บทที่ 1

บทนำทั่วไป

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาอยู่ในระดับสูงมีผลทำให้ความต้องการพลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากความต้องการในกลุ่มอาคารธุรกิจบริการ และธุรกิจท่องเที่ยวซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศในอาคารสูง ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในบ้านพักอาศัยก็เช่นเดียวกัน มีการใช้เครื่องปรับอากาศ ตู้เย็นและอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่ออำนวยความสะดวกสบายเพิ่มมากขึ้น และความต้องการพลังงานไฟฟ้าในกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ที่เป็นระบบอัตโนมัติมีมลภาวะน้อย และใช้แรงงานน้อย จนเป็นที่คาดการณ์ว่าปริมาณความต้องการไฟฟ้าจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นสูงอีก

ปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าเป็นสิ่งสำคัญต่อการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์การขัดข้องของอุปกรณ์ในระบบจำหน่ายไฟฟ้ากำลัง (Distribution System) อาจส่งผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟในแต่ละพื้นที่ ทั้งในด้านจิตวิทยาของมนุษย์ และความมั่นคงปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน ตลอดจนผล กระทบต่อระบบการผลิตในอุตสาหกรรม ซึ่งในปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมภายในประเทศมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น เมื่อเกิดการขัดข้องในระบบจำหน่ายไฟฟ้าย่อมส่งผลกระทบต่อโรงงานอุตสาหกรรมทำให้เกิดการหยุดชะงักในการผลิตสินค้า วัตถุดิบและเครื่องจักรได้รับความเสียหาย เสียค่าจ้างแรงงานโดยไม่มีการทำงานตอบแทน และสูญเสียรายได้จากการดำเนินธุรกิจส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายของโรงงานอุตสาหกรรมทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น อันเป็นปัจจัยสำคัญในการแข่งขันทางการค้า

คุณภาพของพลังงานไฟฟ้าเริ่มเป็นประเด็นที่สำคัญ ที่ผู้ใช้ไฟฟ้าต้องการนอกเหนือไปจากปริมาณที่ต้องการให้มีอย่างเพียงพอทั้งกลุ่มอุตสาหกรรม ธุรกิจและบ้านที่อยู่อาศัย ผู้ใช้ไฟฟ้าต้องการระบบไฟฟ้ากำลังที่มีความเชื่อถือได้สูงไฟฟ้าดับน้อยที่สุด

ความเชื่อถือได้เป็นเรื่องของการคาดการณ์ล่วงหน้าถึงเหตุการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตโดยอาศัยวิธีทางสถิติมาใช้ในการประเมินถึงโอกาสของการเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆขึ้นในอนาคต เช่น กระแสไฟฟ้าขัดข้องบ่อยมากน้อยเพียงใด ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังเป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบและคุณภาพของระบบเอง ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นส่วนประกอบในการวางแผน ออกแบบระบบไฟฟ้า โดยการกำหนดคุณภาพตัวอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในระบบไฟฟ้า โดยทั่วไประดับความเชื่อถือได้ดังกล่าว สามารถประเมินได้โดยอาศัยกฎเกณฑ์ออก

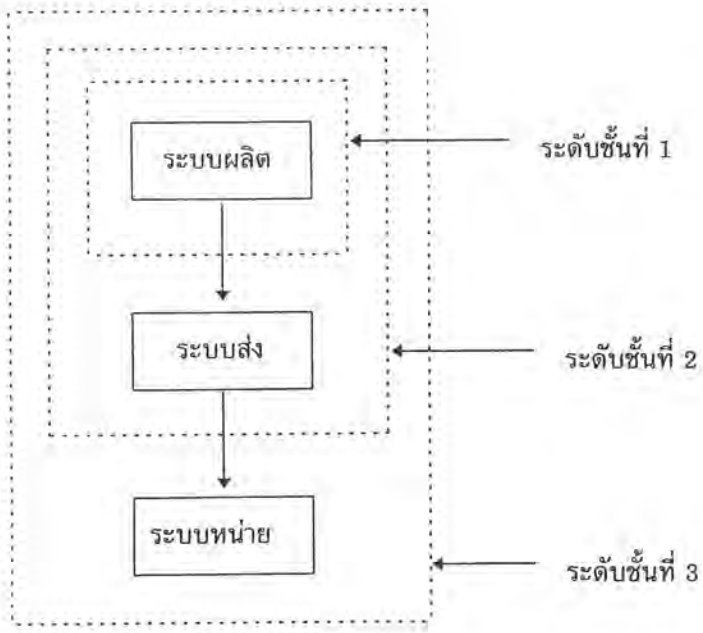
มาเป็นค่าดัชนีต่างๆ โดยในระบบจำหน่ายประกอบด้วยค่าดัชนี SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) SAIDI (System Average Interruption Duration Index) CAIDI (Customer average interruption duration index) ASAI (Average service availability index) AENS (Average energy not supplied) [5,12,19] เป็นต้น

