

บทที่ 6

การประเมินความเชื่อถือได้โดยใช้วิธีการจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โล

โดยทั่วไปการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังจะแบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ วิธีการวิเคราะห์ และวิธีการจำลองเหตุการณ์ [13] โดยวิธีการวิเคราะห์จะมีจุดด้อยเนื่องจากหากระบบมีขนาดใหญ่การคำนวณจะมีความยุ่งยากมากขึ้น และยังเสียเวลาในการคำนวณมาก ซึ่งแตกต่างจากวิธีการจำลองเหตุการณ์ที่ถึงแม้จะใช้เวลาในการคำนวณมาก แต่สามารถจัดการกับปัญหาที่มีความซับซ้อนได้ดีกว่า ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โล ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงแม้ว่าขนาดของระบบจะใหญ่มากขึ้นก็ตาม

ในบทนี้จะกล่าวถึงการสุ่มแบบมอนติคาร์โล 3 แบบได้แก่ 1) การสุ่มสถานะ 2) การสุ่มช่วงเวลาการทำงาน และ 3) การสุ่มการเปลี่ยนสถานะของระบบ ซึ่งเป็นการสุ่มที่แต่ละสถานะเกี่ยวเนื่องกัน [14]

6.1 การสุ่มสถานะ

การสุ่มสถานะเป็นการสุ่มสถานะของอุปกรณ์แต่ละตัวโดยการสุ่มตัวเลข U ในช่วง $[0,1]$ หากตัวเลขที่สุ่มมากกว่าค่าความน่าจะเป็นที่อุปกรณ์ตัวนั้นๆ จะเสีย ถือว่าอุปกรณ์นั้นอยู่ในสถานะดี แต่หากว่าตัวเลขที่สุ่มน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าความน่าจะเป็นที่อุปกรณ์ตัวนั้นๆ จะเสีย ถือว่าอุปกรณ์นั้นอยู่ในสถานะเสีย โดยข้อดีของวิธีนี้คือวิธีการสุ่มไม่ยุ่งยาก และข้อมูลที่จำเป็นก็มีเพียงค่าความน่าจะเป็นที่อุปกรณ์ตัวนั้นๆ จะเสีย

6.2 การสุ่มช่วงเวลาการทำงาน

การสุ่มช่วงเวลาการทำงานเป็นการสุ่มโดยมีสมมติฐานว่า ช่วงเวลา (T) ของอุปกรณ์หนึ่งๆ ที่อยู่ในสถานะ ดี หรือ เสีย มีการกระจายตัวแบบเอ็กโพเนนเชียล (Exponential distribution) ซึ่งมีรูปแบบฟังก์ชันความหนาแน่นดังสมการที่ (6.1)

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (6.1)$$

โดย λ = อัตราความล้มเหลว

t = เวลา

ดังนั้นค่าความไม่พร้อม (U) ที่เวลา T คำนวณได้จาก

$$U = F(T) = \int_0^T \lambda e^{-\lambda t} dt = 1 - e^{-\lambda T} \quad (6.2)$$

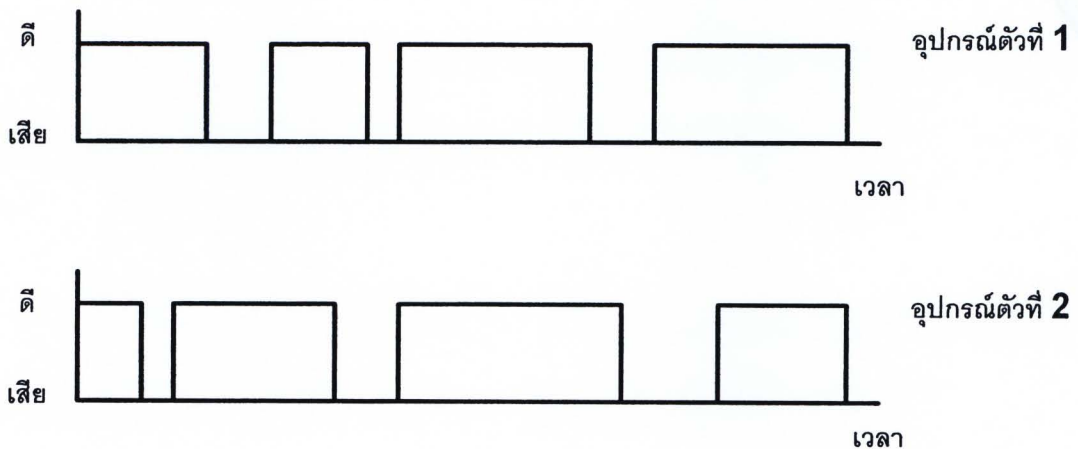
จะได้

$$T = -\frac{1}{\lambda} \ln(1 - U) \quad (6.3)$$

แต่ $1-U$ มีการกระจายเช่นเดียวกับ U ดังนั้น

$$T = -\frac{1}{\lambda} \ln(U) \quad (6.4)$$

ด้วยวิธีที่กล่าวมาจะสามารถสุ่มช่วงเวลาที่อุปกรณ์อยู่ในสถานะหนึ่งๆ จนกระทั่งเปลี่ยนสถานะได้ และเมื่อทำเช่นนี้กับอุปกรณ์ทุกตัวจนครบ และทำจนครบระยะเวลาก็จะได้ข้อมูลของระบบ ตัวอย่างรูปที่ 6.1 แสดงตัวอย่างกรณีที่อุปกรณ์ในระบบมีเพียง 2 อุปกรณ์



รูปที่ 6.1 ช่วงเวลาการทำงานของอุปกรณ์ 2 ตัวที่เกิดจากการสุ่ม

วิธีการสุ่มช่วงเวลาการทำงานของอุปกรณ์ มีข้อดีคือสามารถจำลองลักษณะการกระจายของสถานะการทำงานของอุปกรณ์โดยใช้การกระจายแบบใดก็ได้ และสามารถนำไปคำนวณดัชนีเกี่ยวกับความถี่และระยะเวลาได้อย่างแม่นยำ

6.3 การสุ่มการเปลี่ยนสถานะของระบบ

หากระบบที่พิจารณามีจำนวนอุปกรณ์ทั้งสิ้น m อุปกรณ์ โดยมีสมมติฐานว่าช่วงเวลาของอุปกรณ์แต่ละตัวที่จะอยู่ในสถานะดี หรือ เสีย มีการกระจายแบบเอ็กโพเนนเชียล ระบบจะมีสถานะเปลี่ยนแปลงไปตามลำดับ $\{S^{(1)}, S^{(2)}, \dots, S^{(n)}\}$ หากสถานะปัจจุบันคือ $S^{(k)}$ และอัตรา

การเปลี่ยนสถานะของอุปกรณ์ทุกอุปกรณ์ที่สอดคล้องกับสถานะดังกล่าวคือ λ_i ($i=1,\dots,m$) โดย λ_i จะหมายถึงอัตราการล้มเหลวหากอุปกรณ์ตัวที่ i อยู่ในสภาวะปกติ และ λ_i จะหมายถึงอัตราการซ่อมแซมหากอุปกรณ์ตัวที่ i อยู่ในสภาวะล้มเหลว

ดังนั้นช่วงเวลาในแต่ละสถานะของอุปกรณ์ตัวที่ i ในระบบ (T_i) ในสถานะ $S^{(k)}$ จะมีฟังก์ชันความหนาแน่น $f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$ สำหรับการเปลี่ยนสถานะของระบบจะถูกกำหนดโดยการเปลี่ยนสถานะของอุปกรณ์ตัวแรกในระบบ ซึ่งก็คือช่วงเวลา (T_i) ที่ระบบจะอยู่ในสถานะ $S^{(k)}$ จะเป็นไปตามสมการที่ (6.5)

$$T = \min\{T_i\} \quad (6.5)$$

6.4 การคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้

ดัชนีความเชื่อถือได้ที่คำนวณจากวิธีการจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โล สามารถคำนวณได้จากนิยามดังต่อไปนี้

- 1) LOLP คือ ความน่าจะเป็นที่ระบบจะเกิดความล้มเหลวซึ่งสามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างระยะเวลาทั้งหมดที่ระบบอยู่ในสถานะล้มเหลวในการจำลองเหตุการณ์ ต่อ ระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการจำลองเหตุการณ์
- 2) EPNS คือ โหลดในระบบที่คาดว่าจะไม่ได้รับการจ่ายกำลังไฟฟ้า ซึ่งสามารถคำนวณจากอัตราส่วนระหว่าง โหลดที่ไม่ได้รับการจ่ายกำลังไฟฟ้าในแต่ละสถานะคูณกับระยะเวลาในสถานะ นั้นๆ ต่อระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการจำลองเหตุการณ์
- 3) LOLF คือ ความถี่ที่ระบบเปลี่ยนจากสถานะดีไปล้มเหลว หรือ ล้มเหลวไปดี ซึ่งสามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างจำนวนครั้งทั้งหมดที่ระบบเกิดการเปลี่ยนสถานะจาก ดี ไปล้มเหลว ต่อ ระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการจำลองเหตุการณ์
- 4) LOLD คือ ระยะเวลาที่ระบบจะอยู่ในสถานะล้มเหลวแต่ละครั้ง สามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างระยะเวลาทั้งหมดที่ระบบเกิดการล้มเหลวในการจำลองเหตุการณ์ ต่อ จำนวนครั้งทั้งหมดที่ระบบเกิดการล้มเหลวในการจำลองเหตุการณ์
- 5) LOLE คือ ค่าดัชนีที่บ่งบอกถึงช่วงเวลาที่กำลังการผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการไฟฟ้า โดยมีหน่วยเป็นจำนวนชั่วโมงหรือจำนวนวัน เมื่อเทียบกับระยะเวลาที่สนใจโดยมากมักเทียบกับระยะเวลาหนึ่งปี ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (6.6)

$$LOLE = LOLP \times 365 \quad (6.6)$$

6) EENS คือ ค่าดัชนีที่บ่งบอกถึงค่าพลังงานที่คาดว่าจะไม่ได้รับการจ่ายจากระบบผลิตไฟฟ้า โดยมากมีหน่วยเป็น MWh/year ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (6.7)

$$EENS = EPNS \times 8760 \quad (6.7)$$

7) SAIFI คือ ค่าดัชนีความถี่ของการเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับของระบบโดยเฉลี่ยซึ่งหมายถึง ค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งที่จุดโหลดเกิดไม่ได้รับการจ่ายไฟในระยะเวลาหนึ่ง โดยทั่วไปคือ 1 ปี ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก ผลรวมของค่า LOLF แต่ละจุดโหลดต่อจำนวนจุดโหลดทั้งหมดในระบบ

8) SAIDI คือ ค่าดัชนีแสดงระยะเวลาที่ไฟฟ้าดับของระบบโดยเฉลี่ยต่อจุดโหลด 1 จุด ในระยะเวลาหนึ่ง โดยทั่วไปในรอบ 1 ปี ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก ผลรวมของค่า LOD แต่ละจุดโหลดต่อจำนวนจุดโหลดทั้งหมดในระบบ

6.5 เกณฑ์การหยุดการคำนวณ

สำหรับเกณฑ์การหยุดการคำนวณของการจำลองเหตุการณ์ตามวิธีการจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โลนั้นนิยมใช้เกณฑ์ 2 แบบ คือ การกำหนดจำนวนรอบสูงสุดในการทำงานไว้ที่ค่าหนึ่ง และ การกำหนดค่าสูงสุดของค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Relative uncertainty) ของดัชนีไว้ที่ค่าหนึ่ง การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของดัชนีแสดงไว้ในสมการที่ (6.8)

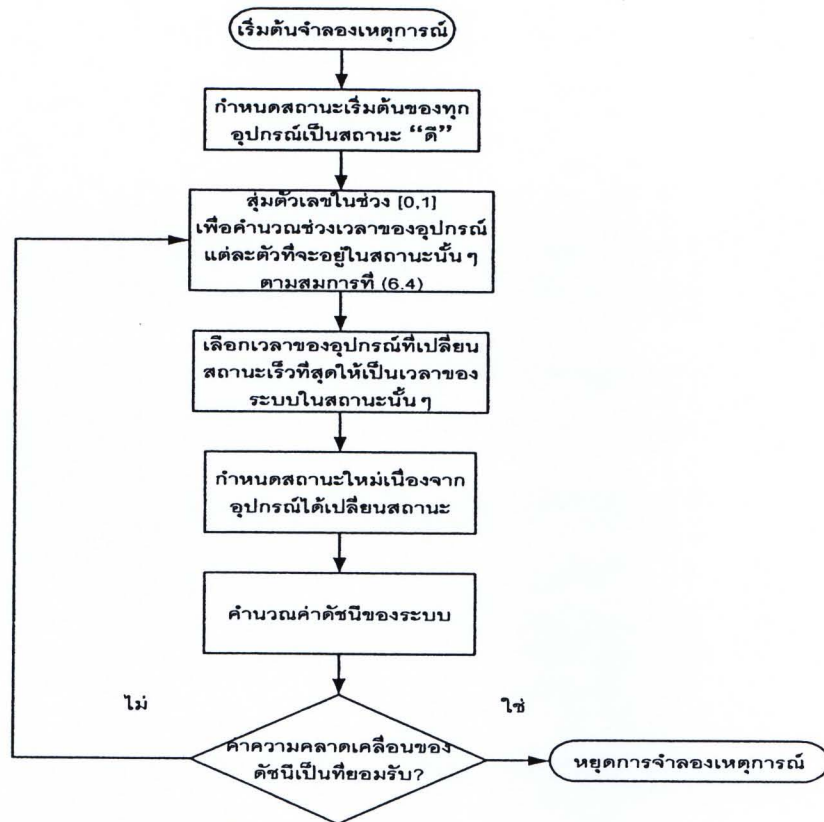
$$Relative\ uncertainty = \frac{S}{\hat{x}\sqrt{n}} \quad (6.8)$$

โดยที่ S = ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของดัชนี

$\hat{x}$ = ค่าเฉลี่ยของดัชนี

n = จำนวนครั้งของการสุ่ม

ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะใช้เกณฑ์การหยุดการคำนวณโดยการกำหนดค่าสูงสุดของค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ และอาศัยวิธีการสุ่มการเปลี่ยนสถานะของระบบดังที่กล่าวในหัวข้อ (6.3) เนื่องจากเป็นวิธีที่คำนวณดัชนีทุกชนิดได้ง่าย



รูปที่ 6.2 โฟลว์ชาร์ตแสดงขั้นตอนการจำลองเหตุการณ์โดยการสุ่มสถานะของระบบ