บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันระบบไฟฟ้ากำลังได้มีการพัฒนาขึ้นมาก มีความซับซ้อนและมีการเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าของเพื่อนบ้านมากขึ้น ด้วยเหตุผลเพื่อที่จะลดค่าใช้จ่ายในการสร้างโรงไฟฟ้า และเพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบ การเปิดโอกาสให้เอกชนได้ลงทุนในการผลิตไฟฟ้าได้มีขึ้นในหลายประเทศ ทั้งที่พัฒนาแล้ว และกำลังพัฒนา โครงสร้างของระบบไฟฟ้าได้เปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก ในบางแห่ง บริษัท หรือหน่วยงานที่ผลิตไฟฟ้า (Generation), ส่งจ่ายระบบรวม (Transmission) และส่งจ่ายระบบย่อย (Distribution) ได้แยกออกจากกันอย่างชัดเจนเป็น หรือในต่างประเทศเรียกว่า Unbundled System ในบางแห่งบริษัทหรือหน่วยงานด้านไฟฟ้าอาจมีทั้งการผลิต และขายให้กับลูกค้าของตนเอง และส่วนที่เหลือจะขายให้กับระบบหรือบริษัทข้างเคียง ในทำนองเดียวกันบริษัทนั้นอาจต้องการซื้อไฟฟ้าจากระบบในบางช่วงเวลา เมื่อราคาไฟฟ้าในระบบถูกกว่าที่จะผลิตเอง โดยการซื้อหรือขายไฟฟ้าจะต้องมีการเสนอราคาผ่านบริษัทตัวกลาง(Energy Broker) ระบบนี้บางครั้งเรียกว่า ระบบไฟฟ้าเสรี (Deregulated Power System)

นอกจากนี้ระบบไฟฟ้ากำลังและระบบจำหน่ายยังได้มีการพัฒนาไปในทิศทางที่จะเป็นลักษณะของโครงข่ายอัจฉริยะ (Smart Grid) ซึ่งจะเป็นระบบที่บริหารจัดการรวมตั้งแต่การผลิตจนถึงภาระการใช้งาน โดยระบบจะสามารถปรับสภาวะทำงานให้อยู่ในจุดที่เหมาะสมที่สุดโดยบริหารจัดการแบบองค์รวมตั้งแต่ระบบผลิต ระบบจำหน่าย และการใช้งาน โดยยังมีการพิจารณาถึงหน่วยผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กที่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย เช่น การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม และภาระการใช้ไฟฟ้าในรูปแบบอื่น เช่น การอัดประจุของรถไฟฟ้า ซึ่งรูปแบบของภาระไฟฟ้าจะมีแนวโน้มที่เปลี่ยนไปจากเดิมอย่างมาก

เมื่อโครงสร้างของระบบเปลี่ยนไป การวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลังแบบเดิมซึ่งสมมติว่ากำลังงานไฟฟ้าที่จ่ายโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แต่ละเครื่องในระบบมีค่าคงที่ (Specified Generation Power) และกำลังงานที่ต้องการเพิ่มเติม (power mismatch) จะถูกจ่ายโดยจุดร่วมอ้างอิง หรือ บัสอ้างอิง (Slack Bus or Swing Bus) เพียง 1 จุดร่วม อาจมีผลให้การวิเคราะห์ไม่ได้ผลลัพธ์ ที่สอดคล้องกับความเป็นจริงเท่าที่ควร เนื่องจากการคำนวณแบบ 1 บัสอ้างอิง จะอยู่ภายใต้การสมมติดังต่อไปนี้

- ความถี่ของระบบมีค่าคงที่
- ความต้องการกำลังงานไฟฟ้ามีค่าคงที่ หรือมีเฉพาะ Constant Power Load
- ขนาด และมุมเฟสของแรงดัน ที่บัสอ้างอิงมีค่าคงที่
- กำลังงานที่จ่ายจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (ที่ไม่ใช่บัสอ้างอิง) ในระบบ จะมีค่าคงที่และกำลังงานที่ต้องการเพิ่มเติม จะถูกจ่ายโดยบัสอ้างอิงเท่านั้น
- ในกรณีที่มีการเชื่อมต่อกับระบบของประเทศเพื่อนบ้าน กำลังงานที่ไหลระหว่างระบบ (Interchange) จะถือว่าคงที่

การที่ถือว่าความถี่ของระบบมีค่าคงที่ในการวิเคราะห์ระบบจะทำให้ไม่สามารถแสดงถึงผลกระทบของกำลังงานที่แลกเปลี่ยนระหว่างระบบ (Tie-line flow) หรือระหว่างประเทศได้ และไม่สามารถใช้ในกรณีที่ระบบถูกผลกระทบจากเหตุการณ์บางอย่าง (Disturbance) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของกำลังงานอย่างกระทันหันจะมีผลต่อความถี่ของระบบ และกระทบไปถึงความต้องการไฟฟ้าของระบบ กำลังงานไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องในระบบอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ โดยในความเป็นจริงเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีต้นทุนการผลิตต่ำ ควรจะถูกกำหนด ให้จ่ายกำลังงานไฟฟ้ามากกว่าเครื่องที่มีต้นทุนการผลิตสูง นอกจากนี้ในความเป็นจริงภาระ (Load) ของระบบไม่ได้มีเพียง กำลังงานไฟฟ้าคงที่ (Constant Power) เพียงอย่างเดียว หากแต่ยังมีภาระประเภทอื่น เช่น ภาระแบบอิมพิแดนซ์คงที่ แบบกระแสคงที่ เป็นต้น ซึ่งค่าแรงดันไฟฟ้าที่จุดที่ภาระประเภทดังกล่าวจะมีผลต่อกำลังงาน ไฟฟ้าที่จ่ายแก่ภาระนั้นอย่างมาก

ดังนั้นการพัฒนาแบบจำลองที่สามารถวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลังให้สามารถสะท้อนการตอบสนองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและภาระการใช้ไฟฟ้าจึงมีความสำคัญในการที่จะช่วยให้การวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลังของโครงข่ายอัจฉริยะได้ชัดเจนและตรงกับความเป็นจริงมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือ

1. เพื่อทดสอบแบบจำลองที่สะท้อนการตอบสนองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลัง
2. เพื่อทดสอบแบบจำลองที่สะท้อนการตอบสนองของภาระที่ไม่ใช่ภาระแบบกำลังไฟฟ้าคงที่ในการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลัง
3. เพื่อเสนอแบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลังของโครงข่ายอัจฉริยะ

1.3 คำถามการวิจัย

รูปแบบที่เหมาะสมของแบบจำลองการไหลของกำลังงานไฟฟ้าที่มีการคำนึงถึงการตอบสนองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและภาระที่ไม่ใช่ภาระแบบกำลังไฟฟ้าคงที่สำหรับโครงข่ายอัจฉริยะควรเป็นรูปแบบใด

1.4 สมมุติฐานการวิจัย

มีความเป็นไปได้ที่จะใช้แบบจำลองการไหลของกำลังงานไฟฟ้าที่มีการคำนึงถึงการตอบสนองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและภาระที่ไม่ใช่ภาระแบบกำลังไฟฟ้าคงที่ในการวิเคราะห์โครงข่ายอัจฉริยะ และจะทำให้สะท้อนความเป็นจริงมากขึ้น

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

- กลุ่มเป้าหมาย หรือประชากร

ระบบมาตรฐาน 30 บัส และ 118 บัส ของ IEEE

- เนื้อหาของการวิจัย

พัฒนาแบบจำลองสำหรับวิเคราะห์การไหลของกำลังงานไฟฟ้าที่มีการคำนึงถึงการตอบสนองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและภาระที่ไม่ใช่ภาระแบบกำลังไฟฟ้าคงที่ในการวิเคราะห์โครงข่ายอัจฉริยะ และทดสอบกับระบบมาตรฐาน 30 บัส และ 300 บัส ของ IEEE

- ระยะเวลา

1 ปี

1.6 นิยามศัพท์

การวิเคราะห์การไหลของกำลังงานไฟฟ้า (Power Flow)

การหาคำตอบตัวแปรที่แสดงสภาวะของระบบไฟฟ้ากำลังประกอบด้วย ค่าแรงดันและมุมเฟสที่สถานีย่อย และทราบถึงการไหลของกำลังไฟฟ้าในแต่ละสายส่งและหม้อแปลงไฟฟ้า ภายใต้สภาวะของระบบที่สนใจ

โครงข่ายอัจฉริยะ (Smart Grid)

ระบบไฟฟ้ากำลังที่มีการบริหารจัดการรวมตั้งแต่การผลิตจนถึงภาระการใช้งาน โดยมีการทำงานที่ปรับสภาวะทำงานให้อยู่ในจุดที่เหมาะสมที่สุดโดยบริหารจัดการแบบองค์รวมตั้งแต่ระบบผลิต ระบบจำหน่าย และการใช้งาน

การหาคำตอบการไหลของกำลังงานไฟฟ้าที่เหมาะที่สุด (Optimal Power Flow)

การหาคำตอบตัวแปรที่แสดงสภาวะของระบบไฟฟ้ากำลังประกอบด้วย ค่าแรงดันและมุมเฟสที่สถานีย่อย และทราบถึงการไหลของกำลังไฟฟ้าในแต่ละสายส่งและหม้อแปลงไฟฟ้า ภายใต้สภาวะของระบบที่สนใจ ที่เหมาะที่สุดตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ เช่น ต้นทุนในการผลิตกำลังงานไฟฟ้าต่ำที่สุด