# บทที่ 4
# ขั้นตอนการทดลองและผลการทดลอง

## 4.1 ขั้นตอนการทดลอง

4.1.1 ทำการเก็บตัวอย่างน้ำมันหม้อแปลง

4.1.2 นำตัวอย่างน้ำมันที่ได้มาทำการทดสอบ

- ผ่านเครื่อง DGA
- ผ่านเครื่อง BDV
- ผ่านเครื่อง WT
- ผ่านเครื่อง PF 25$^{o}$C

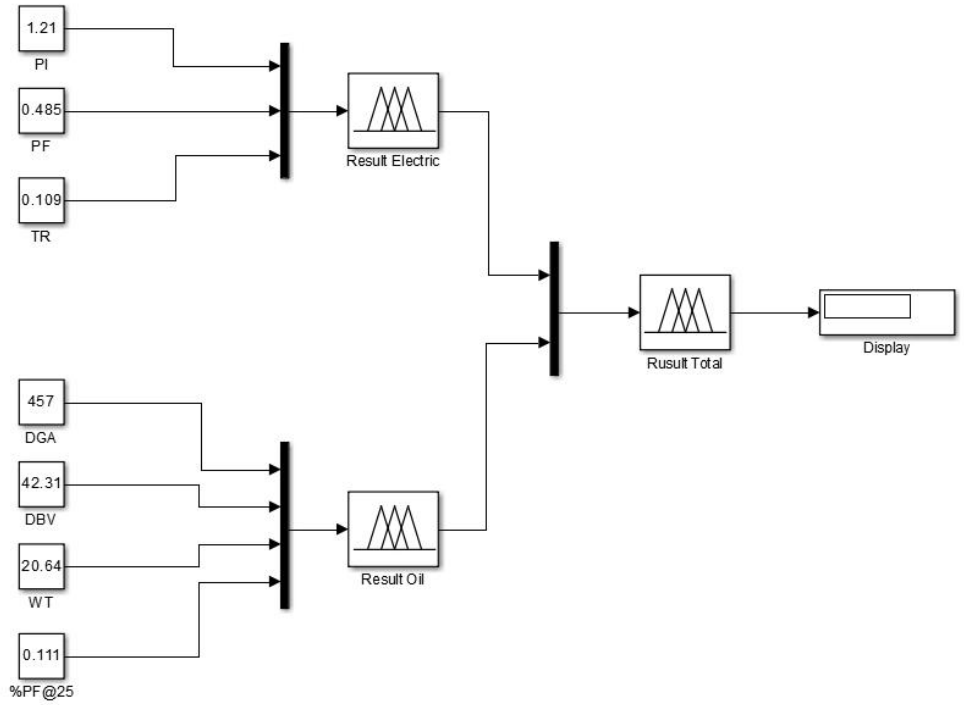
4.1.3 ทำการทดสอบหม้อแปลงทางไฟฟ้า

- ค่าความต้านทานฉนวนกระแสตรง (Insulation Resistance Measurement)
- ค่าความสูญเสียทางฉนวน (Dielectric Loss Measurement)
- ค่าอัตราส่วนของขดลวด (Ratio Measurement)

4.1.4 นำข้อมูลที่คำนวณแล้วมาจัดระดับที่อ้างอิงตามมาตรฐาน

4.1.5 นำค่าเชิงตัวเลขไปทำการวิเคราะห์ด้วยฟังก์ชัน Fuzzy Logic Toolbox

4.1.6 วิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง




ภาพที่ 4.1 ขั้นตอนการทดลอง

## 4.2 ผลการทดลองและแนวคิดที่นำไปประยุกต์ใช้ในทฤษฎีของฟัซซี่ลอจิก

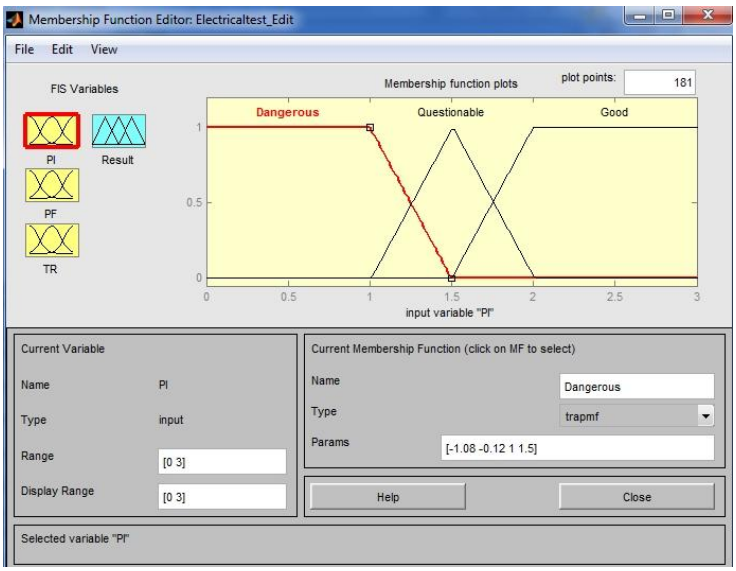
โครงงานนี้ได้นำมาตรฐานการทดสอบ มาประยุกต์ใช้ในการประเมินสภาพของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง โดยอาศัยทฤษฎีของฟัซซี่ลอจิกเข้ามาช่วย เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและความแม่นยำ โดยเริ่มจากนำผลของการทดสอบทางไฟฟ้าและผลของการทดสอบทางน้ำมัน ที่ประกอบด้วย การวิเคราะห์ก๊าซที่เจือปนในน้ำมัน (Dissolved Gas Analysis) ตามมาตรฐาน IEEE C-57-104-2008 ซึ่งจะดูจากค่าก๊าซแต่ละชนิดที่เจือปนอยู่ในน้ำมัน เพื่อใช้ในการประเมินสภาพของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง โดยจะมีอยู่สี่เงื่อนไขจากภาพที่ 2.6 การทดสอบค่าความคงทนต่อแรงดันเบรกดาวน์ (Dielectric Breakdown Voltage Test) ตามมาตรฐาน ASTM D877-87 เป็นการวัดค่าความสามารถของน้ำมัน ในการคงทนต่อความเครียดสนามไฟฟ้ากระแสสลับตามตารางที่ 2.2 การตรวจวัดปริมาณความชื้น (Water Content Test) ตามมาตรฐาน ASTM D1533 เป็นการเติมอิเล็กโตรไลต์เข้าไปใน Titration Cell แล้วทำการวัดความชื้นตามตารางที่ 2.3 การทดสอบค่าความสูญเสียของฉนวนน้ำมัน (Dissipation Factor Test) เป็นการวัดความสูญเสียทางฉนวนของน้ำมันภายใต้สนามไฟฟ้ากระแสสลับที่อุณหภูมิ 25°C มีการละลายปนเปื้อนของสารต่างๆในน้ำมัน เช่น ปริมาณทองแดง, กรด, peroxides ปกติทดสอบ ทุก 1 ปี ค่า tan ที่ 25°C ไม่ควรเกิน 0.5 % (มาตรฐาน ASTM

D924) การวัดค่าความต้านทานของฉนวน (Insulation Resistance Measurement) แล้วคำนวณค่า Polarization Index (PI) หรือค่าอัตราส่วนความต้านทานฉนวนที่นาทีที่ 10 ต่อนาทีที่ 1 ตามมาตรฐาน IEEE C57.125-1999 ตามตารางที่ 2.5 การวัดค่าความสูญเสียทางฉนวน (Dielectric Loss Measurement) เป็นการวัดความสูญเสียทางฉนวนภายใต้สนามไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งถ้าค่า PI มีค่าระหว่าง 1.1 – 1.15 ให้ทดสอบค่าความสูญเสียและ %PF ที่แรงดัน 2.5 kV ที่พิกัดแรงดัน 3 – 5 kV ทดสอบที่แรงดัน 5 kV ที่พิกัดแรงดัน 5 – 10 kV และทดสอบที่แรงดันมากกว่า 10 kV ที่พิกัดมากกว่า 10 kV ตามมาตรฐาน NETA MTS-05

ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลที่จะนำไปวิเคราะห์ด้วยฟังก์ชัน Fuzzy Logic Toolbox

| **Test** | **First Sampling** | **Second Sampling** | **Third Sampling** |
|---|---|---|---|
| PI | 1.21 | 1.505 | 1.79 |
| Power Factor | 0.485 | 0.162 | 0.24 |
| Ratio Test | 0.109 | 0.147 | 0.3 |
| DGA | 457 ppm | 141 ppm | 362 ppm |
| BDV | 42.31 kv | 46.62 kv | 57.54 kv |
| WT | 20.64 ppm | 4.25 ppm | 8.513 ppm |
| PF25°C | 0.111 | 0.05 | 0.33 |

ในการจัดระดับของข้อมูลดิบของ PI ให้อยู่ช่วงที่สามารถนำไปวิเคราะห์ด้วยฟังก์ชัน Fuzzy Logic Toolbox ได้นั้นสามารถแบ่งเป็น 3 ช่วงดังนี้

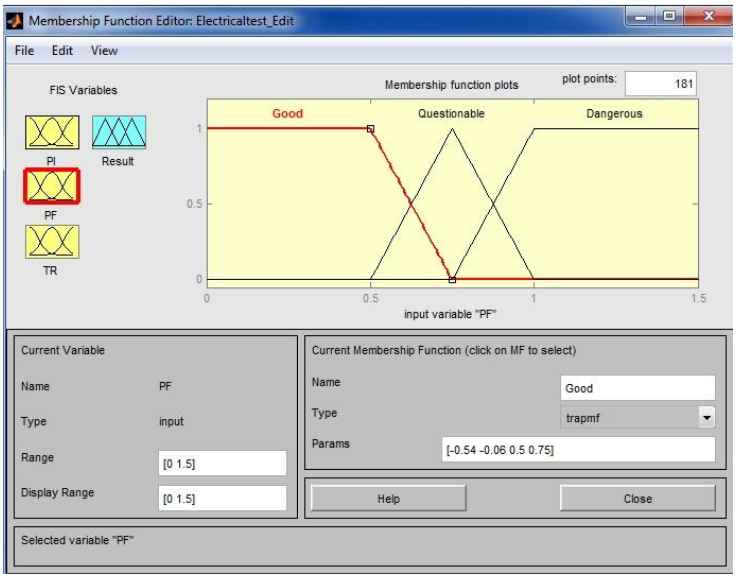



ภาพที่ 4.2 ระดับความเป็นสมาชิกของ PI

โดยที่

| | |
|---|---|
| PI > 2 | คือ ปกติ |
| 1 < PI < 2 | คือ น่าสงสัย |
| PI < 1 | คือ อันตราย |

Power Factor ให้อยู่ช่วงที่สามารถนำไปวิเคราะห์ด้วยฟังก์ชัน Fuzzy Logic Toolbox ได้ นั้นสามารถแบ่งเป็น 3 ช่วงดังนี้

