

การเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมความถี่โหลดของระบบโครงข่ายอัจฉริยะ โดยใช้ระบบอนุমানตรรกศาสตร์คลุมเครือแบบปรับตัว

นิธิกร จันทรหัตถ์

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

Email : Nitikorn.ju@gmail.com

Received: Nov 11, 2019

Revised: Dec 1, 2019

Accepted: Dec 11, 2019

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก แต่เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแหล่งพลังงานหมุนเวียนนั้นค่อนข้างมีความผันผวน ทำให้การควบคุมกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าและแหล่งพลังงานหมุนเวียนในระบบให้สมดุลกับโหลดหรือเรียกอีกอย่างว่าควบคุมความถี่โหลดนั้นเป็นสิ่งที่สำคัญเป็นอย่างมาก ในงานวิจัยนี้จึงนำเสนอการเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมความถี่โหลดของระบบโครงข่ายอัจฉริยะที่ใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำ เซลล์แสงอาทิตย์ และกังหันลม โดยใช้ระบบอนุমানตรรกศาสตร์คลุมเครือแบบปรับตัว (ANFIS) เพื่อคาดการณ์กำลังไฟฟ้าในระบบทั้งหมดและเลือกค่าอัตราขยายควบคุมที่เหมาะสมสำหรับระบบไฟฟ้าในสถานการณ์ต่าง ๆ และนำผลการควบคุมความถี่โหลดที่ได้จากวิธีการที่นำเสนอไปเปรียบเทียบกับวิธีการแบบเดิมที่นิยมใช้ คือ การควบคุมความถี่โหลดโดยใช้ตัวควบคุมพีไอ และการควบคุมความถี่โหลดที่ใช้ตัวควบคุมพีไอดี การจำลองจะถูกแบ่งเป็น 2 กรณี คือ 1) กำลังไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา 2) กำลังไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงเพียงชั่วขณะ และการจำลองทั้งหมดถูกดำเนินการในโปรแกรม MATLAB/Simulink จากผลการจำลองทั้ง 2 กรณีพบว่าประสิทธิภาพของการคาดการณ์กำลังไฟฟ้ามีความแม่นยำสูง ส่งผลให้วิธีการควบคุมความถี่โหลดที่ใช้วิธีการที่นำเสนอ มีประสิทธิภาพในการทำให้ระบบกลับเข้าสู่เสถียรภาพเร็วที่สุดและมีแอมพลิจูดของการกวัดแกว่งต่ำสุด โดยสามารถลดค่าพุ่งเกินได้ถึง 86% ลดเวลาในการเข้าสู่เสถียรภาพได้ 27.5% เมื่อเทียบกับตัวควบคุมพีไอ และลดค่าพุ่งเกินได้ถึง 35.4% ลดเวลาในการเข้าสู่เสถียรภาพได้ 15.8% เมื่อเทียบกับตัวควบคุมพีไอดี

คำสำคัญ : ระบบโครงข่ายอัจฉริยะ, การคาดการณ์กำลังไฟฟ้า, การควบคุมความถี่โหลด, ระบบอนุমানตรรกศาสตร์คลุมเครือแบบปรับตัว

Improving Efficiency of load frequency control for smart grid using adaptive neuro-fuzzy inference system

Nitikorn Junhuathon

Electrical Engineering Faculty of Engineering Bangkok Thonburi University

Email: Nitikorn.ju@gmail.com

Received: Nov 11, 2019

Revised: Dec 1, 2019

Accepted: Dec 11, 2019

Abstract

This research presents the Improving Efficiency of a load frequency control for smart grid ANFIS. In this research, the smart grid that uses electrical energy from Steam turbine power plant PV arrays and wind turbines generator was controlled by ANFIS. Processes of ANFIS include 1) predicting the total power in the system by neuron network and 2) select the appropriate control gain for the power system in various situations by fuzzy logic. For validating the performance of the proposed method, the results from the proposed method are compared with the conventional method that is used to control the load frequency using the PI controller and load frequency control using PID controller. The simulation is divided into 2 cases: 1) the power is continuously changing, 2) the power is changed momentarily. Furthermore, all the simulations are performed in MATLAB/Simulink. From the simulation results, efficiencies of all cases have the same as the trend that the ANFIS controller is fastest effective in making the system back to the stability and has the lowest amplitude of the changed frequency. The proposed method decreases amplitude 86% and decreases settling time 27.5% from the PI controller. Furthermore, the proposed method decreases the amplitude 35.4% and decreases settling time 15.8% from the PID controller.

