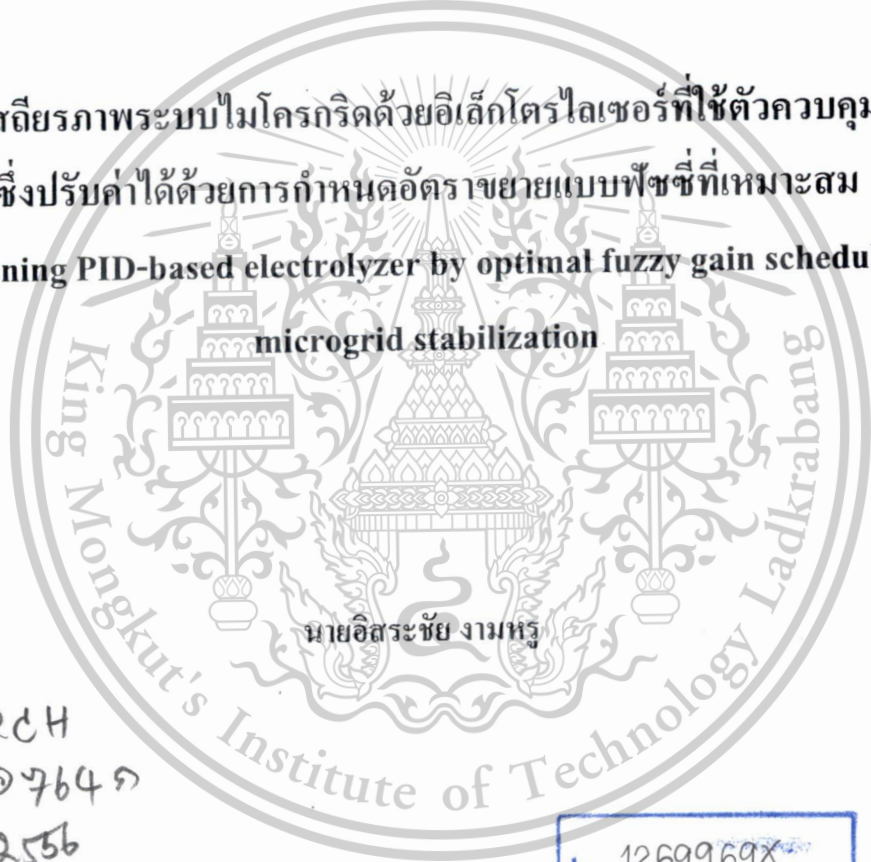




รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การทำเสถียรภาพระบบไมโครกริดด้วยอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ตัวควบคุมพีไอดี
ซึ่งปรับค่าได้ด้วยการกำหนดอัตราขยายแบบฟัซซี่ที่เหมาะสม

A self-tuning PID-based electrolyzer by optimal fuzzy gain scheduling for
microgrid stabilization



นายอิสระชัย งามหู่

RCH
@7646
2556

สาขา.....
เลขทะเบียน 137796
รับเดือนปี 16 ค.ศ. 2558

b. 1269969X
i.

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณทุนรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2556

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การทำเสถียรภาพระบบไมโครกริดด้วยอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ตัวควบคุมฟuzzy ซึ่ง
ปรับค่าได้ด้วยวิธีการกำหนดอัตราขยายแบบฟuzzy ที่เหมาะสม

แหล่งเงิน งบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2556

ประจำปีงบประมาณ 2556 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 80000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2555 ถึง กันยายน 2556

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด

นายอิสระชัย งามหรุ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการลดการแกว่งของกำลังไฟฟ้าด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (Electrolyzer: EZ) ในระบบไมโครกริดแบบแยกโดด (Stand-alone Microgrid: MG) ร่วมกับการผลิตกำลังไฟฟ้าแบบไฮบริด (Hybrid) จากพลังงานลม (Wind Power: PW) พลังงานแสงอาทิตย์ (Photovoltaic: PV) เซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell: FC) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องยนต์ดีเซล (Diesel Engine) ในระบบ MG นี้ การผลิตกำลังไฟฟ้าที่ไม่สม่ำเสมอของ WP และ PV เป็นสาเหตุให้เกิดการแกว่งของกำลังไฟฟ้าที่รุนแรงได้ ด้วยผลตอบสนองที่เร็วของการรับ (Absorb) กำลังไฟฟ้าโดย EZ สามารถที่จะควบคุมเพื่อที่จะชดเชยสำหรับการแกว่งของกำลังไฟฟ้าได้ อีกทั้งยังทำหน้าที่ผลิตไฮโดรเจนให้กับ FC ด้วย โครงสร้างของตัวควบคุมกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าเสมือนของ EZ คือ การปรับอัตราขยายแบบฟuzzy ของตัวควบคุมฟuzzy Gain Scheduling of Proportional-Integral-Derivative controller: FGS-PID) โดยเฟคเตอร์สัดส่วน (Scale Factor) ฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function) และกฎควบคุม (Control Rule) ของ FGS-PID ได้มีการออกแบบให้เหมาะสมอย่างอัตโนมัติด้วยวิธีฟuzzy ผลศึกษาการจำลองได้ยืนยันว่า EZ ที่นำเสนอร่วมกับตัวควบคุม FGS-PID ที่เหมาะสม มีสมรรถนะที่ดีกว่ามากเมื่อเทียบกับตัวควบคุม PID ที่เหมาะสม ทั้งในเทอมของประสิทธิภาพการหน่วง และความคงทนต่อสิ่งรบกวนหลายๆแบบ

คำสำคัญ: อิเล็กทรอนิกส์ ไมโครกริด การปรับอัตราขยายแบบฟuzzy ของตัวควบคุมฟuzzy วิธีฟuzzy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Research Title: A self-tuning PID-based electrolyzer by optimal fuzzy gain scheduling for microgrid stabilization

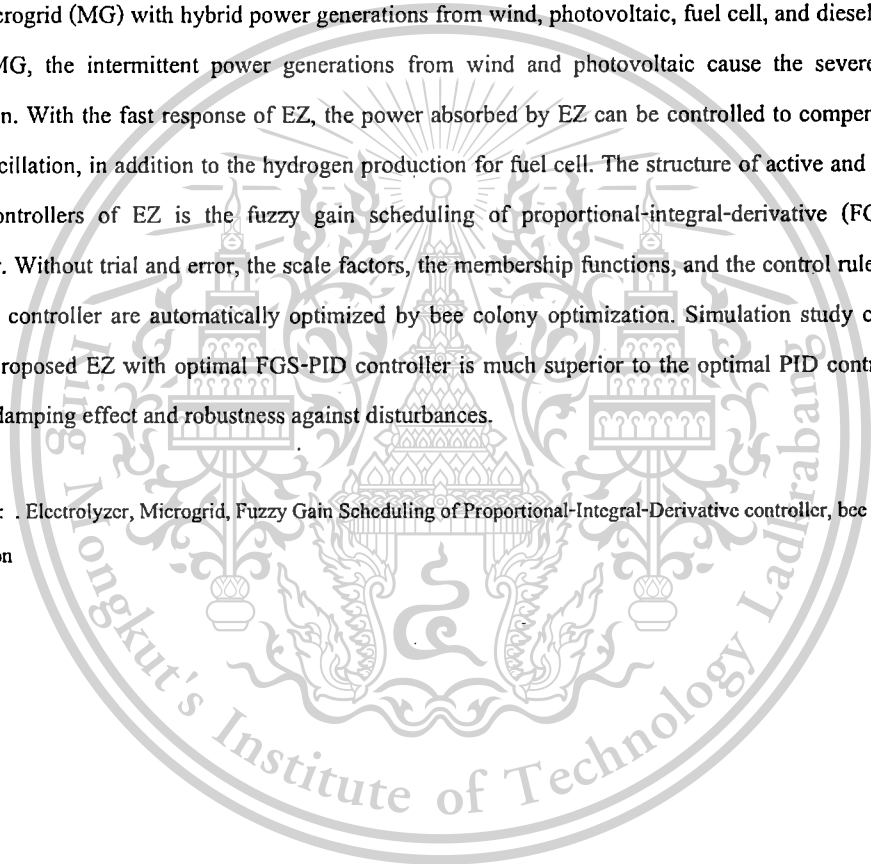
Researcher: Issarachai Ngamroo

Faculty: Engineering **Department:** Electrical Engineering

ABSTRACT

This research presents the alleviation of power fluctuation by the electrolyzer (EZ) in a stand-alone microgrid (MG) with hybrid power generations from wind, photovoltaic, fuel cell, and diesel engine. In this MG, the intermittent power generations from wind and photovoltaic cause the severe power fluctuation. With the fast response of EZ, the power absorbed by EZ can be controlled to compensate for power oscillation, in addition to the hydrogen production for fuel cell. The structure of active and reactive power controllers of EZ is the fuzzy gain scheduling of proportional-integral-derivative (FGS-PID) controller. Without trial and error, the scale factors, the membership functions, and the control rules of the FGS-PID controller are automatically optimized by bee colony optimization. Simulation study confirms that the proposed EZ with optimal FGS-PID controller is much superior to the optimal PID controller in terms of damping effect and robustness against disturbances.

Keywords : Electrolyzer, Microgrid, Fuzzy Gain Scheduling of Proportional-Integral-Derivative controller, bee colony optimization



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
จากเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556

อิสระชัย งามหรุ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า.
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 การทำเสถียรภาพไมโครกริดด้วยอิเล็กทรอนิกส์ที่ติดตั้งตัวควบคุมพีไอดีซึ่งปรับค่าได้ด้วย ตัวกำหนดอัตราขยายแบบพีซีซีที่เหมาะสมด้วยวิธีฟูฟั้ง.....	4
2.1 ระบบที่ใช้ในการศึกษาและแบบจำลองคณิตศาสตร์.....	4
2.2 ตัวควบคุม FGS-PID ที่นำเสนอ.....	6
2.3 วิธีฟูฟั้ง.....	9
2.4 ผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์.....	10
2.5 สรุป.....	17
บทที่ 3 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	18
3.1 สรุปผลการวิจัย.....	18
3.2 ข้อเสนอแนะ.....	18
บทที่ 4 ผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย.....	20
4.1 ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่.....	20
บรรณานุกรม.....	21
ภาคผนวก.....	22
ประวัตินักวิจัย.....	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 พารามิเตอร์ควบคุม PID ของตัวควบคุม P และ Q	11
2.2 พารามิเตอร์ควบคุม FGS-PID ของตัวควบคุม P และ Q	12



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างไมโครกริดแบบแยกโดด.....	4
2.2 แบบจำลองของระบบไมโครกริด.....	5
2.3 แบบจำลองของการผลิตไฮโดรเจน และตัวควบคุม $P-Q$	6
2.4 ระบบควบคุม PID ร่วมกับตัวกำหนดอัตราขยายแบบพีซีซี.....	6
2.5 บล็อกไดอะแกรมของตัวกำหนดอัตราขยายแบบพีซีซี.....	7
2.6 ฟังก์ชันสมาชิกของ FGS.....	9
2.7 เอาต์พุตของ WP และ PV.....	11
2.8 เส้นโค้งการลู่เข้าสู่ค่าตอบ.....	11
2.9 MF ที่เหมาะสมสำหรับอินพุต และเอาต์พุตของตัวควบคุม P	12
2.10 CR ที่เหมาะสมสำหรับตัวควบคุม P	12
2.11 MF ที่เหมาะสมสำหรับอินพุต และเอาต์พุตของตัวควบคุม Q	13
2.12 CR ที่เหมาะสมของตัวควบคุม Q	13
2.13 การแกว่งของกำลังไฟฟ้าจริงในสาย 3 กรณีที่ 1.....	14
2.14 การแกว่งของกำลังไฟฟ้าเสมือนในสาย 3 กรณีที่ 1.....	14
2.15 การแกว่งของกำลังไฟฟ้าจริงในสาย 3 กรณีที่ 2.....	15
2.16 การแกว่งของกำลังไฟฟ้าเสมือนในสาย 3 กรณีที่ 2.....	15
2.17 ความต้องการของกำลังไฟฟ้าจริง และกำลังไฟฟ้าเสมือน.....	16
2.18 การเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าจริงในสาย 3 ในกรณีที่ 3.....	16
2.19 การเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าเสมือนในสาย 3 ในกรณีที่ 3.....	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบัน ไมโครกริด (Microgrid: MG) ได้รับการคาดหวังให้เป็นเสมือนระบบที่มีการจัดการกำลังไฟฟ้าอย่างอัจฉริยะสำหรับพื้นที่ตามชนบท และพื้นที่ที่ห่างไกล ซึ่งไม่ได้รับการเชื่อมต่อสายส่งจากกริด โดย MG เป็นการรวมกลุ่มของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายร่วมกับทรัพยากรพลังงานทดแทนการผลิตกำลังไฟฟ้าแบบทั่วไป และ โหลด [1] สำหรับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าใน MG แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่มาจากพลังงานทดแทน เช่น พลังงานลม (Wind Power: WP) พลังงานแสงอาทิตย์ (Photovoltaic: PV) เซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell: FC) ร่วมกับอิเล็กโทรไลเซอร์ (Electrolyzer: EZ) เป็นต้น เป็นที่ได้รับความนิยมอย่างมาก โดยพลังงานเหล่านี้สามารถที่จะนำมาผลิตกำลังไฟฟ้าร่วมกับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบทั่วไปได้ เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล (Diesel Generator: DG) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไมโครเทอร์ไบน์ (Microturbine) อย่างไรก็ตาม การผลิตกำลังไฟฟ้าที่มาจาก WP และ PV นั้นไม่คงที่ เนื่องจากพลังงานลมและแสงแดดมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอในธรรมชาติ ทำให้เกิดความไม่สมดุลกันระหว่างแหล่งจ่ายและโหลด และการไม่สมดุลนี้ทำให้เกิดการแกว่งของกำลังไฟฟ้าอย่างรุนแรงได้ [2]

เพื่อยับยั้งการแกว่งของกำลังไฟฟ้าดังกล่าว การประยุกต์ใช้ EZ ที่มีมาพร้อมกับ FC ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ซึ่งนอกจากทำหน้าที่ผลิตไฮโดรเจนให้กับ FC แล้ว EZ ยังเป็นเสมือนโหลดที่สามารถควบคุมได้ นอกจากนั้น การรับกำลังไฟฟ้าของ EZ สามารถที่จะควบคุมได้อย่างรวดเร็วเพื่อที่จะชดเชยการแกว่งของกำลังไฟฟ้าใน MG ได้ งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้ EZ ซึ่งติดตั้งอยู่แล้วใน MG ให้เป็นเสมือนโหลดที่สามารถควบคุมได้เพื่อยับยั้งการแกว่งของกำลังไฟฟ้าเนื่องจากผลตอบสนองทางพลวัตที่รวดเร็ว EZ จึงสามารถที่จะนำมาใช้เพื่อที่จะรับกำลังไฟฟ้าที่มีการเปลี่ยนแปลงจาก PW และ PV อย่างรวดเร็ว ด้วยเหตุนี้ตัวควบคุมกำลังไฟฟ้าจริง และกำลังไฟฟ้าเสมือนของ EZ จึงเป็นอีกหนึ่งประเด็นที่ต้องพิจารณาในการใช้งาน

โดยทั่วไปแล้ว เป็นที่ทราบกันดีว่าตัวควบคุมที่ใช้ในระบบอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะเป็นตัวควบคุมพีไอดี (Proportional-Integral-Derivative: PID) เนื่องจากมีโครงสร้างที่ง่าย และมีความสามารถที่จะแก้ปัญหาได้หลายแบบ อย่างไรก็ตามตัวควบคุม PID มีโครงสร้างที่ถูกกำหนดไว้คงที่ จึงไม่สามารถที่จะให้สมรรถนะการควบคุมที่ดีได้เมื่อระบบนั้นเป็นระบบที่ไม่เป็นเชิงเส้นสูง ดังนั้นพารามิเตอร์ของตัวควบคุมจึงควรที่จะมีการปรับเปลี่ยนได้ตามสัญญาณอินพุตของตัวควบคุม [3] เพื่อที่จะปรับปรุงสมรรถนะของตัวควบคุม PID การประยุกต์ใช้งานระบบฐานความรู้ในขบวนการควบคุม เช่น การควบคุมแบบฟuzzy [4] และการควบคุมที่มีการกำหนดอัตราขยายแบบฟuzzy [5] จึงได้มีการนำเสนออย่างแพร่หลายในปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม พารามิเตอร์ของการควบคุมดังกล่าวทั้งในส่วนของ เฟลเตอร์สัดส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

(Scale Factor: SF) ฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function: MF) และกฎควบคุม (Control Rule: CR) โดยทั่วไปแล้วออกแบบด้วยการลองผิดลองถูก หรือใช้ผู้ที่มีประสบการณ์ในการออกแบบ ทำให้การควบคุมที่ได้มีประสิทธิภาพไม่ดีเท่าที่ควร

เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบของการกำหนดอัตราขยายแบบพีชชีของตัวควบคุมฟอสซี (Fuzzy Gain Scheduling of PID: FGS-PID) [6] สำหรับตัวควบคุมกำลังไฟฟ้าจริง และกำลังไฟฟ้าเสมือนของ EZ โดยที่ SF MF และ CR ของ FGS-PID ได้มีการออกแบบให้เหมาะสมอย่างอัตโนมัติด้วยวิธีฝูงผึ้ง (Bee Colony Optimization: BCO) [7] ผลการศึกษาจำลองระบบด้วยแบบจำลองที่ไม่เป็นเชิงเส้นได้แสดงให้เห็นว่า EZ ร่วมกับตัวควบคุม FGS-PID ที่นำเสนอมีมีประสิทธิภาพการควบคุม และความคงทนต่อสิ่งรบกวนในระบบได้เหนือกว่า EZ ร่วมกับตัวควบคุม PID ที่เหมาะสมภายใต้สภาวะการทำงานต่างๆ และสิ่งรบกวนขนาดใหญ่ที่แตกต่างกัน

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อประยุกต์ใช้อัลกอริทึมโครโลเซออร์เพื่อทำเสถียรภาพระบบไมโครกริดแบบแยกโดด
- 2) เพื่อนำเสนอวิธีออกแบบตัวควบคุม PID ซึ่งปรับค่าได้ด้วยตัวกำหนดอัตราขยายแบบพีชชีที่เหมาะสมสำหรับตัวควบคุมกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าเสมือนของอัลกอริทึมโครโลเซออร์
- 3) เพื่อประยุกต์ใช้วิธีฝูงผึ้งเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของตัวควบคุมที่นำเสนอ

1.3 ขอบเขตการวิจัย

- 1) การศึกษาจะเป็นการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์และทดสอบด้วยการจำลองทางคอมพิวเตอร์ เพื่อนำผลศึกษาไปพัฒนาฮาร์ดแวร์ต่อไป
- 2) แบบจำลองของอัลกอริทึมโครโลเซออร์แทนด้วยตัวควบคุมกำลังไฟฟ้าจริงและเสมือนแยกกันโดยอิสระและเป็นแบบจำลองอันดับหนึ่ง

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

- 1) พิจารณาเลือกระบบไมโครกริดที่ประกอบไปด้วยแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ควบคุมไม่ได้ ได้แก่ พลังงานลมแสงอาทิตย์ และแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ควบคุมได้ ได้แก่ เซลล์เชื้อเพลิง อิเล็กโตรไลเซอร์ เป็นต้น ด้วยการสืบค้นจากงานวิจัยที่ผ่านมา
- 2) ศึกษาการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ของระบบไมโครกริด แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าชนิดต่างๆ ตลอดจนการออกแบบไมโครกริดอย่างเหมาะสม
- 3) วิเคราะห์พฤติกรรมและเสถียรภาพระบบที่แสดงออกมาในสภาวะชั่วคราวและพลวัตเมื่อเกิดการรบกวนระบบในรูปแบบต่างๆ เช่น การเกิดกำลังไฟฟ้าที่ไม่สม่ำเสมอเนื่องจากพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ลม แสงอาทิตย์ การเปลี่ยนแปลงของโหลดอย่างฉับพลัน การเกิดสภาวะฉุกเฉินต่างๆ เป็นต้น ด้วยการจำลองระบบในโดเมนเวลาด้วยคอมพิวเตอร์

- 4) ศึกษาวิธีการการออกแบบตัวควบคุมพีชี่ลอจิกที่เหมาะสม โดยประยุกต์ใช้วิธีฟuzzy
- 5) ทำการออกแบบตัวควบคุมพีไอดีที่ปรับค่าได้ด้วยการกำหนดอัตราขยายแบบพีชี่ที่เหมาะสมให้กับอิเล็กทรอนิกส์ด้วยวิธีฟuzzy โดยการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์
- 6) ทดสอบผลการลดการแกว่งของตัวควบคุมที่ออกแบบมาโดยการจำลองทางคอมพิวเตอร์ภายใต้การเกิดสิ่งรบกวนขึ้นในระบบโดยเปรียบเทียบกับตัวควบคุมแบบทั่วไป
- 7) ทดสอบความคงทนของตัวควบคุมที่ออกแบบมาโดยการจำลองทางคอมพิวเตอร์ภายใต้การเกิดสิ่งรบกวนขึ้นในระบบไฟฟ้ากำลังพร้อมกับความไม่แน่นอนในระบบในสภาวะต่างๆ โดยเปรียบเทียบกับตัวควบคุมแบบดั้งเดิม
- 8) สรุปผลการศึกษาวิจัยเพื่อเขียนบทความส่งวารสารระดับนานาชาติ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) งานวิจัยนี้สามารถตีพิมพ์เป็นบทความฉบับเต็ม (Full paper) ในวารสารวิชาการนานาชาติที่อยู่ในฐานข้อมูล ISI
- 2) องค์ความรู้ใหม่ในการออกแบบตัวควบคุมพีไอดีที่ปรับค่าได้ด้วยการกำหนดอัตราขยายแบบพีชี่ที่เหมาะสม สำหรับตัวควบคุมกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าเสมือนของอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

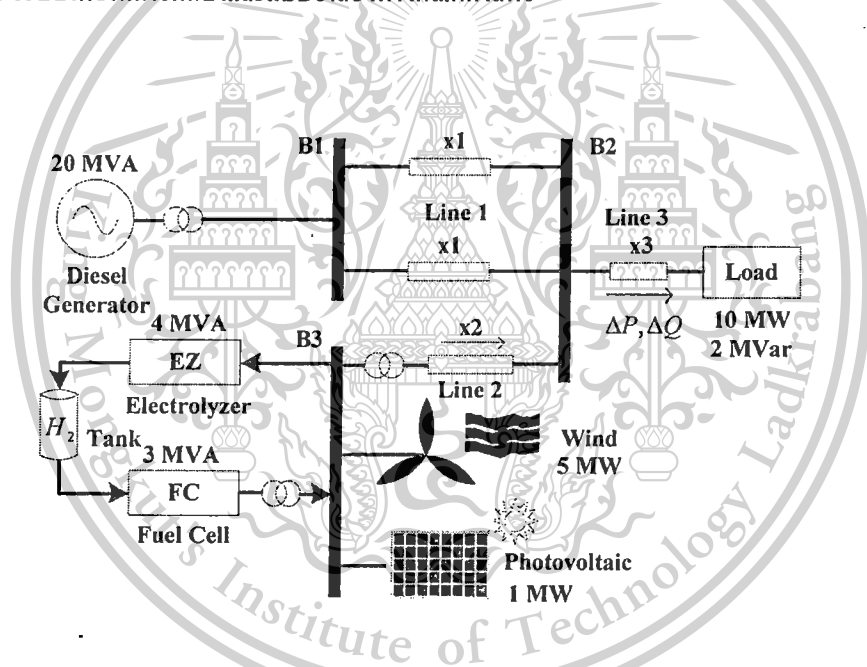
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2

การทำเสถียรภาพไมโครกริดด้วยอิเล็กทรอนิกส์ที่ติดตั้งตัวควบคุมพีไอดีซึ่งปรับค่าได้ด้วย ตัวกำหนดอัตราขยายแบบพีชซีที่เหมาะสมด้วยวิธีฝูงฝูง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทำเสถียรภาพระบบไมโครกริดด้วยอิเล็กทรอนิกส์ที่ติดตั้งตัวควบคุมพีชซี-โลจิก-พีไอดีที่เหมาะสม เริ่มจากอธิบายระบบที่ใช้ศึกษาและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จากนั้นจะกล่าวถึงตัวควบคุมพีชซี-โลจิก-พีไอดีที่นำเสนอและวิธีออกแบบ แล้วจึงอธิบายวิธีฝูงฝูง จากนั้นจะแสดงผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงประสิทธิภาพของตัวควบคุมที่ออกแบบ

2.1 ระบบที่ใช้ในการศึกษาและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

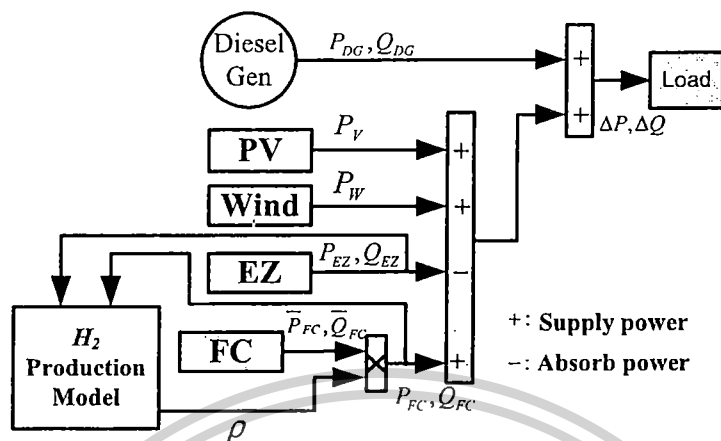


ภาพที่ 2.1 โครงสร้างไมโครกริดแบบแยกโคด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาพที่ 2.2 แบบจำลองของระบบไมโครกริด

ในภาพที่ 2.1 เป็นการแสดงไดอะแกรมเส้นเดี่ยว (Single Line Diagram) ของระบบที่ใช้ในการศึกษา [8] ซึ่งประกอบไปด้วย DG ขนาด 20 MW WP ขนาด 5 MW PV ขนาด 1 MW EZ ขนาด 4 MW FC ขนาด 3 MW และโหลดขนาด $10+j2$ MVA โดยกำหนดค่าฐานของระบบคือ 20 MW โดยแบบจำลองอย่างง่ายของระบบ MG ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.2

โดยที่ P_{DG} และ Q_{DG} คือ เอกลักษณ์ของกำลังไฟฟ้าจริง และกำลังไฟฟ้าเสมือนของ DG

P_V และ P_W คือ เอกลักษณ์ของกำลังไฟฟ้าจาก PV และ PW

แบบจำลองของ DG ได้ทำการแทนด้วยแบบจำลองอันดับสาม ซึ่งมาพร้อมกับแบบจำลองอย่างง่ายของตัวกระตุ้น (Exciter) และตัวบังคับ (Governor) สำหรับแบบจำลองของ WP และ PV ได้ทำการแทนด้วยการจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบสุ่มเข้าไปในระบบ

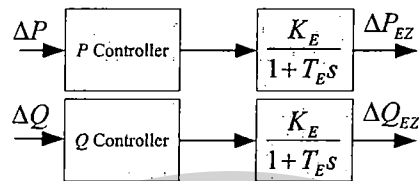
EZ รับกำลังไฟฟ้าจริง (P_{EZ}) และกำลังไฟฟ้าเสมือน (Q_{EZ}) จาก WP และ PV เพื่อที่จะผลิตเป็นไฮโดรเจนด้วยอัตรา 0.029 (1/kWh) และไฮโดรเจนที่ผลิตได้ถูกสะสมไว้ในถังเก็บ 500 ลิตร จากนั้น FC ทำหน้าที่เปลี่ยนไฮโดรเจนในถังเก็บไปเป็นกำลังไฟฟ้าจริง (P_{FC}) และกำลังไฟฟ้าเสมือน (Q_{FC}) ด้วยอัตรา 0.061 (1/kWh) ในที่นี้ วัตถุประสงค์การออกแบบของการควบคุม คือเพื่อที่จะยับยั้งการแกว่งของกำลังไฟฟ้าในสายด้วยตัวควบคุม FGS-PID ของตัวควบคุมกำลังไฟฟ้าจริง (P) และกำลังไฟฟ้าเสมือน (Q) ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของการรับกำลังไฟฟ้าของ EZ โดยแบบจำลองของ EZ ร่วมกับตัวควบคุม FGS-PID พร้อมทั้งแบบจำลอง FC และการผลิตไฮโดรเจนได้แสดงไว้ในภาพที่ 2.3 (a) (b) และ (c) ตามลำดับ [9] ในภาพที่ 2.3 (b) ขบวนการทำงานของ FC มีสองข้อจำกัด โดยข้อจำกัดนี้เป็นสิ่งที่สำคัญเพื่อลดการเริ่มหยุดการทำงานของ FC ซึ่งเป็นต้นเหตุของแรงดันตกเนื่องมาจากการเริ่ม-หยุดการทำงาน ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไฮโดรเจนในถังเก็บ และอัตราการผลิตกำลังไฟฟ้าของ FC (ρ) สามารถหาได้จากสมการ (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

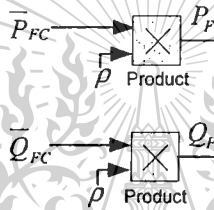
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

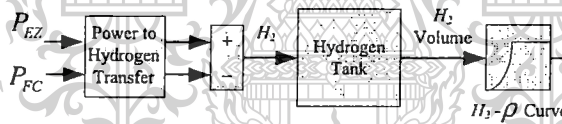
$$\begin{aligned} P_{FC} &= \rho \bar{P}_{FC} \\ Q_{FC} &= \rho \bar{Q}_{FC} \end{aligned} \quad (2.1)$$



(a) แบบจำลอง EZ ร่วมกับตัวควบคุม



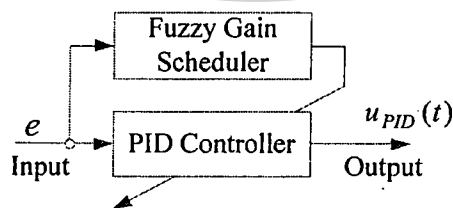
(b) แบบจำลอง FC



(c) แบบจำลองการผลิตไฮโดรเจน

ภาพที่ 2.3 แบบจำลองของการผลิตไฮโดรเจน และตัวควบคุม P-Q

2.2 ตัวควบคุม FGS-PID ที่นำเสนอ

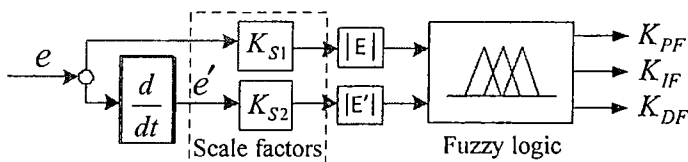


ภาพที่ 2.4 ระบบควบคุม PID ร่วมกับตัวกำหนดอัตราขยายแบบฟัซซี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาพที่ 2.5 บล็อกไดอะแกรมของตัวกำหนดอัตราขยายแบบฟัซซี่

โดยทั่วไปแล้ว เป็นที่ทราบกันดีว่าตัวควบคุม PID ได้มีการนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายในระบบอุตสาหกรรมสมัยใหม่ เนื่องจากมีโครงสร้างการควบคุม และการออกแบบที่ง่าย โดยสัญญาณควบคุมสำหรับระบบด้วยการใช้ตัวควบคุม PID แบบทั่วไปสามารถแสดงออกมาในเทอมของโดเมนเวลาได้ดังสมการ (2)

$$u_{PID}(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (2.2)$$

โดยที่ e คือ สัญญาณควบคุมด้านอินพุตของตัวควบคุม

$u_{PID}(t)$ คือ สัญญาณควบคุมสำหรับระบบ

K_p , K_i , และ K_D คือ อัตราขยายสัดส่วน อัตราขยายเชิงปริพันธ์ และอัตราขยายเชิงอนุพันธ์

อย่างไรก็ตาม ตัวควบคุม PID แบบทั่วไปนั้น ไม่สามารถยืนยันได้ถึงสมรรถนะที่ดีได้ในช่วงกว้างๆของสภาวะการทำงาน เนื่องจากอัตราขยายที่ถูกกำหนดไว้ ด้วยเหตุนี้ จึงเป็นเหตุผลที่มีการนำเอาฟัซซี่ลอจิกมาใช้งาน ซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีที่มีประสิทธิภาพในการปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PID

จากสมการ (2) ค่าสัมประสิทธิ์ K_p , K_i และ K_D ของตัวควบคุม PID จำเป็นต้องมีการปรับออนไลน์ด้วยการใช้พื้นฐานความรู้ และการรวมแบบฟัซซี่ของตัวกำหนดอัตราขยายแบบฟัซซี่ และในขณะนั้น ตัวควบคุม PID ทำการสร้างสัญญาณควบคุมไปยังระบบ ดังนั้นรายละเอียดของโครงสร้างการทำงานของตัวควบคุม FGS-PID สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2.4

จากฐานความรู้ของฟัซซี่ของตัวควบคุม FGS-PID ซึ่งทำหน้าที่ปรับค่าพารามิเตอร์ PID ออนไลน์ สามารถแสดงการคำนวณได้โดยการใช้สมการต่อไปนี้

$$K_p = K_{PC} \cdot K_{PF} \quad (2.3)$$

$$K_i = K_{IC} \cdot K_{IF} \quad (2.4)$$

$$K_D = K_{DC} \cdot K_{DF} \quad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โดย

K_{PC} K_{IC} และ K_{DC} คือ อัตราขยายสัดส่วน อัตราขยายเชิงปริพันธ์ และอัตราขยายเชิงอนุพันธ์ ของตัวควบคุม PID แบบทั่วไป

K_{PF} K_{IF} และ K_{DF} คือ อัตราขยายสัดส่วน อัตราขยายเชิงปริพันธ์ และอัตราขยายเชิงอนุพันธ์ ซึ่งได้รับมาจากการปรับออนไลน์ของตัวกำหนดอัตราขยายแบบพีชชี

จากสมการ (3) (4) และ(5) พารามิเตอร์ของ K_p K_I และ K_D ได้ทำการปรับออนไลน์บนพื้นฐานของความผิดพลาดสัมบูรณ์ในปัจจุบัน (Current Absolute Error: $|E|$) และการเปลี่ยนแปลงของความผิดพลาดสัมบูรณ์ในปัจจุบัน (Current Absolute Derivative Error: $|E'|$) ด้วยการใช้ตัวกำหนดอัตราขยายแบบพีชชีหนึ่งตัว ดังแสดงในภาพที่ 2.5 จะเห็นได้ว่าตัวกำหนดอัตราขยายแบบพีชชีหนึ่งตัวจะประกอบด้วยสองอินพุต และสามเอาต์พุต โดยในส่วนของอินพุตค่า E and E' ถูกกำหนดโดย

$$E = eK_{S1} \quad (2.6)$$

$$E' = e'K_{S2} \quad (2.7)$$

โดย K_{S1} และ K_{S2} คือ SF ของตัวกำหนดอัตราขยายแบบพีชชี

ในที่นี้ ตัวกำหนดอัตราขยายแบบพีชชีในงานวิจัยนี้ใช้เป็นแบบพีชชีซิงเกิลตัน (Singleton) โดย CR ของตัวกำหนดอัตราขยายแบบพีชชีอยู่ในรูปแบบ

$$\text{If input1 is } F' \text{ and input2 is } G, \text{ then } K_{PF} = H, K_{IF} = I, K_{DF} = J \quad (2.8)$$

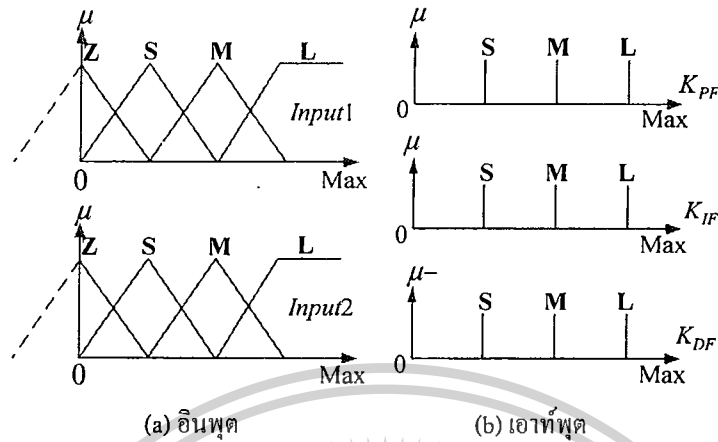
โดย

F G H I และ J คือ พีชชีเซตในการตั้งค่าตัวแทนที่มีค่าสอดคล้องกัน (Corresponding Supporting Set) MF ของพีชชีเซตสำหรับอินพุต และเอาต์พุตได้แสดงในภาพที่ 2.6 โดย MF สำหรับอินพุต1 (input1) และอินพุต2 (input2) ดังแสดงในภาพที่ 2.6 (a) แต่ละอินพุตประกอบไปด้วยฟังก์ชันสมาชิกแบบสามเหลี่ยมสามตัว และแบบสี่เหลี่ยมคางหมูหนึ่งตัว และแต่ละเอาต์พุตประกอบไปด้วยฟังก์ชันสมาชิกแบบค่างที่สามตัว ซึ่งคือ S M และ L จากรูปที่ 2.6 Z คือศูนย์ (Zero) S คือ ขนาดเล็ก (Small) M คือ ขนาดกลาง (Medium) และ L คือขนาดใหญ่ (Large)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาพที่ 2.6 ฟังก์ชันสมาชิกของ FGS

ในการออกแบบตัวควบคุม FGS-PID ขั้นตอนที่สำคัญคือจะกำหนดค่าพารามิเตอร์ SF MF และ CR ช่างใด โดยทั่วไปแล้วจะทำการออกแบบโดยการลองผิดลองถูก หรืออาศัยผู้เชี่ยวชาญในการปรับค่าเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้วิธีฝูงผึ้งเพื่อที่จะปรับค่า SF MF และ CR ให้มีความเหมาะสมโดยอัตโนมัติ ในส่วนของปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมสำหรับตัวควบคุม PID ที่เหมาะสม และตัวควบคุม FGS-PID ที่เหมาะสม ทั้งคู่ได้ทำการกำหนดภายใต้พื้นฐานของการหาค่าที่น้อยที่สุดของค่าความผิดพลาดเชิงปริพันธ์ (Integral Absolute Error: IAE) ของการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าจริง (ΔP) และกำลังไฟฟ้าเสมือน (ΔQ) ในสาย 3 (Line 3) ดังสมการ (9)

$$\text{Minimize } IAE = \int_0^{\infty} (|\Delta P(t)| + |\Delta Q(t)|) dt. \quad (2.9)$$

2.3 วิธีฝูงผึ้ง

วิธีฝูงผึ้ง ได้คิดค้นมาจากการเลียนแบบพฤติกรรมกรรมการหาอาหารของผึ้งในธรรมชาติ โดยแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทหลักๆ ด้วยกัน คือ ผึ้งสำรวจ หรือผึ้งสอดแนม (Scout Bee) และผึ้งงาน (Employed Bee) สำหรับผึ้งสำรวจแต่ละตัวจะทำหน้าที่ออกสำรวจหาแหล่งอาหาร ส่วนหน้าที่ของผึ้งงานก็จะออกไปเก็บอาหารในบริเวณที่ผึ้งสำรวจหาเอาไว้ โดยขั้นตอนการหาค่าตอบของวิธีฝูงผึ้งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1: ให้ผึ้งสำรวจจำนวน n ตัว สุ่มหาค่าเริ่มต้นและให้ $NC = 0$

ขั้นตอนที่ 2: หาค่าความเหมาะสมของผึ้งแต่ละตัว

ขั้นตอนที่ 3: เลือกผลลัพธ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุดจำนวน m ค่าเพื่อกำหนด ugh และแยก m ออกเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกคือค่าที่ดีที่สุดของ m จำนวน e ค่า และส่วนที่เหลือจำนวน $m-e$ ค่าจะให้เป็นกลุ่มที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ขั้นตอนที่ 4: ทำการกำหนดขอบเขตของ ngh ของ m แต่ละค่า

ขั้นตอนที่ 5: ส่งฟังก์ชันค้นหาค่าตอบภายในขอบเขตของ ngh (จำนวนฟังก์ชันมาก สำหรับค้นหาในบริเวณใกล้เคียงคำตอบของ e)

ขั้นตอนที่ 6: คัดเลือกคำตอบที่มีความเหมาะสมที่สุดของแต่ละกลุ่ม และกำหนด $NC = NC + 1$

ขั้นตอนที่ 7: ตรวจสอบเงื่อนไขการหยุดทำงานว่าเป็นจริง หรือไม่ ถ้าใช่ให้หยุด แต่ถ้าไม่ใช่ก็ให้ทำขั้นตอนต่อไป

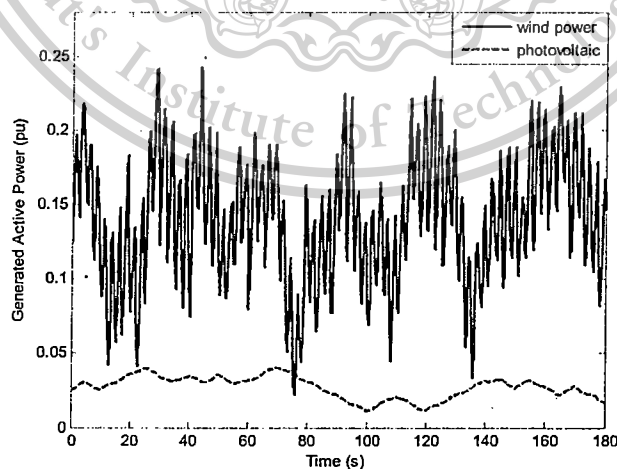
ขั้นตอนที่ 8: ให้ฟังก์ชันสำรวจจำนวน $n-m$ ตัวค้นหาค่าคำตอบใหม่และกลับไปทำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 2 จนกว่าเงื่อนไขการหยุดจะเป็นจริง

เมื่อ n คือจำนวนฟังก์ชันสำรวจ; NC คือจำนวนรอบการค้นหา; m คือจำนวนของคำตอบที่ดีที่สุดที่เลือกมา; e คือจำนวนคำตอบกลุ่มแรก; ngh คือขอบเขตของบริเวณใกล้เคียงคำตอบ

2.4 ผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์

ในการหาค่าที่เหมาะสมของ EZ ร่วมกับตัวควบคุม PID ที่เหมาะสม และตัวควบคุม FGS-PID ทั้งคู่ได้ทำการสมมติว่า WP และ PV ในภาพที่ 2.7 ได้ทำการจ่ายกำลังไฟฟ้าเข้าไปยัง MG ภายใต้ความต้องการของโหลดคงที่ พารามิเตอร์ของ BCO ได้ทำการกำหนดค่าดังต่อไปนี้ $n = 100$, $m = 10$, $NC = 100$, $e = 4$, $ngh = 30\%$ หลังจากทำการหาค่าที่เหมาะสม การรู้เข้าสู่คำตอบของ EZ ร่วมกับตัวควบคุม PID ที่เหมาะสม และตัวควบคุม FGS-PID ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.8

พารามิเตอร์ควบคุมที่ออกแบบได้ของตัวควบคุม P และ Q ของ EZ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.1 และ ตารางที่ 2.2 โดยผลของ MF และ CR ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.9-2.12 ตามลำดับ

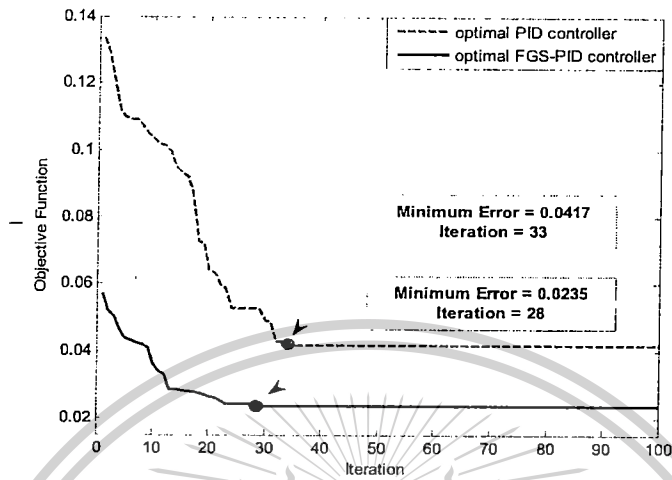


ภาพที่ 2.7 เาท์พุทของ WP และ PV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาพที่ 2.8 เส้นโค้งการลู่เข้าสู่ค่าตอบ

ตารางที่ 2.1 พารามิเตอร์ควบคุม PID ของตัวควบคุม P และ Q

	K_{pc}	K_{ic}	K_{dc}
P Controller	5.701	1.82	0.0166
Q Controller	0.0257	0.0032	0.001

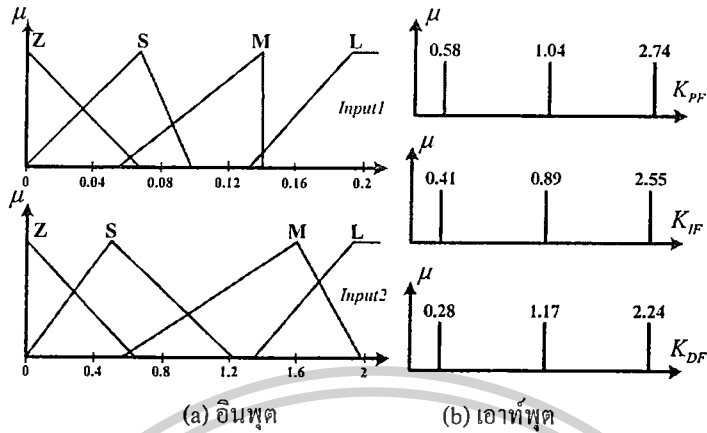
ตารางที่ 2.2 พารามิเตอร์ควบคุม FGS-PID ของตัวควบคุม P และ Q

	K_{s1}	K_{s2}	MF	CR
P Controller	1.6896	1.2910	ภาพที่ 2.9	ภาพที่ 2.10
Q Controller	1.1471	0.9982	ภาพที่ 2.11	ภาพที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

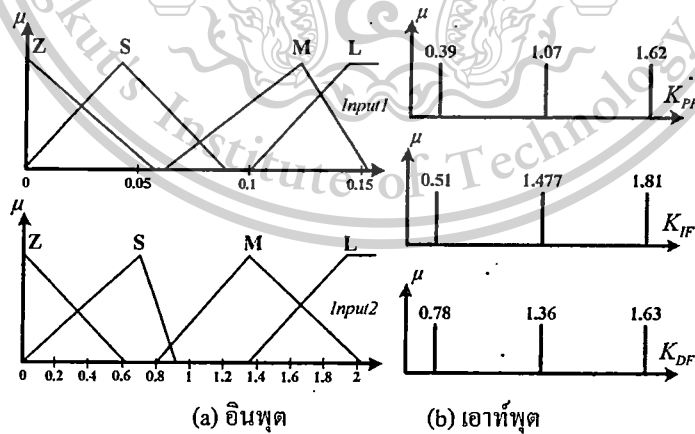
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาพที่ 2.9 MF ที่เหมาะสมสำหรับอินพุต และเอาท์พุตของตัวควบคุม P

		Input2			
		Z	S	M	L
		K_{PF}, K_{IF}, K_{DF}	K_{PF}, K_{IF}, K_{DF}	K_{PF}, K_{IF}, K_{DF}	K_{PF}, K_{IF}, K_{DF}
Input1	Z	S, L, L	S, L, L	S, S, M	M, M, M
	S	S, M, S	S, M, M	M, S, M	S, L, L
	M	M, S, S	S, L, M	M, M, M	L, S, M
	L	S, L, M	M, M, M	L, M, M	L, M, L

ภาพที่ 2.10 CR ที่เหมาะสมสำหรับตัวควบคุม P



ภาพที่ 2.11 MF ที่เหมาะสมสำหรับอินพุต และเอาท์พุตของตัวควบคุม Q

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

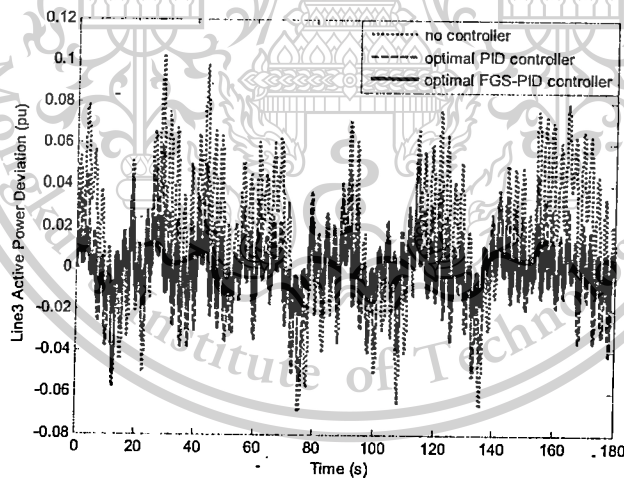
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

		Input2			
		Z	S	M	L
		K_{PF}, K_{IF}, K_{DF}	K_{PF}, K_{IF}, K_{DF}	K_{PF}, K_{IF}, K_{DF}	K_{PF}, K_{IF}, K_{DF}
Input1	Z	S, S, M	S, M, M	S, M, L	S, L, L
	S	S, M, M	M, S, M	M, M, M	S, M, L
	M	L, S, S	L, S, M	M, M, M	L, M, M
	L	L, S, M	L, M, M	L, S, L	L, S, L

ภาพที่ 2.12 CR ที่เหมาะสมของตัวควบคุม Q

ผลการจำลองระบบแบบไม่เป็นเชิงเส้นได้ทำการทดสอบออกมา 3 กรณีดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1 ระบบ MG มีการทำงานภายใต้การผลิตกำลังไฟฟ้าจาก WP และ PV ดังภาพที่ 2.7 ผลการจำลองระบบได้แสดงไว้ในภาพที่ 2.13 และ 2.14 จากรูปจะเห็นได้ว่าระบบที่ไม่ได้ทำการควบคุม EZ กำลังไฟฟ้าในสายมีการแกว่งอย่างรุนแรง ในทางตรงกันข้าม EZ ร่วมกับตัวควบคุมไม่ว่าจะเป็น PID ที่เหมาะสม หรือ FGS-PID ที่เหมาะสม สามารถที่จะยับยั้งการแกว่งของกำลังไฟฟ้าได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง EZ ร่วมกับตัวควบคุม FGS-PID ที่เหมาะสม มีประสิทธิภาพการหน่วงมากกว่า EZ ร่วมกับตัวควบคุม PID ที่เหมาะสม

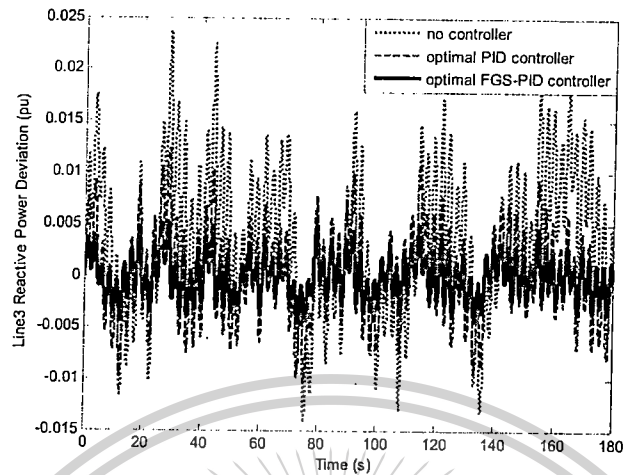


ภาพที่ 2.13 การแกว่งของกำลังไฟฟ้าจริงในสาย 3 กรณีที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

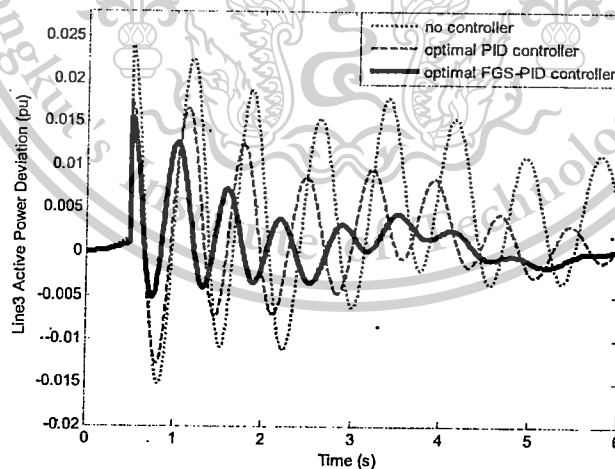
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาพที่ 2.14 การแกว่งของกำลังไฟฟ้าเสมือนในสาย 3 กรณีที่ 1

กรณีที่ 2 สมมติว่าการผลิตกำลังไฟฟ้าจาก WP และ PV ในภาพที่ 2.7 ลดลง 50% และขณะเดียวกันที่เวลา $t = 0.5$ s กำลังไฟฟ้าจริงของโหลดเพิ่มขึ้นอย่างทันทีทันใดจาก 0.6 pu เป็น 0.8 pu ผลการจำลองของการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าจริง และกำลังไฟฟ้าเสมือนในสาย 3 ได้แสดงอยู่ในภาพที่ 2.15 และ 2.16 จากรูปเมื่อทำการเปรียบเทียบกับ EZ ร่วมกับตัวควบคุม PID จะเห็นได้ว่า EZ ร่วมกับตัวควบคุม FGS-PID ได้แสดงถึงประสิทธิภาพการควบคุมที่เหนือกว่า

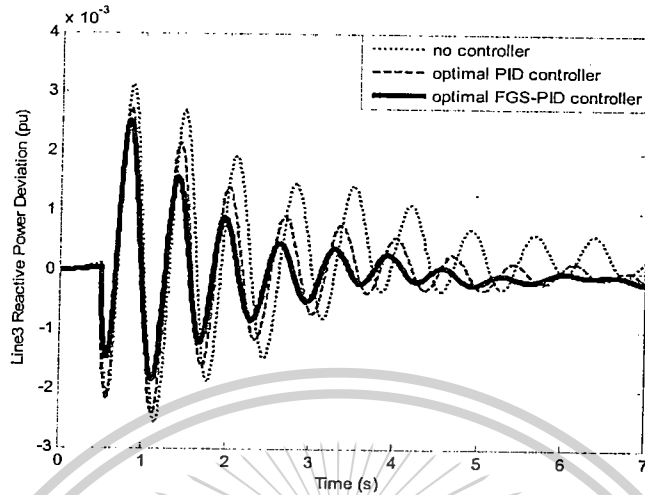


ภาพที่ 2.15 การแกว่งของกำลังไฟฟ้าจริงในสาย 3 กรณีที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีดำนนำไปใช้

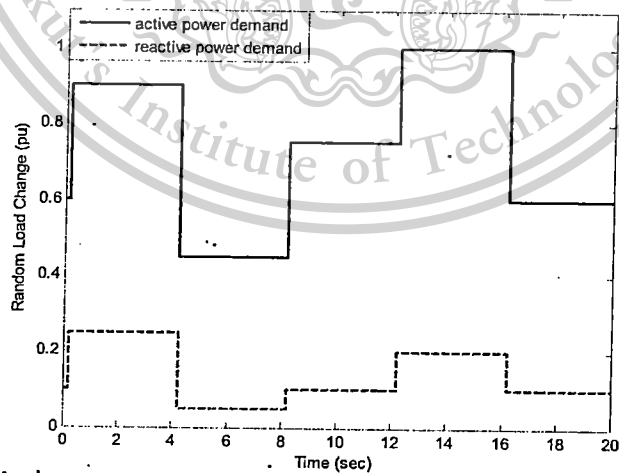
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาพที่ 2.16 การแกว่งของกำลังไฟฟ้าเสมือนในสาย 3 กรณีที่ 2

กรณีที่ 3 สมมติว่า การผลิตกำลังไฟฟ้าจาก WP และ PV ในรูปที่ 2.7 ลดลง 50% ขณะเดียวกันมีการเปลี่ยนแปลงโหลดแบบสุ่มดังแสดงในภาพที่ 2.17 ผลการจำลองของการแกว่งกำลังไฟฟ้าจริง และกำลังไฟฟ้าเสมือนในสาย 3 ได้แสดงในภาพที่ 2.18 และ 2.19 จากรูปจะเห็นได้ว่า EZ ร่วมกับตัวควบคุม PID ที่เหมาะสมมีความอ่อนไหวต่อสิ่งรบกวนทำให้มีการแกว่งของกำลังไฟฟ้าสูง ในทางกลับกัน EZ ร่วมกับตัวควบคุม FGS-PID ที่เหมาะสมซึ่งที่นำเสนอขึ้นมีความคงทนที่ดีกว่าทำให้สามารถหน่วงการแกว่งของกำลังไฟฟ้าได้ดีกว่า

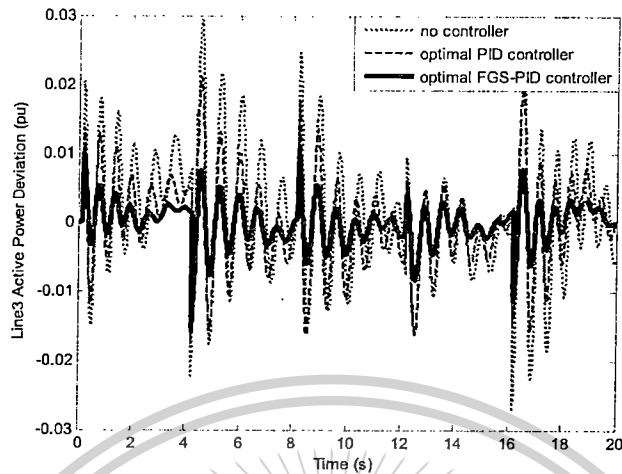


ภาพที่ 2.17 ความต้องการของกำลังไฟฟ้าจริง และกำลังไฟฟ้าเสมือน

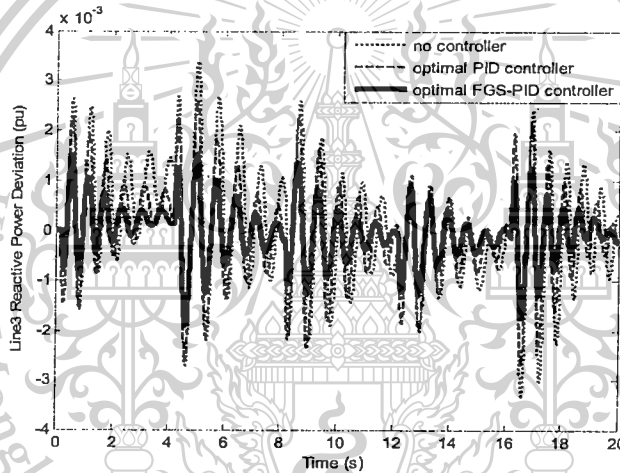
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาพที่ 2.18 การเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าจริงในสาย 3 ในกรณีที่ 3



ภาพที่ 2.19 การเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าเสมือนในสาย 3 ในกรณีที่ 3

2.5 สรุป

บทนี้นำเสนอการควบคุมที่ชาญฉลาดของ EZ สำหรับการขยับยั้งของการแกว่งกำลังไฟฟ้าในระบบไมโครกริดแบบแยกโดด ซึ่งนอกจากการผลิตไฮโดรเจนสำหรับ FC แล้ว กำลังไฟฟ้าที่รับโดย EZ สามารถควบคุมได้อย่างรวดเร็วเพื่อที่จะชดเชยการแกว่งของกำลังไฟฟ้าได้ ตัวควบคุมกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าเสมือนของ EZ ได้ทำการออกแบบบนพื้นฐานของการควบคุม FGS-PID ที่เหมาะสมซึ่งออกแบบโดยปราศจากการลองผิดลองถูก หรืออาศัยความเชี่ยวชาญผู้ออกแบบ โดยค่าของ SF MF และ CR ได้ทำการออกแบบให้เหมาะสมโดยอัตโนมัติด้วยวิธีฟุ้งฝิ่ง ผลลัพธ์การจำลองได้ยืนยันแล้วว่าประสิทธิภาพการควบคุมและความคงทนของ EZ ร่วมกับตัวควบคุม FGS-PID ที่เหมาะสมดังที่นำเสนอ นั้นเหนือกว่าตัวควบคุม PID ที่เหมาะสม ภายใต้สถานการณ์ที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

3.1 สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ ได้นำเสนอการออกแบบตัวควบคุมพีไอดีที่ปรับค่าได้ด้วยการกำหนดอัตราขยายแบบพีชชีที่เหมาะสมด้วยวิธีฟูงฟู้ง ในการปรับปรุงเสถียรภาพของระบบไมโครกริด เพื่อให้ตัวควบคุมมีสมรรถนะที่คล้ายกับตัวควบคุมพีไอดี และมีคุณลักษณะการทำงานแบบพีชชีโลจิก จึงได้มีการนำเอาตัวควบคุมพีชชีโลจิกมาทำการปรับค่าตัวควบคุมพีไอดี ที่เรียกว่าตัวควบคุมพีชชีโลจิก-พีไอดีที่ปรับค่าได้ อย่างไรก็ตาม พารามิเตอร์ของตัวควบคุมพีชชีโลจิก-พีไอดี มีความยุ่งยาก และซับซ้อนในการออกแบบ ทำให้ตัวควบคุมที่ออกแบบโดยทั่วไปนั้นยังมีสมรรถนะที่ไม่ดีเท่าที่ควร เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้วิธีฟูงฟู้งเข้าในการปรับค่าที่เหมาะสมพร้อมกันทั้งหมด ผลจากการจำลองทางคอมพิวเตอร์สามารถที่จะสรุปได้ดังต่อไปนี้

- 1) สามารถที่จะออกแบบอัตราขยายของเฟดเดอร์สัดส่วน ตำแหน่งของฟังก์ชันสมาชิก และเงื่อนไขของกฎควบคุมได้พร้อมกันทั้งหมดแบบอัตโนมัติ โดยปราศจากการลองผิดลองถูก หรือใช้ความชำนาญการของผู้ออกแบบ
- 2) สามารถที่จะประยุกต์ใช้ออกแบบตัวควบคุมมากกว่า 1 ตัวให้ทำงานร่วมกันได้อย่างเหมาะสม
- 3) ได้ประยุกต์วิธีที่นำเสนอไปออกแบบตัวควบคุมกำลังไฟฟ้าจริง และเสมือนของอิเล็กทรอนิกส์เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม และแสงอาทิตย์รวมอยู่ด้วยได้ ผลที่ได้คือ อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำงานภายใต้ตัวควบคุมที่นำเสนอนั้นมีสมรรถนะในการทำเสถียรภาพระบบได้ดีกว่าตัวควบคุมที่นำมาเปรียบเทียบ ภายใต้การจำลองสถานการณ์ที่แตกต่างกัน

3.2 ข้อเสนอแนะ

การออกแบบตัวควบคุมแบบพีชชีโลจิก-พีไอดี ให้เหมาะสมด้วยวิธีฟูงฟู้ง ดังที่งานวิจัยนี้นำเสนอ สามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานกับระบบอื่นๆ ได้ เช่น

- 1) สามารถที่จะประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ Flexible AC transmission system (FACTS) แบบอื่นได้
- 2) สามารถที่จะประยุกต์ใช้กับระบบที่มีอุปกรณ์ชดเชยมากกว่า 1 ตัว ทั้งแบบชนิดเดียวกัน และต่างชนิดกันได้
- 3) สามารถที่จะประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงเสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลังที่มีขนาดใหญ่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

