บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

บทนี้เป็นบทสรุปซึ่งกล่าวถึงข้อสรุปของวิทยานิพนธ์และข้อเสนอแนะต่างๆ

6.1 สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอการออกแบบตัวควบคุมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมที่ใช้ที่ใช้เทคโนโลยี DFIG เพื่อลดผลกระทบของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมที่มีต่อความถี่ของระบบไฟฟ้าหลัก โดยกรอบงานซาเกียนซึ่งได้แก่ วิธีอสมการและหลักการเข้าคู่

กรอบงานซาเกียนเป็นวิธีที่เหมาะสมกับปัญหาการออกแบบตัวควบคุมในวิทยานิพนธ์นี้ เนื่องจากการออกแบบตัวควบคุมโดยวิธีนี้พิจารณาสัญญาณเข้าที่สมจริง กล่าวคือ พิจารณาสัญญาณเข้าเป็นเซตของสัญญาณที่มีขนาดไม่เกินค่าขอบเขตของสัญญาณเข้า และมีอัตราการเปลี่ยนแปลงไม่เกินค่าขอบเขตของอัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณเข้า ลักษณะสมบัติของสัญญาณเข้าดังกล่าวสามารถครอบคลุมความเร็วลมและแรงดันที่กริดในช่วงที่ต้องการได้ อีกทั้งการออกแบบตัวควบคุมโดยวิธีนี้ออกแบบตัวควบคุมให้สัญญาณออกอยู่ในค่าขอบเขตที่กำหนด การควบคุมสัญญาณออกดังกล่าวเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ซึ่งไม่ต้องการให้ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมผลิตไฟฟ้าได้คงที่แต่ต้องการเพียงจำกัดผลกระทบเชิงความถี่เท่านั้น นอกจากนี้ การออกแบบตัวควบคุมโดยวิธีนี้สามารถใช้กับปัญหาการออกแบบตัวควบคุมในวิทยานิพนธ์ซึ่งมีหลายวัตถุประสงค์ได้ จากผลการทดสอบตัวควบคุมที่ออกแบบโดยวิธีนี้กับระบบทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสองเครื่องและระบบทดสอบสองพื้นที่เชื่อมต่อกัน ได้ผลว่า ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมที่ใช้ตัวควบคุมที่ออกแบบผลิตไฟฟ้าได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดได้ แต่อย่างไรก็ตามการออกแบบตัวควบคุมโดยวิธีนี้ยังมีข้อจำกัดเนื่องจากการใช้แบบจำลองที่ประมาณเป็นเชิงเส้น

6.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรแบ่งการออกแบบตัวควบคุมเป็นหลายๆ ช่วง ตามค่าความเร็วลมและสัญญาณกำหนดค่ากำลังไฟฟ้าจริง เนื่องจากแบบจำลองที่ใช้ในการออกแบบตัวควบคุมถูกทำให้เป็นเชิงเส้นจึงมีความถูกต้องเฉพาะในช่วงที่ความเร็วลมมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่เป็นจุดทำงานที่ใช้ในการทำให้เป็นเชิงเส้น

2. ควรออกแบบตัวควบคุมมุมพิชของใบพัดกังหันลมด้วย โดยให้ตัวควบคุมปรับมุมพิชให้กังหันลมรับพลังงานจากลมในปริมาณที่เหมาะสม กล่าวคือ เมื่อระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงน้อยกว่าค่าที่กำหนด ตัวควบคุมจะปรับมุมพิชให้กังหันลมรับพลังงานจากลมมากขึ้น และในทางกลับกัน เมื่อระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงมากกว่าค่าที่กำหนด ตัวควบคุมจะปรับมุมพิชให้กังหันลมรับพลังงานจากลมน้อยลง

3. ควรเปรียบเทียบผลการออกแบบตัวควบคุมโดยกรอบงานซาเกียนกับวิธีอื่น เช่น วิธีการควบคุมเชิงทำนายแบบจำลอง [33] ซึ่งเป็นการออกแบบตัวควบคุมโดยอาศัยการทำนายสัญญาณเข้าและสัญญาณออกเพื่อคำนวณขนาดสัญญาณควบคุมที่เหมาะสมที่สุดที่จะป้อนให้กับระบบซึ่งกำหนดโดยฟังก์ชันวัตถุประสงค์และเงื่อนไขบังคับ การออกแบบตัวควบคุมโดยวิธีนี้เหมาะสมกับปัญหาการออกแบบตัวควบคุมกำลังไฟฟ้าจริงของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม เนื่องจากสามารถใช้เงื่อนไขบังคับในการจำกัดผลกระทบที่มีต่อความถี่ของระบบไฟฟ้าได้ ทั้งนี้ในการออกแบบอาจใช้วิธีการดังนี้

กำหนดให้สัญญาณเข้าของตัวควบคุม คือ ตัวแปรสถานะและสัญญาณเข้าของแบบจำลองที่ใช้ในการออกแบบ และสัญญาณออกของตัวควบคุม คือ แรงดันคร่อมขดลวดโรเตอร์ในแกน d และแกน q

กำหนดวัตถุประสงค์และข้อจำกัดของการออกแบบดังนี้ วัตถุประสงค์ของการออกแบบคือ เพื่อจำกัดการเปลี่ยนแปลงและอัตราการเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าจริงที่ได้จาก DFIG ข้อจำกัดของการออกแบบ คือ การเปลี่ยนแปลงความเร็วโรเตอร์ของ DFIG ซึ่งถูกจำกัดโดยขนาดของคอนเวอร์เตอร์ และการเปลี่ยนแปลงขนาดแรงดันซึ่งมีผลต่อเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า จากวัตถุประสงค์และข้อจำกัดของการออกแบบ สามารถเขียนปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดได้ดังนี้

$$\max \sum_{i=1}^{N} P_t(k+i,u)$$

subject to

$$P_{t,min} \le P_t(k+i,u) \le P_{t,max}$$

$$\Delta P_{t,min} \le \Delta P_t(k+i,u) \le \Delta P_{t,max}$$

$$\omega_{r,min} \le \omega_r(k+i,u) \le \omega_{r,max}$$

$$V_{s,min} \le V_s(k+i,u) \le V_{s,max}$$

$$i = 1,2,3\ldots,N$$

โดยที่ P_t คือ กำลังไฟฟ้าจริงที่ได้จาก DFIG ω_r คือ ความเร็วโรเตอร์ V_s คือ ขนาดแรงดันที่สเตเตอร์ N คือ ช่วงการทำนาย k คือ เวลาที่คำนวณค่าสัญญาณควบคุมและ u คือ เวกเตอร์ของสัญญาณควบคุมซึ่งประกอบด้วย $u(k),u(k+1),u(k+2),\ldots,u(k+M)$ โดย M คือ ช่วงการควบคุม