บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันนี้ การใช้ไฟฟ้ามีความสำคัญมากต่อการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ การขาดพลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานไฟฟ้าไม่พอใช้จะส่งผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตประจำวัน ทั้งยังส่งผลถึงการค้าในระบบธุรกิจ รวมทั้งระบบการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆอีกด้วย ดังนั้นพลังงานไฟฟ้าจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีให้เพียงพอ กับความต้องการของมนุษย์ที่เพิ่มปริมาณความต้องการมากขึ้นเรื่อยๆ

การส่งพลังงานไฟฟ้าตามความต้องการต่างๆ นอกจากจะต้องมีปริมาณที่เพียงพอยังต้องมีความมั่นคง ความต่อเนื่อง ความเชื่อถือได้ คุณภาพที่ดี และต้องมีเสถียรภาพที่ดีอีกด้วย ในปัจจุบันนี้ระบบไฟฟ้ากำลังนอกจากจะมีขนาดใหญ่มาก ยังมีความซับซ้อนมากขึ้นด้วย และเพื่อให้การดำเนินงานของระบบไฟฟ้ากำลังเป็นไปตามที่ต้องการดังกล่าวมาแล้ว จำเป็นต้องศึกษาและจำลองระบบไฟฟ้ากำลังในสภาวะต่างๆ ทำให้ทราบถึงพฤติกรรมของระบบเมื่อเกิดเหตุการณ์ต่างๆขึ้น ซึ่งจะช่วยให้เราสามารถทำการวางแผนสำหรับกรณีต่างๆ ไว้ล่วงหน้า เนื่องจากระบบไฟฟ้ากำลังมีขนาดใหญ่และซับซ้อนมากแนวทางการศึกษาจึงมีหลายแนวทางด้วยกัน ซึ่งในแต่ละแนวทางจะมุ่งเน้นศึกษาระบบไฟฟ้าในด้านต่างๆกัน โดยสามารถจำแนกได้ดังนี้ การศึกษาถึงความเชื่อถือได้ของระบบ (Reliability) , การศึกษาถึงความมั่นคงของระบบ (Security) , การจ่ายโหลดอย่างประหยัด (Economic Load Dispatch) , การศึกษาเสถียรภาพของระบบ (Stability) , และการศึกษาด้านไฟฟ้าแรงสูง (High Voltage) เป็นต้น

การศึกษาเสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลังนั้น ผลจากการศึกษาสามารถนำไปใช้วางแผนและตัดสินใจในการทำงานของระบบไฟฟ้าจริงๆได้ จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้มุ่งเน้นที่จะศึกษาวิจัยถึงเสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้า (Voltage Stability) เมื่อระบบเกิดการรบกวน (Disturbance) เกิดขึ้น ซึ่งจะศึกษาถึงผลของแบบจำลองโหลดในลักษณะต่างๆ ที่มีผลต่อเสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้าทั้งในสภาวะพลวัตและในสภาวะอยู่ตัว โดยจะสามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ต่อการพิจารณาวางแผน ออกแบบ และปฏิบัติงานเกี่ยวกับระบบไฟฟ้ากำลังต่อไป

1.1 แนวคิด และทฤษฎี

ความไม่มีเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าเกิดขึ้นได้หลายสาเหตุด้วยกัน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและการทำงานของระบบนั้นๆ เนื่องจากในระบบไฟฟ้าจะใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซิงโครนัส (Synchronous Generator) ดังนั้นปัญหาเสถียรภาพจึงอยู่ที่ การทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถรักษาสภาวะซิงโครนิสซึ่มเอาไว้ให้ได้แม้จะเกิดการรบกวนขึ้น แต่ในบางครั้งความไม่มีเสถียรภาพของระบบอาจจะไม่ได้เกิดมาจากการสูญเสียสภาวะซิงโครนิสซึ่ม (Loss of Synchronism) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าก็ได้ ซึ่งอาจจะเกิดจากผลของโหลด ที่จะเกิดการพังทลายของแรงดัน (Voltage Collapse) ทางด้านของโหลดเองโดยไม่เกี่ยวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเลย กรณีนี้อาจเกิดได้ในระบบที่มีขนาดใหญ่และจ่ายโหลดในบริเวณกว้าง เป็นต้น

การศึกษาเสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลัง มักจะมีการศึกษาระบบใน 2 ด้านด้วยกันคือ ทางด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และทางด้านโหลดของระบบ ซึ่งแต่ละด้านก็จะสนใจระบบในส่วนที่ต่างกันออกไป ดังนี้

1. เสถียรภาพการแกว่งของโรเตอร์ (Rotor Angle Stability) ในบางครั้งอาจเรียกได้ว่า เป็นเสถียรภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator Stability) ได้ เนื่องจากเป็นการศึกษาเสถียรภาพทางด้านของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยตรง เมื่อมีการรบกวนเกิดขึ้น

2. เสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้า (Voltage Stability) เป็นการศึกษาทางด้านโหลดของระบบไฟฟ้า จึงสามารถเรียกได้ว่าเป็นเสถียรภาพของโหลด (Load Stability) ได้

ในการศึกษาเสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้าสามารถแบ่งการศึกษาถึงเสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้าออกเป็น 2 ส่วน ตามช่วงเวลาได้ดังนี้ คือ

1) ในสภาวะพลวัต (Transient Voltage Stability) เป็นการศึกษาระบบในช่วงสภาวะทรานเซียนซ์หลังถูกรบกวน โดยจะศึกษาในเวลาประมาณ 10 วินาทีแรก วิธีการศึกษาจึงต้องใช้วิธีการวิเคราะห์ในสภาวะพลวัต (Dynamic Analysis) มาทำการวิเคราะห์

2) ในสภาวะอยู่ตัว (Longer-Term Voltage Stability) จะศึกษาระบบในสภาวะอยู่ตัวหลังจากระบบถูกรบกวน ช่วงเวลาที่ศึกษาจึงนานกว่า 10 นาทีขึ้นไป วิธีการศึกษานี้จะใช้วิธีการวิเคราะห์ในสภาวะอยู่ตัว (Static Analysis) [2,6,7,8] ซึ่งมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน

สำหรับในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ทำการวิเคราะห์เสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้าในสภาวะพลวัต(Dynamic Voltage Stability) ที่มีช่วงเวลาศึกษาประมาณ 10 วินาทีหลังจากเกิดการรบกวน โดยวิธีการวิเคราะห์เทียบกับเวลา ซึ่งจะแสดงระดับแรงดันไฟฟ้าเทียบกับเวลา โดยจะใช้แบบจำลองโหลด (Load Models) แบบต่างๆ ทั้งในแบบอยู่ตัวและแบบพลวัต (Static and Dynamic Load Models) ในการศึกษา แล้วเปรียบเทียบถึงผลที่มีต่อแรงดันไฟฟ้า เมื่อมีการเปลี่ยนแบบจำลองโหลดที่ใช้จากแบบหนึ่งเป็นอีกแบบหนึ่ง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจในระบบไฟฟ้าเมื่อเกิดเหตุการณ์ต่างๆ ขึ้นต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและวิจัยวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ากำลัง
2. เพื่อศึกษาถึงเสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ากำลัง ภายใต้การจ่ายโหลดในรูปแบบและขนาดต่างๆ
3. เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้า
4. เพื่อศึกษาถึงผลกระทบของแบบจำลองโหลดที่มีต่อเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้า

1.3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาจากทฤษฎีของเสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลัง โดยเฉพาะการศึกษาถึงความมีเสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ากำลัง
2. ศึกษาลักษณะของแบบจำลองโหลดแต่ละชนิดในระบบไฟฟ้ากำลัง
3. พัฒนาแบบจำลองโหลดขึ้นมาทั้งในสภาวะอยู่ตัวและสภาวะพลวัต
4. ทำการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพ
5. วิเคราะห์และศึกษาแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น
6. วิเคราะห์ผลและสรุปผลที่ได้จากการวิจัย
7. เรียบเรียง จัดพิมพ์วิทยานิพนธ์ และตรวจสอบแก้ไข

1.4 ขอบเขตในการทำวิทยานิพนธ์

1. ศึกษาวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้า
2. พัฒนาแบบจำลองโหลดขึ้นมาใช้ในการศึกษา
3. พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้า
4. ศึกษาจากระบบไฟฟ้าจำลอง เพื่อเปรียบเทียบถึงผลของแบบจำลองโหลด

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้จากการทำวิทยานิพนธ์

1. ทราบถึงผลกระทบของแบบจำลองโหลดที่มีต่อเสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้า
2. พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับวิเคราะห์เสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้าภายใต้ การจ่ายโหลดในรูปแบบและขนาดต่างๆ
3. ใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้าเมื่อต้องการใช้แบบจำลองโหลดแบบต่างๆ ในการศึกษา

1.6 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์

เนื้อหาของวิทยานิพนธ์ในแต่ละบทเป็นดังนี้

บทที่ 2 กล่าวถึง เสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลัง ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ เสถียรภาพการแกว่งของโรเตอร์ และเสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้า กล่าวถึงคำจำกัดความของเสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้าของ IEEE , CIGRE และวิธีการศึกษาเสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้าทั้งในสภาวะอยู่ตัวและในสภาวะพลวัต

บทที่ 3 กล่าวถึง การหาเสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้า โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบกับเวลา (Time Domain Simulation) ซึ่งอธิบายวิธีและขั้นตอนต่างๆ ที่ใช้ในการศึกษา เช่น การสร้างบัสแอดมิตแตนซ์เมตริกซ์โดยวิธีอิลิเมนต์สแตมป์ การคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า (Load Flow) โดยวิธีนิวตัน-ราฟสัน การหาผลตอบเชิงเลข (Numerical Solution) โดยวิธีของออย์เลอร์ที่มีการปรับค่าความชัน (Modified Euler)

บทที่ 4 กล่าวถึง ความหมายของแบบจำลองโหลด วิธีการหาแบบจำลองโหลด ทั้งแบบวิธีการวัดโดยตรง (Measurement Base Data) และวิธีการนับประเภทอุปกรณ์ (Component Base Data) กล่าวถึงแบบจำลองโหลดประเภทต่างๆ และตัวอย่างของอุปกรณ์ที่แทนด้วยแบบจำลองโหลดในสภาวะอยู่ตัวและอุปกรณ์ที่มีลักษณะของแบบจำลองโหลดเป็นแบบพลวัต

บทที่ 5 กล่าวถึงผลการคำนวณของระบบทดสอบต่างๆ โดยแต่ละเหตุการณ์จะใช้แบบจำลองโหลดต่างๆ กันเพื่อแสดงถึงผลของแรงดันไฟฟ้าและความถี่ที่มีต่อลักษณะคุณสมบัติของแบบจำลองโหลด

บทที่ 6 บทสรุป