Keywords : smart grid, power forecasting, load frequency control, ANFIS

บทนำ

ระบบสมาร์ทกริดหรือโครงข่ายอัจฉริยะ กำลังเป็นหัวข้อที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก ทั้งในประเทศไทยและทั่วโลก ระบบโครงข่ายอัจฉริยะ คือ ระบบไฟฟ้าที่สามารถทำงานและจัดการตัวระบบเองได้แม้ไม่ได้เชื่อมต่อกับโครงข่ายไฟฟ้าหลัก โดยจะมีการผลิตพลังงานใช้เองในระบบ และรับ-ส่งพลังงานจากโครงข่ายไฟฟ้าหลักในกรณีที่ผลิตได้น้อยกว่าหรือมากกว่าโหลดในระบบ (Monteiro et al., 2019, pp. 1) แต่การใช้แหล่งพลังงานหมุนเวียนเป็นแหล่งพลังงานในระบบ ไม่สามารถกำหนดปริมาณการผลิตที่แน่นอนได้ จะส่งผลโดยตรงต่อกำลังไฟฟ้าจริงหรือความถี่ของระบบ และถ้าเกิดในปริมาณที่มากอาจจะทำให้ระบบสูญเสียเสถียรภาพได้ ทำให้จำเป็นต้องพิจารณาถึงการควบคุมสมดุลระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และโหลดเป็นอย่างดี การควบคุมสมดุลนี้เรียกอีกอย่างว่า “การควบคุมความถี่โหลด” (Sambariya & Fagna, 2017, pp. 1) ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา วิธีการควบคุมความถี่โหลดที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก คือ วิธีการควบคุมด้วยตัวควบคุมพีโอ และตัวควบคุมพีไอดี แต่สำหรับระบบโครงข่ายอัจฉริยะที่ใช้ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนทางธรรมชาติที่มีความผันผวน ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการควบคุมลดลง

งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมความถี่โหลดของระบบโครงข่ายอัจฉริยะโดยใช้ระบบอนุমানตรกะศาสตร์คลุมเครือแบบปรับตัว และเปรียบเทียบผลการจำลองกับวิธีควบคุมแบบพีโอ และพีไอดี

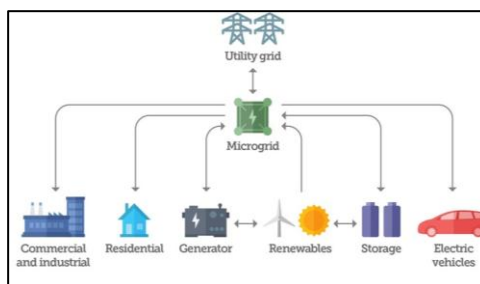
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. สร้างแบบจำลองของระบบโครงข่ายอัจฉริยะที่ใช้พลังงานหมุนเวียน สำหรับทดสอบประสิทธิภาพของการควบคุมความถี่โหลด
2. สร้างระบบอนุমানตรกะศาสตร์คลุมเครือแบบปรับตัวที่สามารถควบคุมความถี่โหลดของระบบโครงข่ายอัจฉริยะได้ดีกว่าวิธีควบคุมแบบพีโอ และพีไอดี

ระเบียบวิธีวิจัย

1. ระบบโครงข่ายอัจฉริยะ

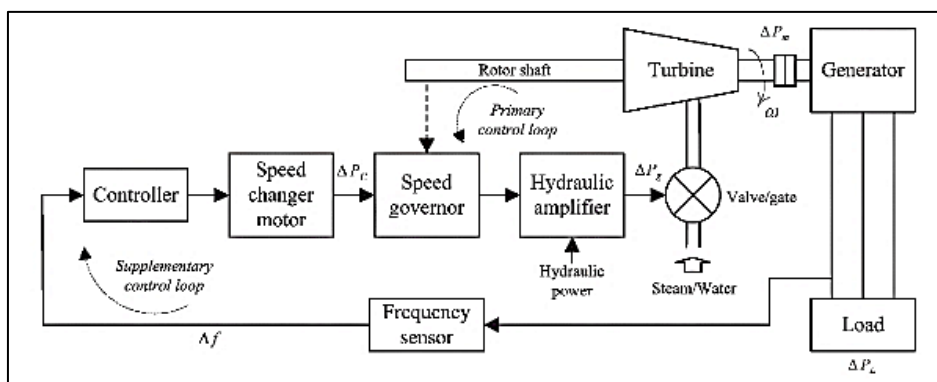
ระบบโครงข่ายอัจฉริยะ คือ ระบบไฟฟ้าขนาดเล็กหรือขนาดกลาง ที่มีการรวมระบบผลิตไฟฟ้า ส่งจ่ายไฟฟ้าและควบคุมสั่งการเข้าไว้ด้วยกัน สามารถทำงานประสานเชื่อมกับระบบโครงข่ายไฟฟ้าหลัก หรือโครงข่ายอื่น ๆ และยังสามารถแยกตัวเป็นอิสระได้ โดยมีตัวควบคุมแบบอัตโนมัติสำหรับรักษาเสถียรภาพของระบบที่ใช้ข้อมูลสารสนเทศส่งผ่านโครงข่ายในระบบเป็นตัววิเคราะห์ แหล่งผลิตไฟฟ้าภายในระบบโครงข่ายอัจฉริยะสามารถเป็นได้ทั้งโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน หรือพลังงานอื่น ๆ ที่ไม่ใช่พลังงานหมุนเวียน ดังแสดงในรูป 1