โดยทั่วไปเราสามรถแบ่งระบบไฟฟ้ากำลังออกตามลักษณะการปฏิบัติงานได้เป็นระบบผลิตไฟฟ้า ระบบส่งไฟฟ้า และระบบจำหน่ายไฟฟ้า ตามรูปที่ 1.1 การพิจารณาความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังซึ่งเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปในทางสากลจึงสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระดับชั้น [4] เช่นกัน ดังต่อไปนี้

ระดับชั้นที่ 1 พิจารณาเฉพาะระบบผลิตไฟฟ้าเพียงระบบเดียวโดยเป็นการศึกษาถึงความสามารถของระบบผลิตไฟฟ้าที่สามารถจ่ายไฟฟ้าได้อย่างเพียงพอต่อความต้องการใช้ไฟฟ้า

ระดับชั้นที่ 2 พิจารณารวมระบบผลิตไฟฟ้าและระบบส่งไฟฟ้าเข้าด้วยกัน โดยเรียกว่าระบบไฟฟ้าผสม (Composite System)หรือระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่(Bulk Power System)

ระดับชั้นที่ 3 พิจารณารวมระบบผลิตไฟฟ้า ระบบส่งไฟฟ้าและระบบจำหน่ายไฟฟ้าทั้งหมดเข้าด้วยกัน



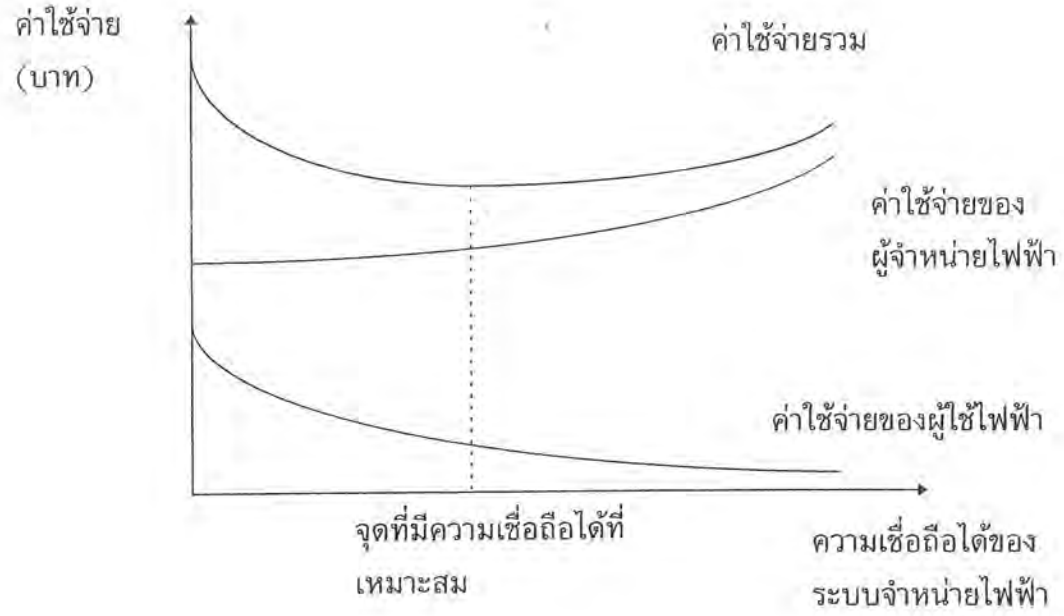
รูปที่ 1.1 การแบ่งระดับชั้น

ระบบจำหน่ายไฟฟ้ากำลังเป็นระบบที่ใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้าโดยตรง การเกิดเหตุขัดข้องภายในระบบจำหน่ายไฟฟ้าของอุปกรณ์แต่ละตัวย่อมส่งผลต่อผู้ใช้ไฟฟ้าในแต่

ละจุดโหลด ซึ่งภายในระบบจำหน่ายไฟฟ้าประกอบด้วยอุปกรณ์ไฟฟ้าหลายชนิด ดังนั้นการคำนึงถึงความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องนำมาพิจารณาควบคู่ประกอบไปกับการวางแผนระบบจำหน่ายไฟฟ้ากำลัง

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มุ่งเน้นทำการศึกษาวิจัยถึงการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้ากำลัง โดยพิจารณาถึงสถิติและลักษณะการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชนิดที่เป็นส่วนประกอบของระบบจำหน่ายไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีการวิเคราะห์ (Analytical Method) [6] ซึ่งอาศัยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แล้วคำนวณด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ให้สอดคล้องกับแบบจำลองซึ่งมีความแม่นยำในการคำนวณ

การปรับปรุงระบบไฟฟ้าให้มีความเชื่อถือสูงขึ้น สามารถกระทำได้โดยการลงทุนปรับปรุงระบบและอุปกรณ์ เพื่อให้ทำงานได้อย่างต่อเนื่องมากขึ้น หรือเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการป้องกัน และจัดการเพื่อให้จำนวนครั้ง และระยะเวลาของกระแสไฟฟ้าขัดข้องน้อยลง การกระทำดังกล่าวย่อมทำให้มีค่าใช้จ่ายในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าสูงขึ้น ตามรูปที่ 1.2 แสดงให้เห็นว่า ณ จุดที่ระบบมีความเชื่อถือได้ที่เหมาะสมนั้น ราคาและค่าใช้จ่ายรวมของผู้ใช้ไฟฟ้า และผู้จำหน่ายไฟฟ้าจะมีค่าต่ำสุด



รูปที่ 1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายกับความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายกับความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลัง พบว่าการลงทุนปรับปรุงระบบไฟฟ้าให้มีความเชื่อถือได้เหมาะสมที่สุดนั้น นอกจากค่าใช้จ่ายในการลงทุนแล้ว ค่าความเสียหายเนื่องจากไฟฟ้าดับก็เป็นองค์ประกอบที่สำคัญยิ่งประการหนึ่ง

สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยได้ทำการศึกษาผลกระทบทางเศรษฐกิจที่เกิดกับผู้ใช้ไฟฟ้าเมื่อเกิดไฟฟ้าดับ [18] โดยจัดทำแบบจำลองค่าความเสียหายทางเศรษฐกิจเนื่องจากไฟฟ้าดับ ณ. เวลาต่าง ๆของผู้ใช้ที่จำแนกตามประเภทอุตสาหกรรม ธุรกิจบริการและที่อยู่อาศัย วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำแบบจำลองดังกล่าวมาใช้ในการศึกษาวิจัย อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับ (บาท/kWh) โดยพิจารณาจากสถิติการล้มเหลว (Failure) หรือการเกิดเหตุขัดข้อง (Outage) ของอุปกรณ์ในระบบจำหน่ายไฟฟ้ากำลังร่วมกับข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าในแต่ละราย

การประเมินอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับในพื้นที่การจ่ายไฟของกฟผ. กฟน. และ กฟภ. ที่สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยได้นำเสนอวิธีการประเมินโดยนำข้อมูลสถิติไฟฟ้าดับและสัดส่วนการใช้ไฟของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภทในพื้นที่นั้นมาทำการคำนวณอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับ ซึ่งวิธีการดังกล่าวทำให้ได้ค่าที่ถูกต้องแต่เนื่องจากข้อมูลสถิติไฟฟ้าดับต้องเก็บข้อมูลไว้เป็นระยะเวลานานและข้อมูลมีความผิดพลาดมากทำให้ผลที่ได้มีความคลาดเคลื่อน

วิธีการประเมินอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับในระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยใช้อัตราการ ล้มเหลวและระยะเวลาที่เกิดเหตุขัดข้องของอุปกรณ์มีด้วยกัน 3 วิธี [1,2] คือ วิธีระบุเหตุขัดข้อง (Contingency enumeration method : CEM) วิธีดัชนีพื้นฐาน (Basic indices method : BIM) และวิธีดัชนีระบบ (System indices method : SIM) ซึ่งวิธีระบุเหตุขัดข้องเป็นวิธีที่พิจารณาการเกิดเหตุขัดข้องของอุปกรณ์ทุกเหตุการณ์ในแต่ละจุดโหลดทำให้ได้ค่าที่ถูกต้อง สำหรับวิธีดัชนีพื้นฐานจะใช้ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของแต่ละจุดโหลดซึ่งประกอบด้วย อัตราการล้มเหลว (Failure rate) ระยะเวลาที่เกิดเหตุขัดข้องเฉลี่ย (Average outage duratio) และระยะเวลาเฉลี่ยที่เกิดเหตุขัดข้องในหนึ่งปี (Annual outage duration) ของจุดโหลด ส่วนวิธีดัชนีระบบจะใช้ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟซึ่งประกอบด้วยค่า SAIFI SAIDI และ CAIDI การคำนวณใน 2 วิธีหลังเป็นการประมาณโดยไม่พิจารณาถึงเหตุขัดข้องทำให้ได้ค่าแตกต่างจากวิธีแรก

โดยทั่วไปในแต่ละจุดโหลดประกอบด้วยผู้ใช้ไฟฟ้าหลายประเภท ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการคำนวณฟังก์ชั่นความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าโดยรวม (Composite Customer Damage Function : CCDF) [7,9,18] แต่ละจุดโหลด ซึ่งวิธีการคำนวณจะทำการถ่วงน้ำหนักฟังก์ชั่นความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภท (Sector Customer Damage Function : SCDF) ที่ ณ จุดโหลดนั้นด้วยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้หรือพลังไฟฟ้าสูงสุดของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภท

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการศึกษาวิธีการคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้และอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับของระบบจำหน่ายไฟฟ้ากำลังเพื่อใช้ประโยชน์ในด้านการวางแผนและปฏิบัติงานของการไฟฟ้าแต่ละแห่งต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษากระบวนวิธีในการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า

2.เพื่อออกแบบและพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า และคำนวณค่าดัชนีสากลความเชื่อถือได้

3. เพื่อศึกษาวิธีการประเมินอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับในระบบจำหน่ายไฟฟ้า

1.3. ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1.ศึกษาความเป็นไปได้ในการทำวิทยานิพนธ์

1.1 ศึกษามูลเหตุแห่งปัญหาที่ก่อให้เกิดการทำวิทยานิพนธ์

1.2 ศึกษาแนวทางแก้ไข วิธีการประเมิน ความเหมาะสม และขอบเขตในการทำวิทยานิพนธ์

1.3 ศึกษาและประเมินแผนงาน ระยะเวลา อุปสรรค และแนวทางแก้ไขในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์

2. ศึกษากระบวนวิธีทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ

2.1. ศึกษาทฤษฎี กระบวนวิธีทางคณิตศาสตร์ โดยค้นคว้าจากหนังสือ และวารสารต่าง ๆที่เกี่ยวข้องกับการทำวิทยานิพนธ์

2.2. ศึกษาวิธีการประเมินค่าความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า

2.3. ศึกษาวิธีการประเมินอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับของระบบจำหน่ายไฟฟ้า

2.4. รวบรวมข้อมูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าเนื่องจากไฟฟ้าดับประเภทต่าง ๆ

3. วิจัยและพัฒนา

3.1.พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า

3.2.ประยุกต์ใช้กระบวนวิธีและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่วิจัยและพัฒนาขึ้นกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.)

3.3. วิเคราะห์และสรุปผล

4. เรียบเรียง ตรวจสอบ และจัดพิมพ์วิทยานิพนธ์ เพื่อนำเสนอต่อคณะกรรมการและดำเนินการจัดสอบต่อไป

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4. ขอบเขตในการทำวิทยานิพนธ์

1. พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า
2. ไม่แยกวิเคราะห์สภาวะทางธรรมชาติ เช่น บริเวณที่มีพายุ ฟ้าผ่า ฝนตก ฯลฯ
3. ทำการศึกษาเฉพาะค่าดัชนีสากลของระบบจำหน่ายไฟฟ้า และอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับของระบบจำหน่ายไฟฟ้า
4. ไม่คำนึงถึงการถ่ายโอนโหลดแบบจำกัด

1.5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจในการวางแผนการลงทุนในด้านขยายระบบจำหน่ายไฟฟ้าต่อไป

2.โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับคำนวณดัชนีสากลความเชื่อถือได้และค่าอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับของระบบจำหน่ายไฟฟ้า

1.6. เนื้อหาของวิทยานิพนธ์

เนื้อหาของวิทยานิพนธ์ในแต่ละบทเป็นดังนี้

บทที่ 2 กล่าวถึง รูปแบบของระบบจำหน่ายไฟฟ้า ลักษณะระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเรเดียล แบบวงแหวนและแบบร่างแห อุปกรณ์ต่างๆในระบบจำหน่ายไฟฟ้า แบบจำลองอุปกรณ์ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า

บทที่ 3 กล่าวถึง ดัชนีสากลความมั่นคงของระบบจำหน่ายไฟฟ้าต่างๆ ตัวอย่างในการคำนวณ และสิ่งที่มีผลกระทบต่อการคำนวณดัชนี ซึ่งประกอบด้วย การทำงานของอุปกรณ์ป้องกันที่มีอยู่ภายในระบบทั้งสายเมนและสายย่อย สวิทซ์ตัดวงจร (Connecting switch) การถ่ายโอนโหลดแบบไม่มีขีดจำกัด

บทที่ 4 กล่าวถึง การประเมินความเชื่อถือได้โดยวิธีการวิเคราะห์ ซึ่งประกอบด้วยวิธีการลดทอนเครือข่าย วิธีความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไข วิธีมินิมัลคัตเซต วิธีการวิเคราะห์แผนภาพต้นไม้แสดงการล้มเหลว เทคนิคความสัมพันธ์ของเมตริกซ์ และวิธีการหาเส้นทางจ่ายไฟฟ้ากำลัง

บทที่ 5 กล่าวถึง ฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าหรือแบบจำลองความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภท (Sector Customer Damage Function : SCDF) การคำนวณหาฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าโดยรวม (Composite Customer Damage Function : CCDF)

การประเมินอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับในระบบจำหน่ายวิธีต่าง ๆ ประกอบด้วยวิธีระบุเหตุขัดข้อง วิธีดัชนีพื้นฐานและวิธีดัชนีระบบ

บทที่ 6 กล่าวถึง ตัวอย่าง ผลการคำนวณและการวิเคราะห์ ผลการทดสอบโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นด้วยระบบทดสอบ ตัวอย่างแสดงผลการคำนวณระบบจำหน่ายไฟฟ้าภายในนิคมอุตสาหกรรมที่ใช้เป็นตัวอย่างในการศึกษา เปรียบเทียบการคำนวณอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับทั้ง 3 วิธี การศึกษาความไว (Sensitivity Study) ในการเปลี่ยนแปลงอัตราล้มเหลวและระยะเวลาที่เกิดเหตุขัดข้อง วิเคราะห์วิจารณ์การใช้และจัดเรียงอุปกรณ์ในระบบจำหน่ายโดยอาศัยผลการประเมินความเชื่อถือได้

บทที่ 7 เป็นการสรุปการศึกษาพร้อมทั้งเสนอแนะงานที่ควรดำเนินการวิจัยต่อไป

ในการศึกษาการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้ากำลังโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ ได้มีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ชื่อ Distribution Reliability1 ขึ้นเพื่อนำมาใช้ประกอบการศึกษา โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ดังกล่าวได้พัฒนาขึ้นบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์โดยใช้ภาษาเบสิก (โปรแกรม Visual Basic 4)