บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันทางภาครัฐบาล ได้มีนโยบายสนับสนุนให้ภาคเอกชนเข้ามามีส่วนร่วมในโครงการผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก (SPP) โดยมีวัตถุประสงค์ สรุปได้ดังนี้ [1]

1) ส่งเสริมให้ผู้ผลิตรายเล็กเข้ามามีส่วนร่วมในการผลิตไฟฟ้า
2) ส่งเสริมให้มีการใช้ต้นพลังงานพลอยได้ในประเทศ และพลังงานนอกรูปแบบ ในการผลิตไฟฟ้า
3) ส่งเสริมให้มีการใช้ต้นพลังงานในการผลิตไฟฟ้าให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น
4) ช่วยแบ่งเบาภาระทางด้านการลงทุนของรัฐในระบบการผลิต และระบบจำหน่ายไฟฟ้า

จึงส่งผลทำให้ในปัจจุบัน มีจำนวน ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กที่ยื่นข้อเสนอเข้าร่วมโครงการมากถึง 169 ราย โดย ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กที่ได้รับการตอบรับซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าแล้วจำนวน 113 ราย [1] และมีแนวโน้มจะเพิ่มมากขึ้นในปีต่อๆไป

ในการดำเนินการโครงการผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กนี้ จะต้องมีการเชื่อมต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก (Distributed Generation: DG) เข้ากับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า ซึ่งการเชื่อมต่อ DG เข้ากับระบบจำหน่ายนี้เอง ทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบจำหน่ายดังนี้ [2-3]

1) ทำให้ค่ากระแสลัดวงจรในสายที่มีการเชื่อมต่อกับ DG เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ ต้องเพิ่มขนาดของพิกัดตัดกระแสลัดวงจรของอุปกรณ์ป้องกัน
2) ในกรณีสายป้อนที่มี DG เชื่อมต่ออยู่ มีโหลดน้อยกว่ากำลังการผลิตของ DG จะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลย้อนกลับไปยังสถานีไฟฟ้าย่อยของการไฟฟ้า ส่งผลให้เกิดความสูญเสียในสายไฟฟ้า (Loss)
3) มีผลต่อการจัดความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ป้องกันในระบบจำหน่าย ซึ่งจะต้องพิจารณาถึงทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าด้วย

จากผลกระทบข้างต้นนี้เอง ทำให้การจัดความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ป้องกันในระบบจำหน่ายมีความยุ่งยากซับซ้อนมากยิ่งขึ้น จากเดิมที่เป็นระบบเรเดียล (Radial) ธรรมดา ที่มีการไหลของกระแสทิศทางเดียว ก็จะต้องพิจารณาถึงทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าด้วย ซึ่งในปัจจุบันได้มีผู้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้เป็นเครื่องมือช่วยเหลือในการจัดความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ป้องกันในระบบจำหน่ายมากมายหลายโปรแกรม บางโปรแกรมมีรูปแบบการใช้งานที่ง่าย เพียงผู้ใช้งานวาดแผนผังระบบไฟฟ้าให้กับโปรแกรม โปรแกรมก็สามารถคำนวณค่ากระแสลัดวงจรออกมาได้ และสามารถนำค่าดังกล่าวมาแสดงให้ผู้ใช้งาน เพื่อผู้ใช้งานจะได้นำไปใช้ในการวิเคราะห์หาค่าการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันต่อไป [3-4] แต่อย่างไรก็ตามโปรแกรมดังกล่าวเป็นเพียงเครื่องมือที่ช่วยให้การคำนวณง่ายขึ้นเท่านั้น ส่วนการออกแบบค่าการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันยังต้องให้ผู้ปฏิบัติงานเป็นผู้ตัดสินใจ

แนวทางการแก้ปัญหา

ในปัจจุบัน ซึ่งเป็นยุคที่เทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ก้าวหน้าไปมาก ทำให้การพัฒนาทางด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นไปอย่างรวดเร็ว จึงทำให้ในปัจจุบันได้มีการนำระบบที่เรียกว่า “ระบบผู้เชี่ยวชาญ” (Expert system) มาประยุกต์ใช้ในงานทางด้านระบบไฟฟ้ากำลังมากขึ้น ซึ่งช่วยลดเวลาในการทำงานลงได้มาก และยังช่วยลดความผิดพลาดในการตัดสินใจให้น้อยลงอีกด้วย [5]

สำหรับในระบบไฟฟ้ากำลังนั้น ได้มีการนำระบบผู้เชี่ยวชาญมาประยุกต์ใช้ในงานมากมายหลายด้าน เช่น งานวางแผนระบบเครือข่ายสายป้อน [6] งานออกแบบระบบป้องกันสำรอง (Back-up protection) ของระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า [7] งานออกแบบค่าการทำงานของรีเลย์ระยะทาง (Distance Relay) [5] งานออกแบบระบบป้องกันสำหรับระบบที่มีพื้นที่กว้าง [8] เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการนำระบบผู้เชี่ยวชาญมาประยุกต์ใช้ในงานออกแบบระบบป้องกันในระบบจำหน่าย [9-10] อีกด้วย แต่ไม่ได้พิจารณาถึงผลของการเชื่อมต่อ DG เข้ากับระบบ

ในงานวิจัยนี้ นำเสนอ การนำระบบผู้เชี่ยวชาญมาประยุกต์ใช้ในการจัดความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ป้องกันในระบบจำหน่าย ที่มีการเชื่อมต่อของ DG เข้ากับระบบด้วย

1.2 ขอบเขตของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาการนำระบบผู้เชี่ยวชาญมาใช้ในการจัดความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ป้องกันในระบบจำหน่าย ที่มีการเชื่อมต่อของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก

1.2.2 เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่มีการรวบรวมเอาส่วนของการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า (Power Flow) และการคำนวณการลัดวงจร (Short Circuit) รวมทั้งการคำนวณหาค่าการทำงานที่เหมาะสมของอุปกรณ์ป้องกันแบบอัตโนมัติเข้าไว้ในโปรแกรมเดียวกัน

1.2.3 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการออกแบบระบบป้องกันในระบบจำหน่ายที่มีการเชื่อมต่อของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ระบบจำหน่ายที่ใช้ในการศึกษา เป็นระบบจำหน่ายแบบ เรเดียล ที่มีระดับแรงดัน 22 kV หรือ 33 kV และมีอุปกรณ์ป้องกันอันประกอบด้วย รีเลย์กระแสเกิน (Over Current Relay), รีโคลสเซอร์ (Recloser) และ ฟิวส์ (Fuse) เท่านั้น

1.3.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กที่เชื่อมต่อเข้ากับระบบจำหน่ายที่ใช้เป็นข้อมูลในการศึกษา เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กที่มีระดับแรงดัน 22 kV หรือ 33 kV เท่านั้น

1.3.3 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่พัฒนาขึ้น สามารถคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า และการคำนวณกระแสลัดวงจร ในระบบจำหน่ายตามข้อ 1.3.1 โดยจะต้องพิจารณาถึงผลของการเชื่อมต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กตามข้อ 1.3.1 เข้ากับระบบด้วย

1.3.4 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่พัฒนาขึ้น สามารถคำนวณหาค่าการทำงานที่เหมาะสมของอุปกรณ์ป้องกันแบบอัตโนมัติ และมีการใช้งานที่ง่าย โดยมีลักษณะเป็น Graphic User Interface (GUI) ซึ่งโปรแกรมดังกล่าวนี้พัฒนาโดยใช้โปรแกรม DELPHI

1.4 ความสำคัญ ประโยชน์ ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา

1.4.1 ได้เรียนรู้การนำระบบผู้เชี่ยวชาญมาประยุกต์ใช้ในงานทางด้านการจัดความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ป้องกันในระบบจำหน่าย ที่มีการเชื่อมต่อของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก

1.4.2 ได้เรียนรู้วิธีการออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่มีการรวบรวมการคำนวณหลายด้านเข้าไว้ด้วยกัน อันได้แก่ การไหลของกำลังไฟฟ้า การลัดวงจร และ

การจัดความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ป้องกันในระบบจำหน่าย ที่มีการเชื่อมต่อของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก โดยใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งจะเป็นแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในงานวิเคราะห์ทางด้านไฟฟ้ากำลังต่อไป อันจะช่วยลดค่าใช้จ่ายของประเทศชาติ จากการซื้อโปรแกรมสำเร็จรูปทางด้านไฟฟ้ากำลังจากต่างประเทศเข้ามาใช้งาน

1.4.3 ลดเวลาในการออกแบบระบบป้องกันในระบบจำหน่าย ที่มีการเชื่อมต่อของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก

1.4.4 ลดความผิดพลาดในการทำงานของอุปกรณ์ป้องกัน ทำให้ระบบป้องกันในระบบจำหน่ายมีความน่าเชื่อถือเพิ่มมากขึ้น

1.5 สถานที่ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยและรวบรวมข้อมูล

1.5.1 ห้องวิจัยปฏิบัติการไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

1.5.2 แผนกวิเคราะห์แหล่งผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก กองแผนงานระบบไฟฟ้า ฝ่ายวางแผนระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค สำนักงานใหญ่ กรุงเทพฯ

1.6 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

Kauhaniemi และ Kumpulainen [2] ทำการศึกษาผลกระทบจากการเชื่อมต่อ DG เข้ากับระบบจำหน่าย ว่ามีผลกระทบทางด้านใดบ้าง ซึ่ง ผลการศึกษาปรากฏว่าการเชื่อมต่อ DG เข้ากับระบบจำหน่าย ทำให้ค่ากระแสลัดวงจรในสายที่มีการเชื่อมต่อกับ DG เพิ่มมากขึ้น ในกรณีสายป้อนที่มี DG เชื่อมต่ออยู่ มีโหลดน้อยกว่ากำลังการผลิตของ DG จะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลย้อนกลับไปยังสถานีไฟฟ้าย่อยของการไฟฟ้า ส่งผลให้เกิดความสูญเสียในสายไฟฟ้า (Loss) นอกจากนี้ยังส่งผลต่อการทำงานของอุปกรณ์ป้องกัน ที่อาจเกิดการทำงานที่ผิดพลาดได้อีกด้วย

Britto และ คณะ [3] นำเสนอการวิเคราะห์ผลกระทบทางด้านการจัดความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ป้องกันในระบบจำหน่าย จากการที่มี DG เชื่อมต่อเข้ากับระบบ โดยใช้โปรแกรม SiGDist ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นโดยผู้วิจัยเอง ซึ่งโปรแกรมดังกล่าวสามารถ คำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า การลัดวงจร และการจัดความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ป้องกันในระบบจำหน่าย แต่ไม่ได้นำระบบผู้เชี่ยวชาญมาประยุกต์ใช้ในการคำนวณหาค่าการทำงานที่เหมาะสมของอุปกรณ์แบบอัตโนมัติ

Azbe และ Mihalic [4] นำเสนอโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการออกแบบค่าการทำงานของรีเลย์กระแสเกิน และ รีเลย์ระยะทางโดยมีจุดประสงค์หลักคือ

ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้ง่าย (user-friendly) ผ่านหน้าจอโปรแกรมที่มีลักษณะเป็นกราฟิก (Graphic user interface: GUI) มีฐานข้อมูลของอุปกรณ์ป้องกันในระบบไฟฟ้ากำลังรวมอยู่ในโปรแกรมเพื่อง่ายในการเลือกค่าการทำงาน สามารถคำนวณค่ากระแสลัดวงจรได้ แต่ไม่สามารถคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าได้

Warwick และ คณะ [5] นำเสนอแนวคิดในการนำระบบผู้เชี่ยวชาญมาใช้ในการออกแบบค่าการทำงานของรีเลย์ระยะทาง ในระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า โดยระบบผู้เชี่ยวชาญนี้สามารถออกแบบค่าการทำงานของรีเลย์ระยะทางได้แบบอัตโนมัติ และค่าการทำงานดังกล่าวยังเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดอีกด้วย ทำให้ช่วยลดเวลาและความยุ่งยากซับซ้อนในการทำงานทางด้านการจัดความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ป้องกันลงได้มาก

Lins และ Carvalho [6] นำเสนอการนำระบบผู้เชี่ยวชาญมาประยุกต์ใช้ในงานวางแผนระบบเครือข่ายสายป้อน (Networks Feeder Planning) เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการแบ่งส่วนการจ่ายโหลดของระบบจำหน่ายของแต่ละการไฟฟ้า ให้ผู้ใช้ไฟได้รับพลังงานไฟฟ้าที่มีคุณภาพดี และมีค่าใช้จ่ายที่ถูกที่สุด

Tan และ คณะ [7] ได้นำหลักการของระบบผู้เชี่ยวชาญมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบระบบป้องกันสำรอง (Back-up protection) ของระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า โดยใช้หลักการของ Back-up protection scheme (BPES) ซึ่งช่วยให้อุปกรณ์ป้องกันสำรอง (back-up protection device) สามารถทำงานแทนอุปกรณ์ป้องกันหลักที่ไม่สามารถทำงานได้ เพื่อกำจัดความผิดพร่องที่เกิดขึ้นในทุกตำแหน่งของระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

Sheng และ คณะ [8] นำเสนอการนำระบบผู้เชี่ยวชาญมาใช้ในงานออกแบบระบบป้องกันสำหรับระบบที่มีพื้นที่กว้าง ซึ่งจะช่วยในการวิเคราะห์การ Shedding Load อย่างมีประสิทธิภาพ

Broadwater และ คณะ [9-10] นำเสนอการนำระบบผู้เชี่ยวชาญมาใช้ในการออกแบบระบบป้องกันในระบบจำหน่ายที่มีลักษณะเป็นเรเดียล เพื่อหาตำแหน่งสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันที่เหมาะสม และหาค่าการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันที่เหมาะสมที่สุด รวมทั้งยังนำระบบผู้เชี่ยวชาญดังกล่าวมาทำการทดสอบกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า Arkansas อีกด้วย

El-Arroudi และ คณะ [11] นำเสนอแนวคิดในการนำฐานความรู้ มาใช้ในงานออกแบบระบบป้องกันในสถานีไฟฟ้า (Substation) และระบบไฟฟ้ากำลังส่วนอื่นๆ

So และ Li [12] นำเสนอวิธีการออกแบบค่าการทำงานของรีเลย์ระยะทางในระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า ตามหลักการของ TCM (Time Coordination Method) ซึ่งมีลักษณะของการปรับค่าการทำงานทีละน้อย (Evolutionary Algorithm: EA) จนกระทั่งได้ค่าการทำงานของรีเลย์

ที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งหลักการ TCM นี้ ถือเป็นก้าวสำคัญที่จะไปสู่การคำนวณหาค่าการทำงานแบบอัตโนมัติของอุปกรณ์ป้องกันทั้งระบบต่อไป

So และ Li [13] ได้นำหลักการของ TCM ดังกล่าวข้างต้น มาประยุกต์ใช้ในงานทางด้านการจัดความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ป้องกันแบบอัตโนมัติ ในระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจ่ายไฟ และเพิ่มความเชื่อถือได้ของระบบ มากขึ้น

Chaitusaney และ Yokoyama [14] นำเสนอผลการศึกษาหาขนาดที่เหมาะสมของรีโคลสเซอร์และฟิวส์ ที่ติดตั้งในระบบจำหน่ายที่มีการเชื่อมต่อ DG เข้ากับระบบ

Girgis และ Brahma [15] นำเสนอผลกระทบเกี่ยวกับการจัดความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ป้องกันในระบบจำหน่ายที่มีของการเชื่อมต่อ DG เข้ากับระบบ รวมทั้งแนะนำเทคนิคในการจัดความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ป้องกัน ในกรณี มีกระแสลัดแบบอัพสตรีม (Upstream) ไหลผ่านอุปกรณ์ป้องกัน