บทที่ 1

บทนำทั่วไป

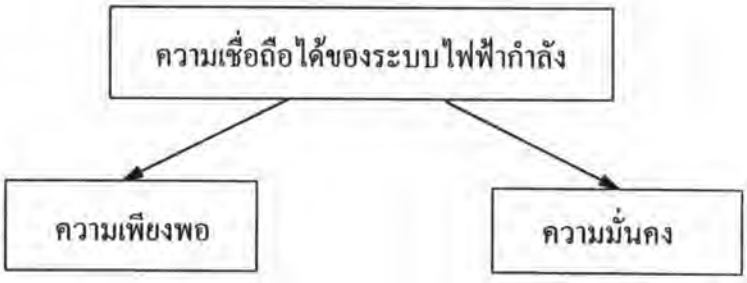
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าเป็นสิ่งสำคัญต่อการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์ การขัดข้องของอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้ากำลังซึ่งมักส่งผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟในแต่ละพื้นที่ ทั้งในด้านความมั่นคงปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน และในทางด้านจิตวิทยาของมนุษย์ ตลอดจนผลกระทบต่อระบบการผลิตในอุตสาหกรรม ปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมภายในประเทศมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นซึ่งส่วนใหญ่รับไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายไฟฟ้ากำลัง ดังนั้นเมื่อเกิดการขัดข้องในการระบบจำหน่ายไฟฟ้าย่อมอาจส่งผลกระทบต่อโรงงานอุตสาหกรรมทำให้เกิดการหยุดชะงักในการผลิตสินค้า วัตถุดิบและเครื่องจักรได้รับความเสียหาย เสียค่าจ้างแรงงานโดยไม่มีการทำงานตอบแทน และสูญเสียรายได้จากการดำเนินการธุรกิจส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายของโรงงานอุตสาหกรรมทำให้ต้นทุนการผลิตที่เป็นปัจจัยสำคัญในการแข่งขันทางการค้านั้นมีค่าสูงขึ้น

คุณภาพของพลังงานไฟฟ้าเริ่มเป็นประเด็นที่สำคัญ ที่ผู้ใช้ไฟฟ้าต้องการนอกเหนือไปจากปริมาณที่ต้องการให้มีอย่างเพียงพอทั้งในกลุ่มอุตสาหกรรม ธุรกิจและบ้านที่อยู่อาศัย โดยทั่วไปผู้ใช้ไฟฟ้าต้องการระบบไฟฟ้ากำลังที่มีความเชื่อถือได้สูงซึ่งหมายถึงการมีไฟฟ้าดับน้อยที่สุดหรือไฟฟ้าตกหรือกระพริบน้อยที่สุด

ความเชื่อถือได้ (Reliability) เป็นเรื่องของการคาดการณ์ล่วงหน้าถึงเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตโดยอาศัยวิธีทางสถิติมาใช้ในการประเมินถึงโอกาสของการเกิดเหตุการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต เช่น กระแสไฟฟ้าขัดข้องบ่อยมากน้อยเพียงใด ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังเป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบและคุณภาพของระบบเอง ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นส่วนประกอบในการวางแผน ออกแบบระบบไฟฟ้า โดยการกำหนดคุณภาพตัวอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในระบบไฟฟ้า โดยทั่วไประดับของความเชื่อถือได้ดังกล่าว สามารถประเมินได้โดยอาศัยกฎเกณฑ์ออกมาเป็นค่าดัชนีต่างๆ โดยในระบบจำหน่ายประกอบด้วยค่าดัชนี SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) SAIDI (System Average Interruption Duration Index) เป็นต้น

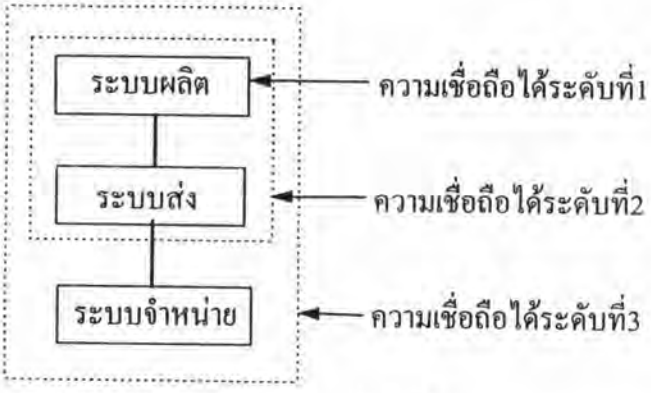
ความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้ากำลัง สามารถแบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือความเพียงพอ(Adequacy) และความมั่นคง (Security) [1,2]



รูปที่ 1.1 ประเภทของความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลัง

ความเพียงพอหมายถึงความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้าและพลังงานทั้งหมดอย่างเพียงพอ ในที่นี้ประกอบด้วยระบบผลิตไฟฟ้าที่จำเป็นต้องมีเพื่อผลิตพลังงานได้อย่างเพียงพอ และระบบสายส่งและระบบจำหน่ายไฟฟ้ากำลัง เพื่อนำพลังงานไปยังความต้องการทุก ๆ จุดในระบบ ความเพียงพอนี้จะเกี่ยวข้องกับเงื่อนไขแบบสถิตย์ (Static Conditions) ซึ่งไม่ได้ครอบคลุมถึงเหตุรบกวน(Disturbances) และผลที่จะเกิดขึ้นตามในระบบ

ความมั่นคง หมายถึง ความสามารถของระบบที่จะตอบสนองหรือทนทานต่อเหตุรบกวนที่เกิดขึ้นซึ่งอาจเป็นประเภทที่เกิดอยู่เฉพาะในเขตพื้นที่ หรือที่เกิดขึ้นเป็นบริเวณกว้าง โดยมักมีสาเหตุจากการเกิดเหตุขัดข้องขึ้นกับอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบไฟฟ้ากำลัง ระดับชั้นความเชื่อถือได้ (Hierarchical Levels) แบ่งได้ 3 ระดับ คือ ระบบผลิต ระบบผลิตรวมระบบส่ง(Composite system) และ ระบบจำหน่าย [3]



รูปที่ 1.2 การแบ่งระดับความเชื่อถือได้

การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ใน 2 ระดับแรกจะเน้นไปที่การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ในแง่ความเพียงพอของระบบ ส่วนในระดับที่ 3 นอกจากต้องพิจารณาถึงความเพียงพอของระบบแล้ว

ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าตกหรือไฟฟ้ากระพริบก็มีผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก ด้วยดังนั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้พิจารณาถึงปัญหาของความมั่นคงของระบบไฟฟ้าในระดับที่ 3 ด้วย

วิธีในการประเมินความเชื่อถือได้ แบ่งได้ 2 ประเภทใหญ่ คือ การวิเคราะห์(Analytical) และวิธีการจำลองเหตุการณ์(Simulation) [4] การวิเคราะห์นั้นแบ่งได้อีก 2 แบบ คือ แบบจำลองเน็ตเวิร์ค(Network modeling) และ แบบจำลองมาร์คอฟ (Markov modeling)

วิธีวิเคราะห์จะอาศัยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แล้วคำนวณด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ให้สอดคล้องกับแบบจำลองซึ่งมีความแม่นยำสูงในระบบจำหน่าย [5-9] ซึ่งได้ผลเป็นที่น่าพอใจในแง่ของความเพียงพอ อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวไม่สามารถพิจารณาถึงพฤติกรรมของระบบระหว่างที่ระบบถูกรบกวน (เช่นในระหว่างการเกิดข้อผิดพร่องขึ้นในระบบซึ่งทำให้เกิดแรงดันตกหรือไฟกระพริบซึ่งจะส่งผลอย่างไรกับผู้ใช้ไฟฟ้า) ดังนั้นหากไม่มีการพิจารณาปัญหาดังกล่าวในการวิเคราะห์ ผลที่ได้รับก็อาจไม่ได้รับการยอมรับ ทั้งนี้ปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นบ่อยในระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยเฉพาะในส่วนของระบบจำหน่ายที่มีโหลดจากอุตสาหกรรมซึ่งมีความไวต่อการที่แรงดันตกในระหว่างการเกิดผิดพร่อง[10] ด้วยเหตุดังกล่าววิธีการจำลองเหตุการณ์จึงจะถูกนำมาใช้ในการศึกษาและพิจารณาของผลดังกล่าวที่มีต่อดัชนีความเชื่อถือได้ในระบบจำหน่ายไฟฟ้ากำลัง [11] ซึ่งวิธีการจำลองเหตุการณ์นั้นมักอาศัยวิธีมอนติคาร์โล (Monte Carlo Method) ซึ่งเป็นการจำลองให้เกิดเหตุการณ์ซึ่งมักเป็นเหตุขัดข้องของอุปกรณ์ต่างๆในระบบไฟฟ้าด้วยการสุ่มตามหลักการทางคณิตศาสตร์แล้วจึงพิจารณาถึงผลการทำงานของระบบแทนการแก้ปัญหาด้วยการแทนค่าในสมการโดยตรง วิธีมอนติคาร์โลถือเป็นวิธีที่มีความยืดหยุ่นสามารถแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนได้ดี อีกทั้งยังสามารถใช้พิจารณาถึงความไม่แน่นอนได้ดีและสามารถแสดงให้เห็นลักษณะการกระจายแบบต่างๆของการสุ่มได้ ในอดีตวิธีดังกล่าวมีข้อเสียในการเรื่องของระยะเวลาที่คอมพิวเตอร์ใช้ในการจำลองและวิเคราะห์ปัญหาต่างๆ แต่ในปัจจุบันการทำงานของคอมพิวเตอร์มีความเร็วเพิ่มขึ้นสูงมากทำให้วิธีดังกล่าวกลับมาเป็นที่นิยมในการวิเคราะห์แก้ปัญหาสำหรับระบบไฟฟ้ากำลังสมัยใหม่

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะนำความรู้ที่ได้ศึกษามาทั้งหมดมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ในระบบจำหน่ายโดยใช้วิธีการจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โลร่วมกับแบบจำลองของระบบไฟฟ้านั้น การจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โล จะทำการจำลองการทำงานล้มเหลวของอุปกรณ์ในระบบ และ เก็บสะสมเหตุการณ์ต่างๆที่เกิดเป็นแบบเฟ้นสุ่ม(Stochastic components) เนื่องจากโหลดต่างๆ ในอุตสาหกรรมนั้นมีความไวต่อแรงดันตกในช่วงเวลาสั้นๆ(Voltage sag)ซึ่งเกิดจากการเกิดลัดวงจรในระบบ ผลกระทบของแรงดันตกเหล่านี้จะถูกนำไปรวมเข้าในแบบ

จำลองที่ถูกสร้างขึ้น โดยค่าสูงสุดของแรงดันตกในช่วงเวลาสั้นๆ ณ จุดโหลดต่างๆที่ยอมรับได้นั้น จะใช้เป็นค่าวิกฤตในการเข้าไปจัดการป้องกันอุปกรณ์ที่จุดโหลด(เกิดการตัดวงจรที่จุดโหลด) ในแบบจำลองดังกล่าวจะพิจารณาถึงการเกิดขึ้นของการลัดวงจรในระบบซึ่งก่อให้เกิดการทำงานของระบบป้องกัน ตลอดจนผลของการทำงานที่ผิดพลาดของระบบป้องกันด้วย ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดแรงดันตกในระบบ ดังนั้นวิธีดังกล่าวจึงมีความเหมาะสมกับระบบที่มีโหลดจากอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นโหลดที่มีความไวต่อแรงดันตกในช่วงเวลาสั้นๆ หรือที่พฤติกรรมของระบบป้องกันมีผลกระทบต่อความเชื่อถือได้

1.2 วัตถุประสงค์

1)เพื่อศึกษาวิธีการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ในระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่คำนึงถึงแรงดันตกและการทำงานของระบบป้องกันโดยวิธีการจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โล

2)เพื่อออกแบบและพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า

1.3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1) ศึกษาความเป็นไปได้ในการทำวิทยานิพนธ์

1.1) ศึกษามูลเหตุแห่งปัญหาที่ก่อให้เกิดการทำวิทยานิพนธ์

1.2) ศึกษาแนวทางแก้ไข วิธีการประเมิน และขอบเขตในการทำวิทยานิพนธ์

1.3) ศึกษาและประเมินแผนงาน ระยะเวลา อุปสรรค และแนวทางแก้ไขในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์

2) ศึกษากระบวนวิธีภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ

2.1) ศึกษาทฤษฎี กระบวนวิธีทางคณิตศาสตร์เช่น การสุ่มตัวเลข การเปลี่ยนค่าของตัวเลขที่สุ่มให้มีการกระจายแบบต่างๆ ในกระบวนการจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โล และการคำนวณแรงดันที่จุดโหลด โดยค้นคว้าจากเอกสารหนังสือ และวารสารต่างๆ

2.2) ศึกษาวิธีการประเมินค่าความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยใช้วิธีจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โลที่เกี่ยวข้องกับการทำวิทยานิพนธ์

3)วิจัยและพัฒนา

3.1)พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า

3.2) ประยุกต์ใช้กระบวนวิธีและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่วิจัยและพัฒนาขึ้นกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า

3.3) วิเคราะห์และสรุปผล

4) เรียบเรียง ตรวจสอบ และจัดพิมพ์วิทยานิพนธ์เพื่อนำเสนอต่อคณะกรรมการและดำเนินการจัดสอบต่อไป

1.4 ขอบเขตในการทำวิทยานิพนธ์

1)ไม่พิจารณาผลจากสภาวะทางธรรมชาติ เช่น บริเวณที่มีพายุ ฟ้าผ่า ฝนตก ฯลฯ

2)ในการคำนวณแรงดันของแต่ละจุดโหลดจะใช้แบบจำลองทางไฟฟ้าของระบบอย่างง่าย คือโหลดให้คิดเป็นค่าอิมพิแดนซ์คงที่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าคิดเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่มีค่าแรงดันคงที่

3)ไม่พิจารณาถึงเหตุการณ์ที่เกิดขัดข้องในระบบซึ่งเกิดอย่างซ้ำซ้อน และมีการถ่ายโอนโหลดแบบไม่จำกัด

4) ทำการศึกษาเฉพาะค่าดัชนีสากลของระบบจำหน่ายไฟฟ้า

5)พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายโดยใช้วิธีการจำลองเหตุการณ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1)สามารถคำนวณดัชนีสากลต่างๆไว้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจในการวางแผนการลงทุนใน ด้านขยายหรือปรับปรุงระบบจำหน่ายไฟฟ้าในย่านอุตสาหกรรมต่อไป

2)มีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการคำนวณดัชนีสากลความเชื่อถือได้ที่ใช้วิธีการจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โล สำหรับใช้ประโยชน์ต่อการศึกษา และการนำไปใช้งานในทางปฏิบัติต่อไป

1.6 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์

เนื้อหาของวิทยานิพนธ์ในแต่ละบทเป็นดังนี้

บทที่ 2 กล่าวถึงแบบจำลองของอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบจำหน่ายไฟฟ้ากำลัง เช่น รูปแบบของระบบจำหน่ายโดยทั่วไป อุปกรณ์หลักในระบบจำหน่าย สภาวะการทำงานและการล้มเหลว

ของอุปกรณ์ การกระจายความน่าจะเป็นในการทำงานของอุปกรณ์ แบบจำลองการทำงานของอุปกรณ์ เกณฑ์การเกิดข้อขัดข้องของแต่ละจุดโหลด

บทที่ 3 กล่าวถึงลำดับขั้นตอนในการประเมินความเชื่อถือได้ทั้งวิธีการวิเคราะห์และวิธีจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โล และ เทคนิคพื้นฐานที่ใช้ในการจำลองเหตุการณ์ เช่น การสุ่มตัวเลข (Random Number Generation) การเปลี่ยนค่าของตัวเลขที่สุ่มมา (Conversion of Uniform Random Number) รูปแบบการกระจายของข้อมูลแบบต่างๆ กระบวนการในการจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โล และการหาจำนวนรอบในการจำลองเหตุการณ์

บทที่ 4 กล่าวถึงวิธีการจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โลที่ใช้ร่วมกับแบบจำลองของระบบไฟฟ้าเพื่อใช้วิเคราะห์ความเชื่อถือได้ในระบบจำหน่ายไฟฟ้ากำลังที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ซึ่งจะกล่าวถึงขั้นตอนการจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โลที่ใช้ การจัดการกับแบบจำลองไฟฟ้าเมื่อเกิดการลัดวงจรรวมถึงการคำนวณแรงดันที่จุดโหลดทั้งก่อน ระหว่าง และหลังการเกิดลัดวงจร รวมไปถึงการวิเคราะห์การเกิดการขัดข้องที่จุดโหลดเมื่อเกิดการลัดวงจรขึ้น

บทที่ 5 กล่าวถึง ตัวอย่าง ผลการคำนวณและการวิเคราะห์ ผลการทดสอบโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นด้วยระบบทดสอบ ตัวอย่างแสดงผลการคำนวณระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ใช้เป็นตัวอย่างในการศึกษา การศึกษาการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการคำนวณ เช่น ระดับของแรงดันตกสูงสุดที่ยอมรับได้ที่จุดโหลด ระยะเวลาสูงสุดที่สามารถทนรับแรงดันตกได้ที่จุดโหลด กับระบบทดสอบเพื่อดูผลการเปลี่ยนแปลง วิเคราะห์วิจารณ์ผลการทดสอบที่ได้จากระบบตัวอย่างโดยอาศัยผลการประเมินความเชื่อถือได้

บทที่ 6 เป็นสรุปการศึกษาพร้อมทั้งเสนองานที่ควรดำเนินการวิจัยต่อไป

ในการศึกษาการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้ากำลังโดยใช้วิธีการจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โล ได้มีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นเพื่อนำมาใช้ประกอบการศึกษา โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ดังกล่าวได้พัฒนาขึ้นบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์โดยใช้ Matlab