บทที่ 5
การกำหนดแผนการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยพิจารณาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีพลังงานจำกัด

การกำหนดแผนการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอาจกระทำได้หลายวิธีเช่น Levelized reserve[4], Levelized LOLP [4,11] และ Levelized energy cost [8] เป็นต้น แต่ละวิธีใช้ตัวแปรหลักในการพิจารณาที่ต่างกันไปขึ้นอยู่กับเป้าหมายหรือลักษณะของผลตอบที่ต้องการ หากเน้นไปทางด้านความเชื่อถือได้ ค่าดัชนีความเชื่อถือได้เช่น LOLP จะถูกนำมาใช้พิจารณาเป็นตัวแปรหลัก แต่หากพิจารณาในด้านเศรษฐศาสตร์ ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตจะถูกนำมาพิจารณาเป็นตัวแปรหลักแทน สำหรับวิธีออปติไมซ์ที่นำมาประยุกต์ใช้นั้นแต่ละวิธีต่างก็มีข้อดีและข้อเสียในด้านของความถูกต้องและเวลาที่ใช้ในการคำนวณหาคำตอบ หากต้องการผลตอบที่เหมาะสมที่สุดเวลาที่ใช้ในคำนวณจะนานมาก

ในการพิจารณาการกำหนดแผนการบำรุงรักษาของระบบไฟฟ้าขนาดใหญ่ เช่น ระบบไฟฟ้าการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การกำหนดแผนการบำรุงรักษาตลอดช่วงเวลา 1 ปี โดยใช้ข้อมูลโหลดเบื้องต้นเป็นค่าสูงสุดประจำแต่ละวันนั้น หากใช้วิธีออปติไมซ์ตามแบบวิธีที่นิยมทั่วไปคือวิธี Dynamic Programming แล้วจะต้องใช้เวลาในการคำนวณมาก ในบทนี้จึงนำเสนอกระบวนการที่พัฒนาขึ้นใหม่ซึ่งเป็นการผสมผสานหลักการกำหนดแผนการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและวิธีการออปติไมซ์ต่างๆเข้าด้วยกันเพื่อลดเวลาในการแก้ปัญหาลง

5.1. ความเกี่ยวข้องกันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

โดยปกติในระบบไฟฟ้ากำลังหากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องใดเครื่องหนึ่งถูกนำออกจากระบบเพื่อทำการบำรุงรักษาหรือเกิดข้อขัดข้องจนไม่สามารถจ่ายพลังงานได้แล้ว เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องอื่นๆก็จะทำการจ่ายพลังงานแทน ดังนั้นหากทำการหยุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องใดเครื่องหนึ่งเพื่อทำการบำรุงรักษาแล้ว พลังงานที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าอื่นๆจ่ายให้แก่โหลดก็จะเปลี่ยนไปซึ่งส่งผลต่อเนื่องถึงค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตด้วย ดังนั้นหากต้องการพิจารณาผลของการนำเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องออกจากระบบอย่างเหมาะสมแล้วก็ควรคิดค่าใช้จ่ายในการผลิตและดัชนีความน่าเชื่อถือได้ใหม่ทั้งหมด ในทางปฏิบัติจะสามารถคำนวณได้ด้วยเวลาอันรวดเร็วโดยอาศัยวิธีการ Deconvolution สำหรับเครื่องที่นำออกเพื่อทำการบำรุงรักษา หากแต่การคำนวณด้วยวิธีดังกล่าวก็มีความคลาดเคลื่อนระดับหนึ่ง นอกจากนี้เวลาที่ใช้ในการคำนวณอาจไม่แตกต่างจากวิธีการ Convolution [2] มากนัก

การกำหนดแผนการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้น หากเริ่มต้นพิจารณาจากกรณีที่ไม่มีการหยุดบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใดในระบบ จากนั้นจึงพิจารณากำหนดให้เครื่องใดเครื่องหนึ่งหยุดบำรุงรักษาในช่วงเวลาที่เหมาะสม เมื่อพิจารณาตามวิธี Levelize Reserve หรือ Levelize LOLP ดังได้กล่าวไว้ในบทที่ 4 ผลตอบของทั้งสองวิธีจะทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าสำรองหรือ ดัชนี LOLP มีค่าใกล้เคียงกันทุกช่วงเวลาย่อย ดังนั้นช่วงเวลาที่มีกำลังไฟฟ้ารวมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ถูกหยุดบำรุงรักษามากที่สุด คือช่วงเวลาที่ระบบมีโหลดต่ำที่สุดนั่นเอง อย่างไรก็ดีขนาดของกำลังไฟฟ้ารวมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่หยุดบำรุงรักษาได้ จะถูกจำกัดด้วยเงื่อนไขที่เกี่ยวกับปริมาณกำลังไฟฟ้าสำรองในช่วงเวลาย่อย ดังนั้นกำลังไฟฟ้ารวมที่หยุดบำรุงรักษาจึงไม่ควรมีค่าสูงเกินระดับที่กำหนด ในการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กผลกระทบเกี่ยวกับการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องกำนิดไฟฟ้าอื่นๆจะมีค่าต่ำ ในขณะที่หากเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่จะส่งผลต่อการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอื่นค่อนข้างมาก สำหรับตำแหน่งของการหยุดบำรุงรักษาที่เหมาะสม ไม่ว่าจะพิจารณาด้วยหลักการ Levelized Reserve, Levelized LOLP หรือ Levelized Energy cost ล้วนแต่มีแนวโน้มที่จะหยุดบำรุงรักษาในช่วงเวลาย่อยที่มีโหลดต่ำ

หากพิจารณาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องตามแนวทางที่ได้กล่าวไปแล้ว โดยไม่พิจารณาผลกระทบที่มีต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอื่น จะพบว่าแผนบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ได้รับจากการคำนวณนั้น จะมีการหยุดบำรุงรักษาด้วยค่ากำลังการผลิตสูงในช่วงเวลาย่อยที่มีโหลดต่ำ ซึ่งเป็นแนวโน้มที่ดีในการกำหนดแผนการบำรุงรักษา ดังนั้นหากนำแนวทางนี้มาใช้ในการลดขนาดของปัญหาที่ต้องทำการคำนวณลง ก็จะสามารถลดเวลาในการกำหนดแผนการบำรุงรักษาลงได้มาก และผลตอบที่ได้จะมีแนวโน้มของพลังงานที่ไม่ได้รับการจ่ายหรือค่าใช้จ่ายในทิศทางที่ลดลง ซึ่งจะแสดงรายละเอียดวิธีการในหัวข้อต่อไป

5.2. การกำหนดแผนการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเบื้องต้น

การกำหนดแผนการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเบื้องต้นในที่นี้หมายถึง การกำหนดแผนการบำรุงรักษาโดยไม่คำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อกันในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่อง ตามที่ได้กล่าวไปในหัวข้อ 5.1 หากพิจารณาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ากำลังสามารถแบ่งตามลักษณะการจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้เป็น 4 ประเภท คือ

1. ประเภทที่มีพลังงานจำกัด (Energy limited units)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภทนี้จะจ่ายพลังงานจนหมด ดังนั้นจึงมีค่าพลังงานที่คาดว่าจะจ่ายในแต่ละวันใกล้เคียงกันด้วย ทั้งนี้อาจต่างกันบ้างตามฤดูกาลหรือตามแต่ละเดือนที่ค่าปริมาณพลังงานจำกัดที่ไม่เท่ากัน ตามปริมาณน้ำที่ปลดปล่อยจากอ่างเก็บน้ำ

2. *เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จ่ายพลังงานช่วงโหลดต่ำ (Base load units)*

คือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีค่าใช้จ่ายในการผลิตต่ำ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะจ่ายพลังงานตลอดเวลาหรือเกือบตลอดเวลา ดังนั้นพลังงานที่คาดว่าจะจ่ายในแต่ละวันจะใกล้เคียงกันตลอดปี

3. *เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จ่ายพลังงานช่วงโหลดปานกลาง (Intermediate load units)*

คือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีต้นทุนในการผลิตค่อนข้างสูง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภทนี้จะจ่ายพลังงานในช่วงที่โหลดระดับปานกลาง ดังนั้นการจ่ายพลังงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภทนี้มักจะมีค่าที่แตกต่างกันในแต่ละวัน

4. *เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จ่ายพลังงานช่วงโหลดสูง (Peak load units)*

คือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีต้นทุนในการผลิตสูง มักจ่ายพลังงานในช่วงโหลดสูงหรือใช้เป็นกำลังผลิตสำรองของระบบ ดังนั้นพลังงานที่จ่ายจะแตกต่างกันในแต่ละวัน แต่ในช่วงเวลาแคบๆ เช่น ใน 1 สัปดาห์ หรือ 1 เดือนนั้น อาจจะจ่ายพลังงานในแต่ละวันใกล้เคียงกัน เนื่องจากลักษณะของโหลดและโหลดสูงสุดใน 1 สัปดาห์ หรือ 1 เดือน จะใกล้เคียงกัน

จากลักษณะการจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่แตกต่างกันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละประเภทจะพบว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภทที่จ่ายพลังงานในช่วงโหลดต่ำ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภทที่มีพลังงานจำกัด จะมีพลังงานและค่าใช้จ่ายการผลิตในแต่ละช่วงเวลาย่อยใกล้เคียงกันมาก เมื่อพิจารณาประกอบกับการกำหนดแผนบำรุงรักษาเบื้องต้นโดยไม่คำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อกันในการจ่ายพลังงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องแล้ว จะทำให้ไม่สามารถเลือกช่วงเวลาบำรุงรักษาที่เหมาะสมสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งสองประเภทดังกล่าวได้ ทั้งนี้เนื่องจากในทุกช่วงเวลาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหล่านี้จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้แก่โหลดใกล้เคียงกันมาก อีกทั้งมีต้นทุนในการผลิตใกล้เคียงกันในแต่ละวันด้วย อย่างไรก็ตามแผนบำรุงรักษาเบื้องต้นดังกล่าวจะต้องนำไปกำหนดแผนบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุดอีกครั้งโดยพิจารณาถึงผลกระทบที่มีต่อกันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่อง ดังนั้นหากพิจารณาเลือกช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหล่านี้เป็นช่วงที่หยุดบำรุงรักษาตั้งแต่ขั้นตอนการกำหนดแผนเบื้องต้นแล้ว แผนบำรุงรักษาสุดท้ายที่ได้ซึ่งพิจารณาผลกระทบที่มีต่อกันก็อาจจะคลาดเคลื่อนจากแผนที่เหมาะสมที่สุดซึ่งคำนวณได้จากวิธีการดั้งเดิมคือ วิธี Dynamic programming ไปมาก ดังนั้นเพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนดังกล่าวนี้ สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภทที่จ่ายพลังงานในช่วงโหลดต่ำ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภทที่มีพลังงานจำกัดในขั้นต้นนี้จึงละเลยการเลือกช่วงเวลาหยุดบำรุงรักษาในระหว่างการกำหนดแผนบำรุงรักษาเบื้องต้น หากแต่จะทำการกำหนดช่วงเวลาหยุดบำรุงรักษาในภายหลังโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอื่นด้วย ซึ่งจะทำให้ได้แผนบำรุงรักษาสุดท้ายที่เหมาะสมเช่นกัน ดังรายละเอียดที่จะกล่าวต่อไปนี้

5.2.1. เป้าหมายในการกำหนดแผนการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเบื้องต้น

การพิจารณาให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องเป็นอิสระจากกันตามแนวทางในหัวข้อ 5.1. นั้นจะพิจารณาถึงความสำคัญของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องที่มีต่อระบบ ในช่วงเวลาที่มีโหลดต่ำ สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จ่ายโหลดระดับปานกลางหรือจ่ายโหลดระดับสูงจะมีค่าพลังงานที่คาดว่าจะจ่ายให้แก่ระบบ (EES) ต่ำ เนื่องจากพลังงานส่วนใหญ่ถูกจ่ายด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในลำดับต้นไปแล้ว พลังงานที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายแก่ระบบน้อยแสดงถึงค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าที่เกิดจากเครื่องกำเนิดนั้นจะต่ำไปด้วย เนื่องจากการคำนวณค่าใช้จ่ายนั้นจะคำนวณจากพลังงานที่คาดว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะจ่าย ซึ่งแสดงไว้ในสมการที่ 3.30 และ 3.31 ในบทที่ 3 ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าช่วงเวลาที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีค่าใช้จ่ายในการผลิตต่ำที่สุดจะเป็นช่วงที่เหมาะสมที่จะหยุดบำรุงรักษา เนื่องจากปริมาณพลังงานที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่อยู่ในลำดับการโหลด (Loading) ต่อจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ถูกทำการบำรุงรักษาจะจ่ายพลังงานแทนเครื่องที่หยุดบำรุงรักษานั้นจะมีปริมาณไม่มาก ดังนั้นค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียมากขึ้นจากการหยุดบำรุงรักษาจึงน้อยลงไปด้วย

หากพิจารณาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลายเครื่องในระบบ ช่วงเวลาที่โหลดต่ำซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมต่อการหยุดบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า อาจไม่สามารถทำการบำรุงรักษาได้ทั้งหมดพร้อมกันทุกเครื่อง เนื่องจากเงื่อนไขต่างๆเช่น กำลังไฟฟ้าสำรองขั้นต่ำที่ต้องมีในแต่ละวัน ข้อจำกัดด้านบุคลากรและอุปกรณ์ เป็นต้น การพิจารณาเลื่อนช่วงเวลาหยุดบำรุงรักษาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าออกไปจากช่วงเวลาดังกล่าวจะสมควรได้รับการพิจารณา ซึ่งแนวทางการดำเนินการดังกล่าวพอที่จะสรุปได้เป็น 2 แนวทางคือ

แนวทางที่ 1 พิจารณาจากพลังงานที่จ่าย

คือการพิจารณาปรับช่วงเวลาการบำรุงรักษาไปสู่ช่วงเวลาใหม่ที่มีพลังงานที่คาดว่าจะจ่ายเพิ่มขึ้นซึ่งโดยทั่วไปจะเป็นช่วงเวลาที่โหลดสูงขึ้นด้วย การเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาการหยุดบำรุงรักษาจากช่วงที่มีการจ่ายพลังงานน้อยกว่าไปสู่ช่วงที่มีการจ่ายพลังงานมากกว่าทำให้ดัชนีความเชื่อถือได้ที่เกี่ยวข้องกับพลังงานเช่น ดัชนี EUE มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากพลังงานที่ควรจะจ่ายให้แก่ระบบจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีปริมาณลดลง ความเชื่อถือได้ของระบบก็จะลดลงเช่นเดียวกัน ดังนั้นเป้าหมายของการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาการบำรุงรักษาคือ การเปลี่ยนแปลงนั้นควรมีผลทำให้ความเชื่อถือได้ลดลงน้อยที่สุด

เมื่อพิจารณาประเภทของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดังกล่าวไปข้างต้น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จะเปลี่ยนช่วงเวลาบำรุงรักษาจากช่วงที่โหลดต่ำไปสู่ช่วงที่ระดับโหลดเพิ่มขึ้นจะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จ่ายพลังงานในช่วงโหลดสูงและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีพลังงานจำกัด เนื่องจากเครื่องกำเนิด

ไฟฟ้าที่จ่ายพลังงานช่วงโหลดสูงมักจะจ่ายพลังงานต่ำมาก ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงจึงต่ำ ในขณะที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีพลังงานจำกัด ความแตกต่างของพลังงานที่จ่ายจะต่างกันในแต่ละเดือน สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จ่ายพลังงานช่วงโหลดปานกลางจะมีความแตกต่างของการจ่ายพลังงานในแต่ละวันมาก ส่วนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จ่ายพลังงานช่วงโหลดระดับต่ำจะมีค่าพลังงานที่คาดว่าจะจ่ายให้แก่ระบบใกล้เคียงกันมากจนสามารถรวมพิจารณาเป็นช่วงเดียวกัน ดังกล่าวไว้ในหัวข้อก่อน

การใช้หลักการนี้ในการพิจารณาจะสอดคล้องกับเป้าหมายด้านความเชื่อถือได้เนื่องจากผลรวมของพลังงานที่แต่ละเครื่องจ่ายจะมีค่าสูงสุดภายใต้เงื่อนไขต่างๆในการหยุดบำรุงรักษาซึ่งหมายถึง พลังงานที่คาดว่าระบบจะไม่ได้รับการจ่ายจะมีค่าต่ำที่สุด ดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบ เช่น EUE จึงมีค่าต่ำด้วยเช่นกัน

แนวทางที่ 2 พิจารณาจากค่าใช้จ่ายในการผลิต

คือการพิจารณาค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นหากปรับช่วงเวลาการบำรุงรักษา การปรับช่วงเวลาลักษณะนี้จะคล้ายคลึงกับการพิจารณาจากพลังงานที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่าย แต่พิจารณาค่าใช้จ่ายแทนพลังงานที่จ่าย ดังนั้นการปรับช่วงเวลาบำรุงรักษาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาบำรุงรักษาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีพลังงานจำกัดก่อน เนื่องจากเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีค่าใช้จ่ายในการผลิตต่ำมาก สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ทำงานในช่วงโหลดสูง และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ทำงานในช่วงโหลดปานกลางจะถูกพิจารณาเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาบำรุงรักษาในลำดับถัดไปตามลำดับ แต่อาจแตกต่างกันบ้างเนื่องจากค่าใช้จ่ายส่วนแปรผันแตกต่างกัน ผลที่ได้คือการผลิตที่มีค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายด้านเศรษฐศาสตร์

จากแนวทางทั้งสอง เมื่อพิจารณาประกอบกับเป้าหมายที่ต้องการในการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป้าหมายด้านความเชื่อถือได้จะถูกพิจารณาเป็นเงื่อนไขหนึ่งในการกำหนดแผนบำรุงรักษา เนื่องจากในทางปฏิบัติความเชื่อถือได้แบ่งได้เป็น 2 ระดับคือ ระดับที่ระบบมีความเชื่อถือได้เพียงพอ (Reliable) และระดับที่ระบบมีความเชื่อถือได้ไม่เพียงพอ (Unreliable) ดังนั้นหากพิจารณาขอบเขตของระดับความเชื่อถือได้เป็นเงื่อนไขหนึ่งแล้ว การพิจารณาให้ระบบมีความน่าเชื่อถือได้สูงสุดจึงเป็นสิ่งที่ไม่จำเป็น แต่เป้าหมายด้านเศรษฐศาสตร์ ภายใต้เงื่อนไขที่มีความเชื่อถือได้อยู่ในระดับพอใจจึงมีความพอเหมาะสมกว่าในเชิงปฏิบัติเพราะเป็นผลประโยชน์โดยตรง ดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้จะพิจารณาโดยใช้แนวทางที่ 2 คือ พิจารณาค่าใช้จ่ายในการผลิต ซึ่งเหมาะสมกับเป้าหมายด้านเศรษฐศาสตร์มากกว่าสามารถแสดงเป้าหมายการกำหนดแผนการบำรุงรักษาเป็นสมการได้ตามสมการที่ 5.1

$$\min\left(\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=ST_i}^{LT_i} EC_i(k)\right) \qquad (5.1)$$

เมื่อ $EC_i(k)$ คือ ค่าใช้จ่ายในการผลิตพลังงานไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า i ในช่วงเวลาย่อย k

ST_i คือ ช่วงเวลาย่อยแรกที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า i หยุดบำรุงรักษา

LT_i คือ ช่วงเวลาย่อยสุดท้ายที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า i หยุดบำรุงรักษา

n คือ จำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมด

5.2.2. วิธีการกำหนดแผนการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเบื้องต้น

เป้าหมายของการกำหนดแผนเบื้องต้นได้กล่าวไปแล้ว สำหรับวิธีการกำหนดแผนเบื้องต้นมีข้อพิจารณาที่สำคัญอยู่ที่การเลือกวิธีออปติไมซ์ที่จะนำมาใช้ เนื่องจากเป็นการพิจารณาเครื่องกำหนดไฟฟ้าแต่ละเครื่องเป็นอิสระต่อกัน เมื่อพิจารณาประกอบกับข้อมูลที่ใช้ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่คาดว่าเกิดจากการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งมีค่าแตกต่างกันตามลักษณะการจ่ายโหลด นั่นคือผลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องที่มีต่อค่าใช้จ่ายรวมไม่เท่ากันจึงไม่สามารถใช้วิธี Branch and bound ได้ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.4.4 ในบทที่ 4 ดังนั้นในการออปติไมซ์จึงสามารถใช้ได้เฉพาะวิธี dynamic programming และ complete enumeration

ในการพิจารณาข้อดีและข้อเสียของแต่ละวิธีแล้ว วิธี dynamic programming นั้นต้องคำนึงถึงจำนวนกรณีที่ต้องพิจารณาในการแก้ปัญหาซึ่งคำนวณได้จากสมการ 4.16 และ 4.17 ในบทที่ 4 แต่หากพิจารณาค่าใช้จ่ายของแต่ละเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแล้ว จะพบว่ามีแนวโน้มที่จะได้แผนที่มาจากเส้นทางของช่วงเวลาที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีต้นทุนการผลิตต่ำ การพิจารณาช่วงเวลาที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีต้นทุนการผลิตแพงกว่าอาจเป็นการเสียเวลาโดยไม่จำเป็น ในขณะที่วิธี Complete enumeration เป็นวิธีการที่ต้องใช้เวลาในการคำนวณนานมาก จึงจำเป็นต้องหาวิธีที่เหมาะสม

หากพิจารณาวิธี Branch and bound ซึ่งได้ผลตอบในเวลารวดเร็วเนื่องจากมีการกำหนดขอบเขตล่างและขอบเขตบนไว้ ดังนั้นหากจัดเรียงข้อมูลจากน้อยไปหามาก และกำหนดขอบเขตล่างและขอบเขตบนโดยมีการลดขนาดของขอบเขตลงเรื่อยๆ แล้วใช้หลักการทำออปติไมซ์ด้วยวิธี complete enumeration ก็จะได้ผลตอบที่พิจารณา โดยมีขั้นตอนการกำหนดแผนบำรุงรักษาเบื้องต้นดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 คำนวณค่าใช้จ่ายของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องในแต่ละช่วงเวลาย่อย โดยเริ่มต้นพิจารณาในกรณีที่ไม่มีการบำรุงรักษา ในการพิจารณาช่วงเวลาย่อยนั้น หากกำหนดแผนบำรุงรักษารายวัน ช่วงเวลาย่อยคือ 1 วัน แต่หากกำหนดแผนบำรุงรักษารายสัปดาห์ ช่วงเวลาย่อยคือ 1 สัปดาห์

ขั้นที่ 2 จากช่วงเวลาย่อยแรกที่สามารถหยุดบำรุงรักษาได้ถึงช่วงเวลาย่อยสุดท้ายที่สามารถหยุดบำรุงรักษาได้นั้น ทำการรวมและจัดช่วงเวลาย่อยให้มีขนาดเท่ากับเวลาที่ต้องการใช้ในการบำรุงรักษา ซึ่งจะเรียกช่วงเวลานี้ว่าช่วงเวลาบำรุงรักษา สามารถแสดงตัวอย่างได้ดังในตัวอย่างที่ 5.1 ซึ่งด้วยแนวคิดดังกล่าวและตัวอย่างที่แสดงจะพบว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องจะมีช่วงเวลาบำรุงรักษาได้หลายช่วงเวลา

ตัวอย่างที่ 5.1 สมมติให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าต้องใช้เวลาในการบำรุงรักษาต่อเนื่องกัน 2 ช่วง โดยมีช่วงเวลาที่สามารถหยุดบำรุงรักษาได้ในช่วงที่ 1 ถึงช่วงที่ 5

	1	2	3	4	5
ช่วงเวลาบำรุงรักษาแบบที่ 1	1	2	3	4	5
ช่วงเวลาบำรุงรักษาแบบที่ 2	1	2	3	4	5
ช่วงเวลาบำรุงรักษาแบบที่ 3	1	2	3	4	5
ช่วงเวลาบำรุงรักษาแบบที่ 4	1	2	3	4	5

รูปที่ 5.1 ช่วงเวลาบำรุงรักษาจากตัวอย่างที่ 5.1 และช่วงเวลาบำรุงรักษาที่เลือกได้

ในกรณีนี้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดังกล่าวจะมีช่วงเวลาบำรุงรักษาที่เป็นไปได้จำนวน 4 ช่วงเวลาคือ 1-2, 2-3, 3-4 และ 4-5

ขั้นที่ 3 สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องหากมีช่วงเวลาบำรุงรักษาที่อยู่ติดกันและมีค่าใช้จ่ายในการผลิตเท่ากัน รวมเป็นช่วงเวลาบำรุงรักษาเดียวกัน ซึ่งจะเรียกว่าช่วงเวลาบำรุงรักษาอย่างหยาบ โดยช่วงเวลาบำรุงรักษาอย่างหยาบนี้จะมีค่าใช้จ่ายในการผลิตคำนวณมาจากค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายแต่ช่วงเวลาบำรุงรักษา ดังนั้นแต่ละเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะมีช่วงเวลาบำรุงรักษาอย่างหยาบจำนวนหนึ่งซึ่งน้อยกว่าจำนวนช่วงเวลาบำรุงรักษาในขั้นที่ 2 ดังแสดงในตัวอย่างที่ 5.2

ตัวอย่างที่ 5.2 จากตัวอย่างที่ 5.1 หากแต่ละช่วงเวลาย่อยมีค่าใช้จ่ายในการผลิตดังที่แสดงในตารางที่ 5.1 ให้กำหนดช่วงเวลาบำรุงรักษาอย่างหยาบ

ตารางที่ 5.1 ค่าใช้จ่ายในการผลิตแต่ละช่วงเวลาย่อย

ช่วงเวลาที่	1	2	3	4	5
ค่าใช้จ่ายในการผลิต	100	150	100	100	150

พิจารณาแต่ละช่วงเวลาบำรุงรักษาจากตัวอย่างที่ 5.1 จะได้ค่าใช้จ่ายในแต่ละช่วงเวลาบำรุงรักษาตามตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ค่าใช้จ่ายในการผลิตแต่ละช่วงเวลาบำรุงรักษา

ช่วงเวลาบำรุงรักษา	1-2	2-3	3-4	4-5
ค่าใช้จ่ายในการผลิต	250	250	200	250

จากตารางที่ 5.2 ช่วงเวลาบำรุงรักษา 1-2 และ 2-3 อยู่ติดกันและมีค่าใช้จ่ายในการผลิตเท่ากัน ดังนั้นเพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนในการแก้ปัญหาดังกล่าวแล้วข้างต้น จะรวมช่วงบำรุงรักษาทั้งสองนี้ให้เป็นช่วงเดียวกันดังนั้นจะได้ช่วงเวลาบำรุงรักษาอย่างหยาบเป็น 3 ช่วงคือ 1-3, 3-4 และ 4-5 และแต่ละช่วงจะมีค่าใช้จ่ายที่ได้จากการเฉลี่ยค่าใช้จ่ายจากแต่ละช่วงเวลาบำรุงรักษาที่นำมารวมเป็นช่วงเวลาบำรุงรักษาอย่างหยาบ เช่น ช่วงเวลาบำรุงรักษา 1-2 และ 2-3 รวมเป็นช่วงเวลาบำรุงรักษาอย่างหยาบเดียวกัน ค่าใช้จ่ายที่จะนำมาพิจารณาของช่วงเวลาบำรุงรักษาอย่างหยาบ 1-3 นี้จะคำนวณจาก (250+250)/2=250 ดังแสดงในตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ค่าใช้จ่ายในการผลิตแต่ละช่วงเวลาบำรุงรักษา

ช่วงเวลาบำรุงรักษาอย่างหยาบ	1-3	3-4	4-5
ค่าใช้จ่ายในการผลิตประจำช่วงการบำรุงรักษาอย่างหยาบ	250	200	250

ขั้นที่ 4 สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่แต่ละเครื่อง ให้ทำการเรียงลำดับช่วงเวลาบำรุงรักษาอย่างหยาบตามค่าเฉลี่ยค่าใช้จ่ายในการผลิตจากต่ำไปสูง

ขั้นที่ 5 เริ่มจากช่วงเวลาบำรุงรักษาอย่างหยาบในลำดับที่ 1 ของทุกๆเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทดสอบเงื่อนไข หากผ่านเงื่อนไขใช้ช่วงเวลาบำรุงรักษาอย่างหยาบในลำดับที่ 1 นี้ก็จะถือว่าเป็นแผนบำรุงรักษาเบื้องต้น

