บทที่ 4

วิธีการและขั้นตอนในการกำหนดแผนการหยุดซ่อมเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

จากบทที่ 3 จะเห็นได้ว่า ในการคำนวณระดับความเชื่อถือได้ของระบบนั้น จะแบ่งได้เป็น 2 แบบคือ แบบ deterministic ในหัวข้อที่ 3.1 และ แบบ probabilistic ในหัวข้อที่ 3.2 ซึ่งเมื่อคำนวณหาแผนการการหยุดซ่อมเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เราจะต้องตรวจสอบด้วยว่าระบบยังเป็นระบบที่มีความเชื่อถือได้หรือไม่ และถ้าระบบยังคงเป็นระบบที่มีความเชื่อได้ จะมีความเชื่อถือได้อยู่ที่ระดับใด เพราะในการหยุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องใดเครื่องหนึ่งนั้น ระดับความเชื่อถือได้ย่อมลดลง นอกจากระดับความเชื่อถือได้ที่เป็นเป้าหมายหลัก ของการกำหนดแผนการหยุดซ่อมเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการกำหนดแผนการก็คือ ข้อจำกัดของแต่ละการไฟฟ้าในการปฏิบัติการและข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งรายละเอียดของข้อจำกัดต่าง ๆ มีดังนี้

4.1 ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่ต้องคำนึงถึงในการวางแผน

4.1.1 เครื่องมือ อุปกรณ์ และ ความสามารถของหน่วยซ่อมบำรุง

เนื่องจากส่วนซ่อมบำรุง จะทำหน้าที่ในการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งความสามารถของหน่วยในการทำงานนั้นจะขึ้นอยู่กับ จำนวนพนักงานและเครื่องมือ

4.1.2 ระยะเวลาที่ใช้เพื่อซ่อมและบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ทั้งนี้เพื่อให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าอยู่ในสภาพพร้อมที่จะใช้งานอยู่ตลอด ดังนั้นจะต้องมีการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อครบเวลาที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งจะมีค่าเป็นเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การตรวจสอบอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบ ซึ่งรายละเอียดได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2

4.1.3 ช่วงเวลาเร็วและช้าที่สุดที่ยอมให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหยุดลง เพื่อทำการซ่อมบำรุง

เนื่องจากในการจัดทำแผนการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้น หากมีการพิจารณาที่ไม่เหมาะสม แผนการที่ได้ก็จะไม่ใช่แผนการที่ดีที่สุด เช่นอาจทำให้บางช่วงเวลาระบบมีความเชื่อ

ถือได้ต่ำ หรืออาจจะมีการหยุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลายเครื่องเพื่อซ่อมบำรุงพร้อมกัน จนจำนวนพนักงานและเครื่องมือที่ใช้สำหรับมีไม่เพียงพอ ดังนั้นถ้าสามารถเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาดังกล่าวได้ เราก็สามารถจัดทำแผนการที่ดีขึ้นได้ เช่นยอมให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถหยุดเพื่อทำการซ่อมบำรุงได้ก่อนและหลังที่จะครบรอบเวลาที่กำหนดไว้

4.1.4 การทำการซ่อมบำรุงเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะต้องทำอย่างต่อเนื่อง

เนื่องจากระยะเวลาในการซ่อมบำรุงเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องจะมีระยะเวลาไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับขนาดและชนิดของโรงไฟฟ้า ในการแก้ปัญหานั้นเราจะพิจารณาเป็นช่วงเวลาแล้วจึงนำมาเรียงต่อกัน ดังนั้นจำเป็นต้องมีการกำหนดว่า ในการซ่อมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะต้องทำอย่างต่อเนื่องให้เสร็จสิ้นภายในระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งครอบคลุมช่วงเวลาย่อยที่ทำการแบ่งไว้ตั้งแต่หนึ่งช่วงเวลาขึ้นไป

เนื่องจากข้อกำหนดที่ได้กล่าวไว้แล้วในตอนต้น เป็นข้อกำหนดทั่ว ๆ ไป ที่ทุกการไฟฟ้าจำเป็นต้องใช้ เพื่อทำแผนการหยุดซ่อมเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในส่วนต่อไปนี้จะได้แสดงขั้นตอนในการหาแผนการหยุดซ่อมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยวิธีต่าง ๆ ซึ่งทำได้ดังนี้

4.2 การหาแผนการหยุดซ่อมเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยวิเคราะห์ความเชื่อถือด้วยแบบ deterministic [9, 10, 11, 12, 13]

ดังได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 3.1 แล้วว่า การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้โดยนั้นจะคำนึงถึงระดับกำลังการผลิตสำรอง โดยพยายามให้ระบบกำลังมีระดับกำลังการผลิตสำรองเท่ากันในทุก ๆ ช่วงเวลา ซึ่งเงื่อนไขบังคับที่นิยมใช้คือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ใหญ่ที่สุด 2 เครื่องสามารถหยุดได้พร้อมกัน หรือร้อยละของความต้องการสูงสุด จะเห็นได้ว่าข้อบังคับที่ใช้ก็คือหลังจากการหยุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อทำการบำรุงรักษาแล้ว ระบบยังต้องมีระดับค่ากำลังการผลิตสำรอง อยู่ในระดับที่พอเพียงตามข้อบังคับที่ได้ถูกกำหนดไว้

การแก้ปัญหาสามารถแก้ได้ด้วย วิธี Complete Enumeration [8] , Branch & Bound [8,12] ซึ่งการแก้ปัญหาสามารถแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็ว เพราะว่าความสัมพันธ์จะมีลักษณะเป็นความสัมพันธ์เชิงเส้น การแก้ปัญหาด้วยแต่ละวิธีการดังกล่าวสามารถสรุปสั้น ๆ ได้ดังนี้

ถ้ากำหนดให้

NP : จำนวนช่วงเวลาที่ทำการศึกษา

NG : จำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบ

D_k : ค่าของโหลดในช่วงเวลา k ใด ๆ

R_k : ค่ากำลังการผลิตสำรองของระบบในช่วงเวลา k ใด ๆ

$I_{i,k}$: สถานะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ i ในช่วงเวลา k

Sp_i : ช่วงเวลาเริ่มต้นที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ i สามารถเริ่มหยุดได้

Lp_i : ช่วงเวลาสุดท้ายที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ i สามารถหยุดได้

Mp_i : จำนวนช่วงเวลาที่ใช้สำหรับการซ่อมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ i

IK : ช่วงเวลาที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ i เริ่มต้นซ่อมบำรุง

ถ้า

$I_{i,k} = 0$ หมายถึง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องนั้นหยุดเพื่อบำรุงรักษา

$I_{i,k} = 1$ หมายถึง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องนั้นพร้อมสำหรับผลิตกำลังไฟฟ้า

เนื่องจากเป้าหมายหลักของการวางแผนการหยุดซ่อมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าก็คือ จะต้องมีระดับกำลังการผลิตสำรองใกล้เคียงกันในทุกช่วงเวลา ดังนั้นสมการพื้นฐานที่ใช้ในการหาคำตอบจะมีลักษณะดังนี้

$$\text{MIN} \sum_{k=1}^{P} \left[\sum_{i=1}^{n} [I_{i,k} * P_i] - D_k \right]^2 \qquad (4.1)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ซึ่งมีเงื่อนไขบังคับดังต่อไปนี้

$$\sum_{i=1}^{n} [I_{i,k} * P_i] - D_k \geq R_k \qquad k=1,p \qquad (4.2)$$

$$SP_i \leq IK \leq LP_i \qquad i=1,n \qquad (4.3)$$

I16494958X

$$\sum_{k=1}^{p} I_{i,k} = NP - MP_i \qquad i=1,n \qquad (4.4)$$

$$\sum_{j=1}^{mp_i} I_{i,ik+j-1} = 0 \qquad i=1,n \qquad (4.5)$$

4.2.1 COMPLETE ENUMERATION [8]

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าจำนวนตัวแปร $I_{i,k}$ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 หรือ 0 นั้น จะมีจำนวนตัวแปรทั้งหมดเท่ากับ N*P ดังนั้นจำนวนเหตุการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งหมดจะมีค่าเท่ากับ $2^{n \cdot p}$เหตุการณ์ การหาผลลัพธ์ดังกล่าวสามารถทำได้โดยนำแต่ละเหตุการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นได้ไปแทนลงในสมการที่ 4.1 แล้วตรวจสอบว่าเหตุการณ์นั้น ๆ สอดคล้องตามเงื่อนไขบังคับหรือไม่ ซึ่งหากสอดคล้องตามเงื่อนไขบังคับและระดับกำลังผลิตสำรองที่กำหนดหรือไม่ ซึ่งจะต้องทำการคำนวณถึง $2^{n \cdot p}$ ครั้ง เช่นถ้าระบบผลิตมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 32 เครื่อง แผนการหยุดซ่อมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำเป็นแผนรายปี โดยแบ่งออกเป็น 52 สัปดาห์ ดังนั้นจำนวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้จะมีค่าจำนวนเท่ากับ $2^{32*52} = 2^{1664}$ ซึ่งจะมีค่าประมาณเท่ากับ 10^{500} จากแนวคิดดังกล่าว สมการที่ 4.1 จะสามารถเขียนใหม่ได้ดังนี้

$$\min_{I_{i,k}} F(I_{i,k}) = \min_{I_{i,k}} [F(I_{i,k})] \qquad (4.6)$$

เมื่อ $I_{i,k} = 0$ หรือ 1 ซึ่ง i=1,n

k=1,p

$F(I_{i,k})$ คือ ฟังก์ชั่นของสถานะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เครื่องที่ I ในช่วงเวลาที่ K

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.2 BRANCH and BOUND [8, 12]

วิธี BRANCH AND BOUND นี้เหมาะที่จะใช้กับตัวแปรที่มีค่าเป็น 1 และ 0 วิธีนี้จะคล้ายคลึงกับวิธี COMPLETE ENUMERATION แต่จะต่างกันเพียงแต่ว่าในการเลือกเหตุการณ์ที่จะนำมาใช้ในการคำนวณครั้งต่อไป ถ้าผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้นนั้นไม่มีทางที่จะได้ต่ำกว่าผลลัพธ์ในรอบของการคำนวณที่ผ่าน จะไม่มีการนำเอาเหตุการณ์นั้นมาใช้ในการคำนวณ ซึ่งวิธีการที่นำมาใช้ในการคำนวณสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

สมมติว่า เราจะหาผลลัพธ์ของสมการดังต่อไปนี้

$$\text{MIN } F(I_i)$$

$$I_i \qquad i=1,n \qquad (4.7)$$

โดย $F(I_i)$ คือ ฟังก์ชั่นเป้าหมาย

ซึ่งการค้นหาข้อมูลนั้นจะใช้หลักการของโครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้ โดยเริ่มต้นที่ I_1, I_2 จนไปสิ้นสุดที่ I_n ได้มีการกำหนดของค่าตัวแปรลงไป ดังนั้นการประมาณค่าของ $F(I_i)$ นั้น จะใช้ค่าของตัวแปรเฉพาะตัวแปรตัวที่ 1 ถึงตัวที่ N เท่านั้น โดยการประมาณนั้นจะต้องกำหนดตัวแปรขึ้นมาตัวหนึ่ง เพื่อที่จะใช้ในการบอกว่าถ้าเพิ่มผลของตัวแปรตั้งแต่ตัวที่ K+1 จนถึงตัวที่ N แล้ว ค่าที่ได้จะเป็นค่าที่มากกว่าค่าต่ำสุดของ $F(I_i)$ ที่ถูกเก็บไว้ ซึ่งจะเรียกค่านั้นว่า upper bound (UB) ซึ่งถ้าพบว่าผลของตัวแปรตัวใดทำให้ค่าของ $F(I_i)$ มีค่ามากกว่าค่า UB ก็จะย้ายไปยังชุดของข้อมูลที่ทำให้ผลลัพธ์มีค่าต่ำกว่าค่าของ UB ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.1

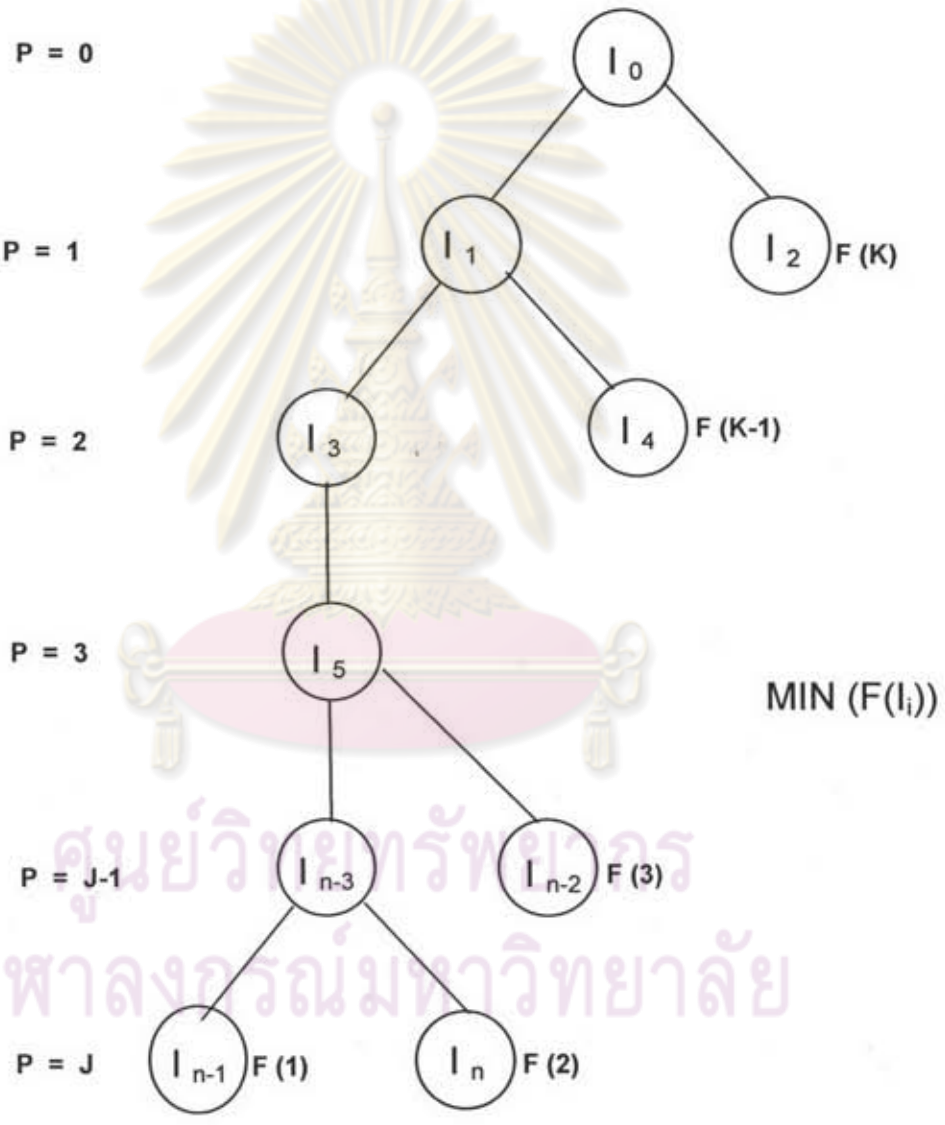
4.3 การหาแผนการหยุดซ่อมเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยวิเคราะห์ความเชื่อถือด้วยแบบ probabilistic [14,15]

จากหัวข้อที่ 3.3 ได้อธิบายถึงหลักการในการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ โดยอาศัยหลักการของความน่าจะเป็น ดังนั้นการหาแผนการหยุดซ่อมเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะสามารถทำได้ดัง นี้

ทำการหาแผนการ โดยใช้เงื่อนไขบังคับทั้งหมด ยกเว้นเงื่อนไขบังคับที่เกี่ยวกับค่าความเชื่อถือได้ ซึ่งการแก้ปัญหานั้นทำได้โดยวิธี Branch & Bound หรือ Complete Enumeration เมื่อได้แผนการดังกล่าวแล้ว นำแผนการนั้นไปหาค่า LOLE แล้วทำการหาแผนการแบบอื่นต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แล้วนำค่า LOLE ที่หาได้นั้นไปเปรียบเทียบกับ ค่า LOLE ค่าเก่า ถ้า LOLE ค่าใด มีค่าต่ำก็ให้เก็บค่านั้นไว้ ทำไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะครบทุกแผนการที่สามารถเกิดขึ้นได้



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.1โครงสร้างข้อมูลที่ใช้ในการค้นหาข้อมูลโดยวิธี BRANCH AND BOUND

จากวิธีการที่ได้กล่าวไปแล้วในข้างต้น ได้แสดงให้เห็นแล้วว่า การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ ทั้งจากแบบ derterministic หรือ probabilistic นั้น จะมีทั้งข้อดีและข้อเสียต่างกัน โดยการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้แบบ derterministic นั้นจะมีข้อดีในแง่ที่ว่า การคำนวณหาผลลัพธ์สามารถกระทำได้อย่างรวดเร็ว แต่ค่าความเชื่อถือได้นั้นอาจจะไม่ค่อยเหมาะสม เพราะในการคำนวณนั้นมิได้นำข้อมูลต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เช่นค่าความไม่พร้อมใช้งาน มาร่วมในการคำนวณด้วย ส่วนการหาโดยวิธี probabilistic นั้นจะต่างกันคือ จะใช้เวลาในการคำนวณมากขึ้นแต่ผลลัพธ์ที่ได้จะมีระดับความเชื่อถือได้สูง ซึ่งจะเห็นได้ว่าในทั้งสองวิธีมีข้อดีต่างกันคือ แบบ derterministic จะมีข้อดีในลักษณะที่สามารถหาคำตอบได้อย่างรวดเร็ว ส่วนแบบ probabilistic จะให้ผลลัพธ์ที่มีระดับความเชื่อถือได้สูง ดังนั้นในวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะเสนอวิธีการใหม่ที่นำเอาข้อดีของทั้งสองวิธี คือความเร็วและความถูกต้องมาเป็นเป้าหมายในการหาคำตอบ

4.4 การหาแผนการหยุดซ่อมเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยใช้ความเร็วและความถูกต้องมาเป็นเป้าหมายในการหาคำตอบ

การพัฒนาโปรแกรมเริ่มแรกจะพิจารณาปัญหาในลักษณะที่ว่าเมื่อทำการหยุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแล้ว เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เหลืออยู่ในระบบต้องสามารถรองรับโหลดของระบบในช่วงเวลาต่าง ๆ ได้ และต้องมีกำลังการผลิตสำรองที่เหมาะสม ซึ่งขั้นตอนต่าง ๆ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.2 จากรูปข้างต้นจะทำการอ่านข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า อ่านข้อมูลโหลดของระบบ แล้วทำการจัดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่พร้อมใช้งานลงในแผนการ ทำการค้นหาไปจนได้แผนการที่มีระดับกำลังการผลิตสำรองมีเหมาะสมในทุก ๆ ช่วงเวลามากที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

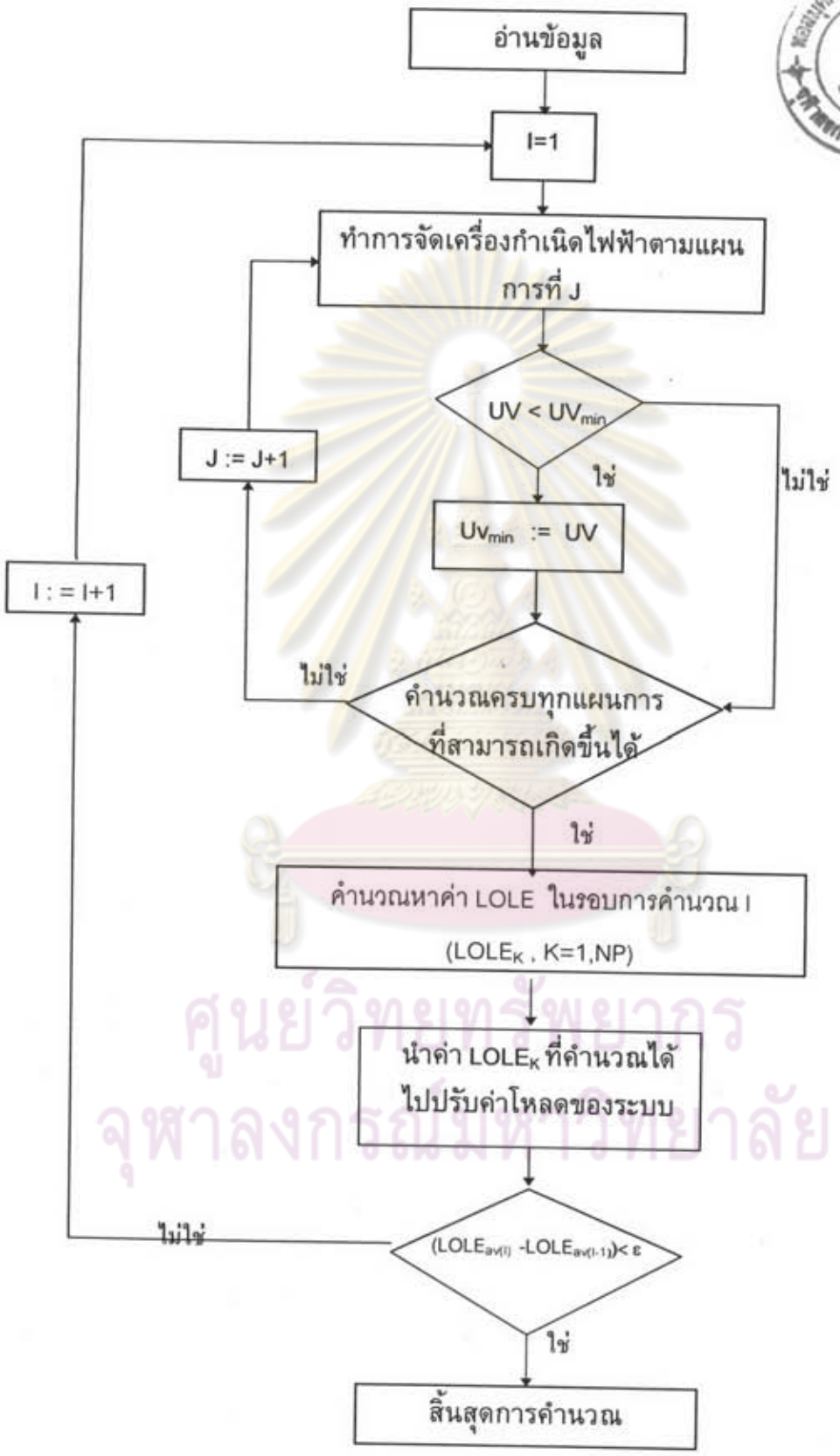
ถ้ากำหนดให้

UV : ผลรวมของผลต่างยกกำลังสอง ระหว่างผลรวมกำลังผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่พร้อมใช้งานทั้งหมดกับโหลดของระบบในแต่ช่วงเวลา

$CAP_{o,k}$: กำลังผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ O ในช่วงเวลาที่ K

ดังนั้นการค้นหาข้อมูลจะทำได้ตามสมการที่ 4.8

$$MIN\ (UV) = \sum_{k=1}^{NP} \left(\sum_{o=1}^{NG} CAP_{o,k} - LOAD_k \right)^2 \qquad (4.8)$$



รูปที่ 4.2 ไดอะแกรมในการคำนวณหาแผนการหยุดซ่อมเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในการค้นหาในแต่ละช่วงเวลาเราจะเปรียบเทียบว่า ผลรวมของผลต่างยกกำลังระหว่างผลรวมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับค่าโหลด ตั้งแต่ช่วงเวลาที่หนึ่งจนถึงช่วงเวลาที่ค้นหาอยู่นั้น มีค่ามากกว่าค่า UV หรือไม่ ถ้ามีค่ามากกว่าก็ถือว่าการแบบของข้อมูลที่กำลังค้นหาอยู่นั้นเป็นแบบข้อมูลที่ใช้ไม่ได้ ให้ดำเนินการหาแบบของข้อมูลแบบอื่นต่อไป เมื่อได้แผนการแล้วนำแผนการนั้นไปหาค่า LOLE ในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งค่า LOLE นี้จะเป็นดัชนีที่ชี้บอกว่าในช่วงเวลาต่าง ๆ ระบบมีระดับความเชื่อถือได้ในระดับใด ซึ่งถ้าค่า LOLE ในช่วงเวลาใดมีค่าสูงหมายความว่า ระบบในช่วงเวลานั้นมีระดับความเชื่อต่ำกว่าระบบที่มีค่า LOLE ต่ำ ดังนั้นจะพยายามปรับให้ระบบมีค่า LOLE มีค่าใกล้เคียงกันในทุก ๆ ช่วงเวลา ซึ่งสามารถทำได้โดยการสร้างโหลดสมมติขึ้นมา โดยในช่วงเวลาใดมีค่า LOLE ต่ำ (ระบบมีระดับความเชื่อถือได้สูง) ก็จะให้โอกาสการหยุดซ่อมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในช่วงเวลานั้นมากขึ้น ทำได้โดยปรับค่าโหลดสมมติให้ลดลง ในทางกลับกัน ถ้าค่า LOLE ของระบบมีค่าสูง (ระบบมีระดับความเชื่อถือได้ต่ำ) ก็จะให้โอกาสการหยุดซ่อมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในช่วงเวลานั้น ๆ ลงลง ทำได้โดยปรับโหลดสมมติให้มีค่าสูงขึ้น สามารถแสดงได้ดังนี้

ถ้ากำหนดให้

$LOLE_{av(I)}$: ค่า LOLE เฉลี่ยในรอบการคำนวณที่ I

$LOLE_{av(I-1)}$: ค่า LOLE เฉลี่ยในรอบการคำนวณที่ I-1

$LOLE_K$: ค่า LOLE ในช่วงเวลาที่ K

$FACLOLE_K$: ค่าแฟคเตอร์ที่จะใช้ในการปรับค่า LOLE ในช่วงเวลาที่ K

SUMLOAD : ผลรวมของโหลดในทุก ๆ ช่วงเวลา

SUMADJL : ผลรวมของผลคูณระหว่างโหลดในแต่ละช่วงเวลากับค่า LOLE ในแต่ละช่วงเวลา

$LOAD'_K$: ค่าโหลดของระบบในช่วงเวลาที่ K ก่อนที่จะมีการปรับค่า

$LOAD_K$: ค่าโหลดของระบบในช่วงเวลาที่ K หลังจากปรับค่าแล้ว

ซึ่ง

$$FACLOLE_K = (0.5 + 0.5 * LOLE_K)/(0.5 + 0.5 * LOLE_{av}) \qquad (4.9)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$SUMLOAD = \sum_{k=1}^{NP} (LOAD'_k) \quad (4.10)$$

$$SUMADJL = \sum_{k=1}^{NP} (LOAD'_k * FACLOLE_k) \quad (4.11)$$

$$FACTOR = SUMLOAD/SUMADJL \quad (4.12)$$

ดังนั้น

$$LOAD_k = FACTOR * FACLOLE_k * LOAD'_k \quad (4.13)$$

เมื่อทำการปรับค่าโหลดสมมติเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะนำเอาค่า $LOLE_{av}$ ในรอบที่ K ไปเปรียบเทียบกับค่า $LOLE_{av}$ ในรอบที่ K -1 ว่ามีค่าแตกต่างกันมากน้อยเพียงไร ถ้าค่าทั้งสองแตกต่างกันน้อยมากจนเป็นที่ยอมรับได้ ซึ่งจะถือว่าเสร็จสิ้นการคำนวณ

ถ้ากำหนดให้

ε : ผลต่างระหว่าง ค่า $LOLE_{av}$ มากที่สุดที่ยอมรับได้

ดังนั้นการคำนวณจะสิ้นสุดก็ต่อเมื่อ

$$(LOLE_{av\,(I-1)}\ \ LOLE_{av\,(I)} < \varepsilon \quad (4.14)$$

เมื่อทำการพัฒนาโปรแกรม และนำโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นไปทดสอบกัยระบบทดสอบ จะพบว่าสามารถทำการคำนวณได้เพียงไม่กี่รอบก็จะสิ้นสุด ทั้งนี้เนื่องจากว่าค่า $LOLE_{av\,(I)}$ กับค่า $LOLE_{av\,(I-1)}$ มีค่าเท่ากัน เนื่องมาจากการปรับค่าโหลดสมมติอาจจะปรับไปเพียงเล็กน้อย ดังนั้นเมื่อทำการคำนวณในรอบต่อมาจะได้แผนการเดิม การแก้ปัญหาตรงจุดนี้ จะสามารถทำได้ดังนี้

- จากไดอะแกรมรูปที่ 4.2 การคำนวณจะสิ้นสุดโดยการเปรียบเทียบค่า ($LOLE_{av\,(I-1)}$ กับ $LOLE_{av\,(I)}$ ถ้าค่าที่ได้น้อยกว่าค่า ε ที่กำหนด จะถือว่าสิ้นสุดการคำนวณ ดังนั้นจะทำการปรับไดอะแกรมตรงส่วนนี้ใหม่ โดยกำหนดว่า ถ้า $LOLE_{av\,(I)} > LOLE_{min}$ เป็นจำนวน P ครั้งติดต่อกัน ให้เสร็จสิ้นการคำนวณ

- ในการปรับค่าโหลดสมมติโดยใช้ค่า $LOLE_{av(I)}$ จากสมการที่ (4.9)

$$FACLOLE_k = (0.5 + 0.5 * LOLE_k)/(0.5 + 0.5 * LOLE_{av})$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่า 0.5 ในสมการข้างต้นหมายถึง แฟคเตอร์การลู่เข้าของคำตอบ ซึ่งค่าดังกล่าวจะมีค่าไม่เท่ากันในแต่ละระบบ ดังนั้นจึงทำการแก้สมการเสียใหม่เป็น

$$FACLOLE_k = ((1-acc)+acc*LOLE_k)/((1-acc)+acc*LOLE_{av(I)}) \quad (4.15)$$

โดยค่า acc นี้จะขึ้นอยู่กับระบบ และมีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 1.0 หากค่าดังกล่าวมีค่าสูง หรือมีค่าใกล้เคียง 1.0 หมายความว่า การปรับค่าโหลดสมมติตามสมการที่ (4.15) จะถูกปรับไปมากกว่าค่าตามสมการที่ (4.9) ในทางกลับกันถ้าค่า acc มีค่าน้อย การปรับค่าโหลดสมมติตามสมการที่ (4.15) จะถูกปรับไปน้อยกว่าค่าตามสมการที่ (4.9)

ซึ่งสามารถแสดงได้ดังไดอะแกรมในรูปที่ 4.3

หลังจากการแก้ไขโปรแกรมแล้วพบว่าคำตอบที่ได้มีค่า $LOLE_{av(I)}$ ต่ำลงหรือระบบมีความเชื่อถือได้ดีขึ้นนั่นเอง

หากพิจารณาการคำนวณต่าง ๆ ตั้งแต่สมการที่ (4.8) - (4.15) จะพบว่าเวลาที่เสียไปในการคำนวณจะอยู่ที่ส่วนของการคำนวณหาค่า LOLE และ การจัดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าลงในแผนการ ซึ่งในส่วนแรกนั้นจะไม่สามารถลดเวลาการคำนวณลงได้ เพราะวิธีที่ใช้ในการคำนวณหาค่า LOLE นั้น เป็นการใช้เทคนิค round off ดังกล่าวไว้ในหัวข้อที่ (3.2.1.2.3) ซึ่งถือว่าการคำนวณตรงส่วนนี้จะใช้เวลาน้อยกว่าการคำนวณหาค่า LOLE โดยวิธีอื่น ๆ สำหรับในส่วนที่สองนั้น เนื่องจากว่าการคำนวณจะพิจารณาว่าในช่วงเวลาใดจะจัดให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องใดบ้างพร้อมเดินเครื่อง ซึ่งเมื่อพิจารณาจะเห็นได้ว่าจำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่พร้อมเดินเครื่อง จะมีจำนวนมากกว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ต้องหยุดเพื่อทำการบำรุงรักษามาก ดังนั้นหากพิจารณาว่าควรหยุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องในช่วงเวลาใด จะทำให้จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการพิจารณาลดลงอย่างมาก เพราะในการคำนวณนั้นต้องคำนวณตลอดทุกช่วงเวลา เพื่อให้มีความต่อเนื่องกัน หากพิจารณาตัวอย่างการคำนวณต่อไปนี้

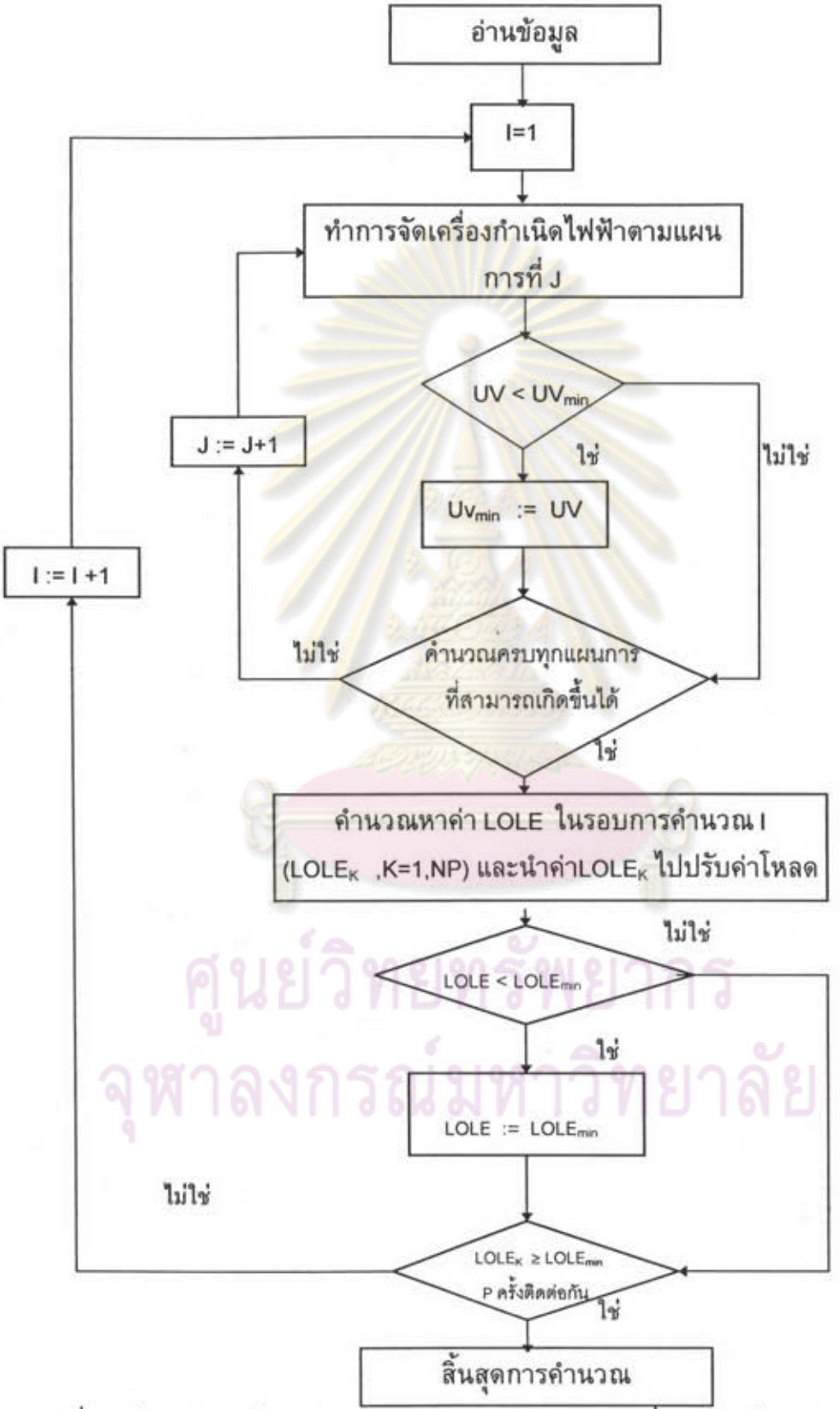
ถ้ากำหนดให้

NG :จำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมดในระบบ

NGO_k : จำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีโอกาสหยุดเพื่อทำการบำรุงรักษาในแต่ละช่วงเวลา

NP :จำนวนช่วงเวลาทั้งหมดที่ใช้ศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.3 ไดอะแกรมในการคำนวณหาแผนการหยุดซ่อมเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หลังจากปรับเงื่อนไขของการสิ้นสุดการคำนวณใหม่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถ้าเราจะแก้ปัญหาโดยพิจารณาว่าในช่วงเวลานั้น โดยพิจารณาว่ามีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องใดบ้างที่ยังพร้อมใช้งาน จำนวนแบบของข้อมูลที่แสดงถึงจำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาจะมีค่าเท่ากับ 2^{NG} ดังนั้นตลอดช่วงเวลาที่ทำการศึกษา (NP) จะมีแบบข้อมูลที่มีโอกาสเกิดขึ้นซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการที่ (4.16)

$$\text{จำนวนแบบของข้อมูลทั้งหมดที่สามารถเกิดขึ้น} = \prod_{k=1}^{NP} 2^{NG} \qquad (4.16)$$

แต่ถ้าพิจารณาว่าในช่วงเวลานั้น ๆ มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องใดบ้างที่มีโอกาสหยุดเพื่อบำรุงรักษา ดังนั้นจำนวนแบบของข้อมูลที่แสดงถึงจำนวนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาจะมีค่าเท่ากับ 2^{NGO_i} ดังนั้นตลอดช่วงเวลาที่ทำการบำรุงรักษา (NP) จะมีแบบของข้อมูลที่มีโอกาสเกิดขึ้นดังแสดงในสมการที่ (4.17)

$$\text{จำนวนแบบของข้อมูลทั้งหมดที่สามารถเกิดขึ้น} = \prod_{k=1}^{NP} 2^{NGO_k} \qquad (4.17)$$

จะเห็นได้ว่าจำนวนแบบของข้อมูลจะลดลงมาก ส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการคำนวณลดลงเป็นอย่างมาก เมื่อเปรียบเทียบกับการแก้ปัญหาโดยพิจารณาว่ามีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่พร้อมใช้งานอยู่กี่เครื่องในช่วงเวลานั้น ๆ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนขั้นตอนการทำงานใหม่ โดยอาศัยการสร้างโหลดสมมติขึ้นมา ซึ่งจะเรียกโหลดค่านี้ว่าโหลดสมมติสำหรับการบำรุงรักษา

ถ้ากำหนดให้

INS : กำลังการผลิตติดตั้ง

COM_k : เป็นค่าของโหลดสมมติสำหรับการบำรุงรักษาในช่วงเวลา k

$LOAD_k$: เป็นค่าของโหลดที่แท้จริงในแต่ละช่วงเวลา

ดังนั้นค่าโหลดสมมติในแต่ละช่วงเวลาสามารถแสดงได้ดังสมการที่(4.18)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$COM_k = (INS - LOAD_k) \quad (4.18)$$

ค่าโหลดสมมติดังกล่าวจะบ่งบอกให้ทราบว่า ในช่วงเวลาไหนควรจะหยุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยขนาดกำลังการผลิตรวมเท่าไร และยังต้องเปลี่ยนสมการของค่า UV ในสมการ (4.8) ใหม่ ดังแสดงได้ในสมการที่ (4.19)

$$MIN\ (UV) = \sum_{k=1}^{NP} (COM_k - CAP_{i,k})^2 \quad (4.19)$$

หลังจากทำการแก้ไขโปรแกรมแล้วนำมาทดสอบกับระบบทดสอบพบว่า เวลาที่ใช้ในการคำนวณลดลงเป็นอย่างมาก แต่เมื่อนำโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้ไปทำการทดสอบกับระบบที่ใหญ่ขึ้น พบว่าเวลาที่ใช้คำนวณตรงส่วนนี้จะเพิ่มขึ้นตามจำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีโอกาสหยุดเพื่อบำรุงรักษา ยิ่งระบบใหญ่ขึ้นก็จะเสียเวลามากยิ่งขึ้น ดังนั้นวิธีที่เสนอในวิทยานิพนธ์นี้จะทำการลดจำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่สามารถหยุดในแต่ละช่วงเวลาลง ซึ่งการแก้ปัญหาตรงจุดนี้ก็คือจัดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าลงในแผนการทีละเครื่อง ซึ่งเมื่อจัดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าลงในแผนการแล้วหมายถึงว่าในช่วงเวลานั้นจะทำการหยุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องดังกล่าว ซึ่งจะมีผลทำกำลังผลิตติดตั้งในช่วงเวลานั้นลดลง มีผลทำให้โหลดสมมติสำหรับการบำรุงรักษามีค่าลดลง ดังนั้นในทุก ๆ ครั้งหลังจากจัดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าลงในแผนการแล้ว จะต้องนำเอากำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องนั้น ๆ ไปลบออกจากกำลังผลิตติดตั้งทุกครั้ง ซึ่งผลที่ตามมาก็คือ ช่วงเวลาดังกล่าวจะมีโอกาสของการหยุดซ่อมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าน้อยลง ซึ่งเหมือนกับว่าทำการกระจายเครื่องกำเนิดไฟฟ้าลงไปในทุก ๆ ช่วงเวลา

ถ้ากำหนดให้

$CAP_{o,k}$: เป็นค่ากำลังผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่O ในช่วงเวลาที่ K ที่กำหนดช่วง เวลาการหยุดไว้แน่นอนแล้ว

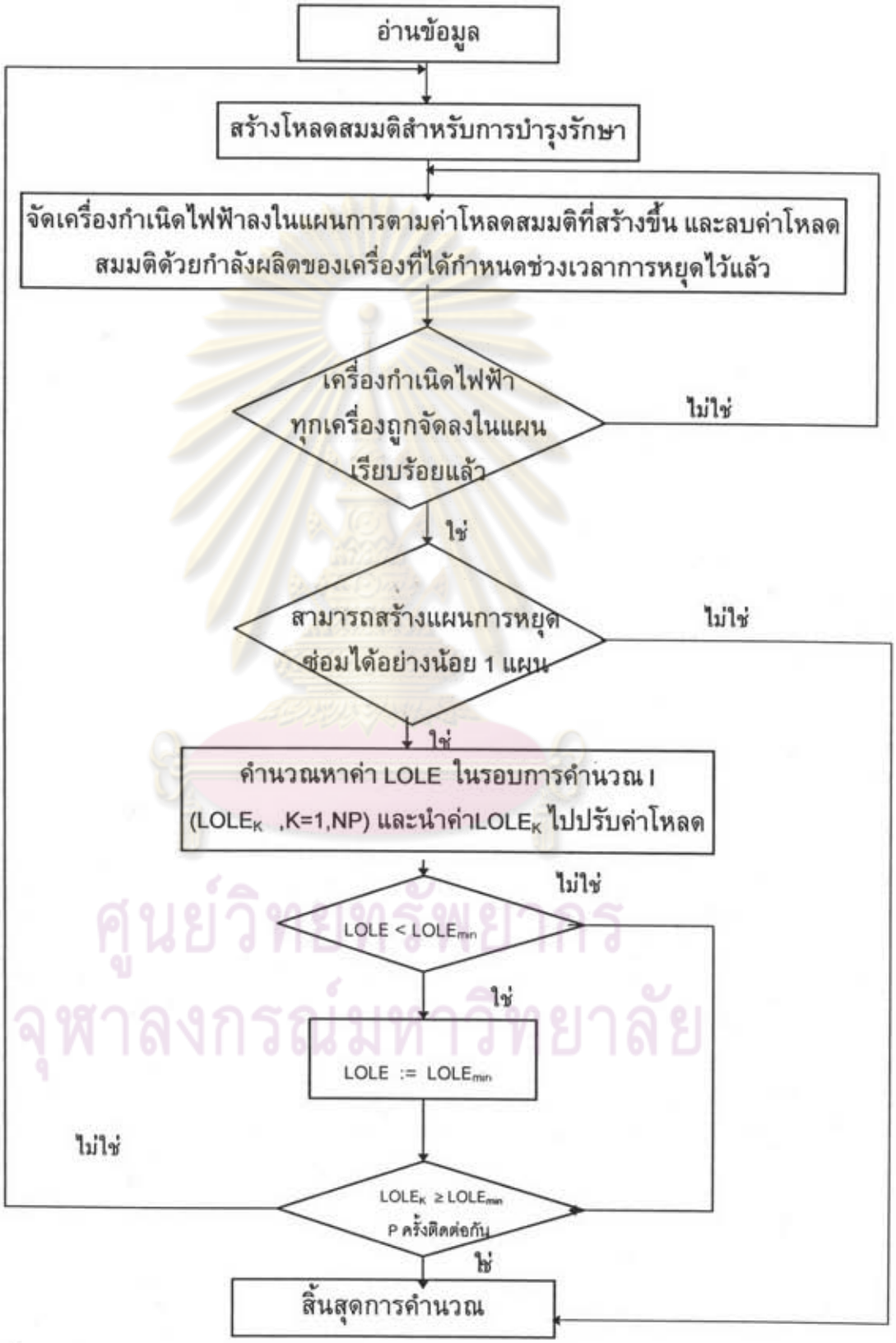
ดังนั้นค่าโหลดสมมติในแต่ละช่วงเวลาสามารถแสดงได้ดังนี้

$$COM_k = (INS - LOAD_k - CAP_{o,k}) \quad (4.20)$$

ค่าโหลดสมมติดังกล่าวจะบ่งบอกให้ทราบว่า ในช่วงเวลาไหนควรจะหยุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยขนาดกำลังการผลิตรวมเท่าไร

ขั้นตอนการคำนวณทั้งหมดดังกล่าวข้างต้นจากตั้งแต่สมการ(4.8) ถึง (4.20) สามารถสรุปรวบรวมและแสดงไว้ในรูปที่ (4.4)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.4 ไดอะแกรมในการคำนวณหาแผนการหยุดซ่อมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ซึ่งรายละเอียดแต่ละขั้นตอนของไดอะแกรมในรูปที่ 4.4 สามารถอธิบายสรุปได้ดังนี้

ขั้นที่ 1.การสร้างโหลดสมมติสำหรับการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

โหลดสมมติที่สร้างขึ้นนี้ เป็นกำลังการผลิตสำหรับการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการ(4.18)

$$COM_k = (INS - LOAD_k)$$

ขั้นที่ 2.จัดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทีละเครื่องลงในแผนการตามค่าโหลดสมมติที่สร้างขึ้น และลบค่าโหลดสมมติด้วยกำลังผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ได้กำหนดช่วงการหยุดไว้แล้ว

จัดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าลงในแผนการทีละเครื่องเราจะใช้หลักการว่า ช่วงเวลาใดที่มีขนาดกำลังผลิตมากจะทำการจัดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าลงในช่วงเวลานั้น ซึ่งสมการที่ใช้ในการค้นหาข้อมูลก็คือสมการที่ (4.19) ดังมีรายละเอียดดังนี้

$$MIN\,(UV) = \sum_{k=1}^{NP} (COM_k - CAP_{i,k})^2$$

เมื่อจัดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าลงในแผนการแล้ว หมายถึงว่าในช่วงเวลานั้นจะทำการหยุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งจะมีผลทำให้โหลดสมมติสำหรับการบำรุงรักษามีค่าลดลง ดังนั้นในทุก ๆ ครั้งที่จัดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าลงในแผนการจะต้องมีการปรับค่าโหลดสมมติใหม่ทุกครั้ง เพื่อให้ช่วงเวลาที่ถูกเลือกแล้วมีโอกาสถูกเลือกน้อยลง ซึ่งเหมือนกับว่าทำการกระจายเครื่องกำเนิดไฟฟ้าลงไปในทุก ๆ ช่วงเวลา ซึ่งทำได้โดยนำเอากำลังผลิตของเครื่องที่ได้ถูกกำหนดไว้อย่างแน่นอนแล้วไปลบออกจากค่าโหลดสมมติสำหรับการบำรุงรักษา ดังสมการที่ (4.20)

$$COM_k = (INS - LOAD_k - CAP_{o,k})$$

ทำการคำนวณไปจนกระทั่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทุกเครื่องถูกจัดลงในแผนการเรียบร้อยแล้ว

ขั้นที่ 3. ทำการปรับค่าโหลดใหม่โดยใช้ผลจากค่า LOLE ดังสมการที่ (4.10) ถึง (4.15)

$$FACLOLE_k = ((1\text{-}acc)+acc*LOLE_k)/((1\text{-}acc)+acc*LOLE_{av(I)}) \quad (4.15)$$

$$SUMLOAD = \sum_{k=1}^{NP} (LOAD'_k) \quad (4.10)$$

$$SUMADJL = \sum_{k=1}^{NP} (LOAD'_k * FACLOLE_k) \quad (4.11)$$

$$FACTOR = SUMLOAD/SUMADJL \quad (4.12)$$

ดังนั้น

$$LOAD_k = FACTOR * FACLOLE_k * LOAD'_k \quad (4.13)$$

ขั้นที่ 4. นำค่า $LOAD_k$ ที่ได้จากสมการที่ (4.13) ไปเริ่มการคำนวณตามขั้นตอนที่ 1. ใหม่ ทำจนกระทั่งค่า $LOLE_{av(I)}$ มากกว่า $LOLE_{min}$ เป็นจำนวน P ครั้งติดต่อกัน

ในส่วนของตัวอย่างการคำนวณและผลในการทดสอบโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นกับระบบทดสอบจะแสดงไว้ในบทที่ 5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย