บทที่ 3
การคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้โดยพิจารณาโรงไฟฟ้าที่มีพลังงานจำกัด

3.1. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีพลังงานจำกัด

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีพลังงานจำกัด คือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีพลังงานไม่เพียงพอที่จะจ่ายพลังงานได้ตลอดเวลา ส่วนใหญ่โรงไฟฟ้าที่มีพลังงานจำกัดมักเป็นโรงไฟฟ้าที่มีค่าใช้จ่ายในการผลิตถูก เหมาะสมที่จะจ่ายพลังงานในลำดับต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรงไฟฟ้าพลังน้ำประเภทที่อาศัยน้ำจากอ่างเก็บน้ำ เนื่องจากการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าพลังน้ำเป็นผลพลอยได้ จากการปล่อยน้ำเพื่อการชลประทาน ปริมาณน้ำที่เขื่อนสามารถปล่อยได้จะถูกกำหนดโดยหน่วยงานชลประทาน ซึ่งกำหนดปริมาณน้ำต่ำที่สุดที่ต้องปล่อยเพื่อให้มีปริมาณน้ำเพียงพอสำหรับการบริโภคและการเกษตร และปริมาณน้ำสูงสุดเพื่อรักษาปริมาณน้ำเหนือเขื่อนให้มีปริมาณเพียงพอตลอดทั้งปี ปกติปริมาณน้ำสูงสุดและต่ำสุดที่จะปล่อยนี้จะถูกกำหนดเป็นรายเดือนหรือรายสัปดาห์ ดังนั้นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำที่อาศัยน้ำจากอ่างเก็บน้ำจึงเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ถูกกำหนดการจ่ายพลังงาน (Assigned energy units) โดยปริยาย

เนื่องจากโรงไฟฟ้าพลังน้ำเป็นโรงไฟฟ้าที่มีค่าใช้จ่ายต่ำ และเป็นแหล่งพลังงานที่สะอาดไร้มลภาวะ ดังนั้นหากสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าพลังน้ำได้มากจะเป็นประโยชน์ต่อการผลิตไฟฟ้า

การบริหารพลังงานไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าพลังน้ำคือ การพยายามนำเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีค่าใช้จ่ายต่ำมาใช้จ่ายพลังงานแทนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีค่าใช้จ่ายสูง หากพิจารณาลำดับการจ่ายพลังงาน เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เสียค่าใช้จ่ายสูงมักจะถูกนำมาจ่ายพลังงานช่วงโหลดสูง (Peak load) ดังนั้นหากต้องการใช้พลังงานจากโรงไฟฟ้าพลังน้ำให้คุ้มค่า จึงควรนำมาใช้ทดแทนโรงไฟฟ้าที่ทำงานช่วงโหลดสูงนั่นเอง นอกจากนี้ควรใช้พลังงานจากโรงไฟฟ้าพลังน้ำมากเท่ากับพลังงานที่ถูกกำหนดมา

พลังงานที่ถูกกำหนดให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำจ่ายได้นั้น คำนวณได้จากปริมาณน้ำที่คาดว่าจะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งสามารถคำนวณปริมาณน้ำที่ใช้ในการจ่ายพลังงานใน 1 ชั่วโมงได้จากสมการ 3.1[4]

$$q_j = f(P_j) \tag{3.1}$$

เมื่อ q_j คือ ปริมาณน้ำที่ใช้ผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า j ที่กำลังพิกัดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

P_j คือ กำลังไฟฟ้าพิกัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า j

ฟังก์ชันของปริมาณน้ำที่ใช้ใน 1 ชั่วโมงในสมการ 3.1 เป็นสมการที่มีความซับซ้อนเนื่องจากกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำจะขึ้นกับปัจจัยหลายประการคือ

- ผลต่างของระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำกับระดับของปากท่อส่งน้ำ (Head) ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานศักย์จากน้ำเป็นพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นระดับของน้ำที่แตกต่างกันจะใช้ปริมาณน้ำที่ต่างกันในการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่เท่ากัน

- ลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เนื่องจากส่วนกังหัน (Turbine) กังหันที่ใช้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะมีหลายลักษณะ ดังนั้นจึงเป็นตัวแปรหนึ่งในสมการ 3.1

- ระบบส่งน้ำ ซึ่งประกอบด้วยขนาดของท่อส่งน้ำ (Penstock) และขนาดของท่อปล่อยน้ำรวมไปถึงระดับน้ำท้ายเขื่อน ปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อความสามารถในการไหลของน้ำ

สำหรับการวางแผนการผลิตไฟฟ้าระยะยาว เช่น การกำหนดแบบการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นจะพิจารณาขนาดกำลังผลิตที่พิกัด และพิจารณาค่าปริมาณน้ำสำหรับใช้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายกำลังไฟฟ้าที่พิกัดใน 1 ชั่วโมง เป็นค่าเฉลี่ยตลอดช่วงเวลาที่พิจารณา ดังนั้นจึงสามารถคำนวณเวลาในการปล่อยน้ำได้จากสมการ 3.2[4] และคำนวณพลังงานกำหนดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำได้จากสมการ 3.3[4]

$$T_j = \frac{WC_j}{q_j} \tag{3.2}$$

$$E_j = P_j T_j = P_j \frac{WC_j}{q_j} \tag{3.3}$$

เมื่อ T_j คือ ระยะเวลาที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า j สามารถจ่ายพลังงานได้ที่กำลังพิกัด

WC_j คือ ปริมาณน้ำทั้งหมดที่สามารถนำมาผลิตไฟฟ้าในช่วงเวลาที่พิจารณาได้

E_j คือ พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า j จ่ายได้ในช่วงเวลาที่พิจารณา

เนื่องจากในทางปฏิบัติหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดสรรน้ำ และบริหารพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำจะคำนวณขนาดของพลังงานจำกัดไว้แล้ว โดยอาศัยหลักการดังกล่าวและพิจารณาถึงผลของตัวแปรอื่นที่เกี่ยวข้องเช่น การพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ การพยากรณ์ความต้องการน้ำ เป็นต้น ดังนั้นในวิทยานิพนธ์นี้จะไม่พิจารณาถึงที่มาของค่าพลังงานจำกัดแต่จะใช้ค่าที่คำนวณมาแล้วเป็นข้อมูลสำหรับป้อนเข้าสู่โปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.2. การพิจารณาผลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำด้วยวิธีตัดยอดโหลด (Peak shaving method)

ในการพิจารณาผลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำมีวิธีที่ได้รับการพัฒนาขึ้นหลายวิธี [4,6,7] แนวคิดหลักของวิธีการเหล่านี้คือ การหาตำแหน่งที่ดีที่สุดที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำควรจะจ่ายพลังงาน เมื่อพิจารณาวิธีการทั้งหมดที่ใช้ในการคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้โดยพิจารณาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีพลังงานจำกัดแล้ว จะพบว่าวิธีตัดยอดโหลดเป็นวิธีที่สามารถคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้ทั้งดัชนีความน่าจะเป็นได้แก่ ดัชนี LOLP ดัชนี EUE และดัชนีความถี่และช่วงเวลา [6,7]

3.2.1. การตัดยอดโหลด

หลักการของวิธีตัดยอดโหลดคือ การนำเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำมาพิจารณาก่อนโดยนำมาปรับรูปโหลดใหม่ โดยกำหนดให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำจ่ายพลังงานในช่วงโหลดสูง ซึ่งสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำสามารถคำนวณกำลังไฟฟ้าเทียบเคียง (Expected capacity) ได้จากสมการ 3.4 [6,7] และสามารถคำนวณพลังงานทั้งหมดที่คาดว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำจะจ่ายได้ที่โหลดระดับ k จากสมการ 3.5 [6,7]

$$C_e = \sum_{i=0}^{N-1} C_i p_i \tag{3.4}$$

$$E_k = P(L_k) \times T \times C_e \tag{3.5}$$

เมื่อ C_e คือ กำลังไฟฟ้าเทียบเคียงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ

C_i คือ กำลังไฟฟ้าที่ระดับ i

p_i คือ ความน่าจะเป็นที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะมีกำลังไฟฟ้าที่ระดับ i

N คือ จำนวนของระดับกำลังไฟฟ้า

E_k คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้จ่ายโหลดระดับ k ที่กำลังไฟฟ้าพิกัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

L_k คือ ขนาดโหลดที่ระดับ k

$P(L_k)$ คือ ความน่าจะเป็นที่จะเกิดโหลดขนาดมากกว่าหรือเท่ากับโหลดระดับ k

T คือ ช่วงเวลาทั้งหมดที่พิจารณา

จากสมการ 3.4 และ 3.5 พลังงานไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำจะจ่ายได้จะไม่เกินค่าที่ถูกกำหนดในคือระดับโหลดสุดท้ายที่จ่ายพลังงานคือ ระดับโหลดที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ

สามารถจ่ายพลังงานได้สูงสุดแต่ไม่เกินค่าพลังงานกำหนด สามารถแสดงเป็นสมการได้ตามสมการ 3.6 [6,7]

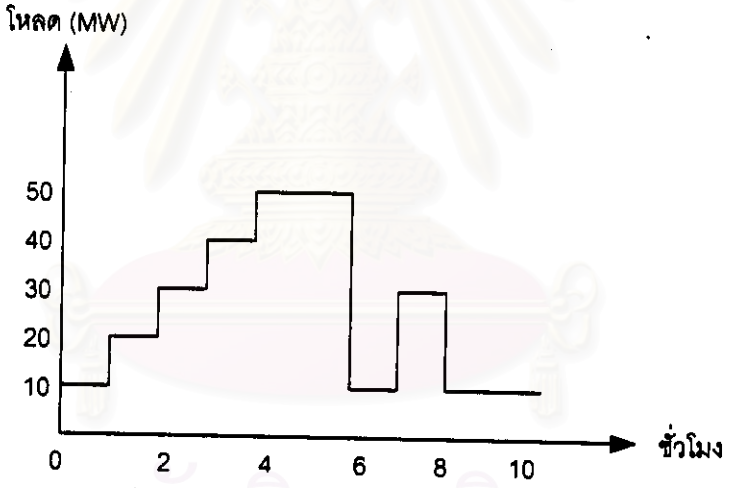
$$L_{cr} = \min(L_k : E_k \le EEU) \tag{3.6}$$

เมื่อ L_{cr} คือ ระดับโหลดที่เหมาะสมที่สุดในการจ่ายพลังงานด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ

EEU คือ ขนาดพลังงานจำกัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ

เพื่อความเข้าใจถึงวิธีการใช้งานของสมการต่างๆดังกล่าวจึงขอนำเสนอวิธีการไว้ในตัวอย่างที่ 3.1 [6,7]

ตัวอย่างที่ 3.1 โหลดรายชั่วโมง (Hourly load curve) ในรูปที่ 3.1 ได้รับการจ่ายพลังงานจากระบบไฟฟ้าระบบหนึ่ง ซึ่งมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ 1 เครื่องขนาด 20 MW, UOR=0.04 มีพลังงานจำกัด 60 MWh และมีค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงสถานะ λ = 0.02 และ μ = 0.48 มีค่าความถี่ในการเปลี่ยนแปลงสถานะ 0.0192 ต้องการปรับรูปโหลดรายชั่วโมงโดยพิจารณาผลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำเครื่องนี้



รูปที่ 3.1 โหลดรายชั่วโมงในตัวอย่างที่ 3.1

จากรูปโหลดรายชั่วโมงจะพบว่าระดับของโหลดมี 6 ระดับและสามารถสร้างแบบจำลองโหลดได้ตามตารางที่ 3.1 และสามารถคำนวณกำลังไฟฟ้าเทียบเคียงได้จากสมการ 3.4

$$C_e = \sum_{i=0}^{1} Cp_i = 20.0 \times 0.96 = 19.2 \text{ MW}$$

ตารางที่ 3.1 แบบจำลองโหลดจากรูปที่ 3.1

ระดับโหลด	ขนาดโหลด (MW)	ความน่าจะเป็น	ความน่าจะเป็นสะสม	ความถี่
1	0	0.0	1.0	0.0
2	10	0.4	1.0	0.0
3	20	0.1	0.6	0.2
4	30	0.2	0.5	0.2
5	40	0.1	0.3	0.1
6	50	0.2	0.2	0.1

คำนวณพลังงานที่จะต้องจ่ายเมื่อตัดโหลดที่ระดับต่างๆ ตามลำดับจากโหลดระดับสูงไปโหลดระดับต่ำได้จากสมการ 3.5

$$E_6 = P(L_6) \times T \times C_e = 0.2 \times 10 \times 19.2 = 38.4 \text{ MWh}$$

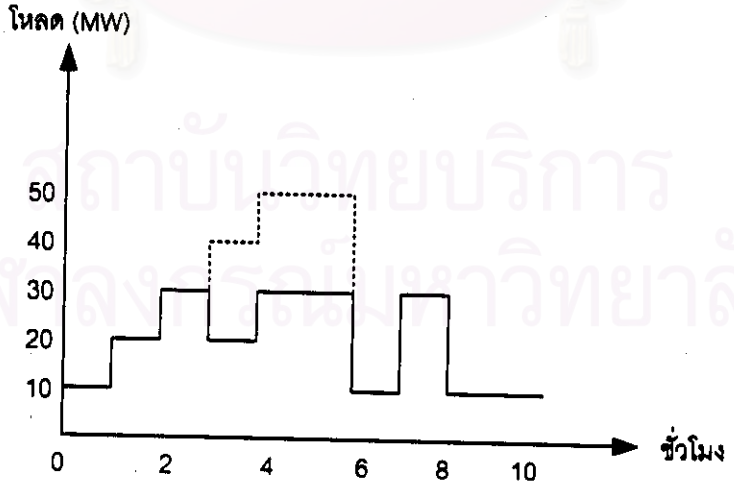
$$E_5 = P(L_5) \times T \times C_e = 0.3 \times 10 \times 19.2 = 57.6 \text{ MWh}$$

$$E_4 = P(L_4) \times T \times C_e = 0.5 \times 10 \times 19.2 = 96.0 \text{ MWh}$$

พบว่าที่โหลดระดับ 5 หรือ 40 MW เป็นระดับโหลดต่ำสุดที่สามารถจ่ายพลังงานได้มากที่สุด ดังนั้นจากสมการ 3.6 จะได้ว่า

$$L_{cr} = \min(L_k : E_k \le EEU) = L_5 = 40 \text{ MW}$$

และสามารถแสดงรูประดับโหลดที่เปลี่ยนแปลงได้ดังในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 รูปโหลดรายชั่วโมงภายหลังการตัดยอด

จะเห็นว่าการปรับรูปโหลดเช่นนี้ทำให้รูปโหลดเปลี่ยนไปจากเดิม แต่สามารถคำนวณความน่าจะเป็นและความถี่ของแต่ละระดับได้ เนื่องจากการตัดโหลดเป็นการตัดในระดับเดียวกันทั้งระดับพร้อมกัน ซึ่งเมื่อสามาถคำนวณความน่าจะเป็นและความถี่ได้จึงสามารถคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้ได้ทั้งดัชนีความน่าจะเป็นและดัชนีความถี่

3.2.2. การคำนวณความน่าจะเป็นและความถี่ภายหลังการตัดโหลด

หากพิจารณารูปที่ 3.2 สามารถแบ่งลักษณะของโหลดออกได้เป็น 3 ช่วงคือ [6,7]

ช่วงที่ 1 ช่วงที่โหลดเปลี่ยนแปลงทั้งหมด

เป็นช่วงที่มากกว่าระดับโหลดต่ำสุดที่ถูกตัดยอดด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำหรือระดับโหลด L_{cr} เนื่องจากระดับโหลดที่สูงกว่าหรือเท่ากับระดับนี้ถูกตัดยอดทั้งหมด ดังนั้นระดับโหลดภายหลังการตัดยอดที่สูงกว่าหรือเท่ากับระดับ L_{cr} จึงเป็นผลจากการตัดยอดโหลดทั้งสิ้น แสดงเป็นสมการของช่วงโหลดได้ตามสมการ 3.7 และสามารถคำนวณความน่าจะเป็นและความถี่ของระดับต่างๆจากตารางผลรวมของแบบจำลองระบบผลิตไฟฟ้าและแบบจำลองโหลดได้จากสมการ 2.28 และ 2.29 ในบทที่ 2 ตามลำดับ ซึ่งเป็นการคำนวณความน่าจะเป็นและความถี่ด้วยวิธี Equivalent load

$$L_k \geq L_{cr} \tag{3.7}$$

ช่วงที่ 2 ช่วงที่โหลดเปลี่ยนแปลงบางส่วน

เป็นช่วงที่อยู่ต่ำกว่าระดับโหลดในช่วงที่ 1 แต่สูงกว่าระดับโหลดต่ำสุดที่เป็นผลของการตัดยอดโหลด ระดับโหลดในช่วงที่ 2 นี้มีบางส่วนของระดับโหลดเป็นผลของการตัดยอดโหลดจากระดับที่สูงกว่าและบางส่วนมีมาจากระดับโหลดเดิมซึ่งไม่ถูกตัดยอด สมการของช่วงแสดงตามสมการ 3.8 และคำนวณความน่าจะเป็นและความถี่ของระดับต่างๆจากตารางผลรวมของแบบจำลองระบบผลิตไฟฟ้าและแบบจำลองโหลดจากสมการ 3.9 ถึง 3.19

$$L_{cr} > L > L_{cr} - C \tag{3.8}$$

เมื่อ C คือ กำลังไฟฟ้าพิกัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

$$P(L'_k) = P_g(x_0)P(L \geq L_k \mid x_0) + P_g(x_1)P(L \geq L_k \mid x_1) \tag{3.9}$$

$$P(L \geq L_k \mid x_0) = P_L(L \geq L_k) \tag{3.10}$$

$$P(L \geq L_k \mid x_1) = P_L(L \geq L_k) - P_L(L_{cr}) + P_L(L_k + C) \tag{3.11}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อ x_0 คือ สถานะที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่สามารถทำงานได้

x_1 คือ สถานะที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงานได้

$$F(L^e_k) = F(L \geq L_k \mid x_0)p_R(x_0) + F(L \geq L_k \mid x_1)p_R(x_1) + f_3 \quad (3.12)$$

$$F(L \geq L_k \mid x_0) = F_L(L \geq L_k) \quad (3.13)$$

$$F(L \geq L_k \mid x_1) = F_L(L \geq L_k) - F_L(L_{cr}) + F_L(L_k + C) + f(S_x \rightarrow S_y) + f(S_y \rightarrow S_x) \quad (3.14)$$

$$f_3 = \left(P(L^e_k) - P(L^e_k + C)\right) \times f_{01} \quad (3.15)$$

โดย

$$S_x = \{L_m : L_{cr} \leq L_m \leq L_{cr} + C \quad (3.16)$$

$$S_y = \{L_n : L_k \leq L_n \leq L_{cr}\} \quad (3.17)$$

$$f(S_x \rightarrow S_y) = \sum_{L_m \in S_x} \sum_{L_n \in S_y} \left(P(L^e_m) - P(L^e_{m-1})\right) \times \lambda_{m,n} \quad (3.18)$$

$$f(S_y \rightarrow S_x) = \sum_{L_n \in S_y} \sum_{L_m \in S_x} \left(P(L^e_n) - P(L^e_{n-1})\right) \times \lambda_{n,m} \quad (3.19)$$

เมื่อ f_{01} คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงสถานะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

$\lambda_{m,n}$ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงสถานะจากระดับในเซต S_x ไปยังระดับในเซต S_y

$\lambda_{n,m}$ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงสถานะจากระดับในเซต S_y ไปยังระดับในเซต S_x

จากสมการ 3.14, 3.15 และ 3.19 ตัวแปร $f(S_x \rightarrow S_y)$ และ $f(S_y \rightarrow S_x)$ เป็นส่วนที่ซับซ้อนในการคำนวณและไม่เหมาะสมในทางปฏิบัติ นอกจากนี้ยังมีค่าต่ำมากเมื่อเทียบกับค่าของส่วนอื่นๆ ในสมการ 3.14 ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการคำนวณจึงอาจละเลยได้ แต่จะทำให้ผลการคำนวณดัชนีความถี่ที่ได้ต่ำกว่าค่าที่ถูกต้องเล็กน้อย

ช่วงที่ 3 ช่วงที่ไม่ถูกตัดโหลด

เป็นช่วงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆเนื่องจากต่ำกว่าระดับต่ำสุดที่เป็นผลของการตัดยอดโหลด สามารถแสดงสมการของช่วงตามสมการ 3.20 และคำนวณค่าความน่าจะเป็นและความถี่ของระดับต่างๆจากตารางผลรวมของแบบจำลองระบบผลิตไฟฟ้าและแบบจำลองโหลดได้จากสมการ 2.28 และ 2.29 ดังได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2

$$L \leq L_{cr} - C \quad (3.20)$$

ตัวอย่างที่ 3.2 [6] จากตัวอย่างที่ 3.1 คำนวณค่าความน่าจะเป็นและความถี่จากรูปโหลดที่ถูกตัดยอดด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำสำหรับระดับโหลด 30 และ 40 MW

ช่วงที่ 1 สำหรับระดับ 40 MW เป็นระดับที่อยู่ในช่วงที่ 1 สามารถคำนวณค่าความน่าจะเป็นได้จากสมการ 2.28 และความถี่จากสมการ 2.29

$$\begin{aligned} P(L^e s) &= P_L(40+20)p_g(20) + P_L(40)p_g(0) \\ &= 0.0 \times 0.96 + 0.3 \times 0.04 \\ &= 0.012 \\ F(L^e s) &= p_g(20)F_L(40+20) + p_g(0)F_L(40) - f_g(P(40) - P(60)) \\ &= 0.96 \times 0.0 + 0.04 \times 0.1 + 0.0192 \times 0.3 \\ &= 0.00976 \end{aligned}$$

ช่วงที่ 2 สำหรับระดับ 30 MW เป็นระดับในช่วงที่ 2 สามารถคำนวณความน่าจะเป็นได้จากสมการ 3.9 และความถี่จากสมการ 3.12

$$\begin{aligned} P(L^e 4) &= P_L(30 \mid x_0)p_g(0) + P_L(30 \mid x_1)p_g(20) \\ &= 0.5 \times 0.04 + 0.4 \times 0.96 \\ &= 0.404 \\ F(L^e 4) &= F_L(30 \mid x_0)p_g(0) + F_L(30 \mid x_1)p_g(20) + f_3 \\ &= F_L(30)p_g(0) + (F_L(30) - F_L(40) + F_L(30+20))p_g(20) \\ &\quad + f_{01}(P^e{}_1(30) - P^e{}_1(50)) \\ &= 0.2 \times 0.04 + (0.2 - 0.1 + 0.1) \times 0.96 + 0.0192 \times (0.404 - 0.008) \\ &= 0.2076 \end{aligned}$$

จากตัวอย่างที่ 3.2 เมื่อคำนวณค่าความน่าจะเป็นและความถี่ในช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 แล้วจึงพิจารณาช่วงที่ 3 ซึ่งเป็นช่วงที่คำนวณความน่าจะเป็นและความถี่ได้ตามปกติ เมื่อคำนวณเสร็จจะได้ค่าดัชนีความน่าจะเป็นต่างๆ และพลังงานที่คาดว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องจะจ่าย (EES) ได้จากสมการ 2.30 ถึง 2.34 ในบทที่ 2

ถึงแม้ว่าวิธีตัดยอดโหลดจะเป็นวิธีที่สามารถคำนวณค่าดัชนีความน่าจะเป็นต่างๆได้ครบถ้วน แต่หากในระบบมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำจำนวนมาก หรือมีความแตกต่างระหว่างโหลดสูงสุดกับโหลดเฉลี่ยน้อย เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำบางเครื่องจะไม่สามารถจ่ายพลังงานได้เนื่องจากความน่าจะเป็นของระดับโหลดมีสูงซึ่งต้องใช้พลังงานมากกว่าที่ถูกกำหนดไว้ ดังนั้น

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำเหล่านี้จะมีสภาพเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ไม่ได้จ่ายพลังงานซึ่งตรงข้ามกับทางปฏิบัติที่จะพยายามใช้พลังงานที่ถูกกำหนดมาให้หมด และค่าดัชนีความเชื่อถือได้ที่ถูกคำนวณด้วยวิธีตัดยอดโหลดจะสูงกว่าความเป็นจริง

3.3. การปรับปรุงวิธีตัดยอดโหลด

วิธีตัดยอดโหลดมีข้อดีที่สำคัญ 2 ประการ ประการแรกดังได้กล่าวแล้วคือ สามารถคำนวณดัชนีความถี่และเวลาได้ และอีกประการคือ การคำนวณดัชนีด้วยวิธี Equivalent load ซึ่งเป็นวิธีที่นำผลของแบบจำลองโหลดและแบบจำลองระบบผลิตมาพิจารณาร่วมกัน วิธีการคำนวณเช่นนี้จะให้ผลที่มีความถูกต้องสูงเนื่องจากเป็นการคิดโดยตรง แต่มีข้อเสียคือ การใช้พลังงานไม่สอดคล้องกับทางปฏิบัติจริง เมื่อพิจารณาร่วมกับการกำหนดแผนการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยทั่วไปไม่พิจารณาดัชนีด้านความถี่และช่วงเวลา ดังนั้นหากต้องการให้การใช้พลังงานสอดคล้องกับความเป็นจริงในทางปฏิบัติ และเพื่อให้ดัชนี LOLP และ EUE ตลอดจนพลังงานที่คาดว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องจะจ่ายมีความถูกต้องสอดคล้องกับความเป็นจริง ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นที่ต้องคำนวณค่าดัชนีความถี่และช่วงเวลา

ปัญหาการใช้พลังงานไม่ครบตามที่ถูกกำหนด มีสาเหตุจากการที่พลังงานที่เหลือภายหลังการตัดโหลดที่ระดับก่อนหน้า มีน้อยกว่าพลังงานที่ต้องการในการตัดโหลดระดับปัจจุบันทั้งระดับ หากต้องการให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำสามารถจ่ายพลังงานได้มากขึ้นมีแนวทางที่สามารถทำได้ 2 แนวทางคือ

การจ่ายโหลดบางส่วน (Partial load)

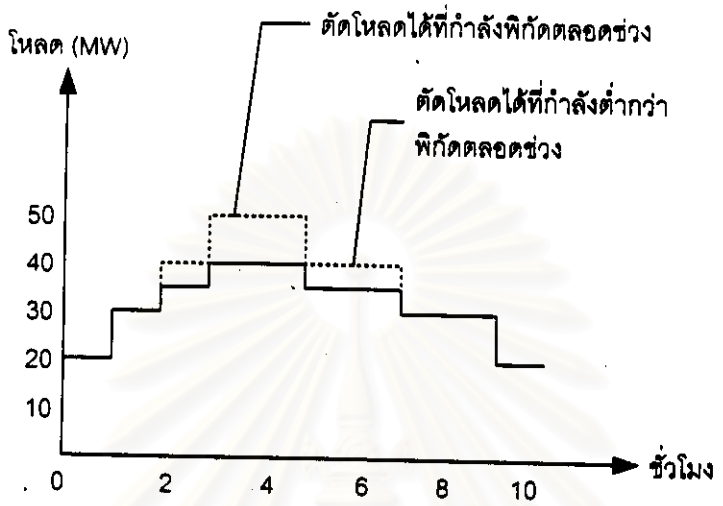
แนวทางนี้จะพิจารณานำพลังงานส่วนที่เหลือซึ่งไม่สามารถตัดโหลดได้ทั้งระดับนั้นมาจ่ายพลังงานโดยตัดโหลดด้วยกำลังไฟฟ้าที่ต่ำกว่ากำลังพิกัด การตัดโหลดวิธีนี้จะได้รูปโหลดใหม่ที่คล้ายกับรูปโหลดจากวิธีตัดยอดโหลด ความถี่ของระดับต่างๆที่เกิดจากการรวมผลของแบบจำลองระบบผลิตไฟฟ้าและแบบจำลองโหลดจึงยังสามารถคำนวณได้ แต่วิธีนี้ยังคงมีข้อเสียคือ การจ่ายโหลดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในทางปฏิบัติจะไม่ทำงานที่กำลังไฟฟ้าต่ำกว่าพิกัดมากนัก เนื่องจากประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะต่ำ ดังนั้นถึงแม้วิธีนี้จะใช้พลังงานจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำมากขึ้นและสามารถคำนวณดัชนีความถี่และช่วงเวลาได้ด้วย แต่ก็ไม่เหมาะสมในการใช้กำหนดแผนการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ลักษณะการตัดโหลดในแนวทางนี้แสดงในรูปที่ 3.3

การจ่ายโหลดบางช่วงเวลา

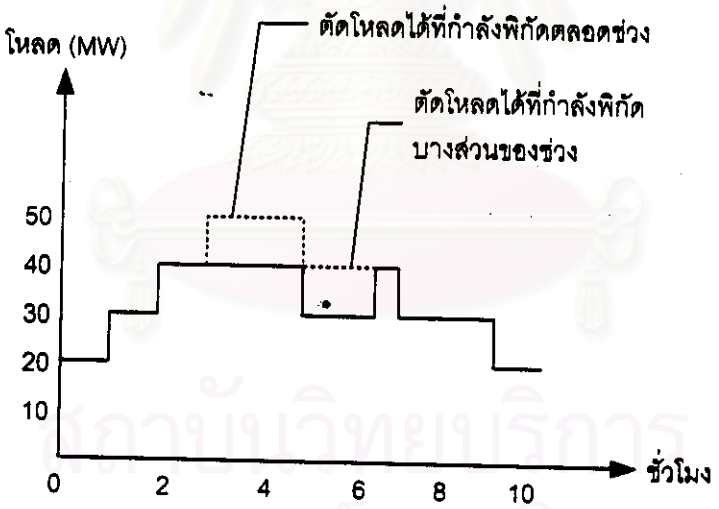
เป็นการพิจารณานำพลังงานส่วนที่เหลือมาจ่ายโหลดในระดับปัจจุบันโดยจ่ายโหลดที่กำลังไฟฟ้าเทียบเคียงแต่ไม่ตัดโหลดทั้งระดับ วิธีนี้รูปโหลดจะเสียไปจนไม่สามารถคำนวณดัชนี

I17847104

ความเชื่อถือได้ด้านความถี่และช่วงเวลาได้ แต่สามารถใช้พลังงานได้ครบตามที่ถูกกำหนดและมีการจ่ายโหลดที่กำลังไฟฟ้าซึ่งสอดคล้องกับทางปฏิบัติ เมื่อพิจารณาประกอบกับการกำหนดแผนบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งไม่พิจารณาค่าดัชนีความถี่และช่วงเวลาแล้ว การปรับปรุงวิธีตัดยอดโหลดในแนวทางนี้จึงมีความเหมาะสมมากกว่าแนวทางการจ่ายโหลดบางส่วน ลักษณะการตัดโหลดในแนวทางนี้แสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.3 ลักษณะการตัดโหลดบางส่วน (เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 10 MW)



รูปที่ 3.4 ลักษณะการตัดโหลดบางช่วงเวลา (เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 10 MW)

3.3.1. การตัดโหลดด้วยแนวทางการจ่ายโหลดบางช่วงเวลา

วิธีการในการตัดโหลดด้วยวิธีตัดยอดโหลดที่ปรับปรุงแล้วนี้ จะคำนวณระดับโหลดที่ถูกตัดได้โดยอาศัยสมการ 3.21 และอัตราส่วนที่ถูกตัดที่ระดับโหลดต่ำสุดได้จากสมการ 3.22 ซึ่งใช้ค่ากำลังไฟฟ้าเทียบเคียงซึ่งคำนวณจากสมการ 3.4 และคำนวณพลังงานที่ใช้ในการตัดแต่ละระดับโหลดได้จากสมการ 3.5

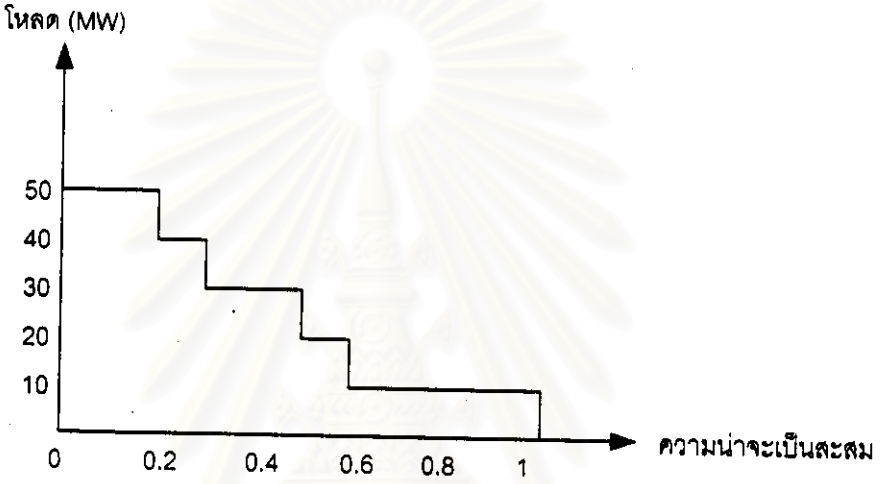
$$L_{sh} = \max(L_k : E_k \geq EEU) \tag{3.21}$$

$$R_{sh} = \frac{EEU}{P_L(L_{sh}) \times T \times C_e} \tag{3.22}$$

เมื่อ L_{sh} คือ ระดับโหลดที่เหมาะสมต่อการจ่ายพลังงานด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ

R_{sh} คือ อัตราส่วนของระยะเวลาที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำจ่ายพลังงานเทียบกับระยะเวลาทั้งหมดที่เกิดโหลดระดับ L_{sh}

ตัวอย่างที่ 3.3 จากตัวอย่างที่ 3.1 ปรับรูปโหลดโดยใช้วิธีตัดยอดโหลดที่ปรับปรุงแล้ว

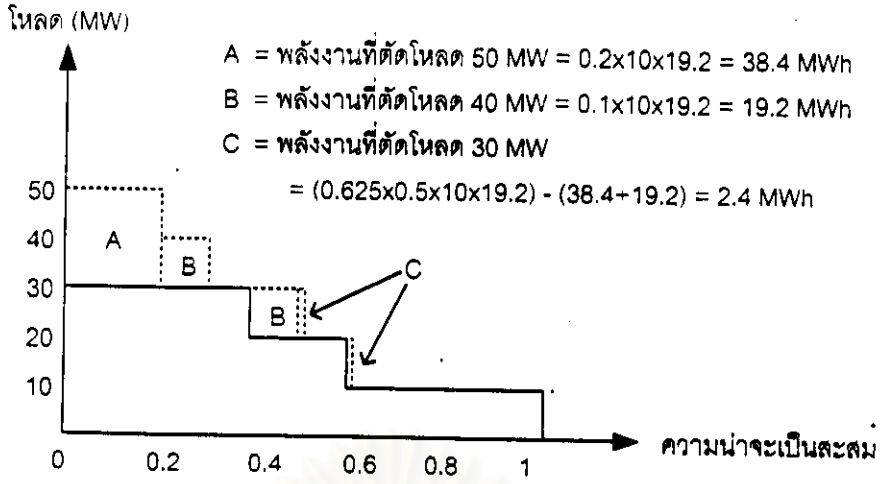


รูปที่ 3.5 รูปช่วงเวลาโหลดจากโหลดรายชั่วโมงในรูปที่ 3.1

จากแบบจำลองโหลดในตัวอย่างที่ 3.1 และรูปช่วงเวลาโหลดในรูปที่ 3.5 คำนวณระดับโหลดต่ำสุดที่ถูกตัดได้จากสมการ 3.21 ซึ่งจะพบว่าระดับโหลดที่ถูกตัดจะต่ำกว่าในตัวอย่างที่ 3.1 เนื่องจากระดับโหลดต่ำสุดที่ถูกตัดจะเป็นระดับโหลดที่จ่ายพลังงานเกินกว่าที่กำหนดหากตัดโหลดทั้งระดับ คำนวณอัตราส่วนที่ถูกตัดที่ระดับโหลดต่ำสุดได้จากสมการ 3.22 และได้รูปช่วงเวลาโหลดหลังตัดโหลดแล้วในรูปที่ 3.6

$$L_{sh} = \max(L_k : E_k \geq EEU) = 30 \text{ MW}$$

$$R_{sh} = \frac{EEU}{P_L(30) \times 10 \times C_e} = \frac{60}{0.5 \times 10 \times 19.2} = 0.625$$



รูปที่ 3.6 รูปช่วงเวลาโหลดภายหลังการปรับปรุงโหลด

3.3.2. การคำนวณความน่าจะเป็นภายหลังการปรับรูปโหลด

การคำนวณความน่าจะเป็นของระดับต่างๆ ในตารางรวมผลของแบบจำลองระบบผลิตไฟฟ้าและแบบจำลองโหลดจะคล้ายกับวิธีตัดยอดโหลดที่ไม่ได้ปรับปรุงคือ แบ่งช่วงการคำนวณออกเป็น 3 ช่วง สามารถแสดงสมการของช่วงที่ 1 ช่วงที่ 2 และช่วงที่ 3 ได้จากสมการ 3.23 ถึง 3.25 ตามลำดับ และคำนวณความน่าจะเป็นได้ โดยช่วงที่ 1 และช่วงที่ 3 จะใช้สมการเดียวกันกับการคำนวณด้วยวิธีตัดยอดโหลดคือ สมการ 2.28 และ 2.29 สำหรับช่วงที่ 1 และช่วงที่ 3 สำหรับช่วงที่ 2 สมการที่ใช้คำนวณคล้ายกับวิธีตัดยอดโหลดที่ไม่ได้ปรับปรุงซึ่งสามารถแสดงได้ตามสมการ 3.26 ถึง 3.28

$$L > L_{sh} \tag{3.23}$$

$$L_{sh} \geq L > L_{sh} - C \tag{3.24}$$

$$L \leq L_{sh} - C \tag{3.25}$$

$$P(L^e_k) = P_g(x_0)P(L \geq L_k \mid x_0) + P_g(x_1)P(L \geq L_k \mid x_1) \tag{3.26}$$

$$P(L \geq L_k \mid x_0) = P_L(L \geq L_k) \tag{3.27}$$

$$P(L \geq L_k \mid x_1) = P_L(L \geq L_k) - P_L(L_{sh}) \times R_{sh} + P_L(L_k + C) \tag{3.28}$$

<u>ตัวอย่างที่ 3.4</u> จากตัวอย่างที่ 3.3 คำนวณความน่าจะเป็นสำหรับตารางผลรวมแบบจำลองระบบผลิตไฟฟ้าและแบบจำลองโหลดที่ระดับ 30 และ 40 MW

ระดับ 40 MW อยู่ในช่วงที่ 1 ใช้สมการ 2.28 ในการคำนวณความน่าจะเป็นซึ่งผลที่ได้จะเหมือนผลในตัวอย่างที่ 3.2

$$P(L^e_4) = 0.012$$

ระดับ 30 MW อยู่ในช่วงที่ 2 ใช้สมการ 3.26 ถึง 3.28 ในการคำนวณ

$$\begin{aligned} P(L'_3) &= P(30 \mid x_0)p_R(0) + P(30 \mid x_1)p_R(20) \\ &= P_L(30) \times 0.04 + (P_L(30) - P_L(30) \times R_{sh} + P_L(30+20)) \times 0.96 \\ &= 0.5 \times 0.04 + (0.5 - 0.5 \times 0.625 + 0.2) \times 0.96 \\ &= 0.392 \end{aligned}$$

3.4. การคำนวณค่าใช้จ่ายในการผลิต

ค่าใช้จ่ายในการผลิตประกอบด้วยค่าใช้จ่ายส่วนคงที่ (Fixed cost) และส่วนไม่คงที่ (Variable cost) จากหัวข้อ 3.3.2. ซึ่งคิดผลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำด้วยวิธีตัดยอดโหลดที่ปรับปรุงแล้ว และสามารถคำนวณพลังงานที่คาดว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องจะจ่ายจากสมการ 2.34 ในบทที่ 2 ดังนั้นจึงสามารถคำนวณค่าใช้จ่ายของแต่ละเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้จากสมการ 3.29 และค่าใช้จ่ายรวมของระบบได้จากสมการ 3.30

$$EC_j = C_f \times T \times C + C_v \times EES_j \tag{3.29}$$

$$EC_{total} = \sum_{j=1}^{N} EC_j \tag{3.30}$$

เมื่อ EC_j คือ ค่าใช้จ่ายสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า j (baht)

C_f คือ ค่าใช้จ่ายส่วนคงที่ (Baht/kWh)

C_v คือ ค่าใช้จ่ายส่วนแปรผัน (Baht/kWh)

T คือ ระยะเวลาทั้งหมดที่พิจารณา (hours)

N คือ จำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบ

จากการคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้และค่าใช้จ่ายในระบบไฟฟ้ากำลังเพื่อนำมาใช้เป็นค่าเป้าหมายในการกำหนดแผนการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้น จะพบว่าวิธีตัดยอดโหลดนั้นไม่เหมาะสมกับการใช้งานเนื่องจากไม่สอดคล้องกับการใช้พลังงานในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำจริง และการกำหนดแผนการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่จำเป็นต้องใช้ดัชนีความถี่และเวลา ดังนั้นวิธีตัดยอดโหลดที่ปรับปรุงแล้วจะเหมาะสมต่อการกำหนดแผนการบำรุงรักษามากกว่า และในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้วิธีตัดยอดโหลดที่ปรับปรุงแล้วในการคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้และค่าใช้จ่าย โดยพิจารณาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีพลังงานจำกัดซึ่งเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีจำนวนมากในประเทศไทย

ค่าใช้จ่ายที่คำนวณได้นี้เป็นตัวแปรสำคัญในการบริหารระบบไฟฟ้า เนื่องจากเป็นตัวแปรที่แสดงถึงเป้าหมายและผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์สำคัญในการบริหารระบบไฟฟ้าดังได้กล่าวไว้ในบทที่ 1 ดังนั้นในการกำหนดแผนการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าค่าใช้จ่ายที่ได้จากสมการ 3.30 จะเป็นตัวแปรสำคัญร่วมกับดัชนีความเชื่อถือได้เพื่อใช้ในการออปติไมซ์เพื่อกำหนดแผนการบำรุงรักษาที่ดีที่สุด โดยพิจารณาร่วมกับเงื่อนไขต่างๆ ซึ่งจะแสดงรายละเอียดวิธีการในบทต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย