บทที่ 2

ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังแบบผสม

การศึกษาความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังแบบผสม สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แนวทาง ได้แก่ การศึกษาความเพียงพอของระบบ (System Adequacy) และการศึกษาความมั่นคงของระบบ (System Security)

การศึกษาความเพียงพอของระบบ (System Adequacy) [4,7,8] เป็นการศึกษาความสามารถของระบบไฟฟ้ากำลังที่จะสามารถจ่ายไฟฟ้าได้อย่างเพียงพอต่อความต้องการใช้ไฟฟ้า โดยที่อุปกรณ์ต่าง ๆในระบบไฟฟ้ากำลังยังคงทำงานภายในพิกัดและมีระดับแรงดันอยู่ในช่วงที่กำหนด ในการศึกษาความเพียงพอของระบบ จะทำการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลังในสภาวะอยู่ตัว (Steady-state Condition) เพื่อทำการตรวจสอบปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นต่อระบบไฟฟ้ากำลัง โดยใช้แบบจำลองข่ายวงจรแบบอยู่ตัว (Steady-state Network Model) เช่น การวิเคราะห์โหลดโฟลว์ (Load Flow Analysis) สำหรับปัญหาที่จะทำการตรวจสอบได้แก่ การมีกำลังผลิตไม่เพียงพอ (Insufficient Generation) อุปกรณ์ระบบส่งมีโหลดเกิน (Overload) แรงดันบัสไม่อยู่ในช่วงที่กำหนด (Voltage Violations) เป็นต้น

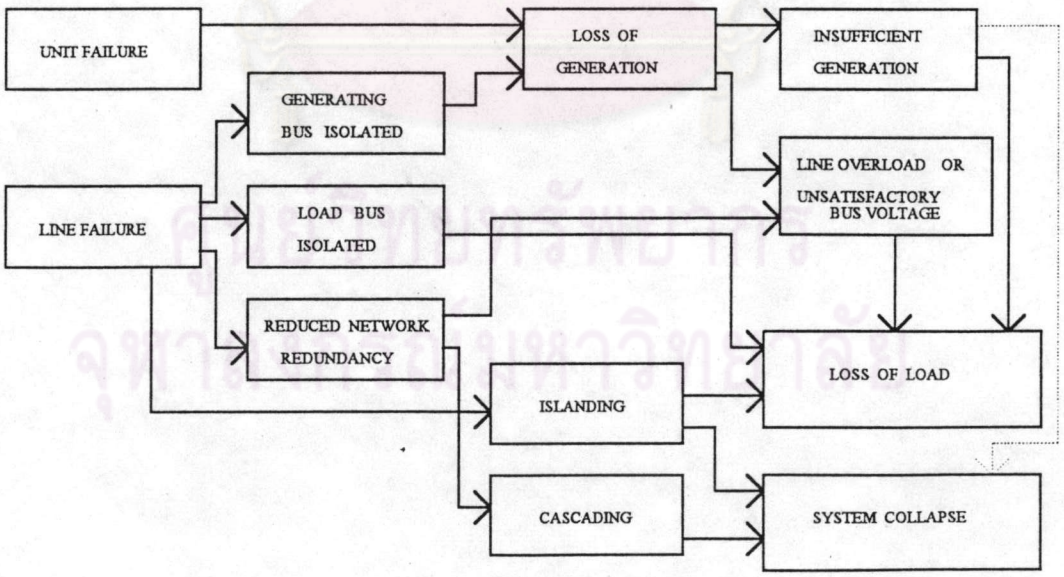
การศึกษาความมั่นคงของระบบ (System Security) [4,7,8] เป็นการศึกษาความสามารถของระบบไฟฟ้ากำลังที่จะสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงแบบทันทีทันใดซึ่งเกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้ากำลัง เช่น เกิดการลัดวงจรขึ้นในระบบไฟฟ้ากำลัง อุปกรณ์ในระบบไฟฟ้ากำลังเกิดขัดข้องทันทีทันใดโดยไม่ทราบล่วงหน้า เป็นต้น การวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลังเพื่อการศึกษาความมั่นคงของระบบจะทำการวิเคราะห์ในสภาวะพลวัต (Dynamic Condition) โดยใช้แบบจำลองพลวัต (Dynamic Models) เพื่อตรวจสอบปัญหาที่อาจเกิดขึ้น โดยที่ปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้น ได้แก่ ความไม่มีเสถียรภาพ (Instability) การเกิดโหลดเกินแบบต่อเนื่อง (Overload

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Cascading) การยุบลงของแรงดัน (Voltage Collapse) เป็นต้น

สำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะทำการศึกษาเฉพาะเรื่องความเพียงพอของระบบ ซึ่งเป็นแนวทางที่นิยมใช้ในการศึกษาเรื่องความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังแบบผสมอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ดังนั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เมื่อกล่าวถึงคำว่าความเชื่อถือได้ของระบบจะหมายถึงความเพียงพอของระบบนั่นเอง

ระบบไฟฟ้ากำลังแบบผสมเป็นระบบไฟฟ้ากำลังที่ประกอบไปด้วยระบบผลิตไฟฟ้าและระบบส่งไฟฟ้ารวมกัน อุปกรณ์ที่สำคัญของระบบไฟฟ้ากำลังแบบผสมได้แก่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า , สายส่ง และ หม้อแปลงไฟฟ้า โดยปกติในการศึกษาเรื่องความเชื่อถือได้จะรวมข้อมูลของหม้อแปลงไฟฟ้าเข้ากับสายส่ง และจะพิจารณารวมเป็นอุปกรณ์เดียวกัน ซึ่งการขัดข้องของอุปกรณ์ต่าง ๆเหล่านี้อาจจะส่งผลทำให้เกิดปัญหากับระบบไฟฟ้ากำลังได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1แสดงผลของการขัดข้องของอุปกรณ์ต่าง ๆ

การศึกษาเรื่องความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังแบบผสมโดยใช้กฎเกณฑ์การตัดสินใจ (Deterministic Criteria)

วิธีการศึกษาเรื่องความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังแบบผสมโดยใช้กฎเกณฑ์การตัดสินใจ (Deterministic Criteria) [9] จะจัดทำรายการเหตุขัดข้องที่อาจจะเกิดขึ้นได้เนื่องจากการขัดข้องของอุปกรณ์ต่าง ๆที่สำคัญ ๆในระบบไฟฟ้ากำลัง แล้วทำการทดสอบเหตุขัดข้องนั้นเพื่อตรวจสอบว่าเหตุขัดข้องนั้นจะทำให้เกิดปัญหาต่อระบบหรือไม่ ถ้าทำให้เกิดปัญหาจะมีความรุนแรงมากน้อยเพียงใด หลังจากนั้นจึงทำการออกแบบแก้ไขเพื่อให้ระบบไฟฟ้ากำลังมีความเชื่อถือได้เมื่อเกิดเหตุขัดข้องเหล่านั้นขึ้น โดยปกติแล้วในการออกแบบระบบไฟฟ้ากำลังจะออกแบบให้ระบบสามารถทำงานต่อได้อย่างปกติเมื่อเกิดเหตุขัดข้องของอุปกรณ์ในระบบหนึ่งอุปกรณ์ ซึ่งจะเรียกว่า N-1 จะเห็นได้ว่าวิธีการจัดทำรายการเหตุขัดข้องเพื่อทดสอบตามที่กล่าวมาแล้วนั้น จะขึ้นกับประสบการณ์ ความชำนาญของผู้ที่ทำการเลือก และลักษณะของระบบไฟฟ้ากำลังเป็นสำคัญ ในบางครั้งเหตุขัดข้องซึ่งสามารถส่งผลให้เกิดปัญหาอย่างรุนแรงต่อระบบไฟฟ้ากำลังอาจจะถูกมองข้ามไป และบางเหตุขัดข้องอาจจะมีโอกาสที่จะเกิดขึ้นต่ำมาก ทำให้ผลจากการศึกษาโดยใช้กฎเกณฑ์การกำหนดอาจจะมีความผิดพลาดสูงเกิดขึ้นได้

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาระบบไฟฟ้ากำลังให้มีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ทำให้วิธีการจัดทำรายการเหตุขัดข้องแบบเก่าทำได้ยากขึ้น เนื่องจากอาจจะมีการละเลยเหตุขัดข้องบางเหตุขัดข้องที่สำคัญ ซึ่งมีโอกาสเกิดขึ้นได้บ่อยครั้งและส่งผลให้เกิดปัญหารุนแรงกับระบบไฟฟ้ากำลังได้ ทำให้การใช้กฎเกณฑ์การกำหนดเพื่อหาค่าความเชื่อถือได้มีข้อจำกัดอยู่มากและจะมีโอกาสเกิดความผิดพลาดได้ง่าย

อย่างไรก็ตามในปัจจุบันทางผู้ผลิตไฟฟ้าหลาย ๆแห่งก็ยังคงมีการใช้วิธีการแบบนี้อยู่ รวมทั้งการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ก็ยังคงใช้กฎเกณฑ์การกำหนดในการวางแผนระบบไฟฟ้าอยู่ [2]

การศึกษาเรื่องความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังแบบผสมโดยใช้กฎเกณฑ์ความน่าจะเป็น (Probabilistic Criteria)

สำหรับวิธีการศึกษาเรื่องความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังแบบผสมโดยใช้กฎเกณฑ์ ความน่าจะเป็น (Probabilistic Criteria) จะอาศัยทฤษฎีความน่าจะเป็น (Probabilistic Theory) มาใช้ในการคำนวณหาค่าความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า โดยสามารถแบ่งวิธีการศึกษาออกได้เป็น 2 วิธีพื้นฐาน [6,9,10] ได้แก่ วิธีระบุเหตุขัดข้อง (Contingency Enumeration) และ วิธีจำลองแบบมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation) ซึ่งทั้ง 2 วิธี ต่างก็มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน

1. <u>วิธีระบุเหตุขัดข้อง</u> (Contingency Enumeration) [3,6,7,9,10]

การหาค่าความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังแบบผสมด้วยวิธีระบุเหตุขัดข้อง จะทำการเลือกเหตุขัดข้องอย่างเป็นระบบ และทำการทดสอบเหตุขัดข้องเหล่านั้นว่าจะส่งผลให้เกิดปัญหาต่อระบบไฟฟ้ากำลังหรือไม่ ถ้าเหตุขัดข้องนั้นทำให้ระบบเกิดปัญหาขึ้นก็จะสะสมเป็นค่าดัชนีความเชื่อถือได้ต่อไป ถึงแม้ว่าจะมีจำนวนเหตุขัดข้องที่จะต้องเลือกเพื่อทำการทดสอบเป็นจำนวนมาก แต่ว่าสามารถที่จะลดจำนวนเหตุขัดข้องที่ต้องทดสอบลงได้ โดยการใช้กฎเกณฑ์ต่าง ๆในการเลือกเหตุขัดข้อง ทำให้สามารถเลือกเพียงบางเหตุขัดข้องเท่านั้นมาพิจารณา จึงช่วยลดเวลาในการคำนวณหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ลงได้มาก ดังนั้นการใช้วิธีระบุเหตุขัดข้องจึงมีความเหมาะสมสำหรับการคำนวณหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่

สำหรับขั้นตอนรายละเอียดต่าง ๆของการคำนวณในการหาค่าความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังแบบผสมด้วยวิธีระบุเหตุขัดข้อง จะกล่าวถึงรายละเอียดในบทต่อไป

2. วิธีจำลองแบบมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation) [6,9,10]

การหาค่าความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังแบบผสมด้วยวิธีจำลองแบบมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation) จะทำการสุ่มตัวอย่างหาสถานะการทำงานเพื่อจะจำลองการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆในระบบไฟฟ้ากำลัง โดยสามารถสร้างแบบจำลองสภาวะก่อนเกิดเหตุขัดข้อง , การขัดข้องของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและสายส่ง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ได้อย่างละเอียด โดยที่ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆซึ่งจะกำหนดสถานะการทำงานของระบบไฟฟ้ากำลัง เช่น ความต้องการใช้ไฟฟ้า เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และสายส่ง จะถูกเลือกโดยการสุ่มตัวอย่างแบบแรนดอม (Random Sampling) ตามการกระจายความน่าจะเป็นของค่าพารามิเตอร์เหล่านั้น เพื่อจำลองการทำงานของระบบไฟฟ้ากำลัง เมื่อได้สถานะการทำงานของระบบแล้ว ก็จะทดสอบระบบไฟฟ้ากำลังตามกฎเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ต่อไป

หัวใจสำคัญของการหาค่าความเชื่อถือได้โดยการใช้วิธีจำลองแบบมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation) คือขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างแบบแรนดอม โดยจะใช้คอมพิวเตอร์ทำการสุ่มตัวเลข x ขึ้นมาจากช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 1 ถ้าหากเหตุการณ์ Y แสดงได้ด้วยฟังก์ชั่นการกระจายสะสม $F(y)$ แล้ว การเกิดเหตุการณ์ Y จะเกิดขึ้นเมื่อตัวเลขสุ่ม $x=F(y)$

ตัวอย่างเช่น การสุ่มตัวอย่างเพื่อจำลองการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งมีค่าความพร้อมใช้งาน (Availability) เป็น 0.9 สามารถทำได้โดยการสุ่มตัวเลข x จากค่าตัวเลขช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 1 ขึ้นมา จะทำให้ได้สถานะการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องนี้เป็นไปตามกฎเกณฑ์ดังต่อไปนี้

$0.0 \le x \le 0.9$	Generator Available
$0.9 < x \le 1.0$	Generator Unavailable

สำหรับการขัดข้องของสายส่ง ก็สามารถกำหนดโดยวิธีทำนองเดียวกัน เมื่อสถานะการทำงานของแต่ละอุปกรณ์ได้ถูกกำหนดขึ้นโดยการสุ่มตัวอย่างเรียบร้อยแล้ว ก็จะได้สถานะการทำงานของระบบทั้งหมดซึ่งจะถูกทดสอบเพื่อตรวจสอบปัญหาที่อาจเกิดขึ้นกับระบบต่อไป หลังจากที่ได้ทำการสุ่มตัวอย่างซ้ำเป็นจำนวนมากครั้ง ก็จะสามารถคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ ซึ่งค่าดัชนีความเชื่อถือได้ที่คำนวณได้นั้นจะขึ้นอยู่กับจำนวนครั้งของการสุ่มตัวอย่าง ดังนั้นเพื่อให้ได้ระดับความแม่นยำของค่าดัชนีที่ยอมรับได้ จึงต้องทำการสุ่มตัวอย่างเป็นจำนวนมากๆ ทำให้ต้องใช้เวลาในการคำนวณนานมาก แต่เนื่องจากในปัจจุบัน เทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์ได้รับการพัฒนาให้มีก้าวหน้าเป็นอย่างมาก ทำให้สามารถคำนวณได้รวดเร็วขึ้น วิธีจำลองแบบมอนติคาร์โลจึงได้รับความสนใจที่จะนำมาใช้ในการหาค่าความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังแบบผสมเพิ่มมากขึ้น

สำหรับในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนจะทำการศึกษาถึงวิธีการคำนวณหาค่าความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังแบบผสมโดยการใช้วิธีระบุเหตุขัดข้อง เนื่องจากเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการคำนวณหาค่าความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ มีขั้นตอนการคำนวณที่ตรงไปตรงมา และสามารถเลือกตัดเหตุขัดข้องที่มีโอกาสเกิดขึ้นต่ำออกไป ทำให้สามารถคำนวณได้รวดเร็ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย