หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

พลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญอย่างยิ่งประการหนึ่งในการพัฒนาทางเศรษฐกิจของประเทศ[1,2,3] และเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์อีกทั้งในปัจจุบันนี้การใช้พลังงานไฟฟ้าก็มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้นการไฟฟ้าที่มีหน้าที่รับผิดชอบจะต้องจัดหาและส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้แก่ลูกค้าหรือผู้ใช้ไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง มีประสิทธิภาพ และมีราคาที่เหมาะสมอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ ดังนั้นการศึกษาเพื่อการวางแผนระบบไฟฟ้าด้านการผลิตและส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าจำเป็นจะต้องมีการประเมินค่าใช้จ่ายด้านการลงทุน (Cost of investment) ด้านการปฏิบัติการ (Operating ccst) และค่าใช้จ่ายเนื่องจากเกิดเหตุขัดข้อง หรือมูลค่าความเสียหายเนื่องจากเกิดเหตุขัดข้อง (Cost of failure/interruption) ในระบบ [2] โดยวัตถุประสงค์หลักของการวางแผนระบบไฟฟ้าที่สำคัญคือ เพื่อให้มีค่าใช้จ่ายในการผลิตพลังงานไฟฟ้าต่ำที่สุดและให้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้มีคุณภาพเชื่อถือได้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด การพิจารณาวางแผนระบบไฟฟ้าที่เหมาะสมนี้นอกจากต้องพิจารณาค่าใช้จ่ายทั้งในส่วนของการลงทุนและการปฏิบัติงานของการไฟฟ้าแล้วยังต้องคำนึงถึงความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับอีกด้วย ด้วยเหตุผลดังกล่าวการประเมินอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับ (Interrupted Energy Rates : IER) [3-8] จึงมีความสำคัญต่อการดำเนินงานของการไฟฟ้าในอนาคตด้วย ค่า IER เป็นค่าที่แสดงถึงอัตราความเสียหายเฉลี่ยต่อหน่วยพลังงานไฟฟ้าที่ไม่ได้รับการจ่าย (Unserved energy) ของผู้ใช้ที่อยู่ในระดับการผลิต ระดับการส่งจ่าย และระดับการจำหน่าย สำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้มุ่งเน้นความสนใจไปในส่วนของระดับการผลิตและการส่งจ่ายซึ่งเป็นระบบผสมระหว่างระบบผลิตและระบบส่ง (Composite generation and transmission system) นั่นเอง

สำหรับกฎเกณฑ์และวิธีการในการออกแบบ การวางแผน และการปฏิบัติการ เพื่อให้ได้จุดสมดุลระหว่างความเชื่อได้ของระบบไฟฟ้าและความประหยัดดังกล่าวได้มีการพัฒนามาเป็นเวลาหลายสิบปีแล้ว [9] โดยในช่วงแรก ๆ จะอาศัยกฎเกณฑ์การตัดสินใจ (Deterministic criteria) ซึ่งอาศัยข้อมูลจากประสบการณ์ภาคปฏิบัติเป็นตัวกำหนด ตัวอย่างของการใช้กฎเกณฑ์เหล่านี้ได้แก่ การกำหนดให้ขนาดของกำลังผลิตติดตั้ง (Installed capacity) มีค่าเท่ากับความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดที่ได้คาดการณ์ไว้รวมกับค่าร้อยละของความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดที่ได้คาดการณ์ไว้ค่า

หนึ่ง การกำหนดให้ขนาดกำลังเครื่องพร้อมจ่าย (Spinning capacity) มีค่าเท่ากับความต้องการใช้ไฟฟ้าที่คาดการณ์ไว้รวมกับขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ใหญ่ที่สุด 1 เครื่องหรือมากกว่านั้น หรือการกำหนดกำลังผลิตสำรองของระบบเป็นร้อยละของความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด เป็นต้น ซึ่งการใช้กฎเกณฑ์การตัดสินใจดังกล่าวไม่ได้มีการพิจารณาลักษณะความไม่แน่นอนของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบไฟฟ้าร่วมด้วยไม่ว่าจะเป็นความไม่แน่นอนของความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า หรือการขัดข้องของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ในระบบ นอกจากนี้โดยปกติแล้วการคาดการณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าก็ไม่สามารถที่จะทำได้อย่างถูกต้องแม่นยำและจะเกิดความไม่แน่นอนขึ้นในการคาดการณ์ด้วยทำให้การใช้กฎเกณฑ์การตัดสินใจอาจมีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงได้

จากตัวอย่างและเหตุผลดังกล่าวข้างต้นทำให้การประเมินค่าความเชื่อถือได้ในเชิงปริมาณ (Quantitative) ได้มีการพิจารณาโดยอาศัยกฎเกณฑ์ความน่าจะเป็น (Probabilistic criteria) ซึ่งจะมีการพิจารณาถึงลักษณะที่เกี่ยวข้องกับความไม่แน่นอนต่าง ๆ ของระบบไฟฟ้าด้วย การใช้กฎเกณฑ์ความน่าจะเป็นได้มีการพิจารณาศึกษามาตั้งแต่ปี ค.ศ.1930 [9,10] แต่สาเหตุที่ไม่ได้มีการนำกฎเกณฑ์ความน่าจะเป็นมาใช้งานอย่างกว้างขวางในอดีตเนื่องมาจากเหตุผลหลายประการด้วยกัน ได้แก่ การขาดข้อมูลทางสถิติที่จำเป็นต้องใช้ในการศึกษาอีกทั้งมีข้อจำกัดในการประเมินซึ่งจำเป็นต้องใช้เครื่องคำนวณที่มีประสิทธิภาพสูง นอกจากนี้ยังขาดทฤษฎีและขั้นตอนวิธีการรวมทั้งความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีเรื่องความน่าจะเป็นและนิยามของค่าดัชนีความเชื่อถือได้ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้ได้ลดน้อยลงไปมาก เนื่องจากในขณะนี้ผู้ผลิตไฟฟ้าต่างก็มีข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการศึกษาดังกล่าวเพิ่มมากขึ้น เทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์ได้มีการพัฒนาก้าวหน้าอย่างรวดเร็วมาก สามารถประดิษฐ์เครื่องคำนวณที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ทำการคำนวณได้อย่างรวดเร็วและมีหน่วยความจำสูงมาก ทำให้อุปสรรคด้านเครื่องคำนวณหมดไป นอกจากนี้ยังได้มีการพัฒนาทฤษฎีและขั้นตอนวิธีการต่าง ๆ ในการประเมินค่าความเชื่อถือได้อย่างกว้างขวาง และผู้ปฏิบัติงานก็มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีเรื่องความน่าจะเป็นเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีการนำกฎเกณฑ์ความน่าจะเป็น มาใช้เพื่อคำนวณค่าความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังมากขึ้น ถึงแม้กระนั้นก็ยังมีปัญหาอีกส่วนหนึ่งที่เกิดขึ้นในการประเมินค่าความเชื่อถือได้โดยใช้วิธีการความน่าจะเป็นก็คือ การพัฒนาแบบจำลองและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น ซึ่งสามารถที่จะใช้แทนระบบไฟฟ้ากำลังปัจจุบันที่มีความซับซ้อนมากได้ และการใช้เทคนิคและวิธีการเพื่อให้เวลาที่ใช้ในการคำนวณลดลง

เนื่องจากในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะมุ่งเน้นเพื่อทำการประเมินค่าดัชนีความเชื่อถือได้ในระดับชั้นที่ 2 (รายละเอียดการจัดแบ่งระดับชั้นของระบบไฟฟ้าจะกล่าวถึงในบทที่ 2) ซึ่งค่าดัชนีที่ได้จะแสดงให้เห็นพฤติกรรมของระบบหรือจุดโหลดอันเนื่องมาจากการเกิดเหตุขัดข้องของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบหรือการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ แสดงให้เห็นจุดใดหรือบริเวณพื้นที่ใดบ้างที่เป็นจุดอ่อนของระบบที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดเหตุขัดข้อง (Contingency) สูง หรือเมื่อติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมเข้าในระบบแล้วจะส่งผลต่อความเชื่อถือได้ของระบบอย่างไร แต่วิธีการประเมินที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีข้อด้อยอยู่ที่การเลือกเหตุขัดข้องทุกเหตุขัดข้องเพื่อนำไปทดสอบ [2] และเนื่องจากในขั้นตอนของการทดสอบเหตุขัดข้องนั้นจะต้องมีการคำนวณโหลดโฟลว์ของทั้งระบบในแต่ละสถานะของการเกิดเหตุขัดข้องซึ่งจำนวนสถานะของเหตุขัดข้องดังกล่าวขึ้นอยู่กับจำนวนอุปกรณ์ย่อย (Component)ในระบบ คือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า สายส่งและหม้อแปลงไฟฟ้า ดังนั้นเหตุขัดข้องบางสถานะที่ไม่ส่งผลกระทบต่อระบบก็จะถูกเลือกเพื่อนำไปคำนวณโหลดโฟลว์ด้วยทำให้เสียเวลาในการคำนวณมาก

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นการประเมินค่าความเชื่อถือได้โดยวิธีการทั่วไปจึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการประเมินระบบไฟฟ้าขนาดใหญ่จึงได้มีแนวความคิดที่ทำให้สามารถคำนวณได้ในเวลาที่รวดเร็วขึ้นโดยใช้วิธีที่นำเสนอในเอกสารอ้างอิงที่ [11] ทำการ "ตรวจสอบเหตุขัดข้อง" เพื่อเลือกเอาเฉพาะเหตุขัดข้องที่ทำให้ระบบเกิดปัญหาเท่านั้นไปทำการทดสอบ รายละเอียดของขั้นตอนการคำนวณจะได้แสดงในบทที่ 3

สำหรับการประเมินอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับ [3-8] ซึ่งจะเป็นค่าที่ใช้ในการวางแผนเพื่อขยายระบบไฟฟ้านั้นสามารถที่จะทำการคำนวณได้จากวิธีโดยตรง (Direct method) แต่ในกรณีที่ระบบมีขนาดใหญ่มากการคำนวณที่ใช้วิธีโดยตรงก็จะทำให้เป็นการเสียเวลาดังนั้นการใช้วิธีประมาณ (Approximate method) [7] ซึ่งจะคำนวณมาจากค่าดัชนีต่างๆในระบบ เช่น ค่าดัชนีเฉลี่ย ก็จะช่วยทำให้เวลาในการคำนวณรวมของระบบดีขึ้นมากและนอกจากนี้การใช้เนื้อที่ในหน่วยความจำ (Memory) ของคอมพิวเตอร์ก็จะลดลงมากด้วย ดังนั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้มีการนำเสนอทั้งวิธีการคำนวณโดยตรง และวิธีการประมาณรวมเข้าไว้ด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1. เพื่อทำการประเมินดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังที่เกี่ยวข้องกับระบบผลิตและระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า (Composite generation and transmission systems) หรือระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่ (Bulk power systems)โดยใช้วิธีการระบุเหตุขัดข้องที่พิจารณาเลือกเฉพาะเหตุขัดข้อง (Contingency selection) ที่ทำให้ระบบเกิดปัญหาเท่านั้นเพื่อนำไปทดสอบ

2. เพื่อทำการศึกษาวิธีการประเมินอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับ (Interrupted Energy Rates, IER) ในระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่ทั้งวิธีโดยตรงและวิธีการประมาณ (Approximation method)

3. เพื่อออกแบบและพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้สำหรับคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่ โดยจะคำนวณทั้งค่าดัชนีจุดโหลด (Load point indices) และค่าดัชนีระบบ (System indices) และใช้สำหรับคำนวณหาอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับ (IER) ของระบบไฟฟ้า

ขอบเขตในการทำวิทยานิพนธ์

1. ศึกษาเฉพาะความเพียงพอของระบบ(System adequacy)

2.ทำการศึกษาเฉพาะค่าดัชนีที่จุดโหลด, ค่าดัชนีระบบ และค่า IER ของระบบผสมระหว่างระบบผลิตและ ระบบส่งเท่านั้น

3.พัฒนาและทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้และอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับในระบบไฟฟ้ากำลัง

ศูนย์วิทยทรัพยากร

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากวิทยานิพนธ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปสำหรับใช้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้คำนวณหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้และค่า IER ของระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่

2.ช่วยอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานขั้นต้นสำหรับผู้ปฏิบัติงานด้านการวางแผนขยายกำลังการผลิตไฟฟ้าและขยายระบบส่งไฟฟ้า

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.สามารถนำแนวความคิดและวิธีการประเมินความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่โดยใช้วิธีการเลือกทดสอบเฉพาะเหตุขัดข้องที่ทำให้เกิดปัญหากับระบบเท่านั้นไปประยุกต์ใช้เพื่อลดเวลาในการคำนวณลง

4. แนวความคิดและวิธีการใช้ IER เพื่อการวางแผนระบบไฟฟ้า

เนื้อหาของวิทยานิพนธ์

สำหรับเนื้อหาของวิทยานิพนธ์ในแต่ละบทมีดังนี้

บทที่ 2 จะกล่าวถึงการประเมินความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้ากำลังโดยใช้วิธีการความน่าจะเป็น โดยจะกล่าวถึง ความจำเป็นและแนวความคิดของการประเมินความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้ากำลัง, ความหมายของความเชื่อถือได้, การจัดแบ่งระบบไฟฟ้ากำลังเพื่อใช้ในการประเมินความเชื่อถือได้, ข้อมูลที่ใช้ในการหาค่าความเชื่อถือได้, ประเภทของการข้อขัดข้องของอุปกรณ์ในระบบตั้งแต่สองอุปกรณ์ขึ้นไป, แบบจำลองการทำงานของอุปกรณ์ในระบบ, แบบจำลองความต้องการใช้ไฟฟ้า, การประเมินความเชื่อถือได้โดยวิธีการความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไข และวิธีการที่ใช้ในการประเมินความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่โดยอาศัยทฤษฎีความน่าจะเป็น

บทที่ 3 เป็นการนำเสนอเกี่ยวกับการประเมินความเชื่อถือได้โดยใช้วิธีระบุเหตุขัดข้องโดยพิจารณาตรวจสอบเหตุขัดข้องก่อนการทดสอบ ซึ่งจะกล่าวถึง แบบจำลองที่ใช้ในการประเมินความเชื่อถือได้, การคำนวณโดยใช้วิธีระบุเหตุขัดข้อง, เทคนิคการวิเคราะห์โหลดโฟลว์ในระบบไฟฟ้ากำลัง, การเลือกเหตุขัดข้อง, การแก้ไขปัญหาสายส่งมีโหลดเกินและการตัดโหลด และการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่

บทที่ 4 เป็นการนำเสนอเกี่ยวกับการประเมินอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับ โดยจะกล่าวถึงแนวคิดในการประเมินอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับ, แบบจำลองที่ใช้ในการประเมินอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับ และวิธีการคำนวณอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับ

บทที่ 5 จะกล่าวถึงโครงสร้างฟังก์ชันของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้และอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับพร้อมทั้งตัวอย่างการวิเคราะห์ระบบ

บทที่ 6 เป็นการสรุปและให้ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาต่อไป

สำหรับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประเมินค่าดัชนีความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่ได้มีชื่อว่า “BULKREL” (**BULK** Power System **REL**iability Evaluation) โดยใช้คอมไพล์เลอร์ภาษาบอร์แลนด์ C++ เวอร์ชั่น 3.1