บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ระบบไฟฟ้ากำลังโดยทั่วไปนั้นมีขนาดใหญ่ ในขณะที่การรบกวนและการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ในระบบมักจะเกิดขึ้นกับพื้นที่เล็ก ๆ เพียงบางส่วนในระบบเท่านั้น นอกจากนั้นในบางโอกาส เราอาจต้องการศึกษาเฉพาะบางพื้นที่ในระบบ ส่วนความเร็วในการคำนวณของโปรแกรมเกี่ยวกับระบบไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับขนาดของระบบเป็นสำคัญ เช่น โปรแกรมเกี่ยวกับการวิเคราะห์โหลดโฟลว์ การวิเคราะห์เหตุขัดข้องแบบออนไลน์ (on-line contingency analysis) และการควบคุมความมั่นคงแบบออนไลน์ (on-line security control) เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วการวิเคราะห์ระบบขนาดใหญ่หลังจากเกิดเหตุการณ์รบกวน การปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ หรือการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ในระบบ จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ใหม่ทั้งระบบซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองเวลาในการคำนวณอย่างมาก ทั้ง ๆ ที่ผลกระทบที่เกิดขึ้นมักจำกัดอยู่เพียงส่วนหนึ่งของระบบเท่านั้น นอกจากนั้นในกรณีที่เราต้องการศึกษาผลเฉพาะบางพื้นที่ในระบบเท่านั้น หากอาศัยวิธีการดั้งเดิมก็จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ผลทั้งระบบ ทำให้สิ้นเปลืองเวลาในการคำนวณเช่นกัน ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้เกิดความคิดในการแบ่งแยก (partitioning) ระบบไฟฟ้ากำลังออกเป็นส่วน ๆ เพื่อวิเคราะห์เฉพาะส่วนที่เราต้องการศึกษา หรือส่วนที่เกิดการรบกวนรวมทั้งบริเวณใกล้เคียงซึ่งได้รับผลกระทบและมีส่วนเกี่ยวข้องกับการควบคุมแก้ไขเท่านั้น ส่วนของระบบที่ต้องการจะถูกคงรูปเดิมไว้ สำหรับส่วนที่เหลือของระบบสามารถแทนได้ด้วยสมมูลภายนอก (external equivalent) ที่เหมาะสม ซึ่งจะทำให้ได้ระบบสมมูลใหม่ที่มีขนาดเล็กลง ทำให้การวิเคราะห์เร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

การแบ่งแยกโครงข่ายระบบไฟฟ้ากำลังมีพื้นฐานมาจากการแบ่งแยกกราฟ ซึ่งกราฟประกอบไปด้วยเซตของจุดยอด (vertex) และเซตของเส้นเชื่อม (edge) ซึ่งเชื่อมจุดยอด การแบ่งแยกกราฟเป็นการแบ่งจุดยอดในกราฟที่มีการให้น้ำหนักกับเส้นเชื่อมออกเป็นหลาย ๆ เซตย่อยที่ไม่มีส่วนร่วมกัน เพื่อให้การเชื่อมโยงระหว่างเซตย่อยที่ต่างกันมีค่าน้อยที่สุด หรือเพื่อให้ฟังก์ชันเป้าหมายบางอย่างที่มีน้ำหนักของเส้นเชื่อมของกราฟเป็นตัวกำหนดมีค่าน้อยที่สุดหรือมากที่สุด นอกจากนี้ยังอาจมีเงื่อนไขเกี่ยวกับจำนวนเซตย่อย หรือขนาดของแต่ละเซตย่อยด้วย ระบบไฟฟ้ากำลังสามารถแทนได้ด้วยกราฟ โดยแทนบัสในระบบด้วยจุดยอดของกราฟ และแทนสายส่งกับหม้อแปลงซึ่งจะเรียกรวมกันว่ากิ่งด้วยเส้นเชื่อมของกราฟ

ในปัจจุบันมีงานศึกษาและบทความจำนวนมากซึ่งกล่าวถึงการแบ่งแยกกราฟ รวมทั้งที่นำไปใช้กับการแบ่งแยกโครงข่ายระบบไฟฟ้ากำลังด้วย Müller และ Quintana [1 และ 2] ใช้การแบ่งแยกโครงข่ายระบบไฟฟ้ากำลังที่มี n บัส โดยแทนบัสเหล่านั้นด้วยจุดที่มีเวกเตอร์แสดงตำแหน่งเป็นเวกเตอร์ในปริภูมิย่อย (subspace) q มิติตามความใกล้ทางไฟฟ้า ซึ่งจะต้องอาศัยการคำนวณค่าเฉพาะ (eigenvalue) จำนวน q ตัวของเมทริกซ์แสดงความใกล้ทางไฟฟ้าของบัสในโครงข่าย และเวกเตอร์เฉพาะ (eigenvector) หนึ่งหน่วยที่

สอดคล้องกัน แล้วจึงจัดกลุ่ม (cluster) ของจุดตามความใกล้ของจุดให้มีจำนวนกลุ่มตามต้องการ ซึ่งเป็นหลักการเดียวกับที่จะใช้วิทยานิพนธ์นี้ Chan, Schlag และ Zien [3] ใช้การแบ่งแยกกราฟโดยแทนจุดยอดของกราฟด้วยจุดโดยใช้เวกเตอร์เฉพาะเช่นเดียวกัน และใช้เทคนิคในการเลือกจำนวนเวกเตอร์เฉพาะเท่ากับจำนวนกลุ่มที่ต้องการ ทำให้สามารถจัดกลุ่มของจุดได้โดยใช้มุมระหว่างเวกเตอร์แสดงตำแหน่งของจุดเท่านั้น นอกจากนี้ยังมีงานศึกษาที่ทำการแบ่งแยกกราฟให้มีจำนวนกลุ่มและขนาดของกลุ่มตามต้องการโดยใช้การแบ่งเป็น 2 กลุ่มหลาย ๆ ครั้งและนำไปใช้กับการแบ่งแยกโครงข่ายระบบไฟฟ้ากำลัง เช่น Habiballah และ Quintana [4] นำการแบ่งแยกดังกล่าวไปใช้กับระบบไฟฟ้ากำลัง ส่วน Fouda et al. [5] นำไปใช้กับระบบจำหน่าย เป็นต้น ในการแบ่งเป็น 2 กลุ่ม จะต้องใช้เวกเตอร์เฉพาะของเมทริกซ์แสดงความใกล้ทางไฟฟ้าของบัสด้วย นอกจากนั้นยังมีงานศึกษาการแบ่งแยกที่ไม่ใช้เวกเตอร์เฉพาะ เช่น de Souza และ Quintana [6], de Souza, Cañizares และ Quintana [7] และ Nuhanovic, Glavic และ Prljaca [8] นำเสนอการแบ่งแยกโครงข่ายระบบไฟฟ้ากำลังโดยไม่ใช้เวกเตอร์เฉพาะเพื่อใช้ในการศึกษาเสถียรภาพแรงดัน (voltage stability)

ในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้เทคนิคการแบ่งแยกโครงข่ายระบบไฟฟ้ากำลังโดยอาศัยการแทนบัสด้วยจุดที่มีระยะห่างระหว่างกันตามความใกล้ทางไฟฟ้าระหว่างบัสในระบบ บัสที่มีความใกล้ทางไฟฟ้าต่อกันมากจะถูกแทนด้วยจุดที่อยู่ใกล้กัน และถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ผลการแบ่งแยกบัสโดยใช้ความใกล้ทางไฟฟ้าที่ได้จะมีประโยชน์ในการกำหนดพื้นที่ที่มีความสำคัญเกี่ยวข้องกับปัญหา

ภายหลังการแบ่งแยกโครงข่ายระบบไฟฟ้ากำลัง ส่วนของโครงข่ายซึ่งเราต้องการศึกษา หรือส่วนที่เกิดการรบกวนรวมทั้งบริเวณใกล้เคียงซึ่งได้รับผลกระทบและมีส่วนเกี่ยวข้องกับการควบคุมแก้ไขจะถูกคงรูปเดิมไว้ สำหรับโครงข่ายส่วนที่เหลือจะแทนได้ด้วยสมมูลภายนอก Deckmann et al. [9 และ 10] ได้กล่าวถึงสมมูลภายนอกหลายแบบที่ใช้ในการวิเคราะห์โหลดโฟลว์ รวมทั้งทดสอบสมมูลภายนอกเหล่านั้นด้วย ในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้สมมูลภายนอก 2 แบบ ได้แก่ สมมูลแบบ Extended Ward (Extended Ward equivalent) [9, 10 และ 11] และสมมูลแบบ REI (REI equivalent) [9, 10, 12, และ 13] ซึ่งทำให้สามารถใช้โปรแกรมวิเคราะห์โหลดโฟลว์ทั่วไปในการทดสอบได้

นอกจากนี้ในวิทยานิพนธ์จะได้นำผลของการแบ่งแยกที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์โหลดโฟลว์กับระบบทดสอบ IEEE 30 บัส และ 118 บัส โดยกลุ่มของบัสที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่สนใจจะถูกรักษารูปแบบเดิมไว้ ส่วนกลุ่มของบัสที่เหลือจะถูกแทนด้วยสมมูลภายนอกและได้ระบบสมมูลที่มีขนาดเล็กลง จากนั้นจะเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โหลดโฟลว์ของระบบสมมูลกับระบบเต็ม

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาและพัฒนาวิธีการแบ่งแยกโครงข่ายระบบไฟฟ้ากำลัง โดยอาศัยเมทริกซ์ที่แสดงความใกล้ทางไฟฟ้าของบัสในโครงข่าย

2. เพื่อนำวิธีการแบ่งแยกโครงข่ายไปใช้เร่งความเร็วในการวิเคราะห์โหลดโฟลว์ภายหลังการรบกวนขนาดเล็กในระบบไฟฟ้ากำลัง

1.3 ขอบเขตในการทำวิทยานิพนธ์

เนื่องจากการย้ายการควบคุมอุปกรณ์ของหน่วยงานหนึ่งไปสู่หน่วยงานภายนอกเป็นเรื่องยาก ดังนั้นข้อกำหนดเบื้องต้นในการวิเคราะห์ คือ โครงข่ายที่จะทำการแบ่งแยกนั้นเป็นของหน่วยงานเดียว และในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้การวิเคราะห์โหลดโฟลว์ด้วยวิธีนิวตัน-ราฟสัน (Newton-Raphson method) ในการทดสอบความถูกต้องของระบบสมมูลที่ได้จากการแบ่งแยกและสร้างสมมูลภายนอก

1.4 ขั้นตอนการศึกษาและวิธีดำเนินงาน

1. ศึกษาวิธีการแบ่งแยกโครงข่ายระบบไฟฟ้ากำลัง
2. ทดลองเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการแบ่งแยกโครงข่ายระบบไฟฟ้ากำลัง
3. ศึกษาการสร้างสมมูลภายนอกสำหรับใช้ในการวิเคราะห์โหลดโฟลว์
4. ทดลองเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการสร้างสมมูลภายนอกสำหรับใช้ในการวิเคราะห์โหลดโฟลว์
5. รวมส่วนของโปรแกรมที่ใช้ในการแบ่งแยกโครงข่ายระบบไฟฟ้ากำลัง กับส่วนของโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างสมมูลภายนอกสำหรับใช้ในการวิเคราะห์โหลดโฟลว์
6. ทดสอบการใช้โปรแกรมกับระบบมาตรฐานของ IEEE
7. วิเคราะห์ สรุปผล และเขียนรายงานวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากวิทยานิพนธ์

1. ใช้ผลจากการแบ่งแยกเพื่อกำหนดกลุ่มของบัสที่สำคัญในการแก้ไขเหตุการณ์ฉุกเฉินที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้ากำลัง

2. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการแบ่งแยกโครงข่ายระบบไฟฟ้ากำลัง และสร้างสมมูลภายนอกสำหรับใช้ในการวิเคราะห์โหลดโฟลว์ เพื่อช่วยลดเวลาในการวิเคราะห์โหลดโฟลว์ภายหลังการรบกวนขนาดเล็กในระบบไฟฟ้ากำลัง