รูปที่ 1 ระบบโครงข่ายอัจฉริยะ

โรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำเป็นโรงไฟฟ้าที่มีแนวโน้มการใช้งานในระบบโครงข่ายอัจฉริยะสูงสุด เนื่องจากมีการสั้นขณะใช้งานไม่มาก ทำให้การติดตั้งวางรากฐานเครื่องง่าย มีอัตราส่วนมวลน้ำหนักต่อต้นกำลังน้อย ทำให้สร้างได้ขนาดกะทัดรัด ใช้พื้นที่ที่บริเวณติดตั้งเครื่องไม่มาก ค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องใช้งานต่ำ

(Yousef, 2017, pp. 3-32) มีความเร็วรอบในการทำงานสูง สามารถต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้โดยตรงกับเพลลาของเครื่องกังหันได้เลย มีอัตราการผลิตสูง โรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำมีส่วนการทำงานหลายส่วนประกอบด้วย เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโครนัส กังหัน และชุดควบคุมความเร็วของกังหัน (Shahgholian et al., 2010, pp. 50-54) ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ชุดควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซิงโครนัสของโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำ

ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าจริง
ต่อความถี่โหลดสามารถหาได้จากสมการที่ 1
กล่าวคือ เมื่อการเปลี่ยนแปลงกำลังทางไฟฟ้า
และทางกลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะทำให้
ความถี่โหลดเกิดการเปลี่ยนแปลง

$$\frac{d\Delta\omega}{dt} = \frac{1}{2H}(\Delta P_m - \Delta P_e) \quad (1)$$

เมื่อ $\Delta\omega$ คือ ความถี่ไหลด (rad/s) , H คือ ค่าความเฉื่อยคงที่, (MJ/MVA) , P_m คือ กำลังทางกลของเครื่องกังหัน (W), P_e คือ กำลังการผลิตทางไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (W)

$$P_e = P_I - P_{WG} + P_{PV} \quad (2)$$

เมื่อ P_{WG} คือ กำลังจากกังหันลม (W), P_{PV} คือ กำลังจากเซลล์แสงอาทิตย์ (W), P_L คือ กำลังไฟฟ้าโหลด (W),

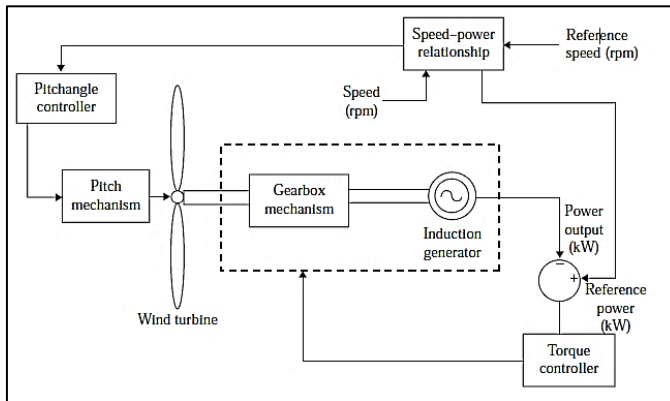
1.2 กังหันลม

กังหันลมหรือระบบแปลงพลังงานลมเป็นพลังงานไฟฟ้า มีส่วนประกอบหลักคือ กังหัน โดยเชื่อมแกนกังหันกับเพลลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าผ่านระบบทดเกียร์ โดยจะแปลงพลังงานจลน์ที่ได้จากการหมุนที่ไปเป็นพลังงานไฟฟ้าผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 3 กำลังไฟฟ้าจากกังหันลมสามารถหาได้จากสมการที่ 3 (Chowdhury, 2009, pp. 26-29)

$$P_{wg} = \frac{1}{2} C_p \rho A v^3 \quad (3)$$

เมื่อ C_p คือ สัมประสิทธิ์กำลังงาน, ρ คือ ความหนาแน่นอากาศ (kg/m^3), A คือ

พื้นที่หน้าตัดรับลมของใบพัด (m^2), v คือ ความเร็วลม (m/s)



รูปที่ 3 ไดอะแกรมกังหันลมผลิตไฟฟ้า

1.3 เซลล์แสงอาทิตย์

พลังงานทางไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่ ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณพลังงานที่ผลิตได้ของเซลล์แสงอาทิตย์นั้นขึ้นอยู่กับความเข้มแสงแดดเป็นหลัก (Chowdhury, 2009, pp. 227-238) โดยสามารถเขียนเป็นสมการ

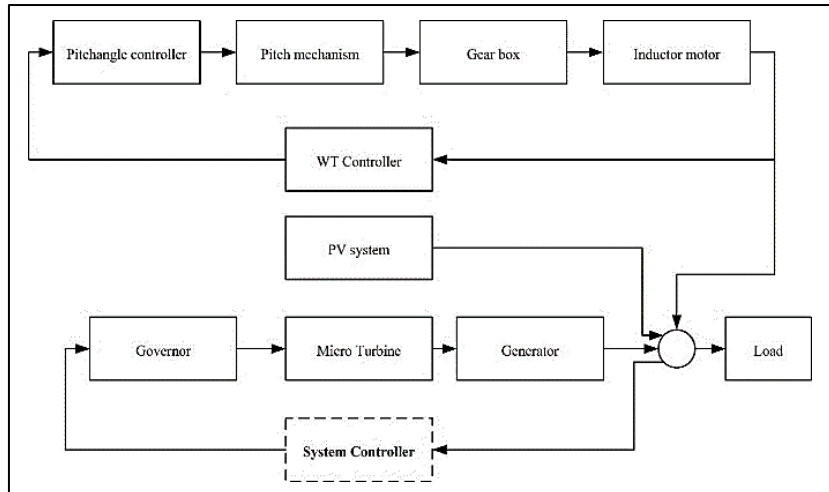
$$P_{PV} = P_{STC} \left(\frac{J}{J_{STC}} \right) [1 - \alpha \Delta T] \quad (4)$$

เมื่อ P_{STC} คือ กำลังไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ค่ามาตรฐาน (W), J คือ ค่า

ความเข้มแสง (W/m^2), J_{STC} คือ ค่าความเข้มแสงที่ทดสอบในสภาวะมาตรฐาน (W/m^2), α คือ สัมประสิทธิ์ที่แสดงถึงการลดลงของกำลังไฟฟ้าที่ได้เนื่องจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น, T คือ อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)

1.4 ระบบทดสอบ

ระบบโครงข่ายอัจฉริยะสำหรับทดสอบการควบคุมความถี่โวลต์ในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย โรงไฟฟ้าไอน้ำ กังหันลม และเซลล์แสงอาทิตย์ โดยจะทำการควบคุมโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำเป็นตัวควบคุม ความถี่โวลต์ของระบบ



รูปที่ 4 ไตอะแกรมของระบบทดสอบ

2. การควบคุมความถี่โหลด

การควบคุมความถี่โหลด คือการรักษาสมดุลระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ให้พอดีกับโหลด เนื่องจากถ้ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ไม่เท่ากับโหลดแล้ว จะส่งผลให้กำลังไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปไม่เท่ากับกำลังทางกลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และทำให้ความถี่โหลดเปลี่ยนแปลง ในงานวิจัยนี้จะนำเสนอวิธีการควบคุมความถี่โหลดดังนี้

2.1 ตัวควบคุมพีไอและพีไอดี

วิธีคำนวณของ พีไอดี ขึ้นอยู่กับสามตัวแปรคือค่าสัดส่วน (P) : ค่าสัดส่วนกำหนดจากผลของความผิดพลาดในปัจจุบัน, ปริพันธ์ (I) : ค่าปริพันธ์กำหนดจากผลบนพื้นฐานของผลรวมความผิดพลาดที่ซึ่งพ่วงผ่านพ้นไปและอนุพันธ์(D) : และค่าอนุพันธ์กำหนดจากผลบนพื้นฐานของอัตราการเปลี่ยนแปลงของความผิดพลาด น้ำหนักที่เกิดจากการรวมกันของทั้งสามนี้จะใช้ในการปรับกระบวนการโดยการปรับค่าคงที่ใน พีไอดี สมการสัญญาณควบคุมที่ได้จากตัวควบคุม พีไอ และ พีไอดี

สามารถเขียนได้ดังสมการที่ 5 และสมการที่ 6 ตามลำดับ

$$G_{c,PI}(s) = P_{out} + I_{out} \quad (5)$$

เมื่อ $G_{c,PI}$ คือ สัญญาณควบคุมของตัวควบคุมพีไอ, P_{OUT} คือ สัญญาณขาออกของเทอมสัดส่วน, I_{OUT} คือ สัญญาณขาออกของเทอมปริพันธ์

$$G_{c,PID}(s) = P_{out} + I_{out} + D_{out} \quad (6)$$

เมื่อ $G_{c,PI}$ คือ สัญญาณควบคุมของตัวควบคุมพีไอ, D_{OUT} คือ สัญญาณขาออกของเทอมอนุพันธ์

ในงานวิจัยนี้จะทำการออกแบบตัวควบคุมพีไอและพีไอดีเพื่อนำมาเปรียบเทียบโดยใช้ เครื่องมือ PID-Tuner ในโปรแกรม MATLAB/Simulink สำหรับออกแบบ เนื่องจากมีความน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับสำหรับนำมาหาค่าอัตราขยายที่เหมาะสมกัน (Yadav, 2018, pp.442-445)

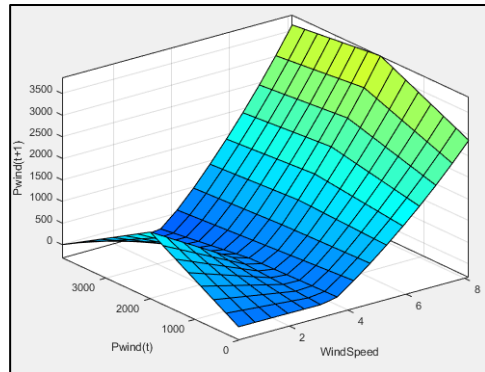
2.2 ตัวควบคุม ANFIS

ทฤษฎีอนุमानตรกระศาสตร์คลุมเครือแบบปรับตัว (Adaptive Neural Fuzzy Inference Systems) เป็นการใช้ระบบโครงข่ายโครงข่ายเทียม (Neural Network) มาช่วยสร้างกฎเกณฑ์ตรกระศาสตร์คลุมเครือจากกลุ่มข้อมูลอินพุตและเอาต์พุตเพื่อช่วยให้การสร้างระบบอนุमानตรกระศาสตร์คลุมเครือขึ้นง่ายขึ้นและการวิเคราะห์ข้อมูลของระบบมีความแม่นยำมากขึ้น (Jagtap & Pillai, 2014, pp. 1190-1194)

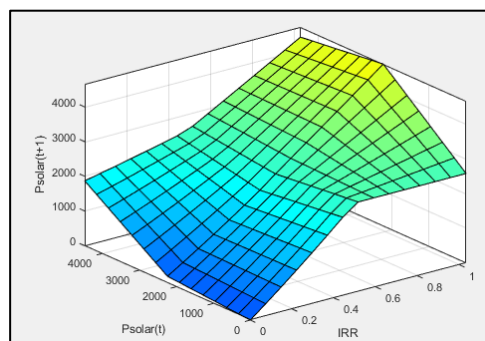
ในงานวิจัยนี้ระบบ ANFIS จะถูกนำมาใช้ปรับปรุงการควบคุมความถี่โหลด แทนตัวควบคุมพีไอและพีไอดี โดยการทำงานของ ANFIS จะแบ่งเป็นสองส่วน คือ ส่วนที่คาดการณ์กำลังไฟฟ้าสำหรับเป็นตัวแปรในการวินิจฉัยหาการปรับสัญญาณควบคุมที่เหมาะสม และส่วนที่วินิจฉัยหาค่าการควบคุมที่เหมาะสมโดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การคาดการณ์กำลังไฟฟ้า

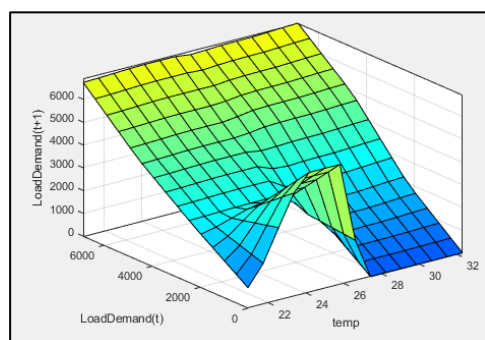
ในการคาดการณ์กำลังไฟฟ้าที่จะนำเสนอ โดยแต่ละระบบจะใช้ตัวแปรต้นสำหรับคาดการณ์ ดังแสดงในรูปที่ 5 ถึง 7 ระบบการคาดการณ์กำลังไฟฟ้าจากกังหันลมจะใช้ความเร็วลมและกำลังไฟฟ้าที่ได้ในอดีตเป็นตัวแปรต้น ระบบคาดการณ์กำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ใช้ความเข้มแสงและกำลังไฟฟ้าที่ได้ในอดีตเป็นตัวแปรต้น และระบบคาดการณ์โหลดใช้อุณหภูมิและกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในอดีตเป็นตัวแปรต้น



