

การวิเคราะห์ระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าโดยใช้กฎของฟัซซี่ (POWER SYSTEM ANALYSIS USING FUZZY RULES)

กิตติ ไพฑูรย์วัฒนกิจ*
Kitti Paithoonwattanakij*

นิमित บุญภิรมย์**
Nimit Boonpirom*

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ (Abstract)

บทความนี้เป็นการนำเสนอการวิเคราะห์ระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าโดยใช้กฎของฟัซซี่ ซึ่งเนื้อหาจะเป็นการหาเสถียรภาพ (Stability) ของระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า (Power System) โดยการนำกฎของฟัซซี่มาวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าจากวิธีการวิเคราะห์ด้วยวิธี Load Flow Computation และวิธี Eigenvalue Computation เราสามารถนำผลของค่าไอเกน (Eigen Value) มาสร้างกฎของฟัซซี่เพื่อใช้วิเคราะห์เสถียรภาพของระบบ วิธีการนี้สามารถนำไปประยุกต์ในระบบควบคุมหรือใช้เป็นส่วนประกอบของระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) ในระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

In this paper the fuzzy rules are designed for steady-state stability analysis of the power system. The load flow computation and eigenvalue computation are conducted to help and identify important system variables. These key system stability variables are employed to design a set of fuzzy rules that can be used for system stability prediction. In addition the proposed scheme can be applied on control system and decision support in expert system, especially on the power system estimation.

บทนำ

ระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า (Power System) ที่มีความมั่นคงจะต้องมีคุณสมบัติในการรักษาระดับแรงดันและความถี่ให้คงที่ในเครือข่าย (Network) ของระบบจะประกอบด้วยสายส่งกำลังไฟฟ้า (Transmission Line) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก [4] เมื่อใดที่มีการเปลี่ยนแปลงของโหลด หรือเกิดปรากฏการณ์ต่าง ๆ เช่น เกิดข้อผิดพลาดขึ้น (Fault) ทำให้ค่าพารามิเตอร์ของระบบเปลี่ยนแปลงเป็นผลให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือเครื่องจักรเชิงโครนัสที่ต่อร่วมกับระบบหลุดออก (outage) จากระบบชั่วคราว ซึ่งจะทำให้เสถียรภาพของระบบต้องเสียไปโดยทั่วไปเราจะทำการศึกษา 3 สถานะ คือสถานะทรานเซียนส์ (Transient), สถานะไดนามิก (Dynamic) และสถานะเสถียร (Steady State)

เพราะฉะนั้นแนวทางในการแก้ปัญหา จะต้องมีการควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและอุปกรณ์อื่น ๆ ให้สอดคล้องกันในการแก้ปัญหา ในสถานะใด ๆ ก็ตามแรงดันของระบบไฟฟ้าจะต้องอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เพื่อรักษาคุณภาพของระบบให้มีความมั่นคงไม่เกิดความเสียหายต่อผู้ใช้ไฟฟ้า

ในบทความนี้ เป็นการเสนอแนวทางหนึ่งเพื่อจะวิเคราะห์และประเมินค่าความมีเสถียรภาพของระบบในสถานะเสถียร โดยจะใช้ตัวอย่างระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ และใช้ค่ากำลังไฟฟ้าที่บันทึกไว้ในช่วงระยะเวลา 1 เดือน คือ เดือน เมษายน พ.ศ. 2537 [5] เพื่อนำมาสร้างฟังก์ชันของฟัซซีเพื่อใช้ในการสร้างกฎฟัซซี โดยสามารถจำแนกค่ากำลังไฟฟ้าออกเป็นกลุ่ม ๆ ได้ 4 กลุ่มดังนี้

1. กำลังไฟฟ้าในสายส่ง (Line Flow)
2. กำลังไฟฟ้าจ่ายออกของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator Power Output)
3. กำลังไฟฟ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารวม (Generator Power Output Combined)
4. กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และ

กำลังไฟฟ้าสายส่ง (Line Flow and Generator Combined)

จากค่ากำลังไฟฟ้า ในกลุ่มต่าง ๆ เราจะนำไปสร้างฟังก์ชันเพื่อหาค่าความเป็นสมาชิกและผ่านกระบวนการทางฟัซซีต่อไป

ฟัซซีเซต (Fuzzy Set)

ฟัซซีเซต เป็นทฤษฎีในทางคณิตศาสตร์แขนงหนึ่ง ที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลที่มีความคลุมเครือ มีลักษณะการตัดสินใจคล้ายการตัดสินใจของมนุษย์ และได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้กับงานหลายแขนง เช่น ควบคุมระบบ (Control System), การประมวลผลภาพ (Image Processing) [6], หรือในระบบผู้เชี่ยวชาญแขนงต่าง ๆ จากคุณสมบัติของฟัซซีเซตจะมีลักษณะของการพิจารณาปัญหาแตกต่างจากเซตปกติ (Crisp Set) เช่นถ้าพิจารณาความสูงระหว่างเพศชายและเพศหญิงในเซตปกติ เราอาจจะกล่าวได้ว่า เพศชายจะสูงตั้งแต่ 150 ซม.ขึ้นไป เพศหญิงจะสูงน้อยกว่า 150 ซม. แต่ฟัซซีเซตจะแปลงความสูงออกมาในรูปของ ค่าความเป็นสมาชิก (Membership function : $0 \leq \mu \leq 1$) (ดังแสดงในรูปที่ 1)

นิยามต่าง ๆ ของฟัซซีเซต [7]

นิยามที่ 1 ฟัซซีเซต

ถ้า X เป็นสมาชิกของ ฟัซซีเซต A เราเรียก μ_A ว่าเป็นค่าหรืออัตราความเป็นสมาชิก

นิยามที่ 2 การ Union ของฟัซซีเซต

ถ้า A และ B ประกอบด้วยค่าความเป็นสมาชิก $\mu_A(x)$ และ $\mu_B(x)$ และ

$$C = A \cup B$$

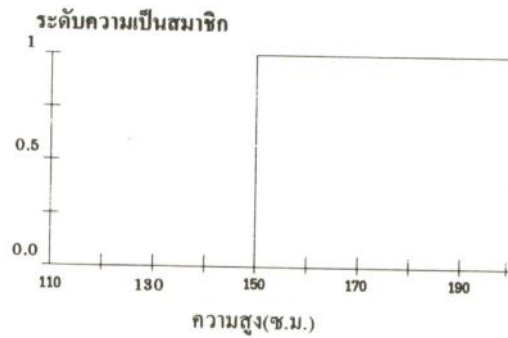
สามารถนิยามได้ว่า

$$\mu_C(x) = \text{MAX} (\mu_A(x), \mu_B(x)), x \in X$$

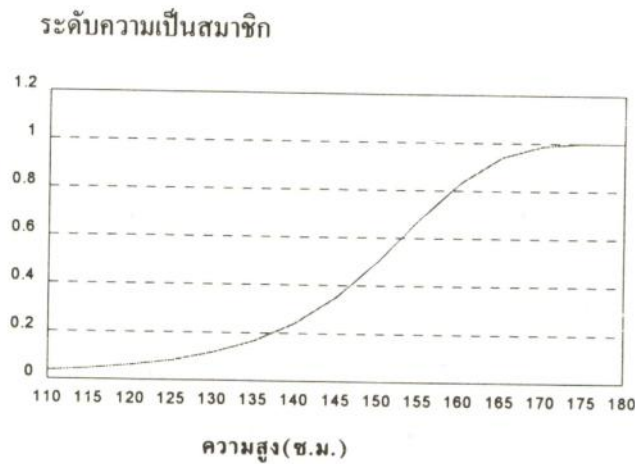
นิยามที่ 3 การ Intersection ของฟัซซีเซต

ถ้า A และ B เป็นค่าความเป็นสมาชิก $\mu_A(x), \mu_B(y)$

$$C = A \cap B$$



ก) เซตปกติ



ข) ฟัซซี่เซต

รูปที่ 1 แสดงความแตกต่างระหว่าง ก) เซตปกติ กับ ข) ฟัซซี่เซต

นิยามได้ว่า

$$\mu_C(x) = \text{MIN}(\mu_A(x), \mu_B(x)), x \in X$$

นิยามที่ 4

ถ้า A และ B เป็นฟัซซี่เซต

และประกอบด้วยค่าความเป็นสมาชิก $\mu_A(x)$
และ $\mu_B(y)$

$$S = A + B$$

สามารถนิยามได้

$$\mu_S(z) = \text{SUP} \text{ MIN } (\mu_A(x), \mu_B(y))$$

$$z = x + y$$

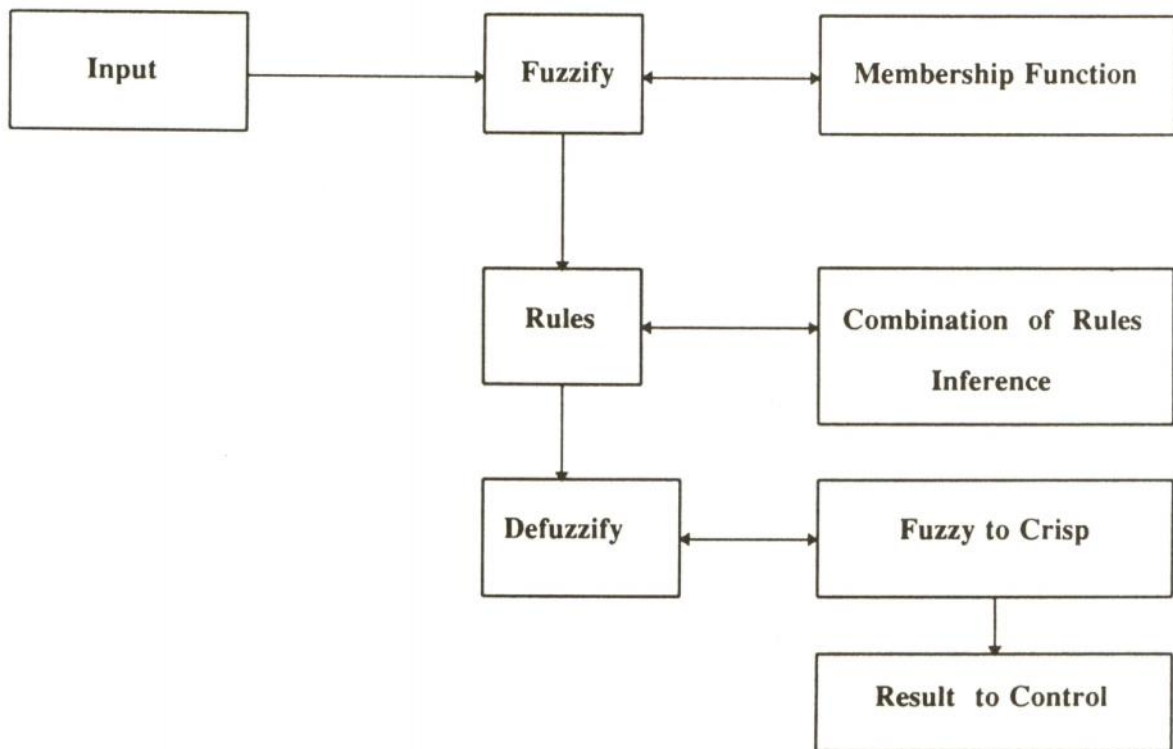
การวิเคราะห์แบบฟัซซี่

แผนผังการแสดงโครงสร้างการทำงานในระบบฟัซซี่ (รูปที่ 2) จะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ

1. Fuzzifier เป็นการแปลงข้อมูลเข้า ให้อยู่ในรูปความเป็นสมาชิกในระบบฟัซซี่

2. Fuzzy Rule นำค่าความเป็นสมาชิก (μ) ในแต่ละภาคไปประมวลผลตามกฎ (Rule) ที่ได้ออกแบบไว้

3. Defuzzifier แปลงผลจากค่าความเป็นสมาชิก ที่ได้ให้อยู่ในรูปของค่า output เพื่อนำไปใช้งานในระบบควบคุมต่อไป



รูปที่ 2 แผนผังการวิเคราะห์ระบบฟัซซี่

ขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าในระบบฟัซซี่

1. Fuzzifier เป็นขั้นตอนการนำค่าของอินพุตมาแปลงเป็นค่าความเป็นสมาชิกของฟัซซี่ มีขั้นตอนดังนี้

1.1 การสร้างฟังก์ชันของกำลังไฟฟ้าเข้า จากข้อมูลของระบบส่งจ่ายและประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญในระบบ เราจะทำการจำแนกขนาดของค่ากำลังไฟฟ้าเข้า ออกเป็น 5 กลุ่มหรือเทอม (Term) คือ

VSM = very small

SM = small

M = medium

L = large

VL = very large

การสร้างฟังก์ชันเราสามารถเลือกใช้ฟังก์ชันได้ 2 ชนิด คือ

- แบบต่อเนื่อง (Continuous) เช่น ฟังก์ชัน S, ฟังก์ชัน π เป็นต้น

- แบบประมาณ (Approximate) เช่น ฟังก์ชันรูปสามเหลี่ยม (Triangle), ฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal) เป็นต้น

จากการพิจารณาลักษณะการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลทั้งหมด และประสบการณ์จากผู้เชี่ยวชาญของ กฟผ. เราจะเลือกใช้ฟังก์ชันแบบ Continuous ในการหาค่าความเป็นสมาชิกของกำลังไฟฟ้าของสายส่ง และกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

1.1.1 กำลังไฟฟ้าของสายส่ง

ฟังก์ชันแบบ continuous ของค่าความเป็นสมาชิก (Membership : μ_L) ของ Line Flow ได้จากสมการดังนี้

$$\mu_L = \frac{1}{1 + \left(\frac{\text{FLOW} - a}{A} \right)^4} \quad (1)$$

FLOW = ผลรวมของกำลังงานในสายส่ง (KW.)

a = ค่า Mean ของฟังก์ชันแต่ละกลุ่ม

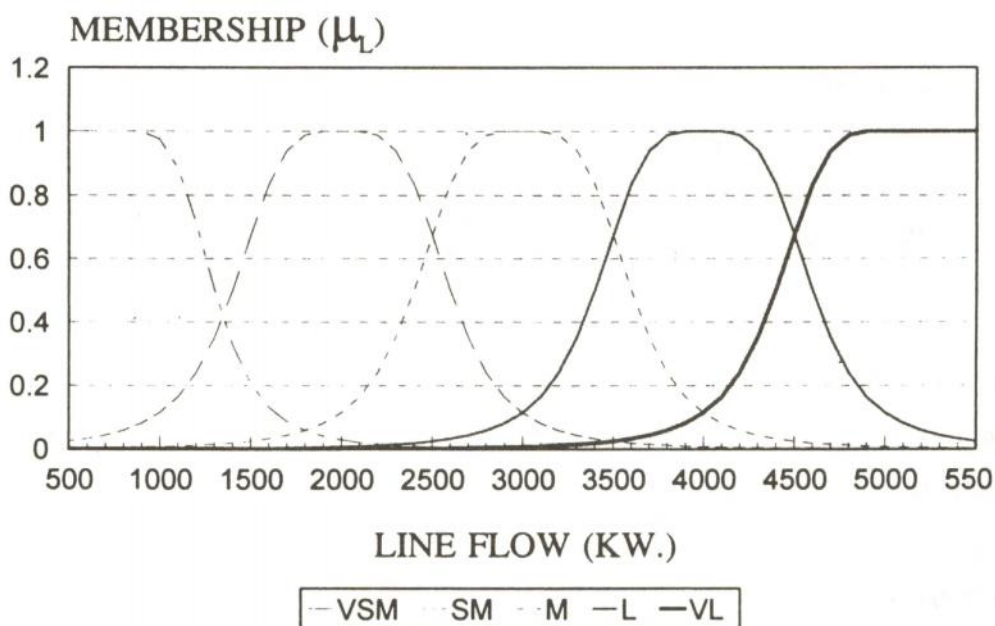
A = ขนาดความกว้างของยอดคลื่น

จากผลการบันทึกข้อมูล จากสถานีไฟฟ้าย่อย
อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ เราจะนำค่ากำลังไฟฟ้าในสายส่ง

(กลุ่มที่ 1) มากำหนดย่านของขนาดกำลังไฟฟ้า โดย
การกำหนดค่า Mean (a) ของฟังก์ชันในแต่ละกลุ่ม
และกำหนดความกว้างของยอดคลื่น (A) ตามลักษณะ
การกระจายของข้อมูล (ตามตารางที่ 1) และทำการ
ปรับจนได้ย่านที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการหาค่าความ
เป็นสมาชิกต่อไป (รูปที่ 3)

กลุ่ม	ค่า Mean (a)	ค่าความกว้างของ ยอดคลื่น (A)
VSM	800	500
SM	2000	600
M	3000	600
L	4000	600
VL	5000	600

ตารางที่ 1 แสดงค่า Mean และขนาดความกว้างของยอดคลื่นของค่ากำลังไฟฟ้า
ในสายส่งในแต่ละกลุ่ม



รูปที่ 3 แสดงฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในส่วน Line Flow

1.1.2 ค่ากำลังไฟฟ้าจ่ายออกของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

การหาค่าฟังก์ชันของกำลังไฟฟ้าจ่ายออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะแบ่งกลุ่มเป็น 5 กลุ่มเช่นเดียวกับค่ากำลังไฟฟ้าในสายส่ง

ฟังก์ชันแบบ continuous ของค่าความเป็นสมาชิก (Membership : μ_G) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้จากสมการ

$$\mu_G = \frac{1}{1 + \left(\frac{G-b}{B} \right)^2} \quad (2)$$

G = กำลังงานออกของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

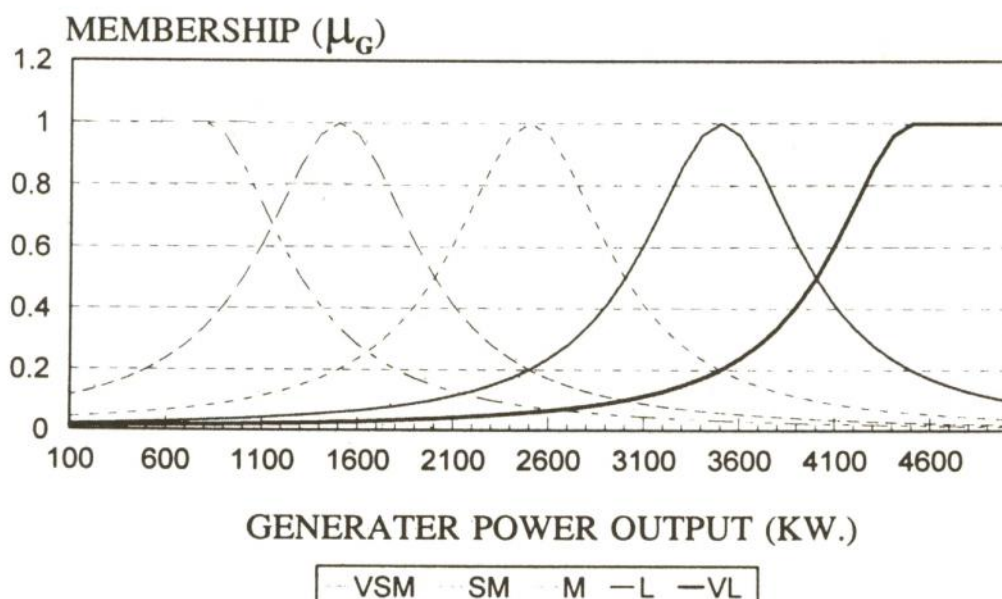
b = ค่า Mean แต่ละฟังก์ชันแต่ละกลุ่ม

B = ค่าความกว้างของยอดคลื่น

ส่วนค่า Mean (b) ของฟังก์ชันและค่าความกว้างของยอดคลื่น (B) ในแต่ละกลุ่มจะแสดงในตารางที่ 2 จะได้ค่าความเป็นสมาชิก ในรูปที่ 4

กลุ่ม	ค่า Mean (b)	ค่าความกว้างของยอดคลื่น (B)
VSM	800	500
SM	1500	500
M	2500	500
L	3500	500
VL	4500	500

ตารางที่ 2 แสดงค่า Mean และขนาดความกว้างของยอดคลื่นของค่ากำลังไฟฟ้าจ่ายออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในแต่ละกลุ่ม



รูปที่ 4 แสดงฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

1.2 การจำแนกย่านความมีเสถียรภาพ

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึง การจำแนกค่าความมีเสถียรภาพ (Stability) โดยสร้างฟังก์ชันเอาต์พุต (Output) ของฟัซซี่ตามระดับความมีเสถียรภาพจากผลการวิเคราะห์ค่าจำนวนจริง (δ) ของค่าไอเกน (Eigen value) ในสภาวะการแกว่ง (Oscillation mode) ตามวิธีของ Eigenvalue Computation [2] จะกำหนดเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

VS = very stable
S = stable
CS = critical stable
US = unsatisfactory
VUJ = very unsatisfactory

การออกแบบฟังก์ชันของเอาต์พุต เราจะหาได้โดยพิจารณาผลของค่าไอเกนในย่านของระดับความมีเสถียรภาพ และเลือกชนิดของฟังก์ชันให้เหมาะสมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าอินพุตต่อค่าความมีเสถียรภาพ จากการทดสอบโดยการจำลองระบบ

เราจะเลือกฟังก์ชันแบบประมาณ เป็นฟังก์ชันของเอาต์พุต

2. กฎของฟัซซี่ (Fuzzy rule)

กฎสามารถออกแบบได้โดย

1. อาศัยผู้เชี่ยวชาญในระบบนั้น ๆ ในการระบุกฎอย่างประมาณของ ค่าเสถียรภาพ

2. จากผลการคำนวณโดยวิธี Load flow computation และ Eigen value computation และทำการสร้างแบบจำลองจากข้อมูลจริง

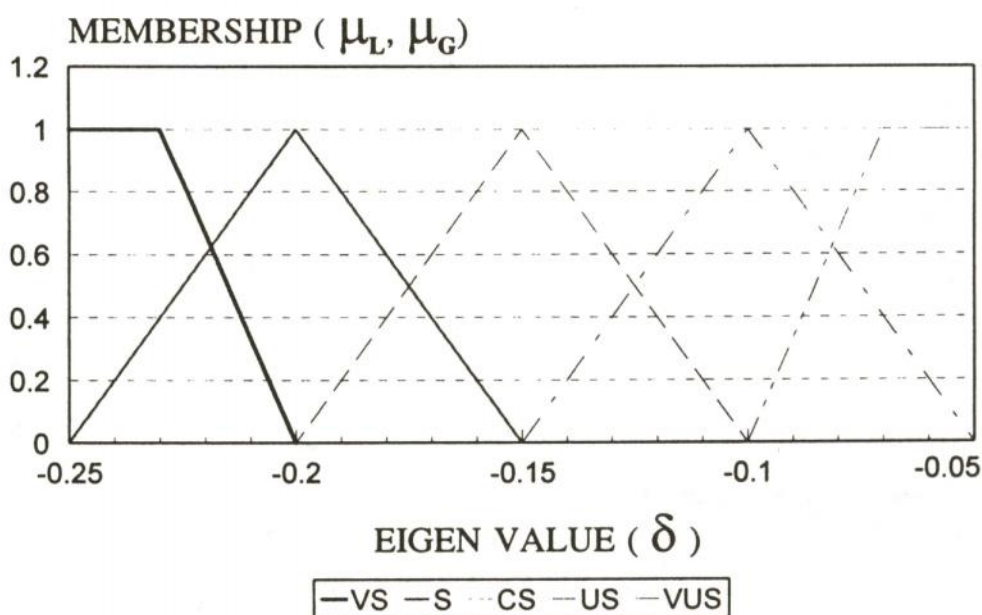
จากหลักการทั้ง 2 ข้อ เราจะนำไปสร้างกฎลักษณะของกฎจะแยกออกเป็น 4 กลุ่มดังนี้

กลุ่มที่ 1 กฎของกำลังไฟฟ้าในสายส่ง

กลุ่มที่ 2 กฎของกำลังไฟฟ้าจ่ายออกของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

กลุ่มที่ 3 กฎของกำลังไฟฟ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารวม

กลุ่มที่ 4 กฎของกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าสายส่ง



รูปที่ 5 แสดงฟังก์ชันของระดับความมีเสถียรภาพ

กลุ่มที่ 1 กฎของกำลังไฟฟ้าในสายส่ง

ประกอบด้วย กฎจำนวน 5 กฎ

กฎที่ 1 IF (FLOW คือ VSM) THEN
(δ คือ VS)

กฎที่ 2 IF (FLOW คือ SM) THEN
(δ คือ S)

กฎที่ 3 IF (FLOW คือ M) THEN
(δ คือ CS)

กฎที่ 4 IF (FLOW คือ L) THEN
(δ คือ US)

กฎที่ 5 IF (FLOW คือ VL) THEN
(δ คือ VUS)

กลุ่มที่ 2 กฎของกำลังไฟฟ้าจ่ายออกของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ประกอบด้วย กฎจำนวน 5 กฎ

กฎที่ 1 IF (G คือ VSM) THEN
(δ คือ VUS)

กฎที่ 2 IF (G คือ SM) THEN
(δ คือ US)

กฎที่ 3 IF (G คือ M) THEN
(δ คือ CS)

กฎที่ 4 IF (G คือ L) THEN
(δ คือ S)

กฎที่ 5 IF (G คือ VL) THEN
(δ คือ VS)

กลุ่มที่ 3 กฎของกำลังไฟฟ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารวม

ในการออกแบบกฎในส่วนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ต่อร่วมกัน จะออกแบบเป็นตาราง 2 มิติ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง ค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 2 ชุด (ดังแสดงในตารางที่ 3) เช่น ถ้ากำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิด กลุ่ม 1 เป็น SM และกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิด กลุ่ม 2 เป็น SM เอาท์พุทจะมีความเป็นเสถียรภาพเป็น US เป็นต้น

$\mu_{G_2} \backslash \mu_{G_1}$	VSM	SM	M	L	VL
VSM	VUS	VUS	US	CS	S
SM	VUS	US	US	S	S
M	US	US	CS	S	S
L	CS	S	S	S	VS
VL	S	S	S	VS	VS

ตารางที่ 3 แสดงกฎของกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 2 ชุด

$\mu_L \backslash \mu_{G_1}$	VSM	SM	M	L	VL
VSM	VS	VS	S	S	CS
SM	VS	S	S	CS	US
M	S	S	CS	US	US
L	S	CS	US	US	VUS
VL	CS	US	US	VUS	VUS

ตารางที่ 4 แสดงกฎของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและสายส่ง

กลุ่มที่ 4 กฎของกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าสายส่ง

ในกลุ่มนี้ จะมีลักษณะคล้ายกับกลุ่มที่ 3 แต่จะเป็นกฎการต่อร่วมกันระหว่างกำลังไฟฟ้าของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากลุ่มที่ 1 และกำลังไฟฟ้าในสายส่ง ดังแสดงในตารางที่ 4

3. Defuzzfier

เป็นการแปลงค่าความเป็นสมาชิกในกลุ่มต่าง ๆ หลังจากที่ผ่านมาขั้นตอนของการ Fuzzfier โดยใช้วิธี Centroid [7] ให้เป็นค่าไอเกน เพื่อหาความมีเสถียรภาพ ตามกฎที่ได้ออกแบบไว้ จะได้ค่าไอเกน 5 กลุ่มดังนี้

3.1 ค่า δ_L คือ ค่าไอเกน ของ กำลังไฟฟ้าของสายส่ง

3.2 ค่า δ_{G1} คือ ค่าไอเกนของ กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากลุ่มที่ 1

3.3 ค่า δ_{G2} คือ ค่าไอเกนของ กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากลุ่มที่ 2

3.4 ค่า $\delta_{combine 1}$ คือ ค่าไอเกนของ กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กลุ่มที่ 1 ร่วมกับ กลุ่มที่ 2

3.5 ค่า $\delta_{combine 2}$ คือ ค่าไอเกนของ กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากลุ่มที่ 1 ร่วมกับสายส่ง

4. ขั้นตอนการดำเนินงาน

4.1 จัดแบ่งกลุ่มข้อมูลกำลังไฟฟ้าของสถานีกำลังไฟฟ้าย่อย อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ประจำเดือนเมษายน พ.ศ. 2537 [5] ออกเป็นกลุ่มย่อยดังนี้

กลุ่มที่ 1 กำลังไฟฟ้าจากสายส่งของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตจาก จังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดเชียงราย

กลุ่มที่ 2 กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

- โรงจักรไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนแม่ใจ (กฟภ.) ขนาดพิกัด 875 KW.

- โรงจักรไฟฟ้าฝาง (กฟภ.) ขนาดพิกัด 4541 KW. 22 KV.

- โรงจักรไฟฟ้าแม่มาว ขนาดพิกัด 4000 KW. 22 KV.

- โรงจักรไฟฟ้าบ้านยาง ขนาดพิกัด 168 KW. 22 KV.

กลุ่มที่ 3 กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

- โรงจักรไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนแม่กิมหลวงขนาดพิกัด 2100 KW. 22 KV.

- โรงจักรไฟฟ้าพลังความร้อนใต้พิภพ ขนาดพิกัด 300 KW. 22 KV.

4.2 นำข้อมูลแต่ละส่วนหาค่าความเป็นสมาชิก μ_L, μ_G ในหัวข้อที่ 1

4.3 คำนวณหาค่าไอเกนจากกฎของฟัซซี่เพื่อหาค่าความมีเสถียรภาพตามหัวข้อที่ 2

4.4 ทดสอบค่าไอเกนที่ได้ และปรับค่าฟังก์ชันเอชท์พุท โดยตรวจสอบความเป็นไปได้จากผู้ชำนาญการของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณโดยกฎของฟัซซี่สามารถแสดงในตารางที่ 5

5. ผลการทดลอง

จากกฎของฟัซซี่ที่ใช้ทดลองกับข้อมูลของสถานีไฟฟ้าย่อย อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ในช่วงระยะเวลา 1 เดือน (เดือนเมษายน) จากผลในตารางที่ 5 พอสรุปได้ ดังนี้

1. ในกลุ่มของค่ากำลังไฟฟ้าในสายส่ง จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิต (กลุ่มที่ 1) จะมีค่าเสถียรภาพ ดี

2. ค่ากำลังไฟฟ้า จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของโรงจกรย่อย (กลุ่มที่ 2) จะมีค่าเสถียรภาพ ต่ำ

3. ค่าเสถียรภาพของระบบ รวม (กลุ่มที่ 5) จะอยู่ในเกณฑ์ดี

6. สรุปและข้อเสนอแนะ

ในการหาค่าความมีเสถียรภาพของระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า โดยใช้กฎของฟัซซี่ที่สามารถที่จะใช้ในการทำนายพฤติกรรมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในระบบส่ง

จ่ายต่อการตอบสนองต่อเหตุการณ์ผิดปกติ ที่เกิดขึ้นในระบบ เช่น เกิดการ Fault ต่าง ๆ หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงของโหลดอย่างกะทันหัน จากผลลัพธ์การทดสอบอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ แต่ถ้ามีการขยายระบบส่งกำลังไฟฟ้าให้ใหญ่ขึ้นโดยมีการเพิ่มจำนวนวงจรขนานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือเพิ่มจำนวนบัสของสายส่งกำลังไฟฟ้า หรือในกรณีที่ขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีขนาดแตกต่างกันมาก จะทำให้การควบคุมเสถียรภาพของระบบเกิดความยุ่งยาก แนวทางในการแก้ไขอาจทำได้ดังนี้

6.1 การออกแบบฟังก์ชันความเป็นสมาชิก จะต้องจัดกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของฟังก์ชัน ต้องคำนึงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและสายส่งกำลังไฟฟ้าในสถานะต่าง ๆ

6.2 ใช้หลักการของนิรอลเน็ตเวค เพื่อปรับค่าความเป็นสมาชิกและกฎต่าง ๆ ให้เปลี่ยนแปลง ในกรณีที่โครงสร้างของระบบเกิดการเปลี่ยนแปลง [8]

6.3 ใช้วิธีการสร้างระบบปิด (close loop) โดยการให้ระบบปรับค่าพารามิเตอร์ด้วยตัวเอง (Self-Tuning)

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอแสดงความนับถือและขอขอบพระคุณต่อการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และบุคคลท่านต่อไปนี้ คือ อาจารย์ มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, คุณวรชัย สวัสดิ์มงคล บริษัท TOTEM. S. จำกัด, รวมทั้งคุณธีระ ธนาอนุสนธิ์ และคุณภควัชร สุคันธนาถ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ที่ได้ให้การสนับสนุน ข้อมูลทางวิชาการ และคำปรึกษา จนทำให้งานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี.

เอกสารอ้างอิง

- [1] V.A. Venikov, V.A. Stroeve, V.I. Idelchick, and V.I. Tarasor, "Estimation of electrical power system steady-state stability in load flow calculations," IEEE Trans. PAS, Vol. 94, pp, 1034-1041, 1975.
- [2] M. El-Din and T.H. Alden, "Second order eigenvalue sensitivities applied to power system dynamics," IEEE Trans. PAS, Vol, 96, pp. 1928-1936, 1977.
- [3] Yuan-Yih Hsu, Senior Member and Chung-Ching Su, "A rulebased expert system for steady-state stability analysis "IEEE Trans. PWRs, Vol. 6, No.2 pp, 771-777, 1991.
- [4] P.M. Anderson and A.A. Fouard, Power System Control and Stability, Iowa State University Press, Ames, Iowa, 1977.
- [5] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, "รายงานการการบันทึก โหลดประจำวันและโหลดสูงสุดประจำเดือน เมษายน 2537 "เลขที่ ผ.2814 ลงวันที่ 4 พฤษภาคม 2537 จากกฟอ.ผาง
- [6] กิตติ ไพฑูรย์วัฒนกิจ และ สาทิต อินทรจักร, การปรับปรุงภาพอย่างอัตโนมัติ โดยใช้ฟuzzy, วิศวกรรมสารวารสารทางวิชาการวิศวกรรมกรสถานแห่งประเทศไทยฯ ปีที่ 46, ฉบับที่ 6, หน้า 86-89, 2536
- [7] L.A. Zadeh, Fuzzy Sets and Applications, John Wiley & Sons Inc., 1987.
- [8] James A.Freeman, David M. Skapura, Neural Networks Algorithms, Applications, and Programming Techniques, Addison-Wesley, 1991.

ตารางที่ 5 แสดงค่าไอเกนในกลุ่มของอินพุตกลุ่มต่าง ๆ ช่วงเวลาหนึ่งเดือน

วัน/เดือน/ปี	ค่ากำลังไฟฟ้าจาก สายส่ง	ค่าไอเกน	ค่ากำลังไฟฟ้า จากเครื่องกำเนิด กลุ่มที่ 1	ค่าไอเกน	ค่ากำลังไฟฟ้า จากเครื่องกำเนิด กลุ่มที่ 2	ค่าไอเกน	ค่าไอเกนของ เครื่องกำเนิด ไฟฟ้ารวม	ค่าไอเกนของสาย ส่งรวม
01/04/37	3100	-0.147	2800	-0.158	1000	-0.085	-0.165	-0.16
02/04/37	3700	-0.118	3400	-0.187	1000	-0.085	-0.142	-0.188
03/04/37	3500	-0.128	3400	-0.187	1000	-0.085	-0.142	-0.187
04/04/37	3500	-0.128	3400	-0.187	1000	-0.085	-0.142	-0.187
05/04/37	3300	-0.139	3400	-0.187	1000	-0.085	-0.142	-0.184
06/04/37	3800	-0.115	3400	-0.187	500	-0.081	-0.149	-0.189
07/04/37	3800	-0.115	3450	-0.189	1000	-0.085	-0.141	-0.19
08/04/37	3900	-0.115	3400	-0.187	950	-0.083	-0.143	-0.191
09/04/37	3500	-0.128	3400	-0.187	1000	-0.085	-0.142	-0.187
10/04/37	3700	-0.118	3400	-0.187	1000	-0.085	-0.142	-0.188
11/04/37	3900	-0.115	3300	-0.184	1000	-0.085	-0.145	-0.189
12/04/37	3500	-0.128	3300	-0.184	950	-0.083	-0.146	-0.188
13/04/37	3700	-0.118	3400	-0.187	1000	-0.085	-0.142	-0.197
14/04/37	3400	-0.134	3400	-0.187	1000	-0.085	-0.142	-0.186
15/04/37	3400	-0.134	3400	-0.187	1000	-0.085	-0.142	-0.185
16/04/37	3600	-0.122	3300	-0.184	1000	-0.085	-0.145	-0.186
17/04/37	3700	-0.118	3300	-0.184	1000	-0.085	-0.145	-0.186
18/04/37	4100	-0.12	3300	-0.184	1000	-0.085	-0.145	-0.193
19/04/37	3600	-0.122	3300	-0.184	1150	-0.093	-0.142	-0.186
20/04/37	3500	-0.128	3300	-0.184	1000	-0.085	-0.145	-0.185
21/04/37	3800	-0.115	3300	-0.184	1000	-0.085	-0.145	-0.187
22/04/37	4000	-0.117	3300	-0.184	1000	-0.085	-0.145	-0.191
23/04/37	3600	-0.122	3300	-0.184	1200	-0.095	-0.14	-0.186
24/04/37	3400	-0.134	3300	-0.184	1150	-0.093	-0.142	-0.148
25/04/37	3900	-0.115	3200	-0.179	1150	-0.093	-0.145	-0.188
26/04/37	4000	-0.117	3200	-0.179	1000	-0.085	-0.148	-0.19
27/04/37	3800	-0.115	3200	-0.179	1150	-0.093	-0.145	-0.186
28/04/37	3500	-0.128	3200	-0.179	1000	-0.085	-0.148	-0.184
29/04/37	3400	-0.134	3200	-0.179	1000	-0.085	-0.148	-0.182
30/04/37	3500	-0.128	2200	-0.179	1150	-0.093	-0.145	-0.184