บทที่ 1

บทนำ

จุดมุ่งหมายหลักของการไฟฟ้า (Electric utility)โดยทั่วไป กล่าวคือทำอย่างไรถึงจะสามารถตอบสนองความต้องการด้านกำลังและพลังงานไฟฟ้าต่อผู้ใช้ไฟฟ้า ณ จุดที่มีค่าใช้จ่ายต่ำสุด ขณะเดียวกันก็สามารถจะรักษาระดับคุณภาพของการให้บริการในมาตรฐานที่ยอมรับได้ ดังนั้นการศึกษาเพื่อการวางแผนระบบไฟฟ้า จำเป็นต้องประเมินผลค่าใช้จ่ายการลงทุนด้านการปฏิบัติการระบบ และค่าใช้จ่ายเนื่องจากเกิดเหตุการณ์ขัดข้องในระบบ การขยายหรือติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมในระบบส่งผลให้ค่าความเชื่อถือได้ของระบบดีขึ้น ซึ่งหมายถึงจะช่วยลดค่าใช้จ่ายเนื่องจากเกิดเหตุการณ์ขัดข้อง (Cost of failure/interruptions) แต่ขณะเดียวกันก็เป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายในด้านการลงทุนและปฏิบัติการ ดังนั้นบทบาทของผู้วางแผนก็คือ ทำอย่างไรถึงจะจัดการกับค่าใช้จ่ายดังกล่าวเบื้องต้นให้สมดุลย์ ภายในขอบเขตคุณภาพความเชื่อถือได้ของระบบที่เหมาะสม

ก่อนที่แนวความคิดเทคนิคการหาค่าความเชื่อถือได้โดยวิธีความน่าจะเป็นได้ถูกนำมาใช้ประกอบในการออกแบบการวางแผนและปฏิบัติการนั้น กฎเกณฑ์จากการตัดสินใจ (Deterministic approach) ซึ่งอาศัยข้อมูลจากประสบการณ์ภาคปฏิบัติเป็นตัวกำหนด เช่น การกำหนดกำลังการผลิตสำรองของระบบเป็นร้อยละของความต้องการไฟฟ้าสูงสุด เป็นต้น ได้ใช้เป็นที่แพร่หลายโดยทั่วไป อย่างไรก็ตามจุดอ่อนของวิธีการนี้ก็คือ ไม่สามารถแสดงและอธิบายถึงพฤติกรรมอันเกิดจากความน่าจะเป็นที่เกิดเหตุการณ์ขัดข้องของสถานะต่าง ๆ ภายในระบบโดยรวม การเกิดเหตุขัดข้องในอุปกรณ์ที่เป็นองค์ประกอบย่อย หรือเมื่อความต้องการกำลังไฟฟ้าของผู้ใช้เปลี่ยนแปลงไป จากเหตุผลดังกล่าวทำให้การประเมินหาค่าความเชื่อถือได้ในเชิงปริมาณ (Quantitative) โดยอาศัยวิธีความน่าจะเป็น (Probabilistic approach) ซึ่งสามารถนำมาใช้เปรียบเทียบกันได้ เริ่มก้าวเข้ามามีบทบาทประกอบเพื่อใช้ในการตัดสินใจวางแผนและปฏิบัติการในระบบไฟฟ้ามากขึ้น

ปัจจุบันขีดจำกัดในด้านสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์ไม่ใช่อุปสรรค ในฐานะเป็นเครื่องมือสำหรับใช้ในการคำนวณอีกต่อไป แต่ปัญหาหลักในการหาค่าความเชื่อถือได้โดยใช้วิธีความน่าจะเป็นก็คือ การพัฒนาแบบจำลองและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณให้มีความสมบูรณ์ ซึ่งสามารถจะใช้แทนระบบไฟฟ้ากำลังสมัยใหม่ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น และหาเทคนิควิธีการเพื่อให้เวลาที่ใช้ในขั้นตอนคำนวณสั้นลง

การสร้างแบบจำลองและวิธีการคำนวณได้รับการพัฒนาอย่างมีลำดับขั้นตอน การหาค่าความเชื่อถือได้เพื่ออธิบายพฤติกรรมและลักษณะของระบบ สามารถแบ่งได้เป็น 3 ระดับ (Hierarchical level)[1] การหาค่าความเชื่อถือได้ในระบบการผลิตกำลังไฟฟ้า (HL1)ได้รับการพัฒนาและนำมาใช้ในทางปฏิบัติมากที่สุด เนื่องจากแนวความคิดการสร้างแบบจำลองและเทคนิคใช้ในการคำนวณมีความยุ่งยากน้อยกว่า อย่างไรก็ตามค่าดัชนีความเชื่อถือได้ในแต่ละระดับได้แสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมการทำงาน ความเสี่ยงของระบบที่แตกต่างกัน และมีความหมายเฉพาะด้วยเหตุนี้การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อถือได้ในระบบการผลิตและระบบสายส่งขนาดใหญ่ (HL2) และรวมผลของระบบจำหน่ายย่อย (HL3) กำลังได้รับความสนใจทำการศึกษาอยู่ในปัจจุบัน สำหรับการวิเคราะห์ในระดับ HL3 ถึงแม้จะต้องพึ่งผลการคำนวณจากระดับ HL2 แต่ในด้านวิธีการคำนวณและการสร้างแบบจำลองไฟฟ้าสามารถแยกการคำนวณออกจากกันได้เป็นอิสระ

การวิเคราะห์ค่าดัชนีความเชื่อถือได้เชิงปริมาณ โดยวิธีความน่าจะเป็นในระดับ HL2 จะพิจารณาผลของระบบการผลิต ระบบสายส่งขนาดใหญ่ และหม้อแปลงไฟฟ้า(Composite generation and transmission systems)เข้าด้วยกัน เป็นระดับที่กำลังได้รับความสนใจมากในขณะนี้ ค่าดัชนีที่ได้จะช่วยบ่งชี้ให้เห็นพฤติกรรมของระบบ หรือโหลดบัสอันเนื่องมาจากเกิดเหตุขัดข้องของอุปกรณ์ในระบบ หรือการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ แสดงให้เห็นจุดใดหรือบริเวณพื้นที่ใดบ้างเป็นจุดอ่อนของระบบที่มีความเสี่ยงการเกิดเหตุการณ์ขัดข้องสูง หรือเมื่อติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมในระบบแล้ว จะส่งผลให้ค่าความเชื่อถือได้ของระบบดีขึ้นมากน้อยเพียงไร เหมาะสมกับการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์หรือไม่

เนื่องจากการหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้สำหรับระบบการผลิตและสายส่งขนาดใหญ่(HL2) โดยวิธีอนาไลติค(Analytical method) แบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน [2,3,4] มีจุดด้อยในประสิทธิภาพของขั้นตอนการคำนวณ เวลาส่วนใหญ่ของภาคการคำนวณใช้ไปในการหาคำตอบโหลดโฟลว์

ของทั้งระบบในแต่ละสถานะการเกิดเหตุการณ์ขัดข้อง (Contingencies) ซึ่งอาจใช้วิธีการหาแบบ A.C.load flow, D.C.load flow หรือเนทเวอร์คโฟลว์แบบใดแบบหนึ่งก็ได้ โดยจำนวนสถานะการเกิดเหตุการณ์ขัดข้องดังกล่าวขึ้นอยู่กับ จำนวนองค์ประกอบย่อยของระบบ คือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า สายส่งและหม้อแปลงไฟฟ้า การสร้างแบบจำลองสำหรับองค์ประกอบย่อยแต่ละหน่วย และเงื่อนไขกรณีการเกิดอุปกรณ์ขัดข้องมากกว่า 1หน่วยขึ้นไป สมมุติฐานที่ใช้ในการคำนวณปัจจุบัน จะสร้างแบบจำลององค์ประกอบย่อยเป็นแบบจำลอง 2 สถานะ (Two-state model)คือ สถานะดี-สถานะเสีย และการเกิดขัดข้องในองค์ประกอบย่อยแต่ละหน่วยเป็นอิสระต่อกัน(Independent outage) ถ้าองค์ประกอบย่อยของระบบมีจำนวน n หน่วย จำนวนสถานะที่ควรจะถูกพิจารณาเท่ากับ 2^n สถานะ ดังนั้นในระบบขนาดใหญ่ที่มีองค์ประกอบย่อยรวมของระบบมาก มีความจำเป็นต้องลดจำนวนสถานะที่ใช้ในการคำนวณลง โดยการกำหนดระดับการเกิดเหตุการณ์ขัดข้อง (Contingency level) และการกำหนด cut-off criteria สำหรับสถานะของระบบที่มีโอกาสเกิดต่ำกว่าค่าที่กำหนด อย่างไรก็ตามการกำหนดเงื่อนไขดังกล่าวทำให้ผลรวมของความน่าจะเป็นรวมทุกสถานะที่ได้รับการพิจารณาผิดพลาดไปจากค่าความเป็นจริงมาก [5,6,7] โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อระบบมีจำนวนองค์ประกอบย่อยมากขึ้น เช่น ในการศึกษาระบบทดสอบ IEEE-RTS มีองค์ประกอบย่อยของระบบรวม 70 หน่วย เมื่อกำหนดระดับการเกิดเหตุการณ์ขัดข้องเท่ากับ 4 ซึ่งหมายถึงจะพิจารณาเฉพาะสถานะที่องค์ประกอบย่อยเกิดขัดข้องรวมไม่เกิน 4 หน่วย ค่าความน่าจะเป็นรวมของทุกสถานะที่ได้รับการพิจารณาเท่ากับ 0.9894 [13] ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีนำระบบทดสอบ IEEE-RTS จำนวน 2 ระบบ มาเชื่อมต่อด้วยสายเชื่อมโยง 1ชุด มีจำนวนองค์ประกอบย่อยรวม 141 หน่วย กำหนดระดับการเกิดเหตุการณ์ขัดข้องเท่ากับ 4 ความน่าจะเป็นรวมของทุกสถานะที่ได้รับการพิจารณาเท่ากับ 0.825296 จะเห็นได้ว่าค่าความน่าจะเป็นของจำนวนสถานะที่มีระดับการเกิดเหตุการณ์ขัดข้องสูงกว่า 4 และไม่ได้รับการพิจารณาเท่ากับ 0.174704 [5] สถานะการเกิดเหตุการณ์ขัดข้องในระดับสูงดังกล่าวอาจส่งผลกระทบที่รุนแรง (Severity) ต่อระบบ และมีผลให้ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ผิดพลาดไปมาก ถึงแม้ว่าการเพิ่มระดับการเกิดเหตุการณ์ขัดข้องให้สูงขึ้น เพื่อลดความน่าจะเป็นของสถานะที่ไม่ได้รับการพิจารณา แต่จะส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการคำนวณเพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น การหาค่าดัชนีความเชื่อได้สำหรับระบบการผลิตและสายส่งขนาดใหญ่ (HL2) โดยใช้วิธีการเดิม ซึ่งต้องคำนวณหาโหลดโฟลว์ของระบบทุกครั้งในแต่ละสถานะการเกิดเหตุการณ์ขัดข้อง (อธิบายรายละเอียดในบทที่ 3) ไม่มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการคำนวณกับระบบขนาดใหญ่ ประกอบด้วยเหตุผลอีกประการหนึ่ง ในกรณีที่ต้องการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ การติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม หรือการหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ในพื้นที่ขนาดเล็กเป็นระบบไฟฟ้าส่วนย่อย (Sub-system) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบไฟฟ้าขนาดใหญ่ (Large power system) ในการคำนวณสามารถสร้างแบบจำลองสถานะแทนส่วนของระบบที่อยู่นอกระบบไฟฟ้าส่วนย่อย เพื่อลดความซ้ำซ้อนในขั้นตอนการคำนวณซ้ำจะส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการคำนวณลดลง และความน่าจะเป็นรวมของสถานะที่ได้รับการพิจารณาในระบบไฟฟ้าส่วนย่อยมีค่าสูงขึ้น ซึ่งจะทำให้การหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้มีความถูกต้องมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการคำนวณโดยวิธีการเดิมภายใต้เงื่อนไขที่เหมือนกัน

แนวความคิดการสร้างแบบจำลองสถานะแทนส่วนของระบบไฟฟ้าที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์หรือต้องการศึกษาในรายละเอียด ได้มีการศึกษามาบ้างแล้ว [5,6,7] โดยเรียกวิธีการนี้ว่า "วิธีแอดดิเควชีอิควิวาเล็นตส์" แต่อย่างไรก็ตามแนวความคิดดังกล่าวได้มีการนำเสนอมาก่อนหน้านี้แล้ว เช่น การศึกษาหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ในระบบเชื่อมโยงเฉพาะระบบการผลิต HL1 (Interconnected systems) ดังแสดงในเอกสารอ้างอิง [2] หรือการหาสถานะจำลองความสามารถในการส่งกำลังไฟฟ้าผ่านสายส่งขนาดใหญ่ที่กำหนด(Probabilistic Transfer Capacity) [8] เป็นต้น การคำนวณหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้โดยวิธีแอดดิเควชีอิควิวาเล็นตส์ที่ผ่านมาเป็นการศึกษาโดยตั้งอยู่บนสมมุติฐานในการปฏิบัติการระบบ (Operation) เป็นแบบระบบเชื่อมโยง วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มุ่งนำเสนอแนวความคิดโดยใช้วิธีการดังกล่าว คำนวณหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าส่วนย่อยในระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่ โดยการปฏิบัติการระบบถือว่าเป็นแบบระบบเดี่ยว (Single power system) สมมุติฐานและขั้นตอนการคำนวณจะนำเสนอในรายละเอียดต่อไป

วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

เพื่อหาค่าความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าส่วนย่อยในระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่ โดยวิธีแอดดิเควชีอิควิวาเล็นตส์ และวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการคำนวณกับวิธีการเดิมซึ่งต้องคำนวณหาโหลดโฟลว์ของทั้งระบบทุกครั้ง ในแต่ละสถานะการเกิดเหตุการณ์ขัดข้อง โดยสร้างซอฟท์แวร์โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับใช้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1. ศึกษาการคำนวณหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ในระดับระบบการผลิต และระบบสายส่งขนาดใหญ่ (Composite generation and transmission system) โดยวิธีความน่าจะเป็นแบบอนาไลติค (Analytical enumeration method)

2. ศึกษาการคำนวณหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้เฉพาะค่าดัชนีความเพียงพอ(Adequacy indices) ทั้ง ณ จุดโหลด (Load point indices) และของระบบรวม (Overall system indices)

3. แบบจำลองของอุปกรณ์ในระบบทั้งหมดเป็นแบบจำลอง 2 สถานะ (Two-state model) การเกิดเหตุการณ์ขัดข้องในอุปกรณ์แต่ละหน่วยเป็นอิสระต่อกัน และแบบจำลองโหลดจะแทนด้วยค่าโหลดสูงสุด ณ จุดบัสต่างๆ เพียงค่าเดียว ในช่วงเวลา 1 ปี ค่าดัชนีความเชื่อถือได้เป็น"ค่าดัชนีประจำปี" (Annualized indices)

4. เทคนิคการหากำลังไฟฟ้าที่ได้รับแต่ละโหลดบัสจะพิจารณาเฉพาะค่ากำลังไฟฟ้าจริงโดยอาศัยวิธีเนทเวอร์คโฟลว์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากวิทยานิพนธ์

1.โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับใช้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าส่วนย่อยในระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่

2. แนวความคิดและวิธีการคำนวณ เหมาะสำหรับนำไปประยุกต์ใช้วิเคราะห์ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าส่วนย่อย โดยไม่จำเป็นต้องพึ่งผลการคำนวณทั้งระบบขนาดใหญ่ที่จะทำให้เสียเวลามาก ดังนั้นวิธีการดังกล่าวน่าจะเป็นประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้หาค่า Reliability indices ต่าง ๆ ในระบบที่ครอบคลุมพื้นที่ขนาดเล็ก