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ของการคาดการณ์กำลังไฟฟ้าจากกังหันลม



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ของการคาดการณ์กำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

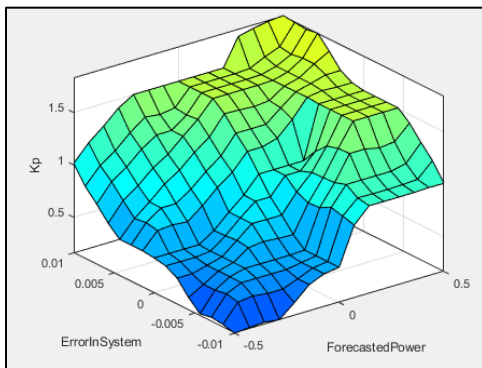


รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ของการคาดการณ์โหลด

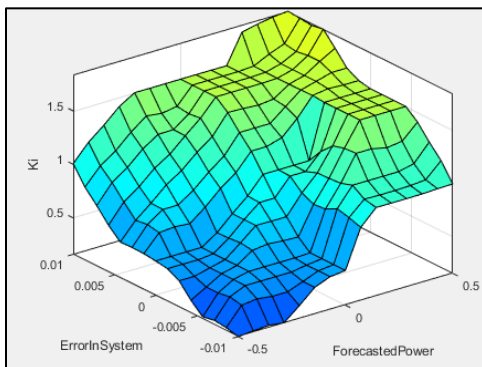
2) วินิจฉัยหาค่าการควบคุม

ในระบบควบคุมตรกระศาสตร์คลุมเครือ จะพิจารณาทั้งหมด 5 ตัวแปรด้วยกัน ประกอบด้วย

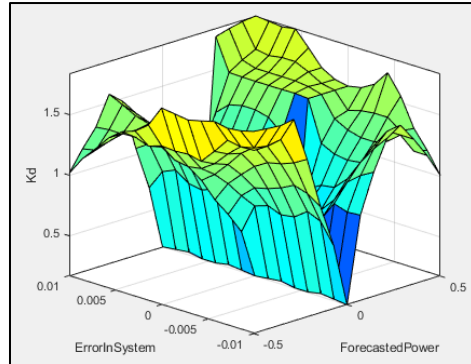
ผลตอบแทนค่าผิดพลาด (Error in system) กำลังไฟฟ้าที่คาดการณ์ (Forecasted power) เป็นสมาชิกในฟังก์ชันตัวแปรต้น และขนาดการปรับอัตราขยาย K_p , K_i และ K_D เป็นตัวแปรตาม และความสัมพันธ์ระหว่าง ผลตอบแทนค่าผิดพลาด กำลังไฟฟ้าที่คาดการณ์ และขนาดการปรับอัตราขยาย จะแสดงในรูปที่ 8 ถึง 10



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ในรูปแบบพื้นผิวของขนาดการปรับอัตราขยาย K_p



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ในรูปแบบพื้นผิวของขนาดการปรับอัตราขยาย K_i



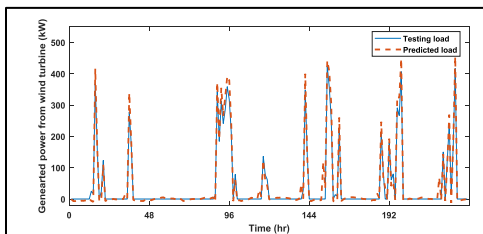
รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ในรูปแบบพื้นผิวของขนาดการปรับอัตราขยาย K_D

ในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม MATLAB /Simulink เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์และจำลอง เพื่อนำผลการควบคุมความถี่โหลตที่ได้มาทำการเปรียบเทียบ ซึ่งระบบที่ถูกทดสอบจะเป็นระบบไฟฟ้าแบบหนึ่งพื้นที่ ที่มีโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนเป็นแหล่งพลังงานประกอบด้วยกังหันลม และโซลาร์เซลล์ซึ่งกำหนดให้ ซึ่งวิธีที่นำเสนอคือ การควบคุมความถี่โหลตโดยใช้การควบคุมแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือ ร่วมกับการคาดการณ์โหลต ทำการเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุมอัตโนมัติแบบฟuzzy และกรณีที่ไม่มีการติดตั้งตัวควบคุมอัตโนมัติ โดยจะแสดงให้เห็นถึงทั้งกรณีที่มีการคาดการณ์ได้แม่นยำ และการคาดการณ์ที่เกิดความผิดพลาดเกินค่าที่กำหนด

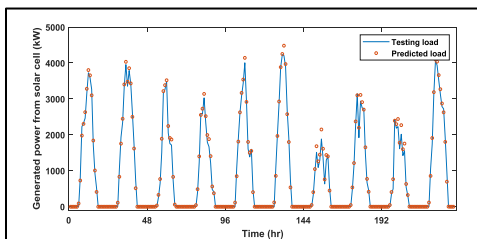
ผลการวิจัย

จากผลการจำลองเพื่อทดสอบและวิเคราะห์วิธีการควบคุมความถี่โหลตที่ใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือร่วมกับการคาดการณ์กำลังไฟฟ้า กับวิธีการควบคุมความถี่โหลตแบบฟuzzy และฟuzzyดีโดยใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink ผลการจำลองจะแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนแรก

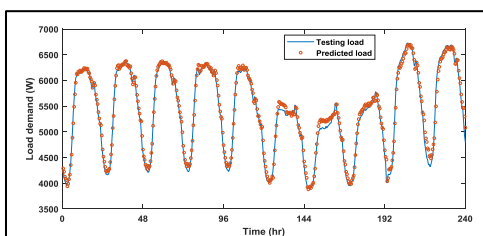
จะแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการคาดการณ์กำลังไฟฟ้าในระบบก่อน และส่วนที่สองแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการควบคุมความถี่โวลต์ของระบบที่มีพลังงานหมุนเวียนเป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้า โดยเปรียบเทียบจากค่าผลตอบแทนของเวลาที่ใช้ในการเข้าสู่สภาวะคงตัว และค่าสูงสุดที่เกิดขึ้นในการแกว่ง ผลการคาดการณ์กำลังไฟฟ้าที่ได้จะแสดงในรูปที่ 11 ถึง 13



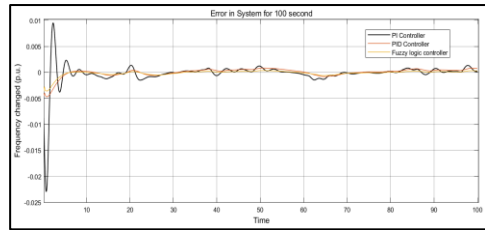
รูปที่ 11 ผลการคาดการณ์กำลังไฟฟ้าจากกังหันลม



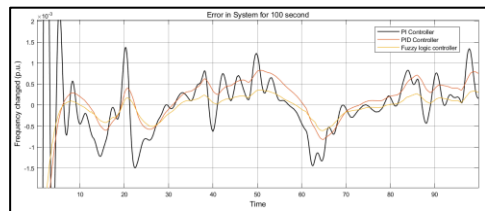
รูปที่ 12 ผลการคาดการณ์กำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์



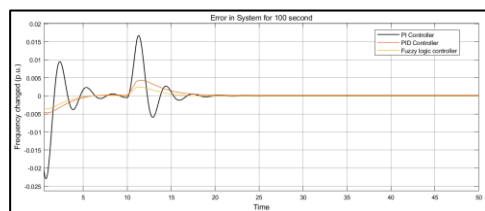
รูปที่ 13 ผลการคาดการณ์โหลด



รูปที่ 14 ผลการควบคุมความถี่โวลต์แบบพีไอพีไอดี และตรรกศาสตร์คลุมเครือ กรณีที่ 1



รูปที่ 15 ผลการควบคุมความถี่โวลต์แบบพีไอพีไอดี และตรรกศาสตร์คลุมเครือ กรณีที่ 1 (ขยาย)



รูปที่ 16 ผลการควบคุมความถี่โวลต์แบบพีไอพีไอดี และตรรกศาสตร์คลุมเครือ กรณีที่ 2

พบว่าประสิทธิภาพของการคาดการณ์กำลังไฟฟ้ามีความแม่นยำสูง ซึ่งผลการคาดการณ์กำลังไฟฟ้าที่ได้จากกังหันลมโดยใช้ระบบการคาดการณ์อนุกรมตรรกศาสตร์คลุมเครือแบบปรับตัวได้มีความผิดพลาดอยู่ที่ 8.4% ผลการคาดการณ์กำลังไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์มีความผิดพลาดอยู่ที่ 4.27% ผลการคาดการณ์กำลังไฟฟ้าที่โวลต์มีความผิดพลาดอยู่ที่ 1.6% จากผลการคาดการณ์

ทั้งหมดพบว่า การคาดการณ์กำลังไฟฟ้าที่ได้จากกังหันลมมีค่าความผิดพลาดมากที่สุด เนื่องจากพฤติกรรมการทำงานของกังหันลมนั้นไม่มีรูปแบบที่ค่อนข้างตายตัวคล้ายกับเซลล์แสงอาทิตย์หรือโหนดทำให้การคาดการณ์ได้ยากยิ่งขึ้น

จากผลการจำลองทั้ง 2 กรณี กรณีที่ 1 คือ มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา และกรณีที่ 2 คือ มีการเปลี่ยนแปลงเพียงในตอนเริ่มต้นดังแสดงในรูปที่ 14 ถึง 16 ผลการคาดการณ์ที่ค่อนข้างแม่นยำนี้ส่งผลให้การควบคุมความถี่ที่ใช้ระบบอนุমানตรักษาสถิติคลุ่มเครือแบบปรับตัวมีประสิทธิภาพในการควบคุมความถี่มีประสิทธิภาพดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัด และแสดงให้เห็นว่าระบบอนุমানตรักษาสถิติคลุ่มเครือแบบปรับตัวมีประสิทธิภาพในการทำให้ระบบกลับเข้าสู่เสถียรภาพเร็วที่สุดและมีแอมพลิจูดของการกวัดแกว่งต่ำสุด โดยสามารถลดค่าพุ่งเกินได้ถึง 86% ลดเวลาในการเข้าสู่เสถียรภาพได้ 27.5% เมื่อเทียบกับตัวควบคุมพีไอ และลดค่าพุ่งเกินได้ถึง 35.4% ลดเวลาในการเข้าสู่เสถียรภาพได้ 15.8% เมื่อเทียบกับตัวควบคุมพีไอดี

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการจำลองการควบคุมความถี่โหนด 3 วิธีการคือ (1) ระบบแบบที่ใช้ตัวควบคุมความถี่โหนดแบบพีไอ (2) ระบบแบบที่ใช้ตัวควบคุมความถี่โหนดแบบพีไอดี และ (3) ระบบแบบที่ใช้ตัวควบคุมความถี่โหนดแบบตรรกศาสตร์คลุ่มเครือร่วมกับการคาดการณ์ นำไปจำลองควบคุมในระบบทดสอบที่เกิด การเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา และเปลี่ยนแปลงในช่วงเริ่มต้นพบว่าวิธีที่ได้นำเสนอนั้นมีประสิทธิภาพดีที่สุด

ทั้งในแง่ของเวลาที่ใช้ในการเข้าสู่เสถียรภาพและแอมพลิจูดของการกวัดแกว่ง ที่เป็นเช่นนี้ เพราะว่าในวิธีการที่ได้นำเสนอนั้นได้มีการปรับขนาดสัญญาณควบคุมโดยใช้อัตรา การเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าที่กำลังจะเกิดขึ้นซึ่งได้มาจากการคาดการณ์และค่าความผิดพลาดในขณะนั้นเป็นอินพุตสำหรับวิเคราะห์ด้วยค่าตรรกศาสตร์คลุ่มเครือดังที่ได้กำหนดไว้ในตาราง ซึ่งต่างจากการควบคุมแบบพีไอ และพีไอดีที่คงที่อัตราขยายตลอดไม่ว่าจะเกิดการรบกวนแบบใดก็ตาม

References

- Jagtap, P., & Pillai, G. N. (2014). Comparison of extreme-ANFIS and ANFIS networks for regression problems. *2014 IEEE International Advance Computing Conference (IACC)*.
- Monteiro, V., Sousa, T. J. C., Sepulveda, M. J., Couto, C., Martins, J. S., & Afonso, J. L. (2019). A Novel Multilevel Converter for On-Grid Interface of Renewable Energy Sources in Smart Grids. *2019 International Conference on Smart Energy Systems and Technologies (SEST)*.
- Sambariya, D. K., & Fagna, R. (2017). A robust PID controller for load frequency control of single area re-heat thermal power plant using elephant herding optimization techniques. *2017 International Conference on Information, Communication, Instrumentation and Control (ICICIC)*.

- Chowdhury, S., Chowdhury, S. P., & Crossley, P. (2009). *Microgrids and active distribution networks*. Stevenage: Institution of Engineering and Technology.
- Yousef, H. A. (2017). Load Frequency Control of Power Systems. *Power System Load Frequency Control*, 3-32.
- Shahgholian, G., Shafaghi, P., & Mahdavi-Nasab, H. (2010). A comparative analysis and simulation of ALFC in single area power system for different turbines. *2010 2nd International Conference on Electronic Computer Technology*.
- Yadav, V., & Tayal, V. K. (2018). Optimal Controller Design for a DC Motor using PID Tuner. *2018 International Conference on Power Energy, Environment and Intelligent Control (PEEIC)*.