BRG5080019 รศ.ดร.อิสระชัย งามหรู

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
249861

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การควบคุมเสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลังแบบโรบัส เพื่อพิจารณาผลกระทบของแหล่งจ่ายพลังงานแบบหมุนเวียน โดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่ควบคุมได้

โดย รศ.ดร.อิสระชัย งามหรู

กรกฎาคม 2553

b00250458

249861

สัญญาเลขที่ BRG5080019

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
249861

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การควบคุมเสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลังแบบโรบัส เพื่อพิจารณาผลกระทบของแหล่งจ่ายพลังงานแบบหมุนเวียน โดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่ควบคุมได้

โดย

รศ.ดร.อิสระชัย งามหรู

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

สัญญาเลขที่ BRG5080019

โครงการ: การควบคุมเสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลังแบบโรบัสเมื่อพิจารณาผลกระทบของแหล่งจ่ายพลังงานแบบหมุนเวียนโดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่ควบคุมได้

หัวหน้าโครงการวิจัย: รศ. ดร. อิสระชัย งามหรู

บทคัดย่อ

249861

งานวิจัยนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่ควบคุมกำลังไฟฟ้าเอาท์พุทได้ (Controllable Distributed Generators, CDG) เพื่อทำเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังเชื่อมโยงหรือระบบไมโครกริดที่มีแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบไม่สม่ำเสมอ ได้แก่ พลังลมและแสงอาทิตย์ โดยจะพิจารณา CDG สองชนิด คือตัวสะสมพลังงานแม่เหล็กแบบยิ่งยวด (Superconducting Magnetic Energy Storage, SMES) และอิเล็คโทรไลเซอร์ (Electrolyser) ในกรณีของ SMES นั้นจะประยุกต์ใช้เพื่อลดการแกว่งของกำลังไฟฟ้าในสายส่งเชื่อมโยงในระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่ซึ่งมีแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าพลังลมติดตั้งอยู่ นอกจากนี้ยังประยุกต์ใช้ SMES ไปทำเสถียรภาพความถี่ในระบบไมโครกริดอิสระไฮบริดระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลและแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าพลังลม สำหรับอิเลคโตรไลเซอร์ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่รับไฟฟ้าจากระบบมาเพื่อสร้างไฮโดรเจนเพื่อเป็นอินพุทให้กับเซลล์เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า โดยการควบคุมการรับไฟฟ้าของอิเล็คโทรไลเซอร์อย่างเหมาะสมจะทำให้สามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าที่ไหลในระบบได้ ในที่นี้จะประยุกต์ใช้อิเล็คโทรไลเซอร์ไปลดการแกว่งของกำลังไฟฟ้าและความถี่ในระบบไมโครกริดซึ่งมีทั้งแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าพลังลมและแสงอาทิตย์ ในการออกแบบตัวควบคุมกำลังไฟฟ้าของ SMES และอิเล็คโทรไลเซอร์นั้นจะเพิ่มคุณสมบัติความคงทน (Robustness) ของตัวควบคุมต่อความไม่แน่นอนต่าง ๆในระบบ เช่น ความไม่แน่นอนในค่าของพารามิเตอร์ของอุปกรณ์ต่าง ๆในระบบ การเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและโหลด เป็นต้น ผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์แสดงให้เห็นว่าตัวควบคุมของ SMES และอิเล็คโทรไลเซอร์ที่นำเสนอนั้นมีความคงทนสูงและสมรรถนะในการลดการแกว่งไกวของกำลังไฟฟ้าในระบบที่เหนือกว่าตัวควบคุมที่ใช้กันอยู่

Abstract

249861

This research project proposes the application of controllable distributed generators (CDG) to stabilize interconnected power system or microgrid system due to the intermittent power generation from wind or photovoltaic farms. Here, two kinds of CDG, i.e. Superconducting Magnetic Energy Storage (SMES) and electrolyser are considered. The SMES is applied to suppress power fluctuation in tie-line in large scale interconnected power system with wind farms. Besides, the SMES is used to stabilize frequency oscillation in the hybrid wind-diesel isolated microgrid system. For electrolyser, it is the device that converts electrical energy to hydrogen input for fuel cell. The electrolyser is applied to stabilize the microgrid system with wind and photovoltaic farms based on the control of absorbed power. In this work, the robustness against system uncertainties such as system parameters variation, various loading and generating conditions etc.is taken into account in the controller design of SMES and electrolyser. Simulation studies confirm that the damping performance and robustness of the proposed robust controller of SMES and electrolyser are much superior to those of the conventional controller.

Executive Summary

สัญญาเลขที่ BRG5080019

โครงการ การควบคุมเสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลังแบบโรบัสเมื่อพิจารณาผลกระทบของแหล่งจ่ายพลังงานแบบหมุนเวียนโดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่ควบคุมได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อนำเสนอแนวคิดใหม่ในการประยุกต์ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่ควบคุมได้สองชนิดคือตัวสะสมพลังงานแม่เหล็กแบบยิ่งยวดและอิเล็คโทรไลเซอร์ไปทำเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังเชื่อมโยงและระบบไมโครกริดที่ติดตั้งแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ไม่สม่ำเสมอ ได้แก่ พลังลมและแสงอาทิตย์
2. เพื่อนำเสนอวิธีการออกแบบตัวควบคุมกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าเสมือนแบบคงทนต่อความไม่แน่นอนในระบบของตัวสะสมพลังงานแม่เหล็กแบบยิ่งยวดเพื่อทำลดการแกว่งกำลังไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ากำลังเชื่อมโยงที่มีแหล่งกำเนิดไฟฟ้าด้วยฟาร์มลมและในระบบไมโครกริดอิสระไฮบริดระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลและพลังลม
3. เพื่อนำเสนอวิธีการออกแบบตัวควบคุมคงทนแบบประสานระหว่างอิเล็คโทรไลเซอร์และไมโครเทอร์บายน์ในระบบไมโครกริดอิสระและต่อกริด

สรุปผลการวิจัย

1. ทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ในการในการประยุกต์ใช้ตัวสะสมพลังงานแม่เหล็กแบบยิ่งยวดและอิเล็คโทรไลเซอร์ไปทำเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังเชื่อมโยงและระบบไมโครกริดที่ติดตั้งแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ไม่สม่ำเสมอ
2. วิธีการออกแบบตัวควบคุมแบบคงทนแนวใหม่ต่อความไม่แน่นอนในระบบต่างๆ สำหรับตัวสะสมพลังงานแม่เหล็กแบบยิ่งยวดและอิเล็คโทรไลเซอร์ซึ่งผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าตัวควบคุมที่นำเสนอมีสมรรถนะในการทำเสถียรภาพระบบและมีความคงทนต่อความไม่นแน่นอนในระบบสูงกว่าตัวควบคุมที่ใช้กันอยู่
3. ผลงานที่ได้จากงานวิจัยนี้ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติจำนวน 7 บทความ

สารบัญ

1. บทนำ **1**

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา 1

1.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่ควบคุมได้ 2

1.2.1 ตัวสะสมพลังงานแม่เหล็กโดยใช้ตัวนำยิ่งยวด 2

1.2.2 อิเล็กโตรไลเซอร์ 4

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 9

1.4 การประยุกต์ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่ควบคุมได้ในงานวิจัยนี้ 9

1.5 เอกสารอ้างอิง 11

2. การลดการแกว่งของกำลังไฟฟ้าในสายส่งเชื่อมโยงในระบบไฟฟ้ากำลังที่มีแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าโดยพลังงานลมด้วยตัวสะสมพลังงานแม่เหล็กแบบยิ่งยวด **15**

2.1 บทนำ 15

2.2 ระบบไฟฟ้ากำลังที่ศึกษาและแบบจำลองระบบ 17

2.3 วิธีการออกแบบตัวควบคุมที่นำเสนอ 19

2.4 ผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์ 21

2.5 สรุป 28

2.6 เอกสารอ้างอิง 29

3. การทำเสถียรภาพความถี่ในระบบไมโครกริดอิสระที่มีแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าโดยพลังงานลมด้วยตัวสะสมพลังงานแม่เหล็กแบบยิ่งยวด **32**

3.1 บทนำ 32

3.2 ระบบไมโครกริดศึกษา 33

3.3 แบบจำลองคณิตศาสตร์ระบบ 33

3.4 วิธีออกแบบระบบควบคุมที่นำเสนอ 35

3.5 การจำลองทางคอมพิวเตอร์ 40

3.6 สรุป 48

3.7 เอกสารอ้างอิง 49

4. การทำเสถียรภาพความถี่ในระบบไมโครกริดด้วยการควบคุมประสานระหว่างอิเลคโตรไลเซอร์และไมโครเทอร์บายน์ 51

4.1 บทนำ 51

4.2 ระบบไมโครกริดศึกษาและแบบจำลองระบบ 53
4.2.1 ระบบไมโครกริดศึกษา 53
4.2.2 แบบจำลองระบบ 54
4.3 วิธีการออกแบบตัวควบคุมที่นำเสนอ 64
4.3.1 วิธีควบคุมการจัดสัณฐานวงรอบ H_∞ แบบโครงสร้างเฉพาะเจาะจง 64
4.3.2 วิธีกลุ่มอนุภาค 68
4.4 ผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์ 72
4.5 สรุป 85
4.6 เอกสารอ้างอิง 86

5. การออกแบบตัวควบคุมฟัซซี่โลจิก-พีไอดีสำหรับอิเล็กโตรไลเซอร์โดยวิธีฝูงผึ้ง เพื่อเพิ่มเสถียรภาพของระบบไมโครกริดอิสระ 89
5.1 บทนำ 89
5.2 แบบจำลองของระบบ 90
5.2.1 แบบจำลองระบบไมโครกริดอิสระ 90
5.2.2 แบบจำลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 91
5.2.3 แบบจำลองของอิเล็กโตรไลเซอร์ และเซลล์เชื้อเพลิง 94
5.3 การออกแบบตัวควบคุม 96
5.4 วิธีฝูงผึ้ง 99
5.5 ผลการจำลอง และผลการออกแบบ 103
5.6 สรุป 116
5.7 เอกสารอ้างอิง 116

6. สรุปผลการศึกษา 118

ภาคผนวก
วารสารวิชาการระดับนานาชาติที่ได้รับการตีพิมพ์