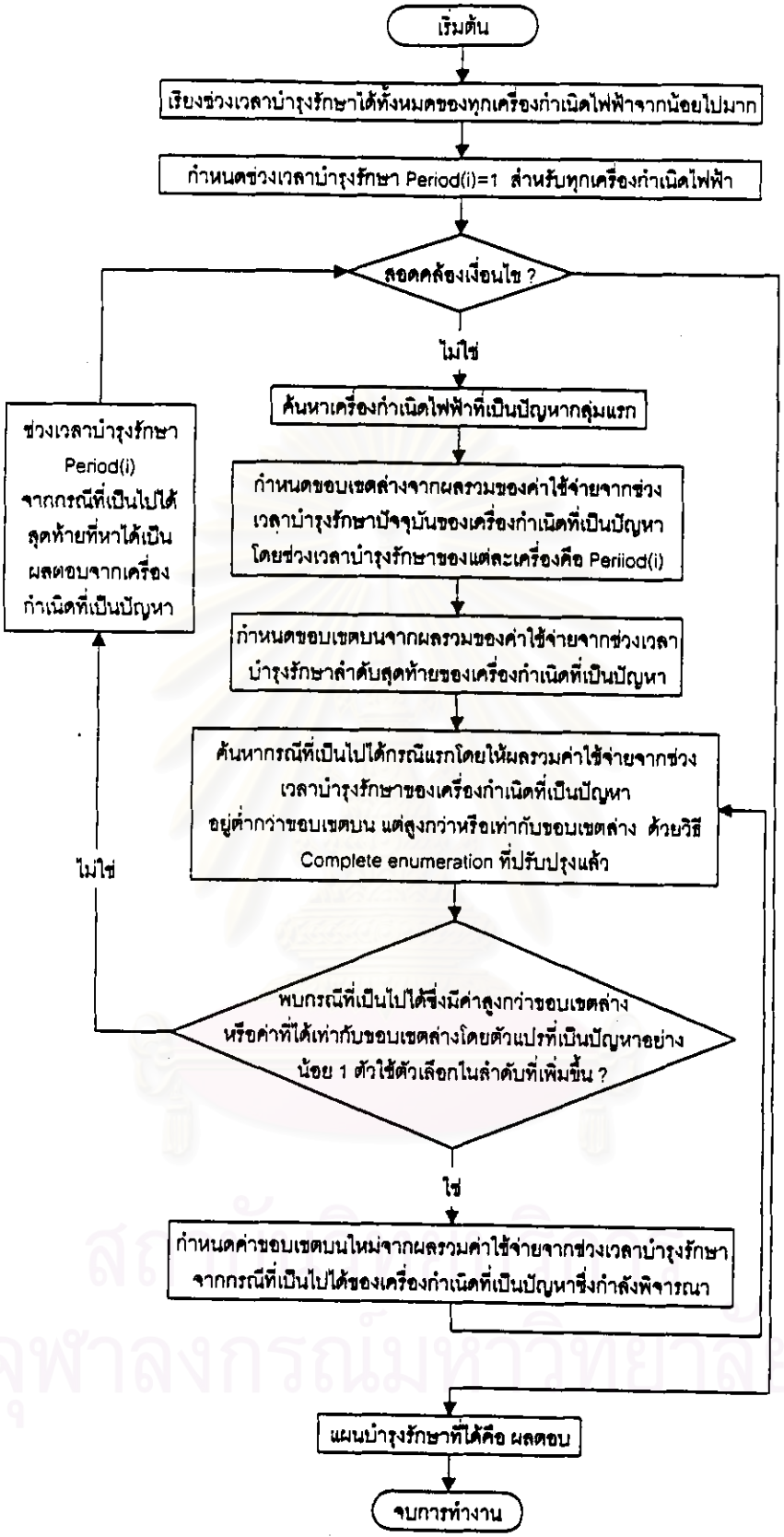
โดยทั่วไปเพื่อความรวดเร็วในการตรวจสอบเงื่อนไข จะทำการตรวจสอบเงื่อนไขจนกว่าจะพบว่าเป็นกรณีที่เป็นไปไม่ได้เช่น ตรวจสอบตั้งแต่วันแรกไปที่ละวันแล้วพบว่ากำลังสำรองไม่เพียงพอในวันใดวันหนึ่งก็จะหยุดพิจารณาโดยไม่พิจารณาต่อไปถึงวันสุดท้าย เป็นต้น ดังนั้นการที่ไม่ผ่านเงื่อนไขใดเงื่อนไขหนึ่งจึงไม่ได้เกิดจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมดในระบบ แต่เกิดจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพียงบางเครื่องเท่านั้น ซึ่งจะเรียกเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากลุ่มนี้ว่าเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เป็นปัญหา ในการคำนวณหากรณีที่เป็นไปได้ในการแก้ปัญหาโดยพิจารณาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องเป็นอิสระต่อกันจึงไม่มีความจำเป็นต้องนำเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมดมาพิจารณา

เพียงนำเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เป็นปัญหาเหล่านี้มาคำนวณหาช่วงเวลาบำรุงรักษาอย่างหยาบใหม่ก็สามารถแก้ปัญหาได้ ดังนั้นหากตรวจสอบเงื่อนไขไม่ผ่านก็จะได้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เป็นปัญหามาใช้แก้ปัญหาขั้นต่อไป

ขั้นที่ 6 นำค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของช่วงเวลาบำรุงรักษาอย่างหยาบในลำดับปัจจุบันสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เป็นปัญหาทุกเครื่องรวมกันและกำหนดให้เป็นขอบเขตล่าง

ขั้นที่ 7 พิจารณาเฉพาะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เป็นปัญหา โดยทำการคำนวณหากรณีที่ดีที่สุดที่เป็นไปได้เมื่อพิจารณาเฉพาะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เป็นปัญหา โดยต้องเป็นกรณีที่มีค่าสูงกว่าขอบเขตล่าง หรือมีค่าเท่ากับขอบเขตล่างแต่เป็นกรณีที่มีช่วงเวลาบำรุงรักษาอย่างหยาบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เป็นปัญหาอย่างน้อย 1 เครื่อง มีลำดับเพิ่มขึ้น โดยใช้วิธีออปติไมซ์ที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.2 ขั้นตอนการออปติไมซ์เพื่อกำหนดแผนการบำรุงรักษาเบื้องต้น

ขั้นที่ 8 ตรวจสอบเงื่อนไขจากผลที่ได้ในขั้นที่ 7 หากผ่านเงื่อนไขจะได้แผนอย่างหยาบ หากไม่ผ่านเงื่อนไข ก็ทำการหากลุ่มของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เป็นปัญหากลุ่มใหม่ แล้วจึงย้อนกลับไปทำขั้นที่ 6 จนกว่าจะผ่านเงื่อนไข

5.3. การกำหนดแผนการบำรุงรักษารายวันและรายสัปดาห์

การกำหนดแผนบำรุงรักษาเป็นรายวันเป็นสิ่งจำเป็นและสอดคล้องกับการปฏิบัติงานและการวางแผนการดำเนินงานของแต่ละการไฟฟ้า อย่างไรก็ดีในการกำหนดแผนการบำรุงรักษารายวันนั้น หากทำการคำนวณโดยอาศัยข้อมูลโหลดแต่ละวันและความเป็นไปได้ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จะถูกบำรุงรักษาในแต่ละวันนั้น หากทำการคำนวณโดยอาศัยข้อมูลโหลดแต่ละวันและความเป็นไปได้ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จะถูกบำรุงรักษาแต่ละวันนั้น จะทำให้เสียเวลาในการคำนวณเป็นอย่างมาก ดังนั้นในบทความทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า [8-11] นั้นจึงเป็นการนำเสนอแผนการบำรุงรักษาเป็นรายสัปดาห์ ซึ่งทำให้สามารถลดระยะเวลาการคำนวณลงและมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในทางปฏิบัติมากขึ้น อย่างไรก็ดีผลจากการกำหนดด้วยวิธีการดังกล่าว ผู้ปฏิบัติงานยังจำเป็นต้องปรับแผนให้สอดคล้องกับความเป็นจริงด้วยตนเองอยู่นั่นเอง การพิจารณากำหนดแผนการบำรุงรักษาเป็นรายวันในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะเริ่มต้นจากการคำนวณแผนการบำรุงรักษาเป็นรายสัปดาห์ก่อน จากนั้นจึงนำมากำหนดแผนการบำรุงรักษาเป็นรายวันต่อไป โดยเริ่มต้นจากการแปลงข้อมูลโหลดรายวันเป็นรายสัปดาห์และพิจารณาช่วงเวลาย่อยเป็นรายสัปดาห์เช่นกัน แล้วคำนวณหาแผนการบำรุงรักษาเป็นรายสัปดาห์จากนั้นจึงนำแผนรายสัปดาห์มาแปลงเป็นแผนรายวัน โดยทำการออปติไมซ์อีกขั้นซึ่งจะทำให้สามารถลดเวลาลงได้มาก ในการแปลงข้อมูลการบำรุงรักษารายวันเป็นข้อมูลการบำรุงรักษารายสัปดาห์สามารถทำได้โดยอาศัยสมการ 5.2 เป็นการแปลงจากหน่วยวันเป็นสัปดาห์ และสมการที่ 5.3 เป็นการคำนวณค่าปรับของวันที่จะนำมาใช้แปลงแผนรายสัปดาห์เป็นแผนรายวัน หากค่านี้มีค่าเป็นบวกแสดงถึงระยะเวลาบำรุงรักษาในหน่วยสัปดาห์น้อยกว่าระยะเวลาบำรุงรักษาในหน่วยวัน และจะมีค่าเป็นลบหากระยะเวลาบำรุงรักษาในหน่วยสัปดาห์นานกว่าระยะเวลาบำรุงรักษาในหน่วยวัน

$$MT_w(i) = \text{int}\left(\frac{MT_d(i)}{7}\right) \qquad \text{โดย } R_m \le 3 \qquad (5.2a)$$

$$MT_w(i) = \text{int}\left(\frac{MT_d(i)}{7}\right) + 1 \qquad \text{โดย } R_m > 3 \qquad (5.2b)$$

$$R_m = MT_d(i) - \text{int}\left(\frac{MT_d(i)}{7}\right) \quad (5.3a)$$

$$Adj(i) = R_m \quad \text{โดย } R_m \le 3 \quad (5.3b)$$

$$Adj(i) = R_m - 7 \quad \text{โดย } R_m > 3 \quad (5.3c)$$

เมื่อ $MT_w(i)$ คือ ระยะเวลาบำรุงรักษาเป็นสัปดาห์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า i

$MT_d(i)$ คือ ระยะเวลาบำรุงรักษาเป็นวันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า i

R_m คือ เศษจากการหารระยะเวลาบำรุงรักษาเป็นวันด้วย 7

$Adj(i)$ คือ ค่าปรับที่นำมาใช้ในการแปลงแผนรายสัปดาห์เป็นแผนรายวัน

$\text{int}(x)$ คือ ค่าจำนวนเต็มของ x

5.3.1. การแปลงช่วงเวลาที่สามารถหยุดบำรุงรักษาได้เป็นข้อมูลรายสัปดาห์

สำหรับสัปดาห์แรกที่สามารถหยุดบำรุงรักษาได้ และสัปดาห์สุดท้ายที่สามารถหยุดบำรุงรักษาได้ คำนวณได้จากวันแรกที่สามารถบำรุงรักษาได้และวันสุดท้ายที่สามารถบำรุงรักษาได้ตามสมการ 5.4 และ 5.5 ตามลำดับ ซึ่งต้องพิจารณาถึงกรณีต่างๆตามสมการ 5.6 ถึง 5.11

$$ML_w(i) = week(ML_d(i)) \quad \text{เมื่อ } CON_1 = T \quad (5.4a)$$

$$ML_w(i) = week(ML_d(i)) \quad \text{เมื่อ } CON_1 = F, CON_2 = F, CON_3 = T \quad (5.4b)$$

$$ML_w(i) = week(ML_d(i)) + 1 \quad \text{เมื่อ } CON_1 = F, CON_2 = T \quad (5.4c)$$

$$ML_w(i) = week(ML_d(i)) + 1 \quad \text{เมื่อ } CON_1 = F, CON_2 = F, CON_3 = F \quad (5.4d)$$

$$MH_w(i) = week(MH_d(i)) \quad \text{เมื่อ } CON_4 = T \quad (5.5a)$$

$$MH_w(i) = week(MH_d(i)) \quad \text{เมื่อ } CON_4 = F, CON_5 = F, CON_6 = T \quad (5.5b)$$

$$MH_w(i) = week(MH_d(i)) - 1 \quad \text{เมื่อ } CON_4 = F, CON_5 = T \quad (5.5c)$$

$$MH_w(i) = week(MH_d(i)) - 1 \quad \text{เมื่อ } CON_4 = F, CON_5 = F, CON_6 = F \quad (5.5d)$$

$$CON_1 = T \quad \text{เมื่อ } day(ML_d(i)) = 1 \quad (5.6a)$$

$$CON_1 = F \quad \text{เมื่อ } day(ML_d(i)) > 1 \quad (5.6b)$$

$$CON_2 = T \quad \text{เมื่อ } Adj(i) > 0 \quad (5.7a)$$

$$CON_2 = F \quad \text{เมื่อ } Adj(i) \le 0 \quad (5.7b)$$

$CON_3 = T$ เมื่อ $(1 - Adj(i)) \geq day(ML_d(i))$ (5.8a)

$CON_3 = F$ เมื่อ $(1 - Adj(i) <) day(ML_d(i))$ (5.8b)

$CON_4 = T$ เมื่อ $day(MH_d(i)) = 1$ (5.9a)

$CON_4 = F$ เมื่อ $day(MH_d(i)) > 1$ (5.9b)

$CON_5 = T$ เมื่อ $Adj(i) > 0$ (5.10a)

$CON_5 = F$ เมื่อ $Adj(i) \leq 0$ (5.10b)

$CON_6 = T$ เมื่อ $(7 + Adj(i)) \leq day(MH_d(i))$ (5.11a)

$CON_6 = F$ เมื่อ $(7 + Adj(i)) > day(MH_d(i))$ (5.11b)

เมื่อ $ML_w(i)$ คือ สัปดาห์แรกที่สามารถหยุดบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า i ได้

$ML_d(i)$ คือ วันแรกที่สามารถหยุดบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า i ได้

$MH_w(i)$ คือ สัปดาห์สุดท้ายที่สามารถหยุดบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า i ได้

$MH_d(i)$ คือ วันสุดท้ายที่สามารถหยุดบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า i ได้

$week(.)$ คือ ลำดับที่ของสัปดาห์ในช่วงเวลาที่พิจารณา

$day(.)$ คือ ตำแหน่งของวันในสัปดาห์ (วันจันทร์=1 , วันอาทิตย์=7)

เนื่องจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าบางเครื่องมีช่วงเวลาบำรุงรักษาใกล้เคียงหรือเท่ากับช่วงเวลาที่สามารถหยุดบำรุงรักษาได้ (Fixed maintenance unit) จึงไม่จำเป็นต้องนำมาพิจารณาในการกำหนดแผนในการกำหนดแผนรายสัปดาห์ จากนั้นในการคำนวณหาแผนรายวันจึงจะนำมาพิจารณาต่อไป เงื่อนไขของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีลักษณะดังกล่าวสามารถแสดงได้ตามสมการ 5.12 โดยสัปดาห์แรกและสัปดาห์สุดท้ายที่หยุดบำรุงรักษาจะแสดงตามสมการ 5.13 และ 5.14 สำหรับสมการ 5.15 แสดงระยะเวลาบำรุงรักษาเป็นรายสัปดาห์

$$\left((MH_d(i) - ML_d(i) + 1) - MT_d(i)\right) \leq 4 \quad (5.12)$$

$$ML_w(i) = week(ML_d(i)) \quad (5.13)$$

$$MH_w(i) = week(MH_d(i)) \quad (5.14)$$

$$MT_w(i) = ML_w(i) - MH_w(i) + 1 \quad (5.15)$$

5.3.2. การแปลงแผนรายสัปดาห์เป็นข้อมูลรายวัน

สำหรับการแปลงจากแผนรายสัปดาห์ที่ได้เป็นแผนบำรุงรักษารายวันสามารถทำได้โดยใช้สมการ 5.16 และ 5.17 สำหรับกรณีทั่วไปซึ่งจะเพิ่มวันที่สามารถหยุดบำรุงรักษาได้ด้านต้นของสัปดาห์แรกที่หยุดบำรุงรักษาและด้านท้ายของสัปดาห์สุดท้ายที่หยุดบำรุงรักษา ซึ่งจะเพิ่มจำนวนวันด้านละเท่ากับค่าปรับ $Adj(i)$ เฉพาะกรณีค่าปรับนี้มากกว่าศูนย์ สำหรับกรณีที่สัปดาห์แรกที่หยุดบำรุงรักษาเป็นสัปดาห์แรกที่สามารถหยุดบำรุงรักษาได้จะแปลงกลับไปเป็นวันแรกที่สามารถหยุดบำรุงรักษาได้ตามข้อมูลเดิม เพื่อให้การพิจารณาครอบคลุมกรณีทั้งหมดที่เป็นไปได้ซึ่งแสดงตามสมการ 5.18 และ เช่นเดียวกับกรณีที่สัปดาห์สุดท้ายที่หยุดบำรุงรักษาหากตรงกับสัปดาห์สุดท้ายที่สามารถหยุดบำรุงได้ก็จะแปลงเป็นวันสุดท้ายที่สามารถบำรุงรักษาได้ ซึ่งแสดงตามสมการ 5.19

$$ML_d(i) = (ST_w(i) - 1) \times 7 - firstday + 2 \qquad \text{เมื่อ } Adj(i) \le 0 \qquad (5.16a)$$

$$ML_d(i) = (ST_w(i) - 1) \times 7 - firstday + 2 - Adj(i) \qquad \text{เมื่อ } Adj(i) > 0 \qquad (5.16b)$$

$$MH_d(i) = LT_w(i) \times 7 - firstday + 1 \qquad \text{เมื่อ } Adj(i) \le 0 \qquad (5.17a)$$

$$MH_d(i) = LT_w(i) \times 7 - firstday + 1 + Adj(i) \qquad \text{เมื่อ } Adj(i) > 0 \qquad (5.17b)$$

$$ML_d(i) = ML_{dold}(i) \qquad \text{เมื่อ } ST_w(i) = ML_w(i) \qquad (5.18)$$

$$MH_d(i) = MH_{dold}(i) \qquad \text{เมื่อ } LT_w(i) = MH_w(i) \qquad (5.19)$$

เมื่อ $ML_d(.)$ คือ วันแรกที่สามารถหยุดบำรุงรักษาได้จากแผนรายสัปดาห์

$MH_d(.)$ คือ วันสุดท้ายที่สามารถหยุดบำรุงรักษาได้จากแผนรายสัปดาห์

$ML_{dold}(.)$ คือ วันแรกที่สามารถหยุดบำรุงรักษาได้จากข้อมูลเบื้องต้น

$MH_{dold}(.)$ คือ วันสุดท้ายที่สามารถหยุดบำรุงรักษาได้จากข้อมูลเบื้องต้น

$ML_w(.)$ คือ สัปดาห์แรกที่สามารถหยุดบำรุงรักษาได้จากข้อมูลเบื้องต้น

$MH_w(.)$ คือ สัปดาห์สุดท้ายที่สามารถหยุดบำรุงรักษาได้จากข้อมูลเบื้องต้น

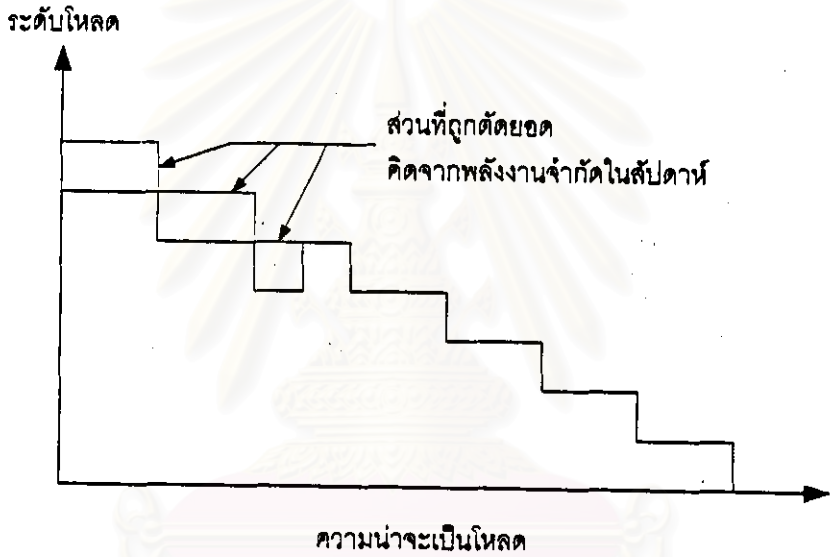
$ST_w(.)$ คือ สัปดาห์แรกที่หยุดบำรุงรักษาจากแผนรายสัปดาห์

$LT_w(.)$ คือ สัปดาห์สุดท้ายที่หยุดบำรุงรักษาจากแผนรายสัปดาห์

$firstday$ คือ ตำแหน่งของวันแรกในช่วงเวลาที่พิจารณา (วันจันทร์=1 , วันอาทิตย์=7)

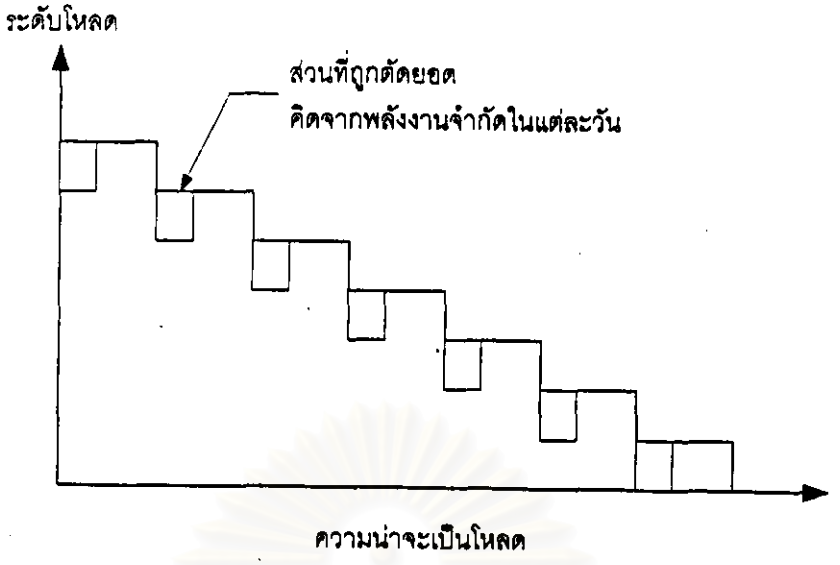
5.3.3. **ความแตกต่างของดัชนี** LOLP **ระหว่างแผนรายสัปดาห์และแผนรายวัน**

ในการคำนวณค่าดัชนี LOLP ของระบบไฟฟ้าในช่วงเวลาหนึ่งๆ โดยทั่วไปสามารถแบ่งช่วงการพิจารณาให้มีจำนวนช่วงเวลาย่อยเท่าใดก็ได้ เช่น พิจารณาระบบไฟฟ้าในระยะเวลา 1 ปี อาจแบ่งช่วงการคำนวณเป็น 52 สัปดาห์ 365 วัน หรือ 8,760 ชั่วโมงก็ได้ การคำนวณค่าดัชนี LOLP ของระบบไฟฟ้าใน 1 ปีจะมีค่าใกล้เคียงกันไม่เกี่ยวข้องกับการแบ่งช่วงเวลาย่อย แต่หากพิจารณาผลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำโดยใช้วิธีการตัดยอดโหลดที่ปรับปรุงโดยการนำพลังงานจำกัดที่เหลือมาจากโหลดบางเวลาซึ่งได้แสดงรายละเอียดในบทที่ 3 ผลการตัดยอดโหลดด้วยวิธีการดังกล่าว รูปโหลดจะเปลี่ยนไปและการพิจารณาแบ่งช่วงเวลาย่อยในการพิจารณาแตกต่างกัน. รูปโหลดที่เปลี่ยนแปลงไปก็จะแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 5.3 และ 5.4 ซึ่งใช้ข้อมูลโหลดเช่นเดียวกัน



รูปที่ 5.3 การตัดยอดโหลดโดยพิจารณาทั้งสัปดาห์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.4 การตัดยอดโหลดโดยพิจารณารายวัน

พิจารณาจากรูปที่ 5.3 เป็นการพิจารณาทั้งสัปดาห์ โหลดที่ถูกตัดจึงเป็นโหลดในระดับสูงทั้งหมด ในขณะที่ในรูปที่ 5.4 เป็นการพิจารณาตัดยอดโหลดแต่ละวัน ดังนั้นจึงในแต่ละวันจึงมีโหลดในระดับที่สูงคงอยู่ โหลดในระดับที่สูงกว่าเช่นนี้จะทำให้โอกาสการเกิดการขาดกำลังไฟฟ้าจะมีสูงกว่า นั่นคือค่าดัชนี LOLP ของการพิจารณาระบบรายวันจะสูงกว่าการพิจารณารายสัปดาห์ สำหรับในวิทยานิพนธ์นี้จะพิจารณาปัญหาทั้งในแบบรายวันและรายสัปดาห์ การพัฒนาโปรแกรมจึงจำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยดังกล่าวด้วย

5.3.4. ข้อจำกัดด้านบุคลากรและอุปกรณ์เมื่อพิจารณาแผนรายสัปดาห์

การพิจารณาแผนรายสัปดาห์เป็นการพิจารณาให้ตลอดสัปดาห์ที่พิจารณานั้นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะถูกหยุดบำรุงรักษาทุกวันถึงแม้ว่าภายหลังกำหนดแผนบำรุงรักษารายวันแล้วเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นอาจจะหยุดบำรุงรักษาน้อยกว่าเจ็ดวันก็ตาม สมมติเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภทที่กำหนดช่วงเวลาหยุดบำรุงรักษาแน่นอน (Fixed maintenance unit) เข้ามาเกี่ยวข้องกับสัปดาห์ที่พิจารณาโดยใช้เวลาบำรุงรักษาใน 3 วันแรกของสัปดาห์ ในขณะที่อีกเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหนึ่งซึ่งอยู่ในกลุ่มเดียวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรกและเป็นประเภทที่กำหนดช่วงเวลาหยุดบำรุงรักษาแน่นอนใน 3 วันหลังของสัปดาห์ เมื่อแปลงเป็นข้อมูลรายสัปดาห์จะพบว่าสัปดาห์ดังกล่าวมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน 2 เครื่อง ทั้งที่หากพิจารณาเป็นแผนรายวันจะมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มนี้หยุดบำรุงรักษาในเวลาพร้อมกันเพียงเครื่องเดียว ผลต่อเนื่องคือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอื่นๆที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันจะไม่สามารถหยุดบำรุงรักษาในช่วงเวลาดังกล่าวพร้อมกันได้จำนวนมาก

เท่าที่จะเป็นไปได้ เนื่องจากจำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มเดียวกันจะหยุดบำรุงรักษาพร้อมกันได้ในจำจวนจำกัด

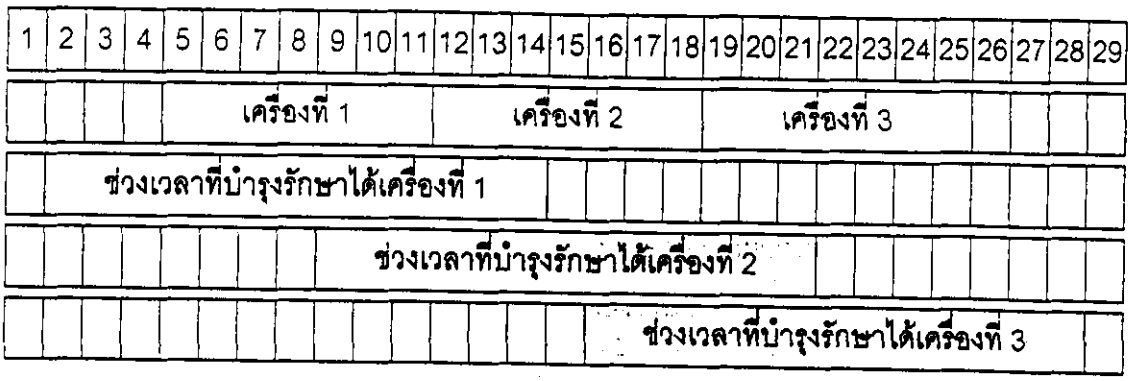
ปัญหาดังกล่าวไม่ได้เกิดขึ้นกับเฉพาะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภทที่กำหนดช่วงเวลาบำรุงรักษาแน่นอนเท่านั้น แต่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าบางเครื่องจะถูกบังคับช่วงเวลาที่บำรุงรักษาได้โดยเงื่อนไขในการบำรุงรักษาอื่นๆ ซึ่งได้กล่าวไว้ในบทที่ 4 และผลกระทบจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องอื่น ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดังกล่าวเสมือนเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภทที่กำหนดช่วงเวลาบำรุงรักษาแน่นอนโดยปริยาย จึงมีผลต่อข้อจำกัดด้านบุคลากรและอุปกรณ์ รวมทั้งเงื่อนไขกำลังไฟฟ้าต่ำสุดในแต่ละสัปดาห์

เนื่องจากในการกำหนดแผนการบำรุงรักษาสำหรับระบบโดยทั่วไป กำลังไฟฟ้าสำรองในช่วงเวลาย่อยใดจะมีค่าต่ำจนเกือบเท่ากับค่าต่ำสุดที่กำหนดไว้นั้นมีโอกาสเกิดขึ้นต่ำมาก เพราะหากมีกำลังไฟฟ้าสำรองต่ำเช่นนั้น ค่าดัชนีความเชื่อถือได้จะสูงซึ่งไม่เป็นที่ต้องการ แต่สำหรับขีดความสามารถของบุคลากรและอุปกรณ์นั้น หากพบว่ามีช่วงเวลาย่อยใดจำนวนเครื่องไฟฟ้าในกลุ่มเดียวกันหยุดบำรุงรักษาเป็นจำนวนมากเกินกว่าขีดจำกัดด้านบุคลากรและอุปกรณ์แล้ว จะแสดงถึงความบกพร่องในการบริหารงานของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ดังนั้นในการกำหนดแผนบำรุงรักษารายสัปดาห์จึงต้องคำนึงถึงขีดจำกัดด้านบุคลากรและอุปกรณ์ดังกล่าวด้วย

ปัญหาอีกประการในด้านกลับกันคือ การที่จำนวนระยะเวลาที่ต้องใช้บำรุงรักษาเป็นรายสัปดาห์น้อยกว่าเวลาที่ต้องการใช้ในการบำรุงรักษาในแผนบำรุงรักษารายวัน กรณีเช่นนี้จะเกิดเป็นปัญหาเมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มเดียวกันจำนวนมากซึ่งมีช่วงเวลาหยุดบำรุงรักษาในแผนบำรุงรักษารายสัปดาห์ต่อเนื่องกัน ตัวอย่างของปัญหานี้แสดงในตัวอย่างที่ 5.3

<u>ตัวอย่างที่ 5.3</u> สมมติหยุดบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เครื่อง ใช้เวลาบำรุงรักษาเครื่องละ 10 วัน โดยเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มเดียวกันซึ่งไม่สามารถบำรุงรักษาพร้อมกันได้

จากข้อมูลเบื้องต้น หากแปลงเป็นช่วงเวลาบำรุงรักษารายสัปดาห์ตามหัวข้อ 5.3.1. จะใช้เวลาบำรุงรักษา 1 สัปดาห์ ในกรณีเช่นนี้มีความเป็นไปได้สูงที่ทั้ง 3 เครื่องจะหยุดบำรุงรักษาในช่วงเวลาโหลดน้อยและเป็นตำแหน่งของช่วงเวลาโหลดน้อยตำแหน่งเดียวกัน ดังนั้นแผนรายสัปดาห์ที่ได้จะหยุดบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 3 เครื่องนี้ต่อเนื่องกัน 3 สัปดาห์ เมื่อนำแผนบำรุงรักษารายสัปดาห์มากำหนดแผนบำรุงรักษารายวันโดยแปลงข้อมูลตามวิธีการในหัวข้อ 5.3.2. จะพบว่าแต่ละเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต้องการเวลาบำรุงรักษาเพิ่มอีก 3 วัน ดังแสดงในรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.5 การแปลงแผนบำรุงรักษารายสัปดาห์เป็นแผนรายวันในตัวอย่างที่ 5.3

จากรูปที่ 5.5 จะพบว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ 1 สามารถกำหนดช่วงเวลาบำรุงรักษา 10 วันต่อเนื่องได้ตั้งแต่วันที่ 2 ถึง วันที่ 14 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ 2 กำหนดเวลาบำรุงรักษาได้ตั้งแต่วันที่ 9 ถึงวันที่ 21 จากเงื่อนไขที่ไม่สามารถบำรุงรักษาพร้อมกันได้ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ 1 จึงต้องบำรุงรักษาวันที่ 2 ถึง 11 และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ 2 ต้องบำรุงรักษาวันที่ 12 ถึง 21 ดังนั้นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ 3 จะสามารถบำรุงรักษาได้ตั้งแต่วันที่ 22 เป็นต้นไปซึ่งไม่เพียงพอ เนื่องจากเหลือเวลาที่บำรุงรักษาได้เพียง 7 วัน จึงไม่สามารถกำหนดแผนบำรุงรักษารายวันจากแผนรายสัปดาห์นี้ได้

จากตัวอย่างที่ 5.3 เป็นกรณีปัญหาที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ในทางปฏิบัติ เนื่องจากการหยุดบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นเวลาสั้น โดยทั่วไปจะเป็นการตรวจสอบย่อยที่มีขั้นตอนและอุปกรณ์ที่ต้องเตรียมการตามข้อกำหนด และในโรงไฟฟ้าเดียวกันซึ่งส่วนใหญ่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เหมือนกันจะมีขั้นตอนการเตรียมการเพื่อบำรุงรักษาตามข้อกำหนดเช่นเดียวกัน ผู้ที่ทำหน้าที่บำรุงรักษาจึงมักกำหนดช่วงเวลาที่สามารถหยุดบำรุงรักษาได้ให้ต่อเนื่องหรือใกล้เคียงกันที่สุดเพื่อสะดวกต่อการเตรียมการบำรุงรักษาในคราวเดียวกัน กรณีดังกล่าวนี้จึงเป็นกรณีที่เกิดขึ้นได้จริงในทางปฏิบัติ

5.3.5. การพิจารณาปัญหาข้อจำกัดด้านบุคลากรและอุปกรณ์ในการกำหนดแผนบำรุงรักษารายสัปดาห์

ปัญหาข้อจำกัดของเงื่อนไขด้านบุคลากรและอุปกรณ์ในการกำหนดแผนบำรุงรักษารายสัปดาห์ทั้ง 2 ประการดังกล่าวในหัวข้อ 5.3.4. กล่าวคือ ปัญหาที่เกิดจากจำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มเดียวกันที่บำรุงรักษาพร้อมกันในแต่ละสัปดาห์อาจมีมากกว่าความเป็นจริงและทำให้ไม่สามารถกำหนดแผนบำรุงรักษารายสัปดาห์ได้ และปัญหาที่เกิดจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มเดียวกันซึ่งต้องการเวลาในการบำรุงรักษารายวันมากกว่าเวลาที่ต้องการบำรุงรักษารายสัปดาห์มี

ช่วงเวลาหยุดบำรุงรักษาต่อเนื่องกัน ทำให้ไม่สามารถกำหนดแผนบำรุงรักษารายวันได้ การแก้ปัญหาทั้งสองประการควรพิจารณาถึงวิธีแก้ปัญหาร่วมกัน เนื่องจากการพิจารณาปัญหาดังกล่าวเพียงประการเดียวจะมีความเป็นไปได้สูงที่จะเพิ่มเติมอีกปัญหาหนึ่ง วิธีการแก้ปัญหาทั้งสองประการมี 2 วิธีที่ต้องกระทำร่วมกัน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

วิธีที่ 1 การผ่อนคลายเงื่อนไขระหว่างการกำหนดแผนรายสัปดาห์

(Constraint relaxation)

ในการกำหนดแผนเบื้องต้นหากพิจารณาเงื่อนไขต่างๆตามข้อมูลที่ใช้จริงโดยไม่เปลี่ยนแปลงใดๆแล้ว มีความน่าจะเป็นสูงที่แผนเบื้องต้นนั้นจะสามารถกำหนดแผนบำรุงรักษารายสัปดาห์และรายวันได้ ปัญหาจำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในการกำหนดแผนรายสัปดาห์หยุดบำรุงรักษาพร้อมกันมากกว่าความเป็นจริงนั้น หากกำหนดให้ขีดจำกัดด้านบุคลากรและอุปกรณ์ตลอดจนกำลังไฟฟ้าสำรองต่ำสุดลดลงเล็กน้อยจะทำให้สามารถกำหนดแผนบำรุงรักษารายสัปดาห์ได้ สิ่งที่ต้องพิจารณาคือ การผ่อนคลายเงื่อนไขเหล่านี้หากกระทำมากเกินไปอาจทำให้แผนบำรุงรักษารายสัปดาห์ที่ได้ไม่สามารถกำหนดแผนบำรุงรักษารายวันที่เหมาะสมได้ แต่หากผ่อนคลายเงื่อนไขเหล่านี้น้อยเกินไปก็จะไม่สามารถกำหนดแผนรายสัปดาห์ได้ การกำหนดความมากน้อยของการผ่อนคลายเงื่อนไขจะสัมพันธ์กับลักษณะและขนาดของระบบ ระบบไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่และมีเงื่อนไขจำนวนมากจะเป็นระบบไฟฟ้าที่ต้องการการผ่อนคลายเงื่อนไขมากกว่าระบบไฟฟ้าขนาดเล็กหรือระบบที่มีเงื่อนไขผ่อนคลาย อย่างไรก็ดีหลักการของการผ่อนคลายเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดสำหรับทุกระบบไฟฟ้าคือ การกำหนดแผนการบำรุงรักษาให้ได้โดยผ่อนคลายเงื่อนไขน้อยที่สุด

วิธีที่ 2 การกำหนดช่วงเวลาบำรุงรักษารายสัปดาห์นานกว่าช่วงเวลาบำรุงรักษารายวัน

จากตัวอย่างที่ 5.3 จะพบว่าปัญหาการกำหนดแผนบำรุงรักษามีสาเหตุจากช่วงเวลบำรุงรักษารายวันต้องการมากกว่าช่วงเวลาบำรุงรักษารายสัปดาห์ วิธีการที่จะแก้ปัญหาดังกล่าวได้คือการกำหนดให้ช่วงบำรุงรักษาในแผนรายสัปดาห์มีช่วงเวลาบำรุงรักษานานกว่าที่จะกำหนดในแผนบำรุงรักษารายวัน ด้วยวิธีการดังกล่าวจะสามารถกำหนดแผนบำรุงรักษารายวันได้แน่นอน อย่างไรวิธีการดังกล่าวนี้จะทำให้การกำหนดแผนจะทำได้ยากขึ้นเนื่องจากเป็นการทำให้กรณีที่เป็นไปตามเงื่อนไขต่างๆมีน้อยลง ในการพิจารณาร่วมกันกับวิธีผ่อนคลายเงื่อนไขจะทำให้ต้องผ่อนคลายเงื่อนไขเพิ่มมากขึ้น สมการที่ใช้ในการกำหนดช่วงเวลาบำรุงรักษาจากสมการ 5.2 และ 5.3 จะเปลี่ยนเป็นตามสมการ 5.20 และ 5.21 สำหรับการแปลงข้อมูลระหว่างข้อมูลรายสัปดาห์กับข้อมูลรายวันจะยังสามารถใช้สมการต่างๆในหัวข้อ 5.3.1. และ 5.3.2. ในการแปลงข้อมูลได้

$$MT_w(i) = \text{int}\left(\frac{MT_d(i)}{7}\right) \qquad \text{โดย } R_m = 0 \qquad (5.20a)$$

$$MT_w(i) = \text{int}\left(\frac{MT_d(i)}{7}\right) + 1 \qquad \text{โดย } R_m > 0 \qquad (5.20b)$$

$$R_m = MT_d(i) - \text{int}\left(\frac{MT_d(i)}{7}\right) \qquad (5.21a)$$

$$Adj(i) = 0 \qquad \text{โดย } R_m = 0 \qquad (5.21b)$$

$$Adj(i) = R_m - 7 \qquad \text{โดย } R_m > 0 \qquad (5.21c)$$

5.4. ผลของการซื้อไฟฟ้าและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก

การซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตอื่นและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเป็นเงื่อนไขหนึ่งซึ่งต้องพิจารณาสำหรับระบบไฟฟ้าในทางปฏิบัติ

5.4.1. การซื้อไฟฟ้า

การซื้อไฟฟ้า โดยทั่วไปสามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ประเภทคือ

ประเภทที่ต้องจ่ายไฟฟ้าให้เมื่อต้องการ (firm unit)

ผู้ขายไฟฟ้าประเภทนี้จะต้องสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้แก่ระบบได้ทันทีที่ระบบต้องการ ซึ่งเป็นไปตามข้อตกลงในสัญญาการซื้อขายไฟ ดังนั้นในการพิจารณาปัญหาการกำหนดแผนการบำรุงรักษา สามารถพิจารณาเป็นแหล่งพลังงานที่สามารถจ่ายได้ตลอดเวลา นอกจากนี้ภายใต้สัญญาการซื้อขายไฟฟ้าจะกำหนดพลังงานต่ำสุดที่ผู้ซื้อจะต้องซื้อไฟฟ้าจากผู้ขาย ซึ่งพลังงานต่ำสุดนี้จะถูกกำหนดจากการจ่ายไฟฟ้าในลักษณะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จ่ายพลังงานช่วงโหลดต่ำ (Base load units) ดังนั้นในการพิจารณาจะนำค่ากำลังไฟฟ้าไปหักออกจากโหลด หรือเป็นการลดระดับโหลดนั่นเอง

ประเภทที่ไม่จำเป็นต้องจ่ายไฟฟ้าให้เมื่อต้องการ (non–firm unit)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภทนี้ ไม่จำเป็นต้องจ่ายพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่ระบบตามที่ระบบไฟฟ้าต้องการ การผลิตพลังงานไฟฟ้าลักษณะนี้จะเป็นการนำผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมมาใช้ผลิตไฟฟ้า เพื่อใช้ในอุสาหกรรมของตัวเองต่อไป หรืออาจเหลือขายให้แก่ระบบบ้าง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภทนี้จึงเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กและปกติจะไม่จ่ายไฟฟ้าให้กับระบบเต็มที่ ดังนั้นจึงสามารถละเลยไม่คิดผลของโรงไฟฟ้าประเภทนี้ได้ ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้จะไม่คำนึงถึงผลของโรงไฟฟ้าประเภทนี้

5.4.2. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก

ในการคำนวณค่าใช้จ่ายในการผลิตและค่าดัชนี LOLP นั้นสามารถลดเวลาการคำนวณลงได้โดยยังรักษาความถูกต้องของผลการคำนวณไว้ในระดับที่น่าพอใจ สามารถทำได้โดยการราวด์ออฟ ดังได้กล่าวแล้วในบทที่ 2 ข้อจำกัดของการราวด์ออฟคือ หากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กกว่าช่วงการราวด์ออฟอาจก่อให้เกิดข้อผิดพลาดในการคำนวณได้ เมื่อพิจารณาถึงการกำหนดแผนการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กจะไม่เป็นปัญหาในการกำหนดแผนเนื่องจากในการบำรุงรักษาไม่ต้องการกลุ่มบุคลากรหรืออุปกรณ์นอกเหนือไปจากที่มีในโรงไฟฟ้าเอง เนื่องจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กไม่มีความซับซ้อน และขนาดที่เล็กจะไม่มีผลกระทบต่อเงื่อนไขกำลังไฟฟ้าสำรอง ดังนั้นจึงพิจารณานำเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดนี้ไปลดขนาดของโหลดลงด้วยกำลังไฟฟ้าเทียบเคียงตามสมการ 5.22 สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั่วไปและสมการ 5.23 สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีพลังงานจำกัด

$$C_e = \sum_{i=0}^{N-1} C_i p_i \tag{5.22}$$

$$C_e = \sum_{i=0}^{N-1} C_i p_i \times \frac{E_{limit}}{C \times T} \tag{5.23}$$

เมื่อ C_e คือ กำลังไฟฟ้าเทียบเคียง

N คือ จำนวนระดับของการจ่ายกำลังไฟฟ้า

C_i คือ กำลังไฟฟ้าที่ระดับ i

p_i คือ ความน่าจะเป็นที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ระดับ i

C คือ กำลังไฟฟ้าพิกัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

E_{limit} คือ พลังงานจำกัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในช่วงเวลาที่พิจารณา

T คือ ระยะเวลาทั้งหมดที่พิจารณา

เมื่อกำหนดแผนการบำรุงรักษาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดที่ใหญ่กว่าช่วงการราวด์ออฟด้วยเสร็จแล้ว จึงกำหนดช่วงเวลาบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหล่านี้ โดยวิธีการกำหนดแผนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหล่านี้จะพิจารณาโดยใช้หลักการตัดสินใจ (Deterministic) กล่าวคือ พิจารณาหยุดบำรุงรักษาในช่วงเวลาที่มีกำลังไฟฟ้าสำรองเฉลี่ยต่ำที่สุด โดยกำลังไฟฟ้าสำรองนี้ได้จากแผนบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่ซึ่งกำหนดแผนเสร็จไปแล้ว สำหรับเงื่อนไขที่นำมาพิจารณาในการกำหนดแผนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเหล่านี้จะพิจารณาเพียงขีดจำกัดในการ

บำรุงรักษาของบุคลากรและอุปกรณ์ สมการที่ใช้กำหนดแผนการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กแสดงตามสมการ 5.24

$$\min\left(\frac{\sum_{t=ST_i}^{LT_i} R(t)}{MT_i}\right) \tag{5.24}$$

เมื่อ $R(t)$ คือ กำลังไฟฟ้าสำรองในช่วงเวลาย่อย t

5.5. วิธีการกำหนดแผนการบำรุงรักษาเครื่องไฟฟ้า

การกำหนดแผนการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในวิทยานิพนธ์นี้ ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆซึ่งสามารถแบ่งออกได้ เป็น 8 ขั้นตอนใหญ่ คือ

ขั้นที่1 นำผลของการซื้อไฟฟ้าประเภทที่ต้องจ่ายไฟให้เมื่อต้องการมาทำการลดขนาดโหลด และนำผลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กมาลดขนาดโหลดตามสมการ 5.22 และ 5.23

ขั้นที่ 2 เตรียมข้อมูลแปลงข้อมูลรายวันเป็นข้อมูลรายสัปดาห์ ด้วยสมการ 5.20 และ 5.21 สำหรับการแปลงช่วงเวลาบำรุงรักษาและ 5.4 ถึง 5.15 สำหรับช่วงเวลาที่สามารถบำรุงรักษาได้และจัดช่วงเวลาการบำรุงรักษาอย่างหยาบ

ขั้นที่ 3 กำหนดแผนบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเบื้องต้น เป็นแผนรายสัปดาห์ด้วยวิธีออปติไมซ์ที่แสดงไว้ในรูปที่ 5.1 และในหัวข้อ 5.2.3. โดยเป้าหมายคือ ผลรวมของค่าใช้จ่ายจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่หยุดบำรุงรักษาในช่วงเวลาที่หยุดบำรุงรักษาต่ำที่สุด ตามสมการ 5.1

ขั้นที่ 4 กำหนดแผนการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยนำแผนบำรุงรักษาเบื้องต้นมาพิจารณาโดยใช้วิธี Successive dynamic programming โดยมีเป้าหมายหลักคือ แผนบำรุงรักษาที่มีค่าดัชนี LOLP ในช่วงเวลาการวางแผนมีค่าต่ำที่สุด สำหรับกรณีที่ค่าดัชนี LOLP เท่ากันจะพิจารณาแผนบำรุงรักษาที่มีค่าใช้จ่ายในการผลิตรวมต่ำสุดเป็นเป้าหมายรอง

ขั้นที่ 5 แปลงแผนบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารายสัปดาห์เป็นข้อมูลรายวันด้วยสมการ 5.16 ถึง 5.19

ขั้นที่ 6 กำหนดแผนบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารายวันโดยนำแผนบำรุงรักษารายสัปดาห์มาพิจารณา โดยใช้วิธี Successive dynamic programming โดยใช้ดัชนี LOLP ต่ำที่สุดเป็นเป้าหมายหลัก และค่าใช้จ่ายในการผลิตรวมเป็นเป้าหมายรองเช่นเดียวกับในขั้นที่ 4 แต่พิจารณากำหนดแผนเป็นรายวัน

ขั้นที่ 7 กำหนดช่วงเวลาบำรุงรักษาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กตามสมการ 5.24

จากขั้นตอนที่นำเสนอดังกล่าว เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาจะลดลงอย่างมาก เนื่องจากโดยทั่วไปในระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จ่ายพลังงานช่วงโหลดต่ำจะมีจำนวนน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของจำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมด นั่นคือจะมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ต้องมาออปติไมซ์ภายหลังการกำหนดแผนเบื้องต้นไม่เกินครึ่งหนึ่ง เวลาที่ใช้ออปติไมซ์จึงลดลงได้มาก ประกอบกับการแปลงข้อมูลรายวันไปกำหนดแผนเป็นรายสัปดาห์ก่อนจะช่วยลดเวลาในการคำนวณลงได้มากเช่นกัน นอกจากนี้ในวิทยานิพนธ์นี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อจะนำไปประยุกต์ใช้กับระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่ซึ่งโดยทั่วไปโหลดรายชั่วโมงในแต่ละวันจะมีรูปแบบใกล้เคียงกันมาก อาจแตกต่างกันบ้างตามฤดูกาล แต่ก็จะแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเนื่องจากสภาพการดำเนินชีวิตประจำวัน การดำเนินธุรกิจ และการผลิตในอุตสาหกรรมมีความคล้ายคลึงกันตลอดปี ดังนั้นการคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้และค่าใช้จ่ายเพื่อใช้ในการกำหนดแผนการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจึงไม่จำเป็นที่จะต้องใช้ค่าที่ถูกต้องตามความเป็นจริง เพียงเป็นค่าที่มีลักษณะตามความเป็นจริงคือ มีค่ามากในวันที่มีโหลดสูง และมีค่าน้อยในวันที่มีโหลดต่ำ ก็จะทำให้การกำหนดแผนการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีความถูกต้องได้เช่นกัน ดังนั้นในวิทยานิพนธ์นี้จะพิจารณาโหลดในแต่ละวันมีเพียงระดับเดียวคือ ระดับโหลดสูงสุดเพื่อลดเวลาในการคำนวณลง การเปรียบเทียบผลที่ได้และเวลาที่ลดลงแสดงไว้ในการทดสอบในบทต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย