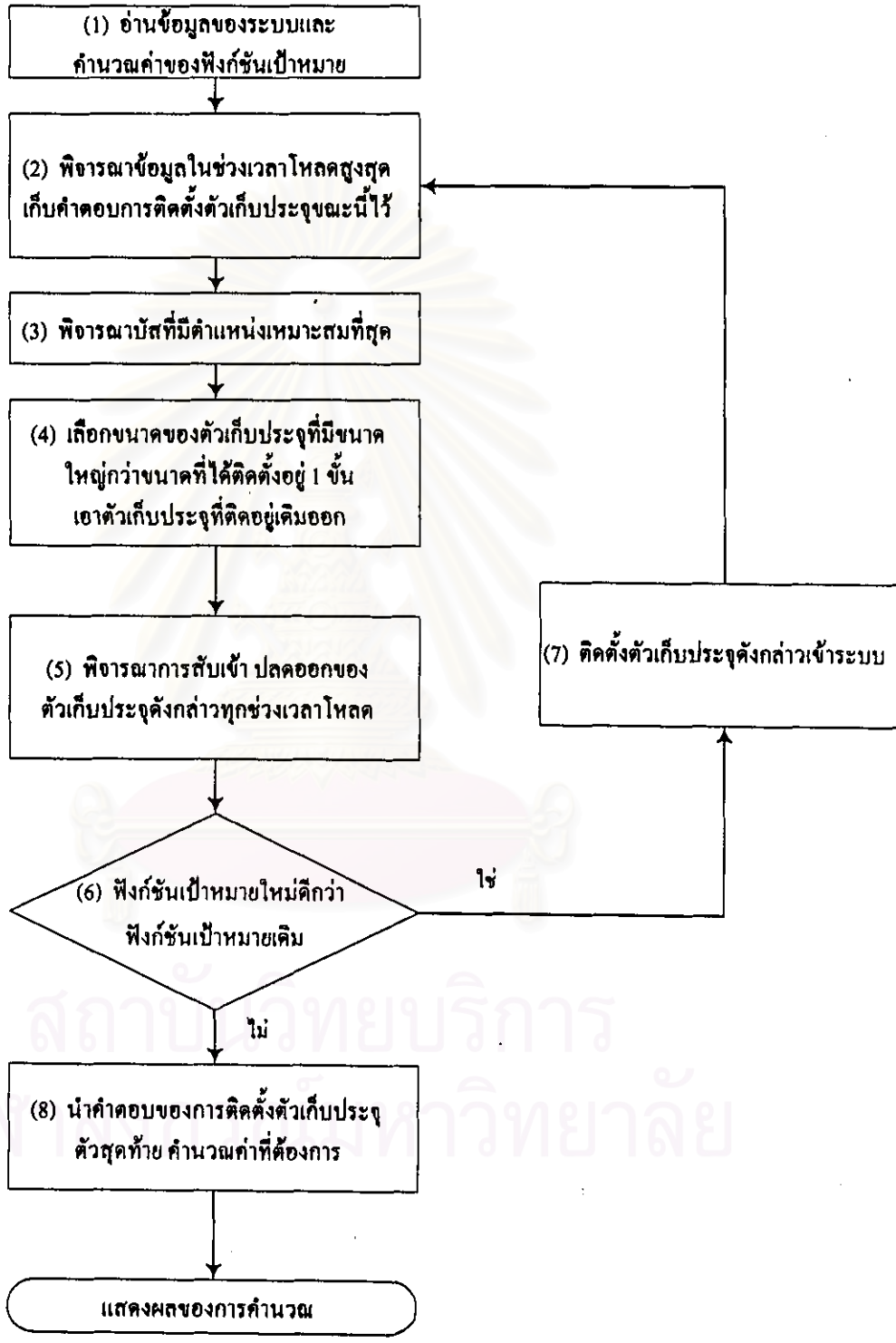
ขั้นตอนที่ 5 ทำการติดตั้งตัวเก็บประจุที่เลือกไว้ในขั้นตอนที่ 4 ในบัสที่เราเลือกไว้ในขั้นตอนที่ 3 และทำการคิดเวลาสับเข้า ปลดออกของตัวเก็บประจุดังกล่าว โดยช่วงเวลาที่ตัวเก็บประจุดังกล่าวที่สับเข้าในระบบ จะต้องไม่ทำให้ค่ากำลังสูญเสียเพิ่มขึ้น และเกิดขนาดของแรงดันที่บัสใดบัสหนึ่งสูงกว่าขีดจำกัดบนในช่วงเวลาที่สับเข้า โดยการสับเข้า-ปลดออกนั้นจะสับเข้า-ปลดออกเท่ากับขนาดที่ทำการติดตั้งที่บัสนั้น

ขั้นตอนที่ 6 คำนวณค่าของฟังก์ชันเป้าหมาย โดยคิดผลจากการสับเข้า ปลดของตัวเก็บประจุด้วย

ขั้นตอนที่ 7 ถ้าค่าของฟังก์ชันเป้าหมายมีค่าที่ดีกว่าเดิม ให้ทำการติดตั้งตัวเก็บประจุดังกล่าวในระบบ แล้วย้อนไปทำในขั้นตอนที่ 3

ขั้นตอนที่ 8 ถ้าค่าของฟังก์ชันเป้าหมายนั้นมีค่าที่แย่กว่าเดิม ให้ใช้คำตอบของการติดตั้งตัวเก็บประจุก่อนหน้าที่จะติดตั้งตัวเก็บประจุตัวใหม่ในระบบ จากนั้นคำนวณค่าที่ต้องการแล้วหยุดกระบวนการพิจารณา

จากขั้นตอนที่กล่าวมาทั้งหมดของวิธีแรกสามารถสรุปเป็นแผนผังขั้นตอนได้ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แผนผังขั้นตอนแสดงการพิจารณาตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ของวิธีแรก

สำหรับขั้นตอนที่ใช้พิจารณาตัวเก็บประจุแบบสวิตช์โดยวิธีที่ 2 มีรายละเอียดในการพิจารณาดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 อ่านข้อมูลของระบบ และคำนวณฟังก์ชันเป้าหมาย

ขั้นตอนที่ 2 พิจารณารีแอกทีฟโหลดของทุกบัสว่าแต่ละบัสเกิดรีแอกทีฟโหลดสูงสุดที่ช่วงเวลาโหลดใด

ขั้นตอนที่ 3 พิจารณาข้อมูลในช่วงเวลาที่ j โดย j = 1,2,3,... N_T และ N_T คือจำนวนช่วงเวลาโหลด จะเริ่มช่วงเวลาโหลดที่ 1

ขั้นตอนที่ 4 พิจารณาหาตำแหน่งที่เหมาะสมโดยใช้ดัชนีความไว โดยพิจารณาเฉพาะบัสที่เกิดรีแอกทีฟโหลดสูงสุดที่ช่วงเวลาที่กำลังพิจารณา และตัวเก็บประจุแบบสวิตช์จะมีผลต่อฟังก์ชันเป้าหมายเฉพาะช่วงเวลาที่พิจารณา ดังนั้นดัชนีความไวที่ใช้สำหรับจะคำนวณเฉพาะสถานะโหลดที่กำลังพิจารณาอยู่เท่านั้น

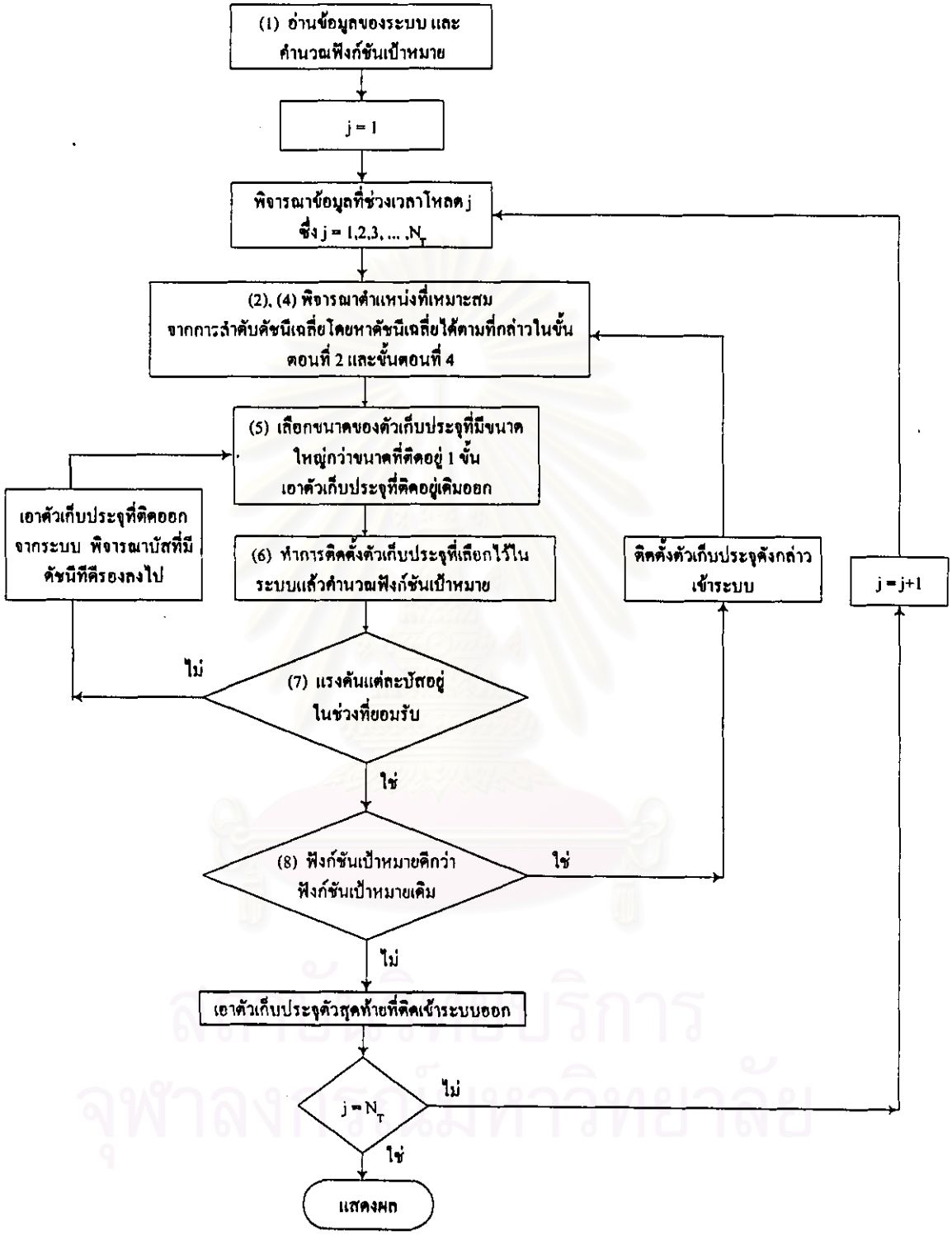
ขั้นตอนที่ 5 เลือกขนาดของตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ที่มีขนาดใหญ่กว่าขนาดที่ติดตั้งอยู่ในบัสที่ได้รับการเลือกอยู่เพิ่มขึ้นอีก 1 ขั้น ถ้าในระหว่างกระบวนการไม่ได้มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ในบัสที่ได้รับการเลือก ให้เลือกตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ที่มีขนาดเล็กที่สุด

ขั้นตอนที่ 6 ทำการติดตั้งตัวเก็บประจุที่เลือกไว้ในขั้นตอนที่ 5 ในบัสที่เราเลือกไว้ในขั้นตอนที่ 4 คำนวณโหลดโฟว์ในช่วงเวลานั้น และคำนวณฟังก์ชันเป้าหมาย

ขั้นตอนที่ 7 ถ้าขนาดแรงดันบางบัสในช่วงเวลานั้นไม่อยู่ในช่วงที่กำหนด ให้นำตัวเก็บประจุที่เพิ่งติดตั้งออกจากระบบ แล้วพิจารณาเลือกตำแหน่งที่จะติดตั้งเป็นบัสที่เกิดรีแอกทีฟโหลดสูงสุดในช่วงเวลาโหลดที่พิจารณา และมีดัชนีที่ดีรองลงไป แล้วย้อนไปทำขั้นตอนที่ 5

ขั้นตอนที่ 8 ถ้าขนาดแรงดันทุกบัสในช่วงเวลาที่พิจารณาอยู่ในช่วงที่กำหนด และฟังก์ชันเป้าหมายมีค่าที่ดีกว่าเดิม ให้ติดตั้งตัวเก็บประจุเข้าระบบ แล้วย้อนไปทำขั้นตอนที่ 4 แต่ถ้าฟังก์ชันเป้าหมายมีค่าที่แย่ลง ให้เอาตัวเก็บประจุตัวสุดท้ายที่ติดเข้าระบบออก แล้วพิจารณาช่วงโหลดเวลาถัดไป แล้วทำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 4 ใหม่ แต่ถ้าช่วงโหลดเวลาที่พิจารณาเป็นช่วงโหลดเวลาสุดท้าย ให้หยุดและแสดงผลที่ได้จากกระบวนการพิจารณาทั้งหมด

จากขั้นตอนในวิธีที่ 2 สามารถแสดงแผนผังขั้นตอนได้ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แผนผังขั้นตอนแสดงการพิจารณาตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ของวิธีที่ 2

สำหรับข้อแตกต่างกันระหว่างวิธีที่ 1 กับวิธีที่2 คือวิธีที่ 1 จะมีการคิดการสับเข้า-ปลดออกของตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ในกระบวนการพิจารณา โดยจะเลือกตำแหน่งของตัวเก็บประจุแบบสวิตช์จากช่วงเวลาโหลดสูงสุดของระบบ ซึ่งจะเป็นการลดเวลาในการพิจารณาตำแหน่งของตัวเก็บประจุแบบสวิตช์และมีการคิดการสับเข้า-ปลดออกของตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ในทุกช่วงเวลาด้วย ในขณะที่วิธีที่ 2 จะพิจารณาการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์จากทุกช่วงเวลาโหลด โดยจะเลือกตำแหน่งจากกลุ่มของบัสที่มีรีแอกทีฟโหลดสูงสุดในช่วงเวลาที่กำลังทำการพิจารณา และจะให้ตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ที่ทำการติดตั้งนั้นสับเข้าเฉพาะช่วงเวลาที่กำลังทำการพิจารณาเท่านั้น ทั้งนี้วิธีที่ 2 ที่นำเสนอข้างต้นนั้นเพื่อต้องการให้ครอบคลุมถึงผลจากโหลดที่แต่ละบัสมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละเวลาที่ต่างกัน ซึ่งผลที่ได้จากการพิจารณาตัวเก็บประจุแบบสวิตช์จากทั้ง 2 วิธีนั้นจะนำเสนอในบทต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย