บทที่ 8
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ศึกษาถึงการวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบผลิตพลังงานร่วม เมื่อเกิดการรบกวนในระบบไฟฟ้าขึ้น และเป็นเหตุให้ระบบผลิตพลังงานร่วมขาดการเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าโดยสมบูรณ์ โดยการประยุกต์ใช้หลักการทำงานของรีเลย์ความถี่ในการตรวจสอบการแยกจากกันของระบบทั้งสอง และทำการตัดสายส่งเชื่อมต่อระบบทั้งสองให้เป็นอิสระจากกัน เพื่อปลดภาระทางไฟฟ้าส่วนเกินจากระบบไฟฟ้าออกไป และให้ระบบผลิตพลังงานร่วมสามารถทำงานต่อไปได้อย่างมีเสถียรภาพ การวิเคราะห์มีการใช้แบบจำลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator Model) ที่คิดผลของลักษณะขั้วยื่นเด่น และการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กเกี่ยวคล้อง ใช้แบบจำลองของระบบควบคุมการกระตุ้นสนาม (Exciter Model) และระบบควบคุมความเร็ว (Governor Model) ในการช่วยรักษาเสถียรภาพของระบบ รวมไปถึงการใช้แบบจำลองภาระทางไฟฟ้า (Load Model) ที่คิดผลของการเปลี่ยนแปลงของระดับแรงดันไฟฟ้าด้วย

ในการวิเคราะห์ มีการเปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบผลิตพลังงานร่วมสองประเภท ได้แก่ ระบบผลิตพลังงานร่วมประเภทกังหันไอน้ำ และระบบผลิตพลังงานร่วมประเภทที่ใช้ระบบพลังงานความร้อนร่วม กรณีที่ใช้ในการทดสอบผลตอบสนองของระบบ สามารถแบ่งได้เป็น 5 กรณีหลัก ดังนี้

1. แบบจำลองอย่างง่าย (Classical Model Test)

1.1 กรณีที่ไม่เกิดการแยกของระบบผลิตพลังงานร่วมออกจากระบบไฟฟ้าขึ้น และให้รีเลย์ความถี่ทำงานได้

1.2 กรณีที่เกิดการแยกของระบบผลิตพลังงานร่วมออกจากระบบไฟฟ้าขึ้น แต่ไม่ให้รีเลย์ความถี่ทำงาน

1.3 กรณีที่เกิดการแยกของระบบผลิตพลังงานร่วมออกจากระบบไฟฟ้าขึ้น และให้รีเลย์ความถี่ทำงานได้

2. กำลังไฟฟ้าสมดุลในระบบผลิตพลังงานร่วม (Power Balance in Cogeneration System)

2.1 กรณีที่ไม่เกิดการแยกของระบบผลิตพลังงานร่วมออกจากระบบไฟฟ้าขึ้น และให้รีเลย์ความถี่ทำงานได้

2.2 กรณีที่เกิดการแยกของระบบผลิตพลังงานร่วมออกจากระบบไฟฟ้าขึ้น แต่ไม่ให้รีเลย์ความถี่ทำงาน

2.3 กรณีที่เกิดการแยกของระบบผลิตพลังงานร่วมออกจากระบบไฟฟ้าขึ้น และให้รีเลย์ความถี่ทำงานได้

3. กำลังไฟฟ้าจ่ายออกจากระบบผลิตพลังงานร่วม (Power Out from Cogeneration System)

กรณีที่เกิดการแยกของระบบผลิตพลังงานร่วมออกจากระบบไฟฟ้าขึ้น และให้รีเลย์ความถี่ทำงานได้

4. กำลังไฟฟ้าไหลเข้าสู่ระบบผลิตพลังงานร่วม (Power Come to Cogeneration System)

กรณีที่เกิดการแยกของระบบผลิตพลังงานร่วมออกจากระบบไฟฟ้าขึ้น และให้รีเลย์ความถี่ทำงานได้

5. ภาระทางไฟฟ้าสูงเกินพิกัดของกำลังผลิตในระบบผลิตพลังงานร่วม (Overload in Cogeneration System)

กรณีที่เกิดการแยกของระบบผลิตพลังงานร่วมออกจากระบบไฟฟ้าขึ้น และให้รีเลย์ความถี่ทำงานได้

จากการวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบผลิตพลังงานร่วมต่อการแยกออกจากระบบไฟฟ้า สามารถสรุปได้ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบผลิตพลังงานร่วมทั้งสองประเภท ในกรณีที่ใช้แบบจำลองอย่างง่าย ผลตอบสนองของระบบกรณีที่เกิดความผิดพร่องในระบบไฟฟ้า และทำการกำจัดความผิดพร่อง โดยไม่มีการแยกของระบบทั้งสอง พบว่าระบบผลิตพลังงานร่วมสามารถรักษาเสถียรภาพในช่วงที่ทำการวิเคราะห์เอาไว้ได้ กรณีที่การกำจัดความผิดพร่องแล้วทำให้เกิดการแยกของระบบทั้งสองขึ้น เมื่อไม่มีการตัดสายส่งเชื่อมต่อ (Tie-line) ออก ระบบจะสูญเสียเสถียรภาพไป แต่เมื่อมีการตัดสายส่งเชื่อมต่อออกแล้ว ผลที่ได้คือ ระบบผลิตพลังงานร่วมก็ยังคงมีแนวโน้มที่จะ

สูญเสียเสถียรภาพอยู่ดี ซึ่งขัดกับหลักการที่ได้ตั้งสมมติฐานเอาไว้ว่าระบบน่าจะรักษาเสถียรภาพเอาไว้ได้ ทำให้การวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองอย่างง่ายไม่สามารถนำมาใช้วิเคราะห์เสถียรภาพของระบบผลิตพลังงานร่วมในกรณีเหล่านี้ได้ การใช้แบบจำลองระบบไฟฟ้าที่ละเอียดขึ้นจึงมีความจำเป็นมากกว่า

เมื่อมีการวิเคราะห์โดยการใช้แบบจำลองอย่างละเอียดกับกรณีข้างต้น พบว่าเมื่อไม่เกิดการแยกของระบบทั้งสอง รีเลย์ความถี่จะไม่ทำงาน และระบบยังคงรักษาเสถียรภาพอยู่ได้ แต่เมื่อเกิดการแยกของระบบทั้งสอง และไม่มีการตัดสายส่งเชื่อมต่อออกไป ระบบผลิตพลังงานร่วมจะสูญเสียเสถียรภาพไป เนื่องจากสภาวะที่มีภาระทางไฟฟ้าสูงเกินขนาด ส่วนในกรณีที่มีการตัดสายส่งเชื่อมต่อออก ระบบผลิตพลังงานร่วมสามารถทำงานต่อไปได้อย่างมีเสถียรภาพ เป็นการแสดงให้เห็นว่า แบบจำลองอย่างง่ายไม่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ด้านนี้ได้ การที่จะวิเคราะห์ให้ได้ผลที่ถูกต้องใกล้เคียงความเป็นจริงที่สุดจึงต้องใช้แบบจำลองที่ละเอียดขึ้น

การวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบผลิตพลังงานร่วมทั้งสองประเภท ในกรณีที่มีการทำงานในสภาวะต่างๆ กัน พบว่าในกรณีที่กำลังไฟฟ้ามีความสมดุลภายในระบบผลิตพลังงานร่วม กรณีที่มีการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า และกรณีที่มีการรับไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้า เมื่อเกิดการแยกของระบบทั้งสองขึ้น และรีเลย์ความถี่มีการตัดสายส่งเชื่อมต่อออกไป ทำให้ทุกกรณีที่กล่าวมาระบบผลิตพลังงานร่วมทั้งสองประเภทยังคงรักษาเสถียรภาพอยู่ได้ แต่จุดทำงานใหม่จะมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ขึ้นอยู่กับสภาวะเริ่มต้นการทำงานของระบบผลิตพลังงานร่วมเหล่านั้น

ในสภาวะการทำงานที่ระบบผลิตพลังงานร่วมมีการรับกำลังไฟฟ้าเข้ามาเกินพิกัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบ พบว่าระบบผลิตพลังงานร่วมประเภทกังหันไอน้ำ (Steam Turbine Cogeneration System) ไม่สามารถที่จะตอบสนองต่อสภาวะที่มีภาระทางไฟฟ้าเกินขนาดมากๆ ได้ ระบบผลิตพลังงานร่วมประเภทนี้จึงสูญเสียเสถียรภาพไป แม้จะมีการตัดสายส่งเชื่อมต่อออกไปแล้วก็ตาม ส่วนระบบผลิตพลังงานร่วมประเภทที่ใช้ระบบพลังงานความร้อนร่วม (Combine Cycle Cogeneration System) คือมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันก๊าซ (Gas Turbine Generator) อยู่ด้วย ซึ่งมีคุณสมบัติในการตอบสนองต่อสภาวะที่มีภาระทางไฟฟ้าเกินมากๆ ได้ในช่วงเวลาหนึ่ง ทำให้เมื่อเกิดเหตุการณ์เช่นนี้ขึ้น ระบบผลิตพลังงานร่วมประเภทที่ใช้ระบบพลังงานความร้อนร่วม ยังคงรักษาเสถียรภาพในการทำงานต่อไปได้

จากการวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบผลิตพลังงานร่วมต่อการแยกออกจากระบบไฟฟ้า ได้แสดงให้เห็นแล้วว่า ลักษณะการทำงานของระบบผลิตพลังงานร่วมมีส่วนสำคัญมากต่อการรักษาเสถียรภาพ การรับกำลังไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าในปริมาณที่มาก จะมีแนวโน้มของการสูญเสียเสถียรภาพมากกว่าการที่รับกำลังไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าในปริมาณน้อย การที่กำลังไฟฟ้าสมดุลภายในระบบผลิตพลังงานร่วม และการที่มีการจ่ายกำลังไฟฟ้าออกจากระบบผลิตพลังงานร่วม

ข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบผลิตพลังงานร่วมต่อการแยกออกจากระบบไฟฟ้านี้ เป็นการวิเคราะห์ในขั้นตอนแรกของการป้องกันระบบผลิตพลังงานร่วมเท่านั้น ในสภาวะทั่วๆ ไป กำลังไฟฟ้าทั้งหมดในระบบผลิตพลังงานร่วมมักจะไม่สมดุล จึงควรมีการพัฒนาการวิเคราะห์ให้ครอบคลุมการป้องกันในขั้นต่อไปด้วย ได้แก่ กรณีที่มีภาระทางไฟฟ้าปริมาณมากๆ ภายในระบบผลิตพลังงานร่วม ซึ่งมีแนวโน้มที่จะสูญเสียเสถียรภาพมากที่สุดในช่วงที่ระบบทั้งสองมีการแยกออกจากกัน การวิเคราะห์โดยการประยุกต์ใช้มาตรการการตัดภาระทางไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นออกไปในสภาวะฉุกเฉินจึงเข้ามามีส่วนสำคัญมากในการรักษาเสถียรภาพของระบบผลิตพลังงานร่วม และควรจะได้มีการสร้างเป็นโปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อความสะดวกในการใช้งานต่อไปในอนาคต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย