ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2567 ISSN 2985-2161 (Online)

การจำลองการควบคุมแรงเฉื่อยเสมือนของไมโครกริดแยกโดดโดยใช้การควบคุมแบบฟัซซีลอจิก

Simulation of Virtual Inertial Control of an Isolated Microgrid using Fuzzy Logic Control

พรณพัฒน์ แพงสาย*

Pornapat Pangsai

พรณวัฒน์ แพงสาย**

Pornawat Pangsai

Received : September 22, 2023

Revised : June 28, 2024

Accepted : September 6, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิจัยการควบคุมแรงเฉื่อยเสมือนของไมโครกริดแยกโดด (Islanded microgrid) โดยใช้การจำลองการควบคุมแบบฟัซซีลอจิก เพื่อเพิ่มแรงเฉื่อยเสมือนและลดการแกว่งของความถี่ในระบบไฟฟ้ากำลัง ระบบที่ใช้ในการศึกษาเป็นระบบไมโครกริดซึ่งประกอบด้วย เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลล์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากพลังงานลม แบตเตอรี่ สำหรับสร้างแรงเฉื่อยเสมือนและโหลด ผลการวิจัยเป็น 3 กรณี ตามลักษณะกำลังไฟฟ้าจากพลังลม และโหลดแบบสุ่ม สรุปได้ดังนี้ กรณี 1) การเบี่ยงเบนของความถี่ กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลและกำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ที่สร้างความเฉื่อยเสมือน กรณีไม่ได้ควบคุม ความถี่อยู่ในระดับ 1.8 Hz และ -1.8 Hz กรณี 2) การเบี่ยงเบนของความถี่กำ ลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลและกำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ที่สร้างความเฉื่อยเสมือน กรณีการใช้ PID ควบคุม ความถี่อยู่ในระดับ 1.6 Hz และ -1.6 Hz กรณี 3) การเบี่ยงเบนของความถี่, กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลและกำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ที่สร้างความเฉื่อยเสมือน กรณีการใช้ Fuzzy ควบคุม ความถี่อยู่ในระดับ 1.2 Hz และ -1.2 Hz สรุปการจำลอง พบว่าการควบคุมแรงเฉื่อยเสมือนโดยใช้การควบคุมแบบฟัซซีลอจิก ให้การเบี่ยงเบนของความถี่ต่ำกว่าการควบคุมด้วยพีไอแบบทั่วไป (PI) และการเบี่ยงเบนความถี่เมื่อมีการติดตั้งการควบคุมแรงเฉื่อยดีกว่าการไม่เสมือน

คำสำคัญ : การควบคุมแรงเฉื่อยเสมือนของไมโครกริด / ควบคุมแบบฟัซซีลอจิก / การหาค่าผลการจำลอง

*อาจารย์ประจำสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

Lecturer in Department of Science Faculty of Science and Technology Phetchabun Rajabhat University

(Corresponding Author) e-mail: narongsak503@gmail.com

**ผู้ตรวจระบบการผลิตพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

Renewable energy production and energy conservation system inspector ministry of energy

Vol.11 No.2 July-December 2024 ISSN 2985-2161 (Online)

ABSTRACT

The objective of this research is to research virtual inertial control of islanded microgrid using fuzzy logic control simulation. To increase virtual inertia and reduce frequency oscillations in the electrical power system. The system used in the study is a microgrid system which consists of diesel generator Wind power generators, batteries for generating virtual inertial forces and loads. The simulation results are 3 cases according to the electrical power characteristics from wind power. and load randomly It can be summarized as follows: Case 1 Frequency deviation, Power from the diesel generator and power from the battery create, virtual inertia. In case of not controlling Frequencies are in the range of 1.8 Hz and -1.8 Hz. Case 2 Frequency deviation Power from the diesel generator and power from the battery create, virtual inertia. In the case of using PID control, the frequency is at the level of 1.6 Hz and -1.6 Hz. Case 3 Frequency deviation, Power from the diesel generator and power from the battery create, virtual inertia. In the case of using Fuzzy control, the frequency is at the level of 1.2 Hz and -1.2 Hz. Summary of the simulation: It was found that virtual inertial force control using fuzzy logic control It provides lower frequency drift than conventional PI controls and better frequency drift when inertial control is installed than without virtual control.

Keywords : Virtual Inertial Control of Microgrids / Fuzzy Logic Control / Determination of Simulation Results

บทนำ

ปัจจุบันความต้องการใช้พลังงานที่เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องตามสภาวะการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจและจำนวนในปัจจุบัน ปัญหาเรื่องพลังงานกำลังเป็นปัญหาที่ประเทศต่างๆ ทั่วโลกให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการหาพลังงานด้านต่างๆ มาทดแทนพลังงานในปัจจุบันที่ลดน้อยลงเรื่อยๆ และกำลังจะหมดไปในอนาคตข้างหน้า ผู้วิจัยเห็นว่าเป็นปัญหาที่ควรได้รับการแก้ไข จึงได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีความเหมาะสมกับพื้นที่อยู่ห่างไกลหรือเขตทุระกันดารของประเทศ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2561) โดยเฉพาะพลังงานธรรมชาติอย่าง เช่น พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งขบวนการผลิตไฟฟ้า โรงงานไฟฟ้าจำเป็นต้องใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จ่ายแรงเฉื่อยให้กับไมโครกริด ผ่านส่วนที่หมุนได้ ความเฉื่อยนี้จะช่วยจัดการความถี่ให้อยู่สถานะที่เหมาะสมที่สุด (นราศักดิ์, 2560) เพื่อจัดระบบจัดเก็บพลังงานหมุนเวียนและระบบเก็บพลังงาน (Energy Storage System : ESS) และโหลดภายในประเทศที่มีโหมดแยกหรือเชื่อมต่อกับไมโครกริด เพื่อลดภาระอย่างไรก็ตามอินเวอร์เตอร์ที่ใช้กับพลังงานหมุนเวียน (RESs) จะลดความเฉื่อยของไมโครกริดลงอย่างมากซึ่งทำให้ ความถี่กับแรงดัน เกิดปัญหาตามมา (สหรัฐ, 2561) เมื่อเทียบกับ

ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2567 ISSN 2985-2161 (Online)

ไมโครกริดแบบเดิม พลังงานทางเลือก คือพลังงานที่มีอยู่ตามธรรมชาติและสามารถนำมาใช้ทดแทนพลังงานแบบเดิมได้อย่างไม่จำกัดพลังงานทดแทนแบ่งออกได้หลายประเภทดังนี้

1. พลังงานลมที่ได้จากกังหันลม

พลังงานลมเป็นพลังงานตามธรรมชาติที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิ 2 ที่ ซึ่งสะอาดและบริสุทธิ์ใช้แล้วไม่มีวันหมดสิ้นไป หลักการทำงานของกังหันลมผลิตไฟฟ้านั้น เมื่อมีลมพัดผ่านใบกังหัน พลังงานจลน์ที่เกิดจากลม จะทำให้ใบพัดของกังหันเกิดการหมุนและได้เป็นพลังงานกลออกมา พลังงานกลจากแกนหมุนของกังหันลมจะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เชื่อมต่ออยู่กับแกนหมุนของกังหันลมจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านระบบควบคุมไฟฟ้า และจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ระบบต่อไป โดยปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จะขึ้นอยู่กับความเร็วของลม ความยาวของใบพัด และสถานที่ติดตั้งกังหันลม (อุทัย, 2564)

2. การผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลม

การนำลมมาใช้ประโยชน์จะต้องอาศัยเครื่องจักรกลสำคัญ คือ “กังหันลม” ในการเปลี่ยนพลังงานจลน์จากการเคลื่อนที่ของลม เป็นพลังงานกลก่อนนำไปใช้ประโยชน์ ที่สำคัญพลังงานลมใช้ไม่มีวันหมด และกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากลมยังไม่ปล่อยของเสียที่เป็นอันตรายต่อสภาพแวดล้อม (อุทัย, 2564)

3. พลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์

พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานทดแทนประเภทหมุนเวียนที่ใช้แล้วเกิดขึ้นใหม่ได้ตามธรรมชาติ ในการใช้พลังงานแสงอาทิตย์สามารถจำแนกออกเป็น 2 รูปแบบคือ การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า และการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตความร้อน ที่เราจะนำมาใช้คือพลังแสงอาทิตย์ที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ ฉะนั้นทฤษฎีแถบพลังงานของสารกึ่งตัวนำ ทฤษฎีหัวต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำ ทฤษฎีการเกิด Optical Transition ต่างๆ ในสารกึ่งตัวนำกระบวนการเกิดพาหะและการรวมตัวของพาหะในสารกึ่ง ตัวนำ ฯลฯ จึงเป็นสิ่งที่ต้องทำความเข้าใจให้ได้ดีก่อนจึงจะสามารถประดิษฐ์พัฒนาปรับปรุงตลอดจนใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ (อธิป, 2561)

4. องค์ประกอบใหญ่ๆ ของระบบโฟโตโวตาอิคมีดังต่อไปนี้

1) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar arrays) ซึ่งมีขนาดโตพอที่จะสามารถแปรพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าตามปริมาณที่ต้องการ การคำนวณออกแบบขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นี้จะต้องคำนึงถึงปริมาณแสงอาทิตย์ที่ได้รับ ณ สถานที่ติดตั้งระบบ และขนาดของโหลดที่ใช้

2) Blocking Diode ทำหน้าที่ยอมให้กำลังไฟฟ้าที่เกิดจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไหลเข้าสู่แบตเตอรี่หรือโหลดเพียงทางเดียวเพราะหากไม่มีแสงอาทิตย์กำลังไฟฟ้าที่เก็บสะสมไว้ในแบตเตอรี่จะถูกป้อนกลับสู่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ และอาจก่อให้เกิดความเสียหายแก่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ ถ้าไม่มีการต่อ Blocking Diode เอาไว้

3) แบตเตอรี่ ทำหน้าที่เก็บสะสมกำลังไฟฟ้าที่เกิดจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับระบบโฟโตโวตาอิคขนาดเล็กที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ (Portable Photovoltaic System)

Vol.11 No.2 July-December 2024 ISSN 2985-2161 (Online)

4) อินเวอร์เตอร์ (inverter) ทำหน้าที่แปรไฟฟ้ากระแสตรงจากเซลล์แสงอาทิตย์หรือแบตเตอรี่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความถี่และเฟสตามต้องการหรือเหมาะสมกับการเข้ากับ Utility Grid โดยทั่วไปองค์ประกอบนี้มักได้แก่ DC.- AC

ข้อดีของพลังงานแสงอาทิตย์

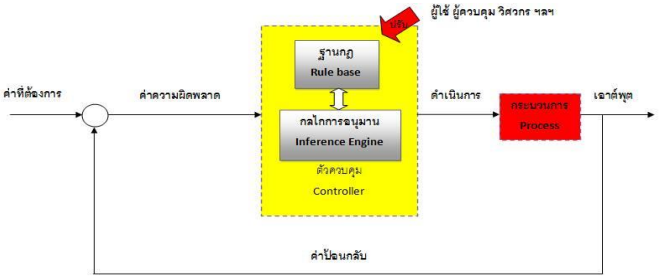
1) ประหยัดค่าใช้จ่ายอย่างมาก
2) เห็นผลตั้งแต่วันแรก
3) ระยะเวลาคืนทุนต่ำ
4) เพิ่มมูลค่าให้กับบ้าน
5) พลังงานแสงอาทิตย์เป็นการลงทุนที่ปลอดภัย
6) ประสิทธิภาพที่น่าเชื่อถือ
7) ช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม สามารถนำไปใช้ได้ทุกที่
8) สร้างความเป็นอิสระด้านพลังงาน

ผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ที่จะแก้ปัญหาแรงเฉื่อย ของระบบที่ลดลงจากการเพิ่มขึ้นของ การผลิตไฟฟ้าจาก กังหันลมและเซลล์แสงอาทิตย์ จึงมีการนำเสนอการจำลองแรงเฉื่อยเสมือน (Virtual Inertia emulator) ซึ่งดึงพลังงานมาจากแบตเตอรี่เพื่อเพิ่มให้กับระบบไฟฟ้ากำลัง ที่นำมาผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งอาจหมดไปในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

กฎต่างๆ ทางวิศวกรรมในตัวควบคุมแบบฐานกฎทั่วๆ ไป ต้องคัดแยกออกจากส่วนที่เป็นสมการคณิตศาสตร์ (ในตัวควบคุมแบบดั้งเดิม) ตัวอย่างรูปแบบการใช้งานตัวควบคุมแบบฟัซซี มีดังต่อไปนี้

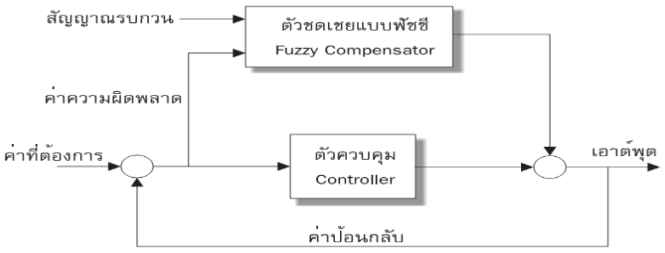
1. การควบคุมโดยตรง แสดงดังภาพที่1 จะเห็นได้ว่าตัวควบคุมแบบฟัซซีจะอยู่ในส่วนหน้าก่อนที่เอาต์พุตจะถูกป้อนกลับเอาต์พุตที่ได้จากกระบวนการจะถูกเปรียบเทียบกับค่าอินพุตที่ตั้งไว้ ถ้ามีค่าความผิดพลาดเกิดขึ้น นั่นคือเอาต์พุตไม่ตรงหรือไม่สอดคล้องกับค่าอินพุตที่ต้องการ ตัวควบคุมจะดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่ง ตามกลวิธีที่กำหนดหรือออกแบบไว้ในตัวควบคุม ตัวควบคุมแบบฟัซซี ใช้แทนตัวควบคุม PID แบบดั้งเดิมนั่นเอง



ภาพที่ 1 การควบคุมโดยตรง

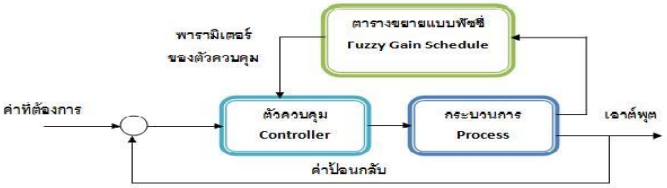
2. การควบคุมแบบไปข้างหน้า เป็นการแสดงนำเอาฟัซซีลอจิกมาเป็นตัวชดเชยการทำงานของตัวควบคุมในการควบคุม ตัวควบคุมในระบบอาจจะเป็นตัวควบคุม PID แบบเชิงเส้น แสดงดังภาพที่2. ในขณะที่ตัวชดเชยแบบฟัซซีจะทำการชดเชยการทำงานของตัวควบคุมในลักษณะที่ไม่เป็นเชิงเส้น

ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2567 ISSN 2985-2161 (Online)



ภาพที่ 2 การควบคุมไปข้างหน้า

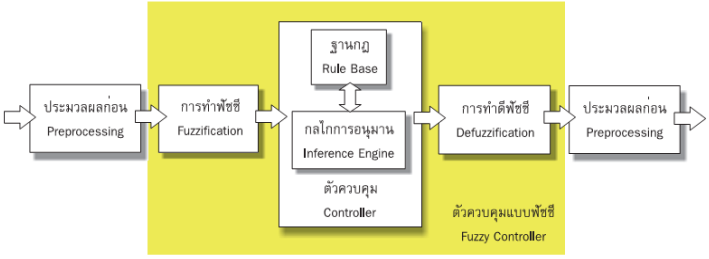
3. การควบคุมค่าพารามิเตอร์เชิงปรับตัว ในกรณีที่ระบบที่ไม่เป็นเชิงเส้นมีจุดทำงานเปลี่ยนแปลงไปจากค่าเริ่มต้นที่ตั้งไว้ เราสามารถที่จะปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของตัวควบคุมให้สอดคล้องกับจุดทำงานใหม่ได้ด้วยการจัดตารางการขยายแบบฟัซซี (Fuzzy gain Scheduling) การปรับค่าดังกล่าวจะอยู่ในรูปของตารางค้นหา (Look-up Table) แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การควบคุมพารามิเตอร์เชิงปรับตัว

การออกแบบสร้างตัวควบคุมแบบฟัซซี

การออกแบบตัวควบคุมฟัซซีมีข้อดีตรงที่ไม่จำเป็นจะต้องทำการคำนวณเหมือนกันกับวิธีราก-โลคัส (Root-Locus) วิธีผลตอบสนองความถี่ (Frequency Response) หรือวิธีวางตำแหน่งโพล (Pole Placement) ได้รายละเอียดต่อไปนี้จะได้กล่าวถึงองค์ประกอบต่างๆ ของตัวควบคุมแบบฟัซซี ตามแนวทางสำหรับออกแบบในเชิงวิศวกรรม แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 โครงสร้างตัวควบคุมฟัซซี

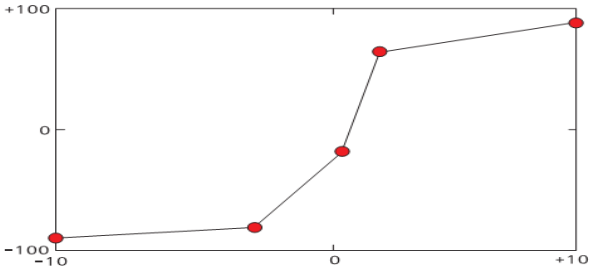
1) องค์ประกอบในการประมวลผลก่อนและหลัง

1.1 การประมวลผลก่อน เป็นขั้นตอนที่ใช้ในการเตรียมอินพุต ให้มีความเหมาะ-สมที่จะใช้กับตัวควบคุมในโลกของฟัซซี (ไม่รวมขั้นตอนการทำให้เป็นฟัซซี) จึงจำเป็นจะต้องมีการประมวลผลก่อน เพื่อปรับค่าอินพุตเหล่านี้ให้มีความเหมาะสม

Vol.11 No.2 July-December 2024 ISSN 2985-2161 (Online)

1.2 การทำฟัซซี ค่าอินพุตที่ได้จากการประมวลผลก่อนจะถูกแปลงให้เป็นค่าความเป็นสมาชิกจากฟังก์ชันสมาชิกต่างๆ ที่มีอยู่ในระบบ แล้วทำการรวมผลลัพธ์ของอินพุตนั้น ตามเงื่อนไข (ตัวแปรภาษา) ที่ถูกออกแบบไว้

1.3 ฐานกฎ กฎในระบบฟัซซีถือเป็นหัวใจในการดำเนินการควบคุม แนวคิดของการใช้ฐานกฎในฟัซซีลอจิกทำให้ระบบที่ได้มีความใกล้เคียงกับการทำงานจริงของมนุษย์ หรือกล่าวได้ว่าเป็นผู้เชี่ยวชาญนั่นเอง



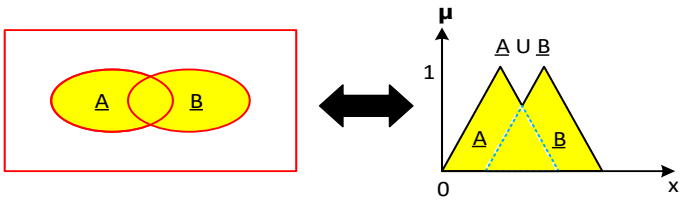
ภาพที่ 5 การปรับค่าให้เป็นบรรทัดฐานแบบไม่เป็นเชิงเส้นของค่าอินพุต

การดำเนินการทางฟัซซีเซต

การดำเนินการของฟัซซีเซตมีคุณสมบัติเหมือนกับเซตโดยทั่วไป มีการดำเนินการ คือ Union,Intersection,Complement และ Subset

1. ยูเนียนของฟัซซีเซต จะเป็น OR Operation ในสมการ 1 และแสดงดังภาพที่ 6

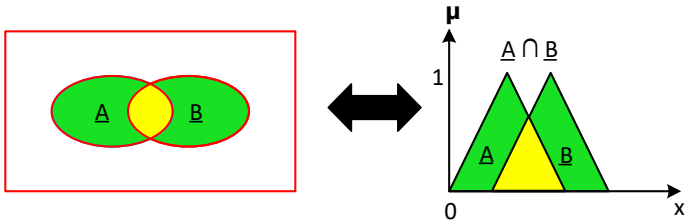
$$\mu_{\underline{A}\cup\underline{B}}(x) = \mu_{\underline{A}}(x) \vee \mu_{\underline{B}}(x) = \max(\mu_{\underline{A}}(x), \mu_{\underline{B}}(x)) \quad (1)$$



ภาพที่ 6 ยูเนียนของฟัซซีเซต $\underline{A}$ และ $\underline{B}$

2. อินเตอร์เซกชัน (Intersection) ของฟัซซีเซตจะเป็น AND Operation ในสมการ 2 และในแสดงดังภาพที่ 7

$$\mu_{\underline{A}\cap\underline{B}}(x) = \mu_{\underline{A}}(x) \vee \mu_{\underline{B}}(x) = \max(\mu_{\underline{A}}(x), \mu_{\underline{B}}(x)) \quad (2)$$

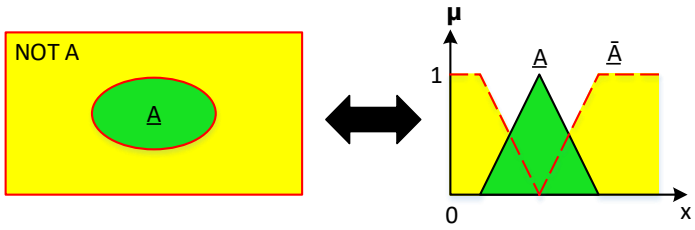


ภาพที่ 7 อินเตอร์เซคชันของฟัซซีเซต $\underline{A}$ และ $\underline{B}$

3. คอมพลีเมนต์ (Complement) ของฟัซซีเซต ในสมการ 3 และแสดงดังภาพที่ 8

ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2567 ISSN 2985-2161 (Online)

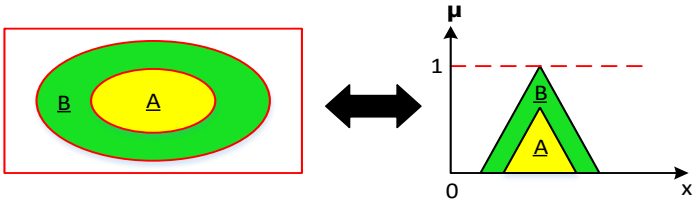
$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_{A}(x) \quad (3)$$



ภาพที่ 8 คอมพลีเมนต์ของฟัซซีเซต A

4. เซตย่อย (Subset) หรือ คอนเทนเมนต์ของฟัซซีเซต ในสมการ 4 และแสดงดังภาพที่ 9

$$A \subset B \longrightarrow \mu_{A}(X) \leq \mu_{B}(X) \quad (4)$$



ภาพที่ 9 เซตย่อย หรือ คอนเทนเมนต์ของฟัซซีเซต A

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเป็นฟังก์ชันที่มีการกำหนดระดับความเป็นสมาชิกของตัวแปรที่ต้องการใช้งาน โดยเริ่มจากการแทนที่กับตัวแทนที่มีความไม่ชัดเจน ไม่แน่นอน และคลุมเครือ ดังนั้นส่วนที่สำคัญต่อคุณสมบัติหรือการดำเนินการของฟัซซี เพราะรูปร่างของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกมีความสำคัญต่อกระบวนการคิดและแก้ปัญหา โดยฟังก์ชันความเป็นสมาชิกจะไม่สมมาตรกันหรือสมมาตรกันทุกประการก็ได้ ชนิดของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่ใช้งานทั่วไปมีหลายชนิด แต่นิยมนำมาใช้และพิจารณามากมี 6 ชนิดดังนี้

1) ฟังก์ชันสามเหลี่ยม Membership Function Triangular ฟังก์ชันสามเหลี่ยมมีทั้งหมด 3 พารามิเตอร์ คือ {a,b,c}

$$\text{triangular}(x : a, b, c) = \begin{cases} 0 & x < a \\ (x-a)/(b-a) & a \leq x \leq b \\ (c-x)/(c-b) & b \leq x \leq c \\ 0 & x > c \end{cases} \quad (5)$$

2) ฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal Membership Function) ฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมูมีทั้งหมด 4 พารามิเตอร์ คือ {a,b,c,d}

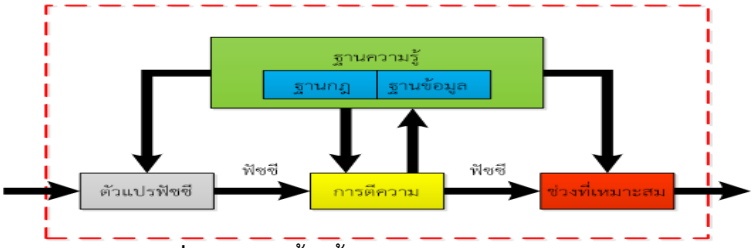
$$\text{trapezoidal}(x: a, b, c, d) = \begin{cases} 0 & x < a \\ (x-a)/(b-a) & a \leq x < b \\ 1 & b \leq x < c \\ (d-x)/(d-c) & c \leq x < d \\ 0 & x \geq d \end{cases} \quad (6)$$

Vol.11 No.2 July-December 2024 ISSN 2985-2161 (Online)

ตัวแปรภาษา

เซตแบบฟัซซีสามารถประยุกต์ใช้ในการอธิบายค่าของตัวแปลเช่นเดียวกับเซตแบบดั้งเดิม เช่น ประโยค “อุณหภูมิในห้องเย็น” คำว่า “เย็น” เป็นคำที่แสดงปริมาณอุณหภูมิ ในทางรูปนัย สามารถเขียนได้เป็น ปริมาณอุณหภูมิในห้องเย็นหรือ Temperature Quantity is cold ตัวแปร Temperature quantity เป็นตัวแปรภาษา ซึ่งเป็นแนวคิดที่สำคัญมาก

โครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิกซึ่งประกอบด้วยที่สำคัญ 4 ส่วน แสดงดังภาพที่ 10



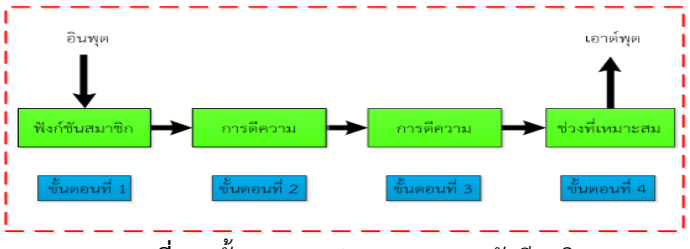
ภาพที่ 10 โครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลฟัซซี

ส่วนที่แปลงการอินพุตทั่วไปเปลี่ยนเป็นการอินพุตแบบตัวแปรฟัซซีหรือในรูปแบบเซตฟัซซีหรือเรียกว่าเป็นตัวแปรภาษา

ฐานความรู้เป็นส่วนที่จัดเก็บรวบรวมข้อมูลในการควบคุมประกอบสองส่วนคือ ฐานกฎ และฐานข้อมูล

ฐานกฎส่วนของการกำหนดวิธีการควบคุม ซึ่งได้จากผู้เชี่ยวชาญในรูปแบบของชุดข้อมูลแบบกฎของภาษา

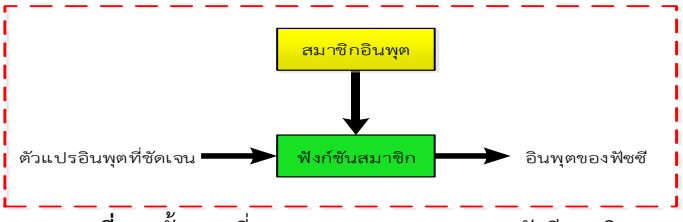
ฐานข้อมูลเป็นการจัดเตรียมส่วนที่จำเป็นเพื่อที่จะใช้ในการกำหนดกฎการควบคุมและการจัดการ ขั้นตอนการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิกมีรูปแบบการทำงานเป็น 4 ส่วนจากโครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผล แสดงดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ขั้นตอนการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก

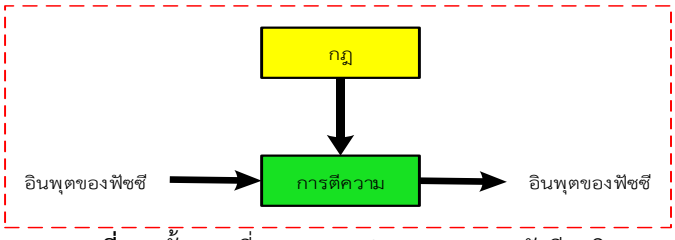
ขั้นตอนที่ 1 เป็นการแปลงการอินพุตแบบทวินัยเปลี่ยนเป็นการอินพุตแบบตัวแปรฟัซซีโดยจะสร้างฟังก์ชันความเป็นสมาชิก ขึ้นกับคุณลักษณะของแต่ละการอินพุตและความสำคัญต่อการเอาต์พุต โดยฟังก์ชันจะมีลักษณะเป็นการกำหนดภาษาสามัญเพื่อเป็นฟัซซีการอินพุต แสดงดังภาพที่ 12

ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2567 ISSN 2985-2161 (Online)



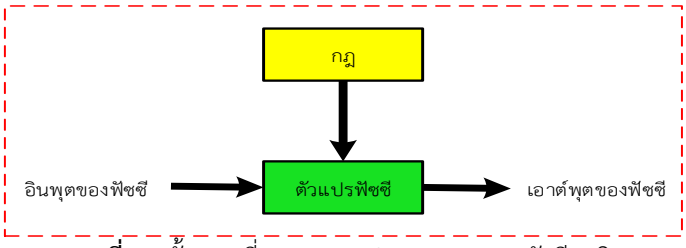
ภาพที่ 12 ขั้นตอนที่ 1 ของการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างการอินพุตทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับเอาต์พุตที่อาศัยหลักการของการหาเหตุและผล โดยเขียนเป็นกฎการควบคุมระบบซึ่งจะมีลักษณะอยู่ในรูปแบบ ถ้า (If) และ (And) หรือ (Or) ซึ่งเป็นภาษาสามัญ นำกฎทั้งหมดมาประมวลผลรวมกัน เพื่อการตัดสินใจที่เหมาะสม แสดงดังภาพที่13



ภาพที่ 13 ขั้นตอนที่ 2 ของการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก

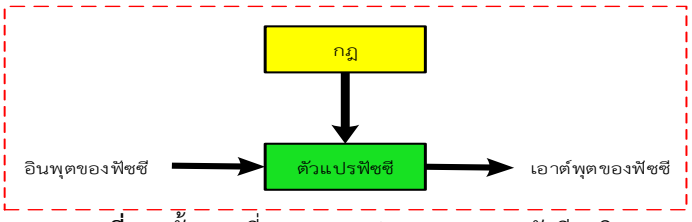
ขั้นตอนที่ 3 เป็นการหาค่าฟัซซีเอาต์พุต โดยการนำกฎการควบคุมที่สร้างขึ้น ในขั้นตอนที่ 2 มาประมวลผลกับฟัซซีอินพุต โดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำค่าที่ได้ประมวลผลวิธีการทำเป็นค่าคลุมเครือ (Fuzzification) วิธีการที่นิยมใช้ในการตีความหาเหตุผลเลือกใช้ Max-Min method และ Max-Dot method แสดงดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 ขั้นตอนที่ 3 ของการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก

ขั้นตอนที่ 4 เป็นขั้นตอนการสรุปเหตุผลฟัซซีโดยจะเปลี่ยนฟัซซีเอาต์พุตให้เป็นเอาต์พุเอาต์พุตพัซซีด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์

Vol.11 No.2 July-December 2024 ISSN 2985-2161 (Online)



ภาพที่ 15 ขั้นตอนที่ 4 ของการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก

วิธีการหาจุดศูนย์ถ่วงเป็นวิธีการเฉลี่ยผลที่ได้จากการตีความหาเหตุที่นิยมใช้ในปัจจุบันค่าที่ได้จะคำนวณจุดศูนย์ถ่วงโดยรวมจะหาได้จากการประมาณค่าจากสมการ 7

$$\mathrm{COG} = \frac{\sum_{i=1}^{ni} aiwi}{\sum_{ni=1} ai} \qquad (7)$$

เมื่อ COG คือ ค่าของจุดศูนย์ถ่วง (Central of Gravity)

คือ ค่าตั้งแต่ตำแหน่งที่ 1 ถึงค่าตำแหน่งที่ i

คือ ค่าฟัซซีของเอาต์พุตในเซตฟัซซีตำแหน่งที่ i

คือ พื้นที่ใต้โค้งของเซตตำแหน่งที่ i

ระบบควบคุมอุณหภูมิ: กฎของฟัซซี

กฎของฟัซซี เป็นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรฟัซซีในระบบ โดยปกติการออกแบบกฎดังกล่าวจะทำโดยผู้เชี่ยวชาญที่ซึ่งรู้ความสัมพันธ์ภายในของระบบเป็นอย่างดี และทำให้สามารถสรุปเป็นกฎความสัมพันธ์นั้นๆ ออกมาได้อย่างถูกต้อง พิจารณาระบบควบคุมอุณหภูมิซึ่งมี 2 อินพุต (ตัวแปร) ได้แก่ Error และ Error Rate และ 1 เอาต์พุตคือ Output ตัวอย่างการออกแบบกฎของฟัซซี ระหว่างตัวแปรทั้ง 3 มีดังนี้

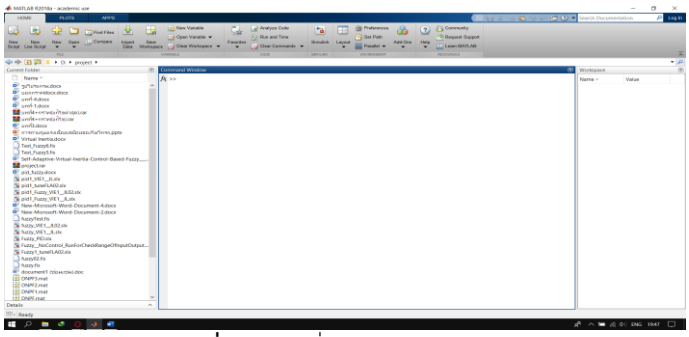
1. IF Error = N AND Error Rate = N THE Output = C
2. IF Error = Z AND Error Rate = N THE Output = H
3. IF Error = P AND Error Rate = N THE Output = H
4. IF Error = N AND Error Rate = Z THE Output = C
5. IF Error = Z AND Error Rate = Z THE Output = NC
6. IF Error = P AND Error Rate = Z THE Output = H

วิธีการใช้ฟังก์ชั่นฟัซซีในโปรแกรม MATLAB

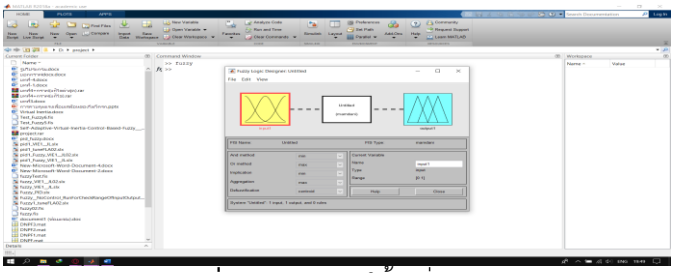
1. เปิดโปรแกรม MATLAB แสดงดังภาพที่ 16

2. พิมพ์คำสั่ง Fuzzy ในหน้าต่าง Command Window ในโปรแกรม MATLAB แล้วกด ENTER จะปรากฏหน้าต่าง FIS แสดงดังภาพที่ 16

ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2567 ISSN 2985-2161 (Online)

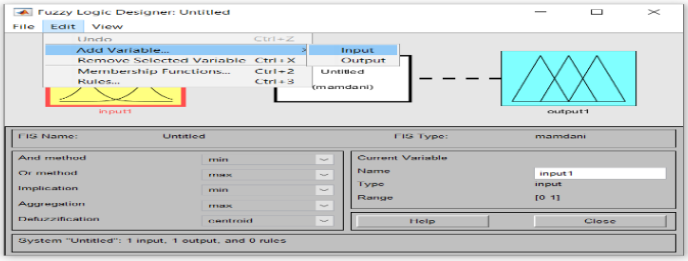


ภาพที่ 16 การเริ่มเปิดโปรมแกรม MATLAB



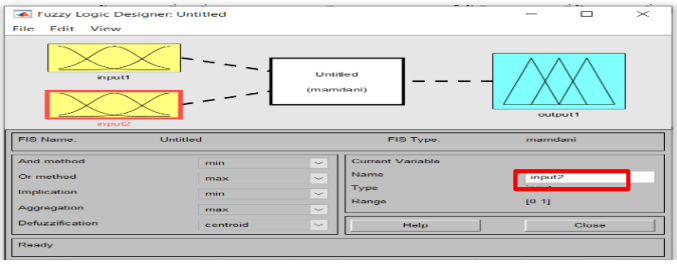
ภาพที่ 17 วิธีการเปิดใช้คำสั่ง Fuzzy

3. สามารถเพิ่มจำนวน input ของระบบโดยเลือก Edit >> Add Variable >>Input แสดงดังภาพที่ 18



ภาพที่ 18 วิธีการเพิ่มจำนวน input ของระบบ

4. หากต้องการเปลี่ยนชื่อ Block input หรือ Block output ให้เลือก Block ที่ต้องการเปลี่ยนชื่อที่ช่อง Name สามารถเปลี่ยนชื่อได้ตามต้องการ แสดงดังภาพที่ 19



ภาพที่ 19 วิธีการเปลี่ยนชื่อของ input หรือ output

Vol.11 No.2 July-December 2024 ISSN 2985-2161 (Online)

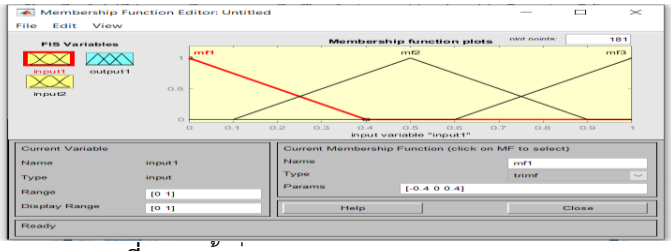
Note

สำหรับในหน้าต่าง FIS Editor จะแบ่งเป็นสองส่วนหลักๆ คือ

1. > ส่วนของ input และ output เมื่อคลิกเข้าไปจะแสดงหน้าต่างของ Membership Function Editor

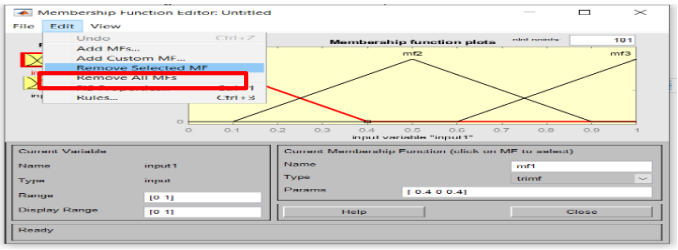
2. > ส่วนของกฎที่เราต้องสร้างเองจะแสดงหน้าต่างของ Rule

5. คลิกเข้าไปที่ input หรือ output เพื่อเปิดหน้าต่างของ Membership Function Editor จะแสดงหน้าต่าง แสดงดังภาพที่ 20



ภาพที่ 20 หน้าต่าง Membership Function Editor

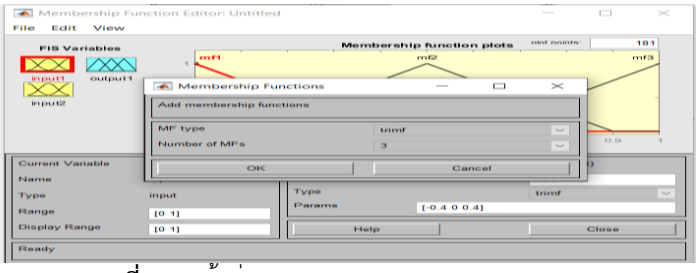
6. สามารถลบ Membership Function ของ input หรือ output โดย คลิกเลือก Membership Function ที่ต้องการลบ >> Edit >> Remove Selected MF ดังแสดงในภาพที่ 21 และสามารถลบ Membership Function ทั้งหมดใน Block โดยไปที่ Edit >> Remove All MFs แสดงดังภาพที่ 21



ภาพที่ 21 ตัวอย่างการลบ Membership Function mf2 เพียงฟังก์ชันเดียว

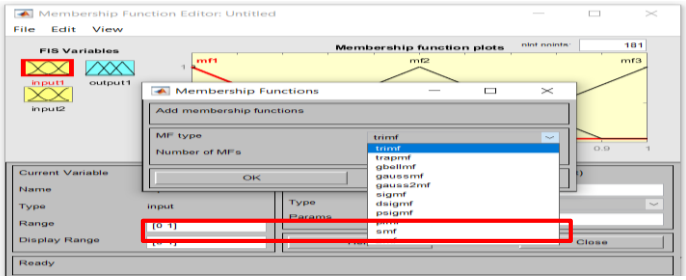
สามารถเพิ่ม Membership Function ของ input หรือ output โดย ไปที่ Edit >> Add MFs จะปรากฏหน้าต่าง Membership Functions แสดงดังภาพที่ 22

7. สามารถเลือกชนิดของ Membership Function ในช่อง MF type ชนิดของ Type แสดงดังภาพที่ 23



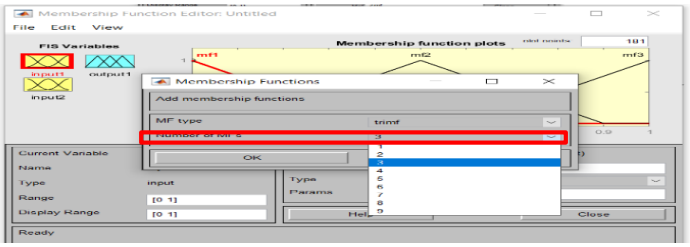
ภาพที่ 22 หน้าต่าง Membership Functions

ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2567 ISSN 2985-2161 (Online)

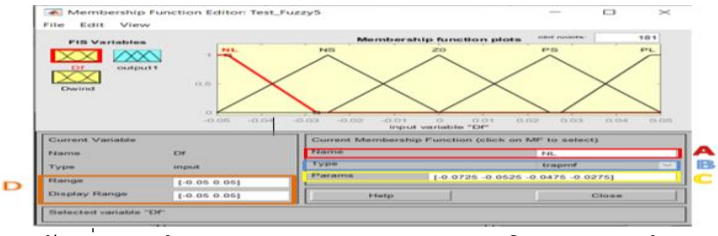


ภาพที่ 23 วิธีการเลือกชนิดของฟัซซี

8. สามารถเลือกจำนวน Membership Function ในช่อง Number of MFs แสดงดังภาพที่ 24 การเลือกใช้ชนิด และจำนวนของ Membership Function อยู่ที่ความเหมาะสมของการนำไปใช้งาน เมื่อกำหนดชนิดและจำนวนของ Membership Function เรียบร้อยแล้ว กด OK แสดงดังภาพที่ 25



ภาพที่ 24 วิธีการเลือกจำนวนของ Membership Function

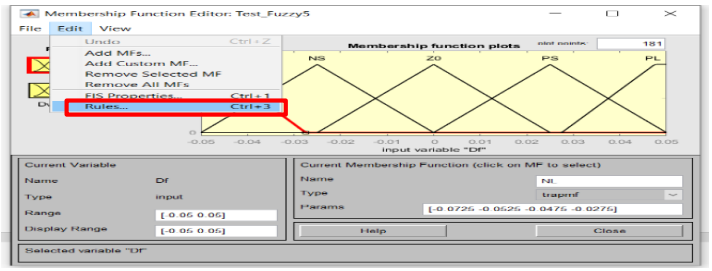


ภาพที่ 25 ตัวอย่างการกำหนด Membership Function ชนิด gaussmf จำนวน 5 ฟังก์ชั่น

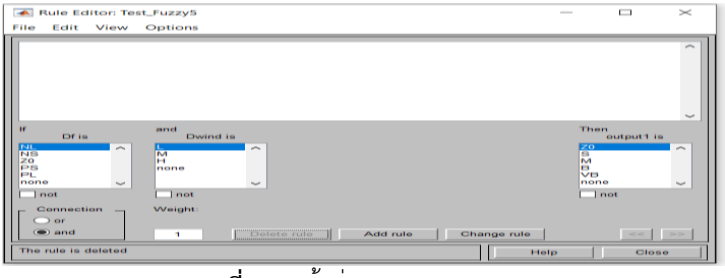
จากภาพที่ 26 สามารถเปลี่ยนชื่อ ของ Membership Function ในช่อง Name [A] สามารถเปลี่ยนชนิดของ Membership Function ได้ในช่อง Type [B] สามารถเปลี่ยนตำแหน่งและความกว้างของกราฟฟังก์ชั่นได้ ในช่อง Params และสามารถเปลี่ยนขอบเขตของฟังก์ชั่นได้ในช่อง Range, Display Range [D] ใน Block output ก็สามารถกำหนดได้ในลักษณะเดียวกัน

9. สร้างกฎของฟัซซี โดยไปที่ Edit >>Rules หรือ Ctrl+3 แสดงดังภาพที่ 26 จะปรากฏหน้าต่างดังภาพที่ 27

Vol.11 No.2 July-December 2024 ISSN 2985-2161 (Online)

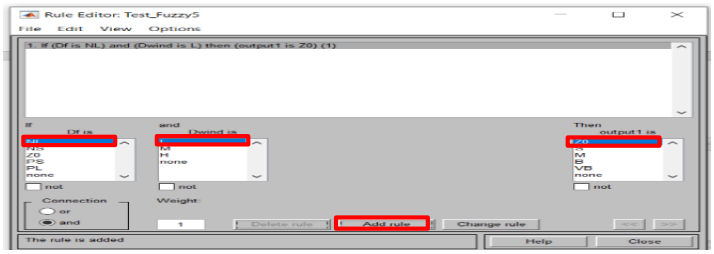


ภาพที่ 26 วิธีการเข้าไปสร้างกฎของฟัซซี



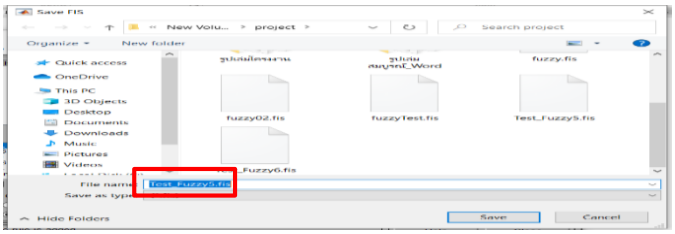
ภาพที่ 27 หน้าต่าง Rule Editor

10. สามารถกำหนดกฎของฟัซซีได้ ตามความเหมาะสม โดยเลือก ค่า input ที่ช่อง input1 และเลือกค่า output ที่ช่อง output1 >> Add rule เช่น เลือก input1 เป็น NL เลือก input2 เป็น L และเลือก outputเป็น ZO >> Add rule ในหน้าต่างจะแสดง 1. If (Df is NL) and (Dwind is L) then (output1 is Z0) (1) แสดงดังภาพที่ 28



ภาพที่ 28 ตัวอย่างการสร้างกฎของฟัซซี

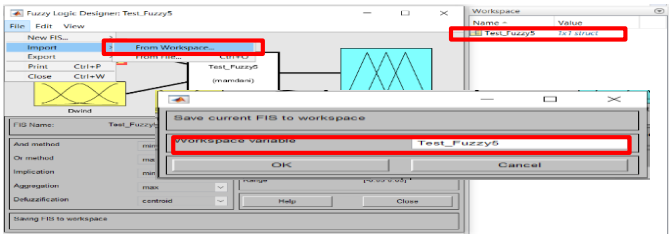
11. เมื่อต้องการบันทึกไฟล์ Membership Function ที่สร้างขึ้น ทำได้โดยไปที่ File >> Export >>ToFile หรือ กด Ctrl + S >> กำหนดโฟลเดอร์ที่จะบันทึกและตั้งชื่อไฟล์ >> บันทึก แสดงดังภาพที่ 29



ภาพที่ 29 ขั้นตอนการบันทึกไฟล์ Membership Function

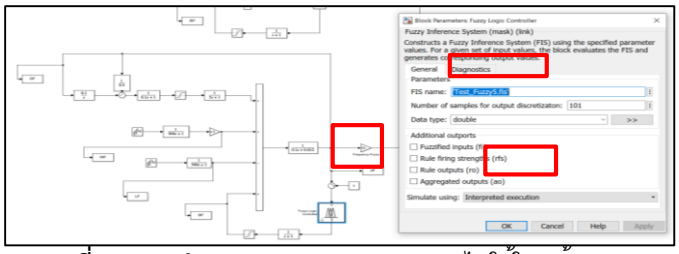
ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2567 ISSN 2985-2161 (Online)

12. เมื่อต้องการนำไฟล์ Membership Function ไปใช้งาน ทำได้โดย File >> Export >> To Workspace หรือ Ctrl + T >> OK แสดงดังภาพที่ 30



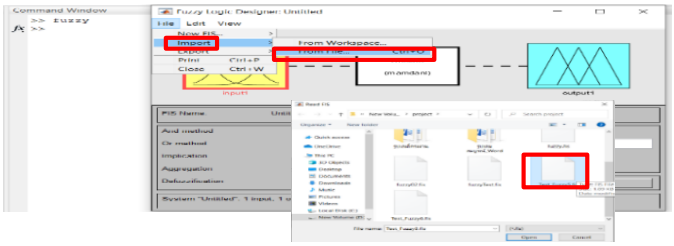
ภาพที่ 30 การนำ Membership Function ไปใช้ในหน้าต่าง MATHLAB

13. การนำ Membership Function ไปใช้ในหน้า Simulink ทำได้โดย เปิดหน้า Simulink ขึ้นมา Dueble Click ที่ Block ของฟัซซี จะปรากฏหน้าต่าง Function Block Parameters >> ป้อนชื่อไฟล์ Membership Function ในช่อง FIS file or structure โดยชื่อไฟล์จะต้องเป็นชื่อเดียวกันกับไฟล์ที่ทำการ Export To Workspace >> OK แสดงดังภาพที่ 31



ภาพที่ 31 การนำ Membership Function ไปใช้ในหน้า Simulink

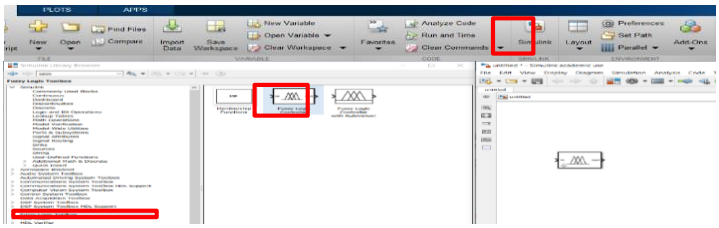
14. เมื่อต้องการใช้ Membership Function ที่เราสร้างไว้พิมพ์คำสั่ง fuzzy >> Enter ในหน้าต่าง Command Window จะปรากฏหน้าต่าง FIS Editor จากนั้นไปที่ File >> Import >> From file หรือ Ctrl + O >> เลือกไฟล์ที่ต้องการเปิด >> เปิด แสดงดังภาพที่ 32



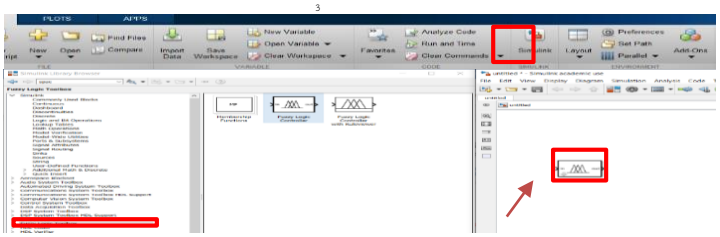
ภาพที่ 32 การเปิดไฟล์ Fuzzy

15. การนำ Block ของฟัซซี มาใช้ในหน้าต่าง Simulink ขึ้นมา >> Simuiink Browser >> Fuzzy Lool box >> FuzzyLogic Controller ลากมาใช้ได้เลย แสดงดังภาพที่ 33

Vol.11 No.2 July-December 2024 ISSN 2985-2161 (Online)



ภาพที่ 33 การนำ Block ของฟัซซี มาใช้ในหน้าต่าง Simulink

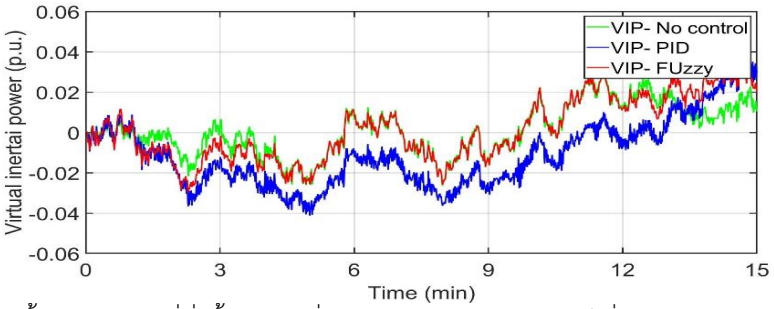


ภาพที่ 34 การนำ Block ของฟัซซี มาใช้ในหน้าต่าง Simulink

ผลการวิจัย

การวิจัยระบบที่ใช้สำหรับควบคุมความถี่ของ Fuzzy เพื่อทำเสถียรภาพความถี่ ซึ่งได้รับผลกระทบกำลังไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอจากพลังงานจากกังหันลม โดยระบบไฟฟ้ากำลังนี้เป็นระบบนำเสนอในบทนี้ คือ ระบบไมโครกริด จากผลการจำลองในแกนเวลาของระบบไฟฟ้ากำลังที่ทำการศึกษาที่ติดตั้งตัวควบคุม Fuzzy ในโปรแกรม MATLAB เพื่อหาผลรวมพื้นที่ใต้กราฟของการแกว่งของความเบี่ยงเบนความถี่ ผลการจำลองในบทนี้จะแบ่งกรณีศึกษาเป็น 3 กรณี ตามลักษณะกำลังไฟฟ้าจากพลังลม และโหลดแบบสุ่ม แสดงดังภาพที่ 35 และแสดงดังภาพที่ 36

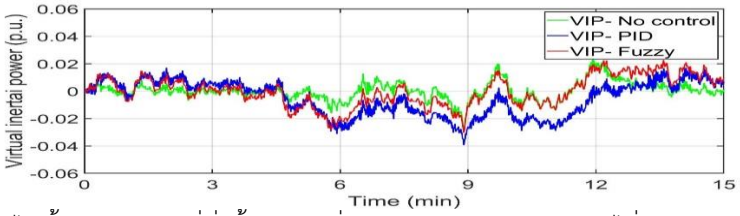
ผลการวิจัยกรณี 1 แสดงดังภาพที่ 35 แสดงการเบี่ยงเบนของความถี่, แสดงกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลและแสดงกำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ที่สร้างความเฉื่อยเสมือน



ภาพที่ 35 กำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ที่สร้างความเฉื่อยเสมือน (VIE) กรณี 1 (ก) ไม่มีการควบคุม (ข) ควบคุมด้วย PIDแบบทั่วไป (ค) ควบคุมด้วย Fuzzy (ง) เปรียบเทียบทั้ง 3 วิธี

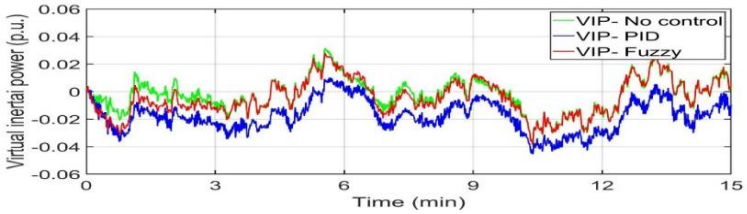
ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2567 ISSN 2985-2161 (Online)

ผลการวิจัยกรณี 2 แสดงดังภาพที่ 36 โดยแสดงการเบี่ยงเบนของความถี่, แสดงกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลล์ และแสดงกำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ที่สร้างความเฉื่อยเสมือน



ภาพที่ 36 กำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ที่สร้างความเฉื่อยเสมือน (VIE) กรณี 1 (ก) ไม่มีการควบคุม (ข) ควบคุมด้วย PIDแบบทั่วไป (ค) ควบคุมด้วย Fuzzy (ง) เปรียบเทียบทั้ง 3 วิธี

ผลการวิจัยกรณี 3 แสดงดังภาพที่ 37 แสดงการเบี่ยงเบนของความถี่, แสดงกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดดีเซลล์ และแสดงกำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ที่สร้างความเฉื่อยเสมือน



ภาพที่ 37 กำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ที่สร้างความเฉื่อยเสมือน (VIE) กรณี 1 (ก) ไม่มีการควบคุม (ข) ควบคุมด้วย PID แบบทั่วไป (ค) ควบคุมด้วย Fuzzy (ง) เปรียบเทียบทั้ง 3 วิธี

อภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการจำลองการควบคุมแรงเฉื่อยเสมือนโดยใช้ตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก เพื่อทำเสถียรภาพความถี่ในระบบไมโครกริดแยกโดด ระบบที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลล์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากพลังงานลม แบตเตอร์รี่สำหรับสร้างแรงเฉื่อยเสมือน และโหลด ผลการวิจัยเป็น 3 กรณีตามลักษณะกำลังไฟฟ้าจากพลังลม และโหลดแบบสุ่ม สรุปได้ดังนี้

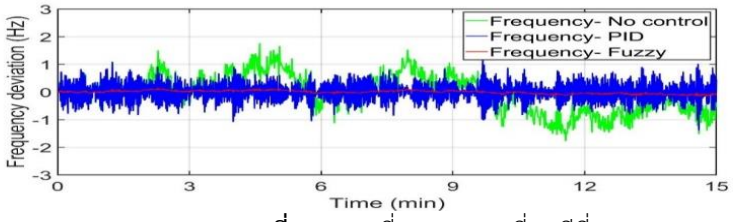
กรณี 1 การเบี่ยงเบนของความถี่, กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลและกำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ที่สร้างความเฉื่อยเสมือน กรณีไม่ได้ควบคุม ความถี่อยู่ในระดับ 1.8 Hz และ -1.8 Hz

กรณี 2 การเบี่ยงเบนของความถี่, กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลและกำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ที่สร้างความเฉื่อยเสมือน กรณีการใช้ PID ควบคุม ความถี่อยู่ในระดับ 1.6 Hz และ -1.6 Hz

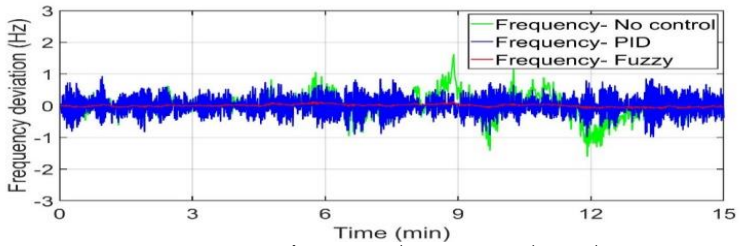
กรณี 3 การเบี่ยงเบนของความถี่, กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลและกำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ที่สร้างความเฉื่อยเสมือน กรณีการใช้ Fuzzy ควบคุม ความถี่อยู่ในระดับ 1.2 Hz และ -1.2 Hz

สรุปการจำลอง พบว่า การควบคุมแรงเฉื่อยเสมือนโดยใช้การควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก ให้การเบี่ยงเบนของความถี่ต่ำกว่าการควบคุมด้วยพีไอดีแบบทั่วไป (PID) และการเบี่ยงเบนความถี่เมื่อมีการติดตั้งการควบคุมแรงเฉื่อยดีกว่าการไม่เสมือน ดังภาพที่ 38 ถึงภาพที่ 40 ซึ่งแสดงการเบี่ยงเบนความถี่ในกรณีที่ 1 ถึงกรณีที่ 3

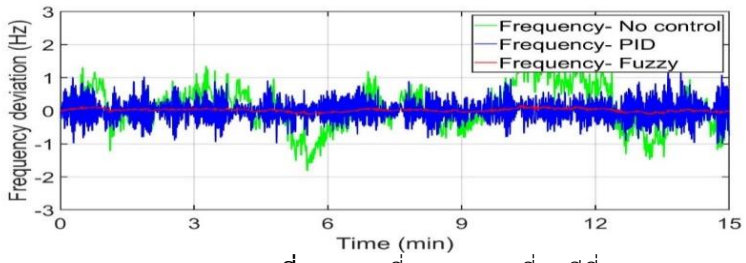
Vol.11 No.2 July-December 2024 ISSN 2985-2161 (Online)



ภาพที่ 38 การเบี่ยงเบนความถี่กรณีที่ 1



ภาพที่ 39 การเบี่ยงเบนความถี่กรณีที่ 2



ภาพที่ 40 การเบี่ยงเบนความถี่กรณีที่ 3

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนการวิจัยจากสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์และการใช้เครื่องมือต่างๆ ในการดำเนินการวิจัย จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์

ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2567 ISSN 2985-2161 (Online)

เอกสารอ้างอิง

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (2561)**. ประกาศคณะกรรมการพัฒนาระบบพลังงานไฟฟ้าทางออก สุดท้ายที่เหลืออยู่**. กรุงเทพฯ : กองเศรษกิจไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.

สหรัฐ เพ็ชรกูล (2561). **อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ**. กรุงเทพฯ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง.

นราศักดิ์ นารี. (2560). **พลังงานลมและการสร้างกังหันลมผลิตไฟฟ้า**. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

อธิป เพ็งพัด. (2561). **การวัดประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ ใน คู่มือปฏิบัติการฟิสิกส์ระดับสูง 2 (315394)**. ขอนแก่น : ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อุทัย บุญญรัตนากุล. (2564). **การออกแบบวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และการบำรุงรักษา**. กรุงเทพฯ : กองวิศวกรรมไฟฟ้าและเครื่องกล กรมโยธาธิการ กระทรวงมหาดไทย.