อย่างไรก็ตามวิธีที่นำเสนอขึ้นเป็นการทดสอบเพื่อแสดงให้เห็นถึงสมรรถนะของตัวควบคุมพีซีซี โลจิก-พีไอดีที่ปรับค่าได้ โดยทำการออกแบบจากการทดสอบกรณีเดียวแต่ตัวควบคุมยังสามารถที่จะรองรับกับการทำงานกรณีอื่นๆได้ แต่สำหรับการออกแบบเพื่อใช้งานจริงควรที่จะทำการออกแบบโดยใช้หลายๆ กรณีศึกษา เพื่อให้ตัวควบคุมที่ได้ขึ้นมีความเหมาะสมกับทุกสถานการณ์ ในการเกิดสิ่งรบกวนต่างๆ ขึ้นในระบบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4
ผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย

4.1 ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

วารสารวิชาการระดับนานาชาติ

Theerawut Chaiyatham and Issarachai Ngamroo, "Alleviation of Power Fluctuation in a Microgrid by Electrolyzer based on Optimal Fuzzy Gain Scheduling PID Control", IEEJ Transactions on Electrical and Electronics Engineering (Accepted for publication)
(ISI Impact Factor 2012 = 0.343)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บรรณานุกรม

- [1] N. Hatzigiorgiou, et al., "Microgrids" IEEE Power and Energy Magazine, Vol. 5, 2007, pp. 78-94.
- [2] Márquez JL, Molina MG, Pacas JM. Dynamic modeling, simulation and control design of an advanced micro-hydro power plant for distributed generation applications, International Journal of Hydrogen Energy, Vol.35, 2010, pp. 5772-7.
- [3] M. Santos and A.L. Dexter, Control of a cryogenic process using a fuzzy PID scheduler, Journal of Control Engineering Practice, vol.10, no.10, 2002, pp. 1147-1152.
- [4] N.W. Aung, E. W. Cooper, Y. Hoshino and K. Kamei, A proposal of fuzzy control systems for trailers driven by multiple motors in side slipways to haul out ships, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, vol.3, no.4, 2007, pp. 799-812.
- [5] K.J. Astrom and B. Wittenmark, Adaptive control, Addison-Wesley, Publishing Company, 1989.
- [6] E. Cam and I. Kocaarslan, Load frequency control in two area power systems using fuzzy logic controller, International Journal of Energy Conversion and Management, vol.46, 2005, pp.233-243.
- [7] D. Karaboga, "An idea Based on Honey Bee Swarm for Numerical Optimization", Technical Repor-Tr06t, Erciyes Univ., Turkey, 2005.
- [8] T.Senju, et al., "Generating Power Leveling of Renewable Energy for Small Power System in Isolated Island," IEEE Trans Power Energy, Vol.25, No.12, 2005, pp.1209-1215.
- [9] T.Senju, et al., "A Hybrid Power System Using Alternative Energy Facilities in Isolate Island", IEEE Trans.Energy Conv, Vol. 20, 2005.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

To: t.chaiyatham@hotmail.com
From: noreply@submit.iee.or.jp
Subject: [IEEJ] Acceptance letter from IEEJ (ID 12002368)
Date: Tue, 16 Jul 2013 16:28:04 +0900

This e-mail was sent from a send-only address.
Please do not directly reply to this e-mail address as you will not receive a response.

Dear Mr. THEERAWUT CHAIYATHAM,

Notification of Publication

It is our pleasure to accept for your submitted paper.
Following paper you submitted has been accepted and will be published on TEEE B (Power and Energy).

.. Receipt Number (IEEJ ID) 12002368
..... Title of Manuscript Alleviation of Power Fluctuation in a Microgrid by Electrolyzer based on Optimal Fuzzy Gain Scheduling PID Control
..... Author Mr. THEERAWUT CHAIYATHAM
.....Section TEEE B (Power and Energy)
.....Vol. No. Vol. 9 No. 2, March 2014 issue
... Deadline for your final submission 2013/7/25 (due NLT)

Beginning from Vol. 131, No.5, the IEEJ Transactions A, B, C, D & E are published only electronically. Therefore, we abolish producing reprints for authors, however, the corresponding author of Vol. 131, No.5 or later editions is provided with a PDF file of the article instead of the reprints.

Reprints are available for purchase at the IEEJ Electronic Library after the IEEJ Transactions are published electronically, if necessary.
Please go to the following URL.

URL: <http://www.bookpark.ne.jp/ieej/>

NOTE: This site is Japanese version only, and sales through the IEEJ Electronic Library are within Japan only.

In the case of a purchase from overseas, please order by sending an e-mail to the institute secretariat. And an additional shipping charge will be required.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

The final manuscript and other documents required should be submitted via the Web.

Please log in to <https://submit.iee.or.jp/main/cgi/sstk-top.cgi>, and select "Paper resubmission or final manuscript submission" from the Top Menu to submit the final manuscript.

Please refer to the following URL for Publishing fees.

URL: <http://www2.iee.or.jp/ver2/honbu/90-eng/14-magazine/index031.html>

We will send you an invoice for Publishing Fees in the middle of the month of publication.

Notes on submission of a color manuscript:

All figures, photographs and tables will be published in color in the electronic journal at no additional cost for color presentation when you submit a manuscript data in color.

However, all reprints sold through the IEEJ Electronic Library will be printed in black and white.

When color images appear in black and white, the contrast may be unclear.

Accordingly, before submitting the final manuscript data, you have to print it in black and white to confirm that the figures, photographs and tables appear clearly.

If you have any questions, please feel free to contact Editorial & Publishing Section, IEEJ.

E-mail: teee-sadoku@iee.or.jp

Comments to Authors from IEEJ:

Sincerely Yours,

The Chairperson of the Editorial Affairs
The Institute of Electrical Engineers of Japan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Alleviation of Power Fluctuation in a Microgrid by Electrolyzer based on Optimal Fuzzy Gain Scheduling PID Control

Theerawut Chaiyatham^{*a)}, Non-member, Issarachai Ngamroo^{*}, Non-member

(Manuscript received Dec. 03, 2012, revised May 22, 2013)

This paper presents an application of electrolyzer (EZ) to alleviate the power fluctuation in a microgrid with hybrid power generations from wind, photovoltaic, fuel cell, and diesel engine. In this microgrid, the intermittent power generations from wind and photovoltaic cause the severe power fluctuation. With the fast response of EZ, the power absorbed by EZ can be controlled to compensate for power fluctuation, in addition to the hydrogen production for fuel cell. The structure of active and reactive power controllers of EZ is the fuzzy gain scheduling of proportional-integral-derivative (FGS-PID) controller. Without trial and error, the scale factors, the membership functions, and the control rules of the FGS-PID controller are automatically optimized by bee colony optimization. Simulation study confirms that the proposed EZ with optimal FGS-PID controller is much superior to the optimal PID controller in terms of damping effect, robustness against disturbances and hydrogen production.

Keywords : Electrolyzer, microgrid, fuzzy gain scheduling, bee colony optimization.

1. Introduction

Recently, a microgrid is expected as a smart alternative solution for solving the technical, economical and environmental issues of the conventional power system. Since the microgrid can generate and supply power to load in its local area, the capital investment for construction of the power system can be reduced. In addition, supporting voltages, reducing power loss etc., can be provided by the microgrid⁽¹⁾. The microgrid is the cluster of the distributed generation with renewable energy resources and/or conventional generating units and loads⁽²⁾. At present, there are many microgrid projects around the world such as the Aichi, Kyotango and Hachinohe microgrid projects in Japan⁽³⁾, the Consortium for Electric Reliability Technology Solutions project in the United States⁽⁴⁾, and The Kythnos Island microgrid in Greece⁽²⁾ etc.

For the power sources in the microgrid, the renewable energy sources such as wind power, photovoltaic, fuel cell with electrolyzer (EZ) etc., have been paid much attentions, since these sources are inexhaustible, environmental friendly, clean and no CO₂ emission⁽⁵⁾. These renewable energy sources can be operated together or with the conventional power sources such as diesel or gas turbine generator etc. Nevertheless, the power generations from wind power and photovoltaic are variable because the solar and wind energy are intermittent in nature⁽⁶⁾. These cause the power unbalance in generation and load⁽⁷⁾, and results in the severe power fluctuation in the microgrid⁽⁸⁾⁻⁽⁹⁾. To suppress the power fluctuation, several methods have been proposed in previous works. In⁽¹⁰⁾, an automation system for controlling the electric energy flows in the stand-alone renewable energy supply has been presented. The superconducting magnetic energy storage has been applied to stabilize power fluctuation in the interconnected power system⁽¹¹⁾. In⁽¹²⁾, the smart energy storage

system has been applied to control power dispatching from the wind generation. Besides, The composite energy storage system and ultracapacitor have been used to stabilize the power fluctuation in a microgrid⁽¹³⁾.

Among the stabilizing devices, the EZ equipped with fuel cell has been paid attentions recently. In addition to the hydrogen production for fuel cell input, the EZ can be used as the controllable load. In⁽¹⁴⁾, the EZ has been proposed to control grid frequency and voltage for remote power system stabilization. Besides, the EZ has been applied to increase the load factor to the maximum level of 100 % at high wind penetrations⁽¹⁵⁾. Moreover, the power absorbed by EZ can be rapidly controlled to compensate for power fluctuation in the microgrid. As proposed in⁽¹⁶⁾, the EZ has been successfully applied to enhance the control effect of microturbine for robust frequency stabilization in the microgrid. Nevertheless, this proposed robust fixed structure H_∞ controller design of EZ has been developed and evaluated in the linearized model under the occurrence of small disturbances. To show the significant control effect of EZ, more studies based on nonlinear system model with large disturbances and various operating conditions should be carried out.

This paper applies the EZ which has been located in the microgrid, as the controllable load to alleviate the power fluctuation. With the fast dynamic response, the EZ can be adopted to rapidly absorb power fluctuation from wind power and photovoltaic. To perform satisfactory control of EZ, the optimal design of fuzzy gain scheduling of PID (FGS-PID) controller⁽¹⁷⁾ for EZ is presented. In addition, the scale factors (SF), membership functions (MF), and control rules (CR) of the optimal FGS-PID control are automatically tuned by bee colony optimization⁽¹⁸⁾. Simulation study is carried out in the nonlinear model. The proposed EZ with optimal FGS-PID controller not only shows superior damping effect and robustness than the EZ with optimal PID controller under various operating conditions and large disturbances, but also provides more hydrogen production.

a) Correspondence to: Theerawut Chaiyatham. E-mail: t.chaiyatham@hotmail.com

School of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Chalokkrung Rd. Bangkok, Thailand, 10520.

2. Study system and modeling

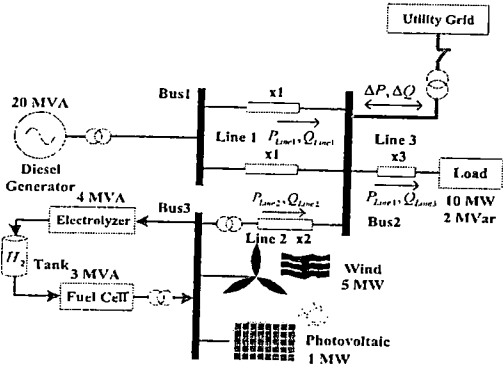
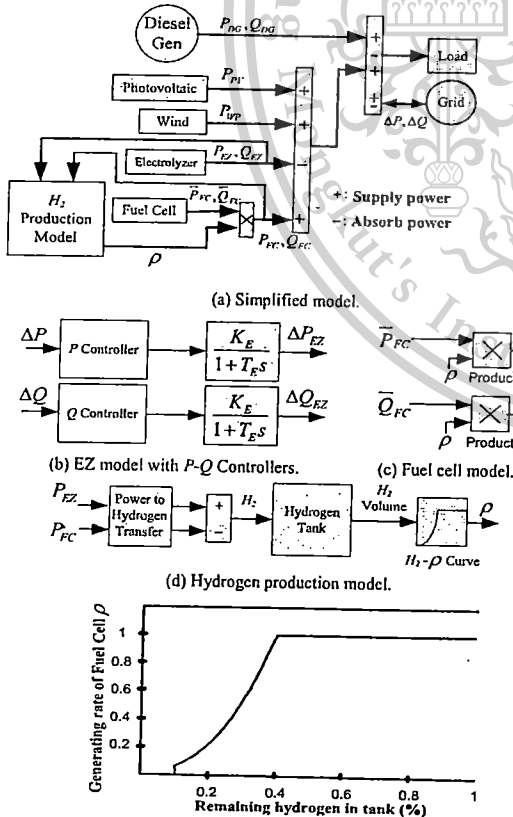


Fig. 1. A microgrid.

A single line diagram of a microgrid⁽¹⁹⁾ is depicted in Fig. 1. The microgrid is interconnected to the utility grid. The microgrid consists of 20 MVA diesel generator, 5 MW wind power, 1 MW photovoltaic, 4 MW EZ, 3 MW fuel cell and 10+j2 MVA load. The system base power is 20 MW. The diesel generator is represented by a 3rd-order synchronous generator model⁽²⁰⁾. It is equipped with a simplified 1st-order model of exciter and governor⁽²⁰⁾. The load model with constant P - Q characteristic is used. The wind power and photovoltaic models are represented by the random power source⁽¹⁶⁾. The intermittent power generation from wind power and photovoltaic causes power fluctuation in the microgrid.



(e) Relation of the remaining hydrogen in the tank and the fuel cell generating rate.

Fig. 2. Microgrid modeling.

Fig.2 (a) depicts the simplified model of microgrid where P_{DG} and Q_{DG} are active and reactive power output of diesel generator, respectively. P_{WP} is wind power output. P_{EZ} and Q_{EZ} are absorbed active and reactive power of EZ, respectively. ΔP_{EZ} and ΔQ_{EZ} are deviation of absorbed active and reactive power of EZ, respectively. The EZ absorbs the active and reactive power from the system in order to produce the hydrogen with the rate of 0.029 l/kWh. The produced hydrogen is stored in the 500 liters hydrogen tank. The fuel cell uses the hydrogen in the tank as the input fuel and converts to the active and reactive power outputs with the rate of 0.061 (l/kWh). The control design objective is to alleviate the line power fluctuation by FGS-PID based-active and reactive controllers (P and Q controllers) of EZ. The EZ equipped with power controllers, fuel cell, and hydrogen production model are demonstrated in Fig. 2(b), (c) and (d), respectively⁽²¹⁾.

In this study, the operating method of fuel cell generators has two limitations. These limitations are very important in reduction of a startup and a shutdown of fuel cell generators since a voltage of fuel cell drops due to its startup and shutting-down operations⁽²¹⁾. These two limitations are given as follows.

- If the remaining amount of the hydrogen drops below 10 % of the hydrogen tank capacity, the fuel cell stops. These fuel cells continue to stop until the capacity of the hydrogen reaches 50 %
- The generating rate of the fuel cell varies ρ with the remaining fuel in the hydrogen tank. The relation between the remaining fuel in hydrogen tank and the generating rate is shown in Fig.2 (e).

From the limitation (ii), the actual generating power of fuel cell is represented by the product of the generating rate and the output command of fuel cell as,

$$\begin{aligned} P_{FC} &= \rho \bar{P}_{FC} \\ Q_{FC} &= \rho \bar{Q}_{FC} \end{aligned} \quad (1)$$

Where P_{FC} and Q_{FC} are active and reactive power output of fuel cell, respectively. \bar{P}_{FC} and \bar{Q}_{FC} are active and reactive power command output of fuel cell, respectively. ρ is the power generating rate of fuel cell. In the EZ model, K_E and T_E are set at 6.6 and 0.2, respectively.

3. Proposed FGS-PID controller

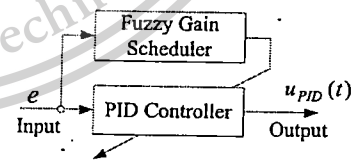


Fig. 3. Schematic of FGS-PID controller.

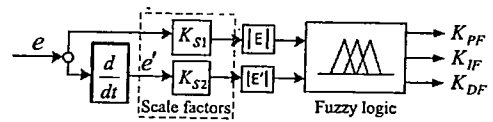


Figure 4. Block diagram of fuzzy gain scheduler.

It is well-known that, a PID controller is the most widely used in the modern industry due to its simple and practical structure. The control signal of a classical PID controller can be expressed in the time domain as

$$u_{PID}(t) = K_P e(t) + K_I \int e(t) dt + K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

where $e(t)$ is the input control signal of controller. $u_{PID}(t)$ is the control signal for the system. K_p , K_i and K_d are the proportional, integral and derivative gains, respectively.

However, the classical PID controller does not yield reasonable performance over a wide range of operating conditions because of fixed gains. This is the reason that the fuzzy logic is used to tune the PID parameters. From (2), the coefficients K_p , K_i and K_d of PID controller are tuned on-line by the knowledge base and fuzzy interface of the fuzzy gain scheduler. Then the classical PID controller generates the control signal to the system. Accordingly, the detailed FGS-PID controller can be clearly shown in Fig. 3.

The inputs of fuzzy gain scheduler are the current absolute error ($|E|$) and the current absolute derivative error ($|E'|$) as shown in Fig. 4. The outputs are the normalized value of proportional operation (K_{PF}), integral operation (K_{IF}) and derivative operation (K_{DF}). Note that the fuzzy gain scheduler consists of two inputs and three outputs. For the input part, E and E' are given by

$$E = eK_{S1} \quad (3)$$

$$E' = e'K_{S2} \quad (4)$$

where K_{S1} and K_{S2} are the scale factors of fuzzy gain scheduler, e' is the time derivative of e .

Here, the fuzzy gain scheduler is based on the fuzzy singleton. The parameters of K_{PF} , K_{IF} and K_{DF} are determined by a set of control rules of fuzzy gain scheduler as

If input 1 is F and input 2 is G , then $K_{PF} = H$, $K_{IF} = I$, $K_{DF} = J$ (5)

where F , G , H , I and J are the fuzzy set on the corresponding supporting sets. The MFs of these fuzzy sets for input and output are shown in Fig. 5, where μ is the grade of each membership.

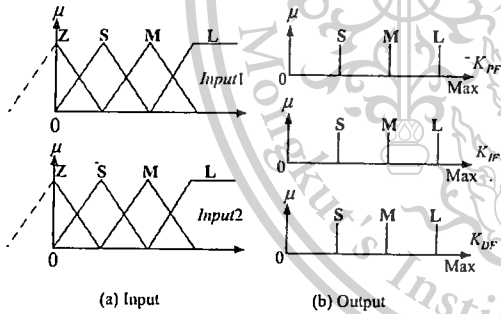


Fig. 5. MFs for input and output of fuzzy gain scheduler.

By using the MFs in Fig. 5, the outputs of K_{PF} , K_{IF} and K_{DF} are defined by defuzzification rule as⁽²²⁾

$$K_{PF} = \frac{\sum_{i=1}^{NR} w_i K_{PF,i}}{\sum_{i=1}^{NR} w_i} \quad (6)$$

$$K_{IF} = \frac{\sum_{i=1}^{NR} w_i K_{IF,i}}{\sum_{i=1}^{NR} w_i} \quad (7)$$

$$K_{DF} = \frac{\sum_{i=1}^{NR} w_i K_{DF,i}}{\sum_{i=1}^{NR} w_i} \quad (8)$$

where $K_{PF,i}$, $K_{IF,i}$ and $K_{DF,i}$ are values of K_{PF} , K_{IF} and K_{DF} respectively, which correspond to the grade μ_i for the i^{th} rule. NR is number of control rule. w_i is weights that can be calculated as the product of membership values of inputs being fuzzified.

Through the fuzzy knowledge, the new PID parameters of the FGS-PID controller, which are tuned on line, can be established by the following equations:

$$K_p = K_{PC} \cdot K_{PF} \quad (9)$$

$$K_i = K_{IC} \cdot K_{IF} \quad (10)$$

$$K_d = K_{DC} \cdot K_{DF} \quad (11)$$

where K_{PC} , K_{IC} and K_{DC} are the proportional, integral and derivative gains of the classical PID controller that are designed in the system, respectively.

The MFs of input1 and input2 are indicated in Fig. 5(a). Each input consists of three triangular memberships and one trapezoidal membership. Each output of the fuzzy gain scheduler includes three constant memberships that are S (Small), M (Medium) and L (Large).

In the FGS-PID controller design, the important procedure is how to determine the scale factors, membership functions and control rules. In general, they are determined by the trial and error or designer's experiences. To overcome this problem, this study applies a bee colony optimization to automatically determine the scale factors, membership functions and control rules.

4. Bee colony optimization

The bee colony optimization (BCO) algorithm mimics the food foraging behavior of swarms of honey bees⁽¹⁸⁾. Honey bees use several mechanisms like waggle dance to optimally locate food sources and to search new ones. This makes them a good candidate for developing new intelligent search algorithms. It is a very simple, robust and population based stochastic optimization algorithm.

The procedure of bee colony optimization is given as below:

Step 1: Generate randomly the initial populations of n scout bees. These initial populations must be feasible candidate solutions that satisfy the constraints. Set $NC = 0$.

Step 2: Evaluate the fitness value of the initial populations.

Step 3: Select m best sites for neighborhood search.

Step 4: Separated the m best sites to two groups, the first group has eb best sites and another group has $m-eb$ best sites.

Step 5: Determine the size of neighborhood search of each best size (patch size, ngh).

Step 6: Recruit bees for selected sites (more bees for the best eb sites).

Step 7: Select the fittest bees from each patch.

Step 8: Check the stopping criterion. If satisfied, terminate the search, else $NC = NC + 1$.

Step 9: Assign the $n-m$ remaining bees to random search.

Step 10: New population of scout bees. Go to Step 2.

Where ns is number of scout bee, NC is number of iteration, m is number of sites selected for neighbourhood search, eb is number of best "elite" sites out of m selected sites and ne is number of employed bee.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Simulation study

To show superior effect of proposed method, the following controllers are applied for comparison study:

“no controller” means the EZ without P - Q controller. As a result, the absorbed power of EZ is set to be constant.

“optimal PID controller” means the EZ equipped with P and Q controllers which are designed based on an optimal PID controller. Here, this optimal PID controller is referred to as the conventional PID which is widely used in industry due to practical controller structure, less parameters setting, and high control performance etc.

The PID parameters of the optimal PID controller are optimized by the same optimization problem of the proposed optimal FGS-PID controller as

$$\text{Minimize } IAE = \int_0^{\infty} (|\Delta P(t)| + |\Delta Q(t)|) dt \quad (12)$$

where ΔP and ΔQ are active and reactive power deviations which flow to the interconnected grid as shown in Fig. 1. ΔP and ΔQ can be calculated by the difference between generation power and load power as

$$\begin{aligned} \Delta P &= P_{Line1} + P_{Line2} - P_{Line3} \\ \Delta Q &= Q_{Line1} + Q_{Line2} - Q_{Line3} \end{aligned} \quad (13)$$

where P_{Line1} , P_{Line2} , P_{Line3} , Q_{Line1} , Q_{Line2} , Q_{Line3} are active and reactive power flows in line1, line2 and line3, respectively. Note that P_{Line3} and Q_{Line3} are constant due to the load with constant P and Q . This optimization problem is solved by BCO. Here, the parameters in BCO are set as follows: $n = 100$, $m = 10$, $eb = 4$, $ngh = 30\%$ and $NC = 100$.

Normally, the fluctuation of wind power and photovoltaic power are based on the wind speed and insolation change, respectively. Here, it is supposed that the sampling time of wind power and photovoltaic power for 180 s in Fig. 6, are 0.5 and 2 s respectively⁽¹⁹⁾. Note that the trained parameters obtained in 180 s of the short simulation period (short-term) and the simplified model can be applied instead of those in the long simulation period (long-term). Although the optimization with long-term provides better result than that with short term, it takes longer time in the optimization. If the data of short term and long term are not much different, the short term data are preferable.

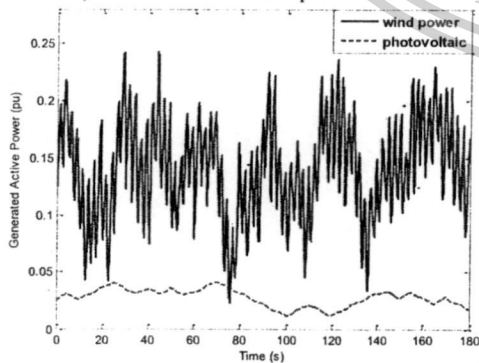


Fig. 6. Wind power and photovoltaic output.

In P - Q control, there are error factors that affect the control performance as follows. First, the lags of the control signal may cause the delay for power compensation of the controller. When the fast disturbance such as severe fault occurs in the system, the

P - Q control may not be able to respond and handle such fault in time. Next, the power capacity of EZ also determines the ability of P - Q control. When the capacity of EZ is less than the magnitude of power fluctuation, the P - Q control effect may be deteriorated. In addition, the performance of controller is one of important issue.

Generally, the controller with adaptive gain provides the control effect greater than controller with fixed gain. As a result, the convergence curves of the EZ with both optimal PID and optimal FGS-PID controllers are shown in Fig. 7. They start at the different initial values and gradually decrease to the minimum values. Note that, the optimal FGS-PID controller gives the minimum value less than the optimal PID controller. Moreover, the optimal result of FGS-PID controller is found at 28th iteration and no better result is found after this iteration.

The designed control parameters of P and Q controllers of EZ are demonstrated in Tables 1 and 2, respectively. The optimized membership functions and control rules of P and Q controllers of EZ are shown in Figs. 8, 9, 10 and 11, respectively.

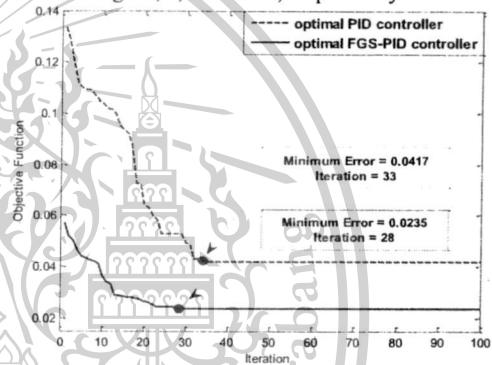


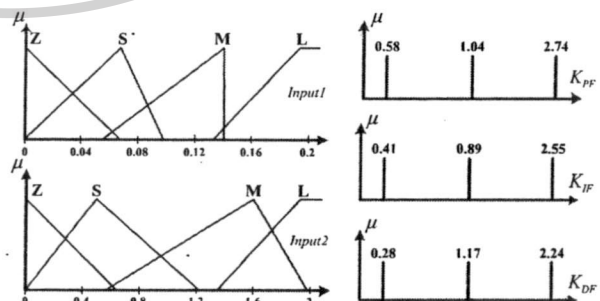
Fig. 7. Convergence curve.

Table 1. PID control parameters of P and Q Controllers.

	K_{PC}	K_{IC}	K_{DC}
P Controller	5.701	1.82	0.0166
Q Controller	0.0257	0.0032	0.001

Table 2. FGS-PID control parameters of P and Q Controllers.

	K_{S1}	K_{S2}	MFs	CRs
P Controller	1.6896	1.2910	Fig.8	Fig.9
Q Controller	1.1471	0.9982	Fig.10	Fig.11



(a) Input membership functions. (b) Output membership functions. Fig. 8. Optimized MFs for input and output of P controller.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการศึกษานานาชาติ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Input1	Input2			
	Z	S	M	L
	K_{PF}, K_{IF}, K_{DF}	K_{PF}, K_{IF}, K_{DF}	K_{PF}, K_{IF}, K_{DF}	K_{PF}, K_{IF}, K_{DF}
Z	S, L, L	S, L, L	S, S, M	M, M, M
S	S, M, S	S, M, M	M, S, M	S, L, L
M	M, S, S	S, L, M	M, M, M	L, S, M
L	S, L, M	M, M, M	L, M, M	L, M, L

Fig. 9. Optimized control rules of P controller.

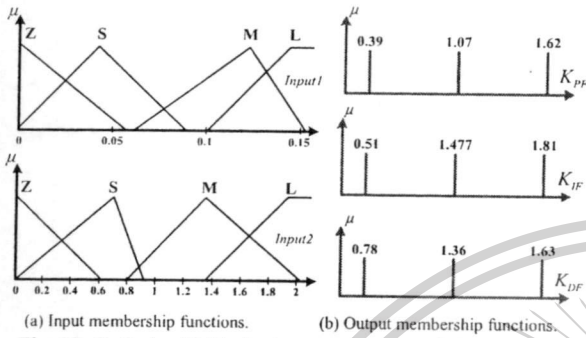


Fig. 10. Optimized MFs for input and output of Q controller.

Input1	Input2			
	Z	S	M	L
	K_{PF}, K_{IF}, K_{DF}	K_{PF}, K_{IF}, K_{DF}	K_{PF}, K_{IF}, K_{DF}	K_{PF}, K_{IF}, K_{DF}
Z	S, S, M	S, M, M	S, M, L	S, L, L
S	S, M, M	M, S, M	M, M, M	S, M, L
M	L, S, S	L, S, M	M, M, M	L, M, M
L	L, S, M	L, M, M	L, S, L	L, S, L

Fig. 11. Optimized control rules of Q controller.

Nonlinear simulations are carried out under four case studies.

Case 1: The microgrid is operated under the power generations from wind power and photovoltaic as shown in Fig. 6.

Simulation results for 2,000 s are depicted in Fig. 12. As shown in Fig. 12 (a), without EZ controller, the line power severely fluctuates. On the other hand, the EZ with optimal PID controller or FGS-PID controller is able to alleviate the power fluctuation. Nevertheless, the EZ with optimal FGS-PID controller provides better damping effect than that with optimal PID controller. Figs. 12 (b), (c) and (d) show the hydrogen production by EZ, the hydrogen used for power generation by fuel cell, and the remaining hydrogen in the tank, respectively. Clearly, the EZ with optimal FGS-PID controller provides more hydrogen production and remaining hydrogen in the tank than that with optimal PID controller with the same hydrogen usage by fuel cell for power generation. This implies the economical merit of the proposed EZ with optimal FGS-PID controller.

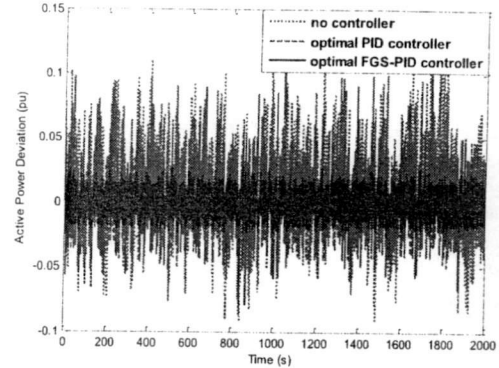
Case 2: Assume that the power generations from wind power and photovoltaic in Fig. 6 decrease by 50%. At $t = 0.5$ s, the active power of load suddenly increases from 0.6 pu to 0.8 pu.

Simulation results of active and reactive power deviations are shown in Figs. 13 (a) and (b), respectively. In comparison to the EZ with optimal PID controller, the EZ with optimal FGS-PID controller shows better stabilizing effect.

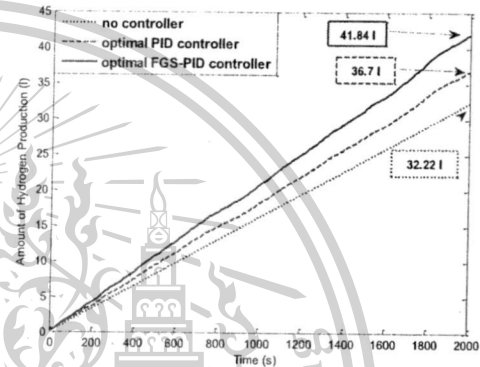
Case 3: Assume that the power generations from wind power and photovoltaic in Fig. 6 decrease by 50% while the random step load occurs as shown in Fig. 14 (a).

Simulation result of active power fluctuation is shown in Fig. 14 (b). The EZ with optimal PID controller is sensitive to the disturbances. On the contrary, the proposed EZ with optimal FGS-PID controller is robustly capable of damping the power

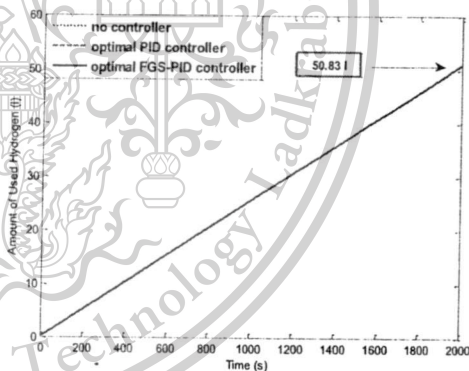
oscillation.



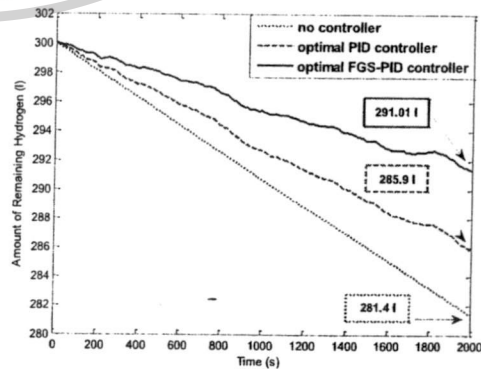
(a) Active power deviation in case 1.



(b) H_2 production by electrolyze.



(c) H_2 used for power generation by fuel cell.

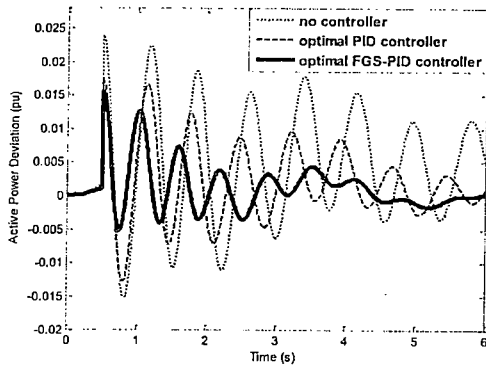


(d) Remaining hydrogen in the tank.

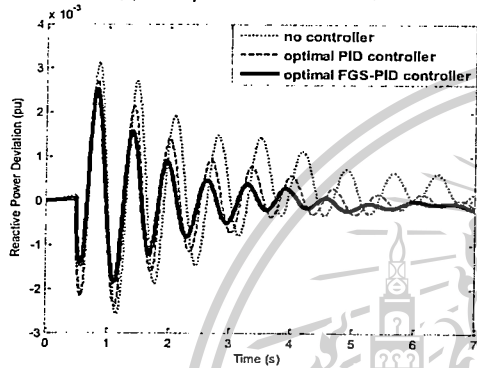
Fig. 12. Simulation results in case 1.

เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

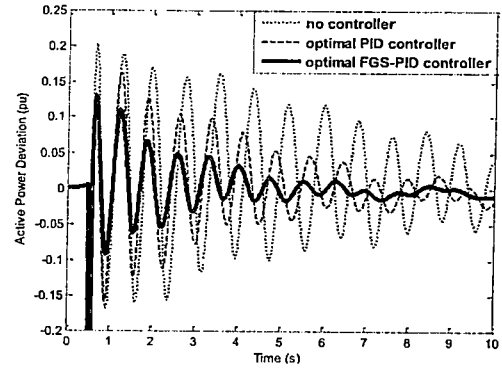


(a) Active power deviation in case 2.

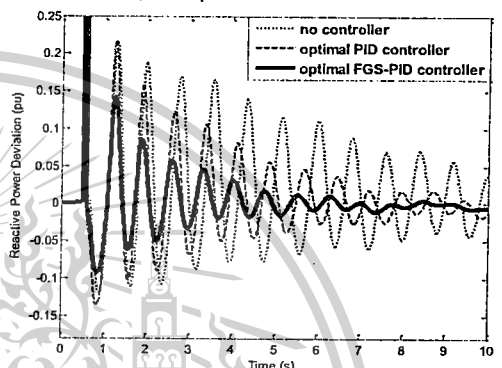


(b) Reactive power deviation in case 2.

Fig. 13. Simulation results in case 2.

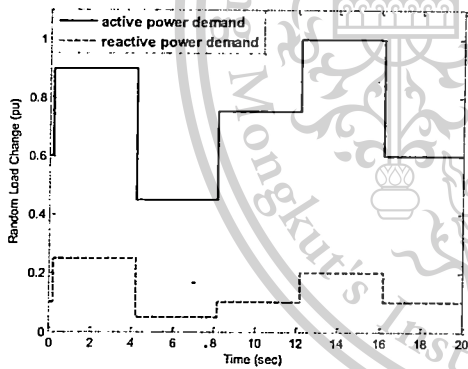


(a) Active power deviation in case 4.

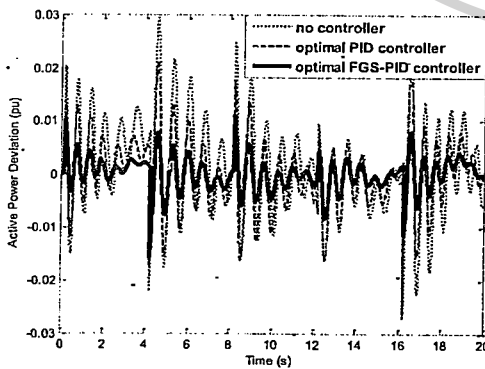


(b) Reactive power deviation in case 4.

Fig. 15. Simulation results in case 4.



(a) Random load changes.



(b) Active power deviation in case 3.

Fig. 14. Simulation results in case 3.

Case 4: Assume that the power generations from wind power and photovoltaic in Fig. 6 decrease by 35%. The three phase fault to ground occurs at bus1 at $t = 0.5$ s for 70 ms and is cleared naturally.

Simulation results of active and reactive power deviations are depicted in Figs. 15 (a) and (b), respectively. It can be observed that the stabilizing effect of the EZ with optimal PID controller is considerably deteriorated by the three-phase fault. The damping effect of the EZ with optimal PID controller is very poor. On the other hand, the proposed EZ with optimal FGS-PID controller can tolerate this severe disturbance. It is able to damp out power oscillation robustly.

6. Conclusion

This paper proposes the smart control of EZ for alleviation of power fluctuation in a microgrid. In addition to the hydrogen production for fuel cell, the power absorbed by EZ is quickly controlled to compensate for power fluctuation. The active and reactive power controllers of EZ are designed based on the optimized FGS-PID control. Without trial and error or designer's experience, the scale factors, membership functions and control rules of the EZ with optimal FGS-PID controller are automatically optimized by the bee colony optimization. Simulation results confirm that the stabilizing effect and robustness of the proposed EZ with optimal FGS-PID controller are much superior to those of the EZ with optimal PID controller. Besides, the proposed EZ shows the economical benefit of hydrogen production.

In addition, the proposed method can be applied to design P - Q controllers of a storage battery. As an example, the authors have used the proposed method to design P - Q controllers of the superconducting magnetic energy storage (SMES) for power

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำออกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

system stabilization⁽²³⁾. Since the P - Q control of SMES and storage battery are based on the inverter control, the proposed method can be applied.

Acknowledgement

This work was supported by the King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Research Fund.

References

- (1) H. Jiayi, J. Chuanwen and X. Rong. "A review on distributed energy resources and MicroGrid". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 12, pp. 2472-2483 (2008).
- (2) N. Hatzigiorgiou, H. Asano, R. Iravani and C. Marnay. "Microgrids". *IEEE Power and Energy Magazine*, Vol. 5, pp. 78-94. (2007)
- (3) S. Morozumi. "Micro-grid demonstration projects in Japan". *Proc. IEEE Power Conversion Conference*, pp. 635-642. (2007)
- (4) B. Kroposki, R. Lasseter, T. Ise, S. Morozumi, S. Papathanassiou and N.Hatzigiorgiou. "Making microgrids work". *IEEE Power and Energy Magazine*, Vol.6, pp. 40-53. (2008)
- (5) K. Koyanagi, A. Taguchi, M. Ishimaru and R.Yokoyama. "Study of the load-following performance of distributed generators in a micro-grid". *IEEJ Trans. on Electrical and Electronic Engineering*, Vol.3, pp.492-502. (2008)
- (6) T. Senjyu, E. Omine, D. Hayashi, H. Sekine and T. Funabashi. "Application of decentralized control for remote power system stabilization by installing renewable energy power plant". *IEEJ Trans. on Electrical and Electronic Engineering*, Vol. 3, pp. 473-481. (2008)
- (7) K. Tanaka, K. Uchida, K. Ogimi, T. Goya, A. Yona, T. Senjyu, T. Funabashi, and C. Kim. "Optimal operation by controllable loads based on smart grid topology considering insolation forecasted error". *IEEE Transactions on Smart Grid*, Vol. 2, pp. 438-444. (2011)
- (8) A. R. Araghi, S. H. Hosseinian, G.B. Gharchepatian and B. Vahidi. "Employing TCPS for suppressing oscillations in two-area system constitute of wind farm and thermal system". *IEEJ Trans. on Electrical and Electronic Engineering*, Vol. 7, pp. 130-135. (2012)
- (9) T. H. Mohamed, J. Morel, H. Bevrani, A. A. Hassan, Y. S. Mohamed and T. Hiyama. "Decentralized model predictive-based load-frequency control in an interconnected power system concerning wind turbines". *IEEJ Trans. on Electrical and Electronic Engineering*, Vol. 7, pp. 487-494. (2012)
- (10) M. Calderón, A. Calderón, A. Ramiro, and J.F.González. "Automatic management of energy flows of a stand-alone renewable energy supply with hydrogen support". *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 35 pp.2226-2235. (2010)
- (11) I. Ngamroo, C.S.A. Nanda, S. Dechanupaprittha, M. Watanabe and Y.Mitani. "Wide-Area Robust SMES Controller Design using Synchronized PMUs for Stabilization of Interconnected Power System with Wind Farms". *IEEJ Trans. on Electrical and Electronic Engineering*, Vol. 5, pp.428-438. (2010)
- (12) N. Gyawali, Y. Ohsawa and O. Yamamoto. "Power dispatching from eage induction generator based wind power system with integrated smart energy storage". *IEEJ Trans. on Electrical and Electronic Engineering*, Vol. 6, pp. 134-143. (2011)
- (13) H. Zhou, T. Bhattacharya, T. Duong, T.S.T. Siew and A.M. Khambadkone. "Composite energy storage system involving battery and ultracapacitor with dynamic energy management in microgrid applications". *IEEE Trans. on Power Electronics*, vol.26, pp.923-930. (2011)
- (14) T. Senjyu, E. Omine, D. Hayashi, H. Sekine and T. Funabashi. "Application of decentralized control for remote power system stabilization by installing renewable energy power plant". *IEEJ Trans. on Electrical and Electronic Engineering*, Vol. 3, pp. 473-481. (2008)
- (15) E. Troncoso and M. Newborough. "Electrolysers as a load management mechanism for power systems with wind power and zero carbon thermal power plant". *Applied Energy*, Vol. 87 pp. 1-15. (2010)
- (16) S. Vachirasricirikul, I. Ngamroo and S. Kaitwanidvilai. "Application of electrolyzer system to enhance frequency stabilization effect of microturbine in a microgrid system". *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 34, pp. 7131-7142. (2009)
- (17) K.J. Astrom and B. Wittenmark. "Adaptive control", Addison-Wesley, Publishing Company; 1989.
- (18) D. Karaboga. "An idea based on honey bee swarm for numerical optimization". Technical Report-Tr06t. Erciyes Univ. Turkey, (2005)
- (19) T. Senjyu, D. Hayashi, R. Sakamoto, N. Urasaki and T. Funabashi. "Generating power leveling of renewable energy for small power system in isolated island". *IEEJ Trans Power Energy*, Vol. 25, pp. 1209-1215. (2005)
- (20) P. Kundur. "Power system stability and control", McGraw Hill, (1994)
- (21) T. Senjyu, T. Nakaji, K. Uezato and T. Funabashi. "A hybrid power system using alternative energy facilities in isolated island". *IEEE Trans Energy Conversion*, Vol. 20, pp. 406-414. (2005)
- (22) Z.-Y. Zhao, M. Tomizuka and S. Isaka, "Fuzzy Gain Scheduling of PID Controllers", *IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics*, vol.23, no.5, pp1392-1398. (1993)
- (23) T. Chaiyatham and I. Ngamroo, "Optimal Fuzzy Gain Scheduling of PID Controller of Superconducting Magnetic Energy Storage for Power System Stabilization". *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, vol.9, no.2, pp 651-666. (2013)

Theerawut Chaiyatham (Non-member) He received a master degree in



electrical engineering from King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL), Thailand in 2010. Now, he is a doctoral degree student in electrical engineering at KMITL, Thailand. His research interests include power system stability, computational intelligence and fuzzy control application to power system stabilization.

Issarachai Ngamroo (Non-member) He received a Ph.D. degree in



electrical engineering under the Japanese Government Scholarship from Osaka University, Japan in 2000. Currently, he is an associate professor of electrical engineering department, faculty of engineering, KMITL. His research interests are in the areas of power system stability, dynamics & control.

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

ประวัตินักวิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล อิศระชัย งามหฐ

ตำแหน่งปัจจุบัน รองศาสตราจารย์

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
PhD	Electrical Engineering	Osaka University	2543
M.Eng	Electrical Engineering	Osaka University	2540
B.Eng	Electrical Engineering	KMITL	2535

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ  การควบคุมเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลัง

รางวัลด้านวิชาการ/ด้านวิจัย/งานสร้างสรรค์ (ด้านศิลปะ หรืออื่นๆ) ที่ได้รับ

ปี พ.ศ.	ชื่อรางวัล	สถาบันที่ให้
2548	รางวัลทุนวิจัยมูลนิธิโทรครั้งที่ ๑๒	มูลนิธิโทร
2549	บทความดีเด่นสาขาไฟฟ้ากำลัง การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 29	การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า
2550	Best paper award, The 8 th International Power Engineering Conference (IPEC 2007), Singapore	The 8 th International Power Engineering Conference, Singapore
2552	บทความดีเด่นสาขาไฟฟ้ากำลัง การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 32	การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า
2553	Best paper award in electrical power systems, the 2010 Electrical Engineering/ Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology International Conference, (ECTI-CON 2010, Chiangmai, Thailand.	ECTI Association
2554	บทความดีเด่นสาขาไฟฟ้ากำลัง การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 34	การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ

ปี พ.ศ.	ทุนการศึกษาและทุนวิจัย	สถาบันที่ให้
2537- 2543	ทุนรัฐบาลญี่ปุ่น	รัฐบาลญี่ปุ่น
2544- 2546	ทุนวิจัยหลังปริญญาเอก เลขที่ PDF/71/2544	สำนักกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
2547- 2549	ทุนพัฒนานักวิจัย (เมธีวิจัย สกว.) เลขที่ RSA4780015	สำนักกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
2550- 2553	ทุนวิจัยองค์ความรู้ใหม่ที่เป็นพื้นฐานต่อการพัฒนา (วุฒิเมธีวิจัย สกว.)	สำนักกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
2550- 2552	ทุนวิจัยโครงการสร้างกำลังคนเพื่อพัฒนาอุตสาหกรรม เลขที่ IUG5080015	สำนักกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่

1. I. Ngamroo and S. Vachirasricirikul (2012). Coordinated control of optimized SFCL and SMES for improvement of power system transient stability. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, vol. 22, issue 3, June 2012, pp.5600805.
2. M. Saejia and I. Ngamroo (2012). Alleviation of power fluctuation in interconnected power systems with wind farm by SMES with optimal coil size. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, vol. 22, issue 3, June 2012, pp.5701504.
3. I. Ngamroo (2011). Simultaneous optimization of SMES coil size and control parameters for robust power system stabilization. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, Vol. 21, Issue 3, Part 2, June 2011, pp. 1358-1361.
4. S. Vachirasricirikul and I. Ngamroo (2011). Robust controller design of heat pump and plug-in hybrid electric vehicle for frequency control in a smart microgrid based on specified-structure mixed H_2/H_∞ control technique. *Applied Energy*, Vol. 88, Issue 11, November 2011, pp. 3860-3868
5. J. Pahasa and I. Ngamroo (2011). A heuristic training-based least squares support vector machines for power system stabilization by SMES. *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, Issue 11, October 2011, pp. 13987-13993.
6. M. Saejia and I. Ngamroo (2011). A robust centralized SMES controller design based on WAMS considering system and communication delay uncertainties. *Electric Power Systems Research*, Vol.81, Issue.4, April 2011, pp. 846-852.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

7. I. Ngamroo, A. N. Cuk Supriyadi, S. Dechanupaprittha, M. Watanabe and Y. Mitani (2010). Wide area robust SMES controller design using synchronized PMUs for stabilization of interconnected power system with wind farms. *IEEJ Transactions on Electrical and Electronics Engineering*, Vol.5, No.4, July 2010, pp.428-438.
8. I. Ngamroo (2010). Robust SMES controller design based on inverse additive perturbation for stabilization of interconnected power systems with wind farms. *Energy Conversion and Management*, Vol. 51, Issue 3, March 2010, pp. 459-464.
9. I. Ngamroo (2010). Robust SMES controller design for stabilization of inter-area oscillation considering coil size and system uncertainties. *Physica C: Superconductivity and its Applications*, Vol. 470, Issue 22, December 2010, pp. 1986-1993.
10. S. Vachirasricirikul, I. Ngamroo and S. Kaitwanidvilai (2009). Robust voltage stabilization in an isolated wind-diesel power system using PSO based-fixed structure H_∞ loop shaping control. *IEEJ Transactions on Power and Energy*. Vol.129-B, No.6, June 2009, pp.756-764.

การเสนอผลงานวิชาการ

1. I. Ngamroo and C. Ratanapornchai (2012). Bidirectional power controller design of PHEV for robust frequency control. *Proceedings of The Fifth IASTED Asian Conference on Power and Energy Systems, (AsiaPES 2012)*, 2-4 April 2012, Phuket, Thailand, no. 768-095.
2. J. Pahasa, K. Hongesombut and I. Ngamroo (2012). PSO-based learning of support vector machines for adaptive TCSC. *Proceedings of The Fifth IASTED Asian Conference on Power and Energy Systems, (AsiaPES 2012)*, 2-4 April 2012, Phuket, Thailand, no. 768-092.
3. I. Ngamroo and A. Kunakorn (2011). Smart grid stabilization based on GPS synchronized wide area phasor measurement. *Proceedings of the 3rd Regional Conference on ICT Application for Industries and Small Companies in ASEAN Countries (RCICT 2011)*, 10-11 March 2011, Vientiane, Lao PDR, No. IT B-05, pp. 98-103.
4. M. Saejia and I. Ngamroo (2010). Design of robust centralized PSS based on WAMS considering system and signal transmission delay uncertainties. *Proceedings of IASTED Technology and Management Conferences 2010, Power and Energy Systems, (AsiaPES 2010)*, 24-26 November 2010, Phuket, Thailand, no. 701-159.
5. S. Vachirasricirikul, I. Ngamroo and S. Kaitwanidvilai (2010). Design of robust control and monitoring system for stabilization of frequency fluctuation in a microgrid system. *Proceedings of IASTED Technology and Management Conferences 2010, Power and Energy Systems, (AsiaPES 2010)*, 24-26 November 2010, Phuket, Thailand, no. 701-151.
6. I. Ngamroo, Cuk Supriyadi A.N., S. Dechanupaprittha and Y. Mitani (2009). Stabilization of tie-line power oscillations by robust SMES in interconnected power system with large wind farms. *Proceedings of 2009 IEEE Transmission & Distribution Asia Conference & Exposition*, 26-30 October 2009, Seoul, Korea, Paper no. D20090302-95.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

7. T. Chaiyatham, I. Ngamroo, S. Vachirasricirikul and S. Pothiya (2009). Design of optimal fuzzy logic-PID controller using bee colony optimization for frequency control in an isolated wind-diesel system. *Proceedings of 2009 IEEE Transmission & Distribution Asia Conference & Exposition*, 26-30 October 2009, Seoul, Korea, Paper no. D20090331-212.
8. S. Vachirasricirikul, I. Ngamroo, S. Kaitwanidvilai and T. Chaiyatham (2009). Robust frequency stabilization in a microgrid system. *Proceedings of 2009 IEEE Transmission & Distribution Asia Conference & Exposition*, 26-30 October 2009, Seoul, Korea, Paper no. D20090228-74.
9. Cuk Supriyadi A.N., I. Ngamroo, S. Kaitwanidvilai, A. Kunakorn, T. Hashiguchi and T. Goda (2008). Design of robust power system stabilizer using genetic algorithm-based fixed-structure H_∞ loop shaping control. *Proceedings of The 17th World Congress of International Federation of Automatic Control (IFAC2008)*, 6-11 July 2008, Seoul, Korea, Paper ThA1.55, pp.11086-11091.
10. Cuk Supriyadi A.N., I. Ngamroo, A. Kunakorn, S. Dechanupaprittha, M. Watanabe, Y. Mitani, T. Hashiguchi and T. Goda (2008). Inverse additive perturbation-based optimization of robust PSS in an interconnected power system with wind farms. *Proceedings of SICE Annual Conference 2008, International Conference on Instrumentation, Control and Information Technology*, 20-22 August, Tokyo, Japan, pp.237-240.

ผลงานสิทธิบัตร/สิ่งประดิษฐ์/งานสร้างสรรค์ (ศิลปะ หรือ อื่นๆ)

โปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ในแขนอ่านฮาร์ดดิสก์ FEM KMITL ลิขสิทธิ์เลขที่ 253609 ได้รับการจดลิขสิทธิ์เมื่อวันที่ 7 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 โดยกรมทรัพย์สินทางปัญญา

อื่นๆ

หนังสือ พลศาสตร์และเสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลัง (Power System Dynamics and Stability)
ISBN: 978-616-7367-46-0 วัสดุสงวน: 244 คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง พิมพ์ครั้งที่ 1 เมื่อ สิงหาคม พ.ศ. 2554, 459 หน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



แบบรายงานความก้าวหน้าการดำเนินงานโครงการวิจัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รายงานความก้าวหน้า ครั้งที่...3...รอบ...12...เดือน ประจำปีงบประมาณ...2556...
หน่วยงาน.....คณะวิศวกรรมศาสตร์.....

ส่วนที่ 1. ข้อมูลทั่วไป

- ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การทำเสถียรภาพระบบไมโครกริดด้วยอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ตัวควบคุมพีไอดีซึ่งปรับค่าได้ด้วย
ด้วยการกำหนดอัตราขยายแบบฟัซซี่ที่เหมาะสม
(ภาษาอังกฤษ) _____ A Self-Tuning PID-based Electrolyzer by Optimal Fuzzy Gain Scheduling for
Microgrid Stabilization
- รายนามคณะผู้วิจัย
นายอิสระชัย งามหรุ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ โทร 02-329-8330 E-mail knissara@kmitl.ac.th
- งบประมาณการวิจัยที่ได้รับ _____ 80,000 _____ บาท
 แหล่งงบประมาณแผ่นดิน (แบบปกติ) แหล่งเงินรายได้
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี เริ่มทำการวิจัยเมื่อ _____ ตุลาคม 2555 _____ ถึง _____ กันยายน 2556 _____
- วัตถุประสงค์ของโครงการ
(1) เพื่อศึกษาผลกระทบต่อกริดกำลังไฟฟ้าในไมโครกริดอันเนื่องมาจากแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าด้วยพลังงานลมและ
แสงอาทิตย์
(2) เพื่อประยุกต์ใช้โหนดที่สามารถควบคุมการรับกำลังไฟฟ้าได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกใช้อิเล็กทรอนิกส์เพื่อลดการแกว่งของ
กำลังไฟฟ้าในระบบไมโครกริด
(3) เพื่อศึกษาการออกแบบตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกอย่างเหมาะสมของอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้วิธีฟัซซี่

ส่วนที่ 2. การรายงานความก้าวหน้า

1. ตารางแสดงความก้าวหน้าของโครงการ ณ ช่วงรายงานเมื่อเทียบกับแผนการดำเนินงานทั้งโครงการ

การดำเนินงาน	ระยะเวลา												หมายเหตุ
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	
ศึกษาระบบ	←→												
สร้างแบบจำลอง	←→	←→	←→										
วิเคราะห์ระบบ			←→	←→									
ศึกษาการควบคุม ฟัซซี่				←→	←→								
ศึกษาวิธีฟัซซี่					←→	←→							
ออกแบบตัว ควบคุม						←→	←→	←→	←→				
ทดสอบตัว ควบคุม							←→	←→	←→	←→			
ทดสอบความ นทานตัวควบคุม										←→	←→	←→	
เขียนบทความ												←→	←→

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเนื้อหาที่ต้องอ้างอิงถึงแหล่งที่มาของงานวิจัยที่นำมาใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

2. รายละเอียดทางวิชาการที่ได้รับจากการวิจัย

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ความก้าวหน้าของงานวิจัย ได้รับการตอบรับตีพิมพ์ในวารสารวิชาการนานาชาติ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

Theerawut Chaiyatham and Issarachai Ngamroo, "Alleviation of Power Fluctuation in a Microgrid by Electrolyzer based on Optimal Fuzzy Gain Scheduling PID Control", IEEJ Transactions on Electrical and Electronics Engineering, Accepted for publication. (ISI Impact Factor 2012 = 0.343)

3. สรุปผลการดำเนินงาน

เป็นไปตามแผน ไม่เป็นตามแผน เนื่องจาก

4. ความก้าวหน้าการดำเนินงานโครงการวิจัยที่ดำเนินการไปแล้ว คิดเป็นร้อยละ 100.....

5. รายละเอียดแผนงานที่จะดำเนินการต่อไป.....

6. การรายงานค่าใช้จ่ายงบประมาณ

6.1 การเบิกจ่ายงบประมาณ

งวดที่ 1.....80,000 บาท100..... % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ว/ด/ป)1/10/2555.....

6.2 สรุปงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้นับตั้งแต่เริ่มทำการวิจัยถึงปัจจุบัน(จำแนกตามหมวดค่าใช้จ่าย)

หมวดค่าใช้จ่าย	ค่าใช้จ่าย (บาท)
งบบุคลากร :ค่าจ้างชั่วคราว	-
งบดำเนินงาน	-
ค่าตอบแทน	-
ค่าใช้สอย	-
ค่าวัสดุ	80000
ค่าสาธารณูปโภค	-
งบลงทุน: ค่าครุภัณฑ์	-
รวมงบประมาณที่จ่ายไปแล้ว	80000

7. ปัญหา /อุปสรรค.....

8. ข้อเสนอแนะ / แนวทางแก้ปัญหา.....

9. กำหนดเวลาส่งรายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เดือน กันยายน พ.ศ. 2556.....

10. ข้าพเจ้าขอรับรองว่าข้อความดังกล่าวไว้ในข้างต้นเป็นจริงทุกประการ

ลงชื่อ *J. Ngam*
(.....อิสระชัย งามทร.....)

หัวหน้าโครงการ

วันที่.....

ลงชื่อ.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชวงค์ พงศ์เจริญพาณิชย์)
(รองคณบดี)

วันที่.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



แบบรายงานความก้าวหน้าการดำเนินงานโครงการวิจัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รายงานความก้าวหน้า ครั้งที่ 3 รอบ 12 เดือน ประจำปีงบประมาณ 2556
หน่วยงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์

ส่วนที่ 1. ข้อมูลทั่วไป

- ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การทำเสถียรภาพระบบไมโครกริดด้วยอิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมพีไอดีซึ่งปรับค่าได้ด้วยวิธีการกำหนดอัตราขยายแบบฟัซซี่ที่เหมาะสม
(ภาษาอังกฤษ) A Self-Tuning PID-based Electrolyzer by Optimal Fuzzy Gain Scheduling for Microgrid Stabilization
- รายนามคณะผู้วิจัย
นายอิสรระชัย งามหุ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ โทร 02-329-8330 E-mail knissara@kmitl.ac.th
- งบประมาณการวิจัยที่ได้รับ 80,000 บาท
 แหล่งงบประมาณแผ่นดิน (แบบปกติ) แหล่งเงินรายได้
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี เริ่มทำการวิจัยเมื่อ ตุลาคม 2555 ถึง กันยายน 2556
- วัตถุประสงค์ของโครงการ
(1) เพื่อศึกษาผลกระทบต่อกริดกำลังไฟฟ้าในไมโครกริดอันเนื่องมาจากแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าด้วยพลังงานลมและแสงอาทิตย์
(2) เพื่อประยุกต์ใช้เทคนิคที่สามารถควบคุมการรับกำลังไฟฟ้าได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกใช้อิเล็กทรอนิกส์เพื่อลดการแกว่งของกำลังไฟฟ้าในระบบไมโครกริด
(3) เพื่อศึกษาการออกแบบตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกอย่างเหมาะสมของอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้วิธีฟัซซี่

ส่วนที่ 2. การรายงานความก้าวหน้า

1. ตารางแสดงความก้าวหน้าของโครงการ ณ ช่วงรายงานเมื่อเทียบกับแผนการดำเนินงานทั้งโครงการ

การดำเนินงาน	ระยะเวลา												หมายเหตุ
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	
ศึกษาระบบ	←→												
สร้างแบบจำลอง	←→	←→	←→										
วิเคราะห์ระบบ			←→	←→									
ศึกษาการควบคุมฟัซซี่				←→	←→								
ศึกษาวิธีฟัซซี่					←→	←→							
ออกแบบตัวควบคุม						←→	←→	←→	←→				
ทดสอบตัวควบคุม							←→	←→	←→				
ทดสอบความ									←→	←→			
นทานตัวควบคุม										←→	←→		
เขียนบทความ											←→	←→	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้เพื่อการพาณิชย์
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีโทษทางวินัยและทางอาญา และที่ยังอาจถึงแก่ผลกระทบต่องานวิจัยในปัจจุบัน การนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

2. รายละเอียดทางวิชาการที่ได้รับจากการวิจัย
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ความก้าวหน้าของงานวิจัย ได้รับการตอบรับตีพิมพ์ในวารสารวิชาการนานาชาติ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

Theerawut Chaiyatham and Issarachai Ngamroo, "Alleviation of Power Fluctuation in a Microgrid by Electrolyzer based on Optimal Fuzzy Gain Scheduling PID Control", IEEJ Transactions on Electrical and Electronics Engineering, Accepted for publication. (ISI Impact Factor 2012 = 0.343)

3. สรุปผลการดำเนินงาน

เป็นไปตามแผน ไม่เป็นตามแผน เนื่องจาก

4. ความก้าวหน้าการดำเนินงานโครงการวิจัยที่ดำเนินการไปแล้ว คิดเป็นร้อยละ 100

5. รายละเอียดแผนงานที่จะดำเนินการต่อไป

6. การรายงานค่าใช้จ่ายงบประมาณ

6.1 การเบิกจ่ายงบประมาณ

งวดที่ 1 80,000 บาท 100 % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ว/ด/ป) 1/10/2555

6.2 สรุปงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้นับตั้งแต่เริ่มทำการวิจัยถึงปัจจุบัน(จำแนกตามหมวดค่าใช้จ่าย)

หมวดค่าใช้จ่าย	ค่าใช้จ่าย (บาท)
งบบุคลากร :ค่าจ้างชั่วคราว	-
งบดำเนินงาน	-
ค่าตอบแทน	-
ค่าใช้สอย	-
ค่าวัสดุ	80000
ค่าสาธารณูปโภค	-
งบลงทุน: ค่าครุภัณฑ์	-
รวมงบประมาณที่จ่ายไปแล้ว	80000

7. ปัญหา /อุปสรรค

8. ข้อเสนอแนะ / แนวทางแก้ปัญหา

9. กำหนดเวลาส่งรายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เดือน กันยายน พ.ศ. 2556

10. ข้าพเจ้าขอรับรองว่าข้อความดังกล่าวในข้างต้นเป็นจริงทุกประการ

ลงชื่อ Ngam

(..... อิศระชัย งามทร.....)

หัวหน้าโครงการ

วันที่

ลงชื่อ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชวรงค์ พงศ์เจริญพาณิชย์)

(รองคณบดี)

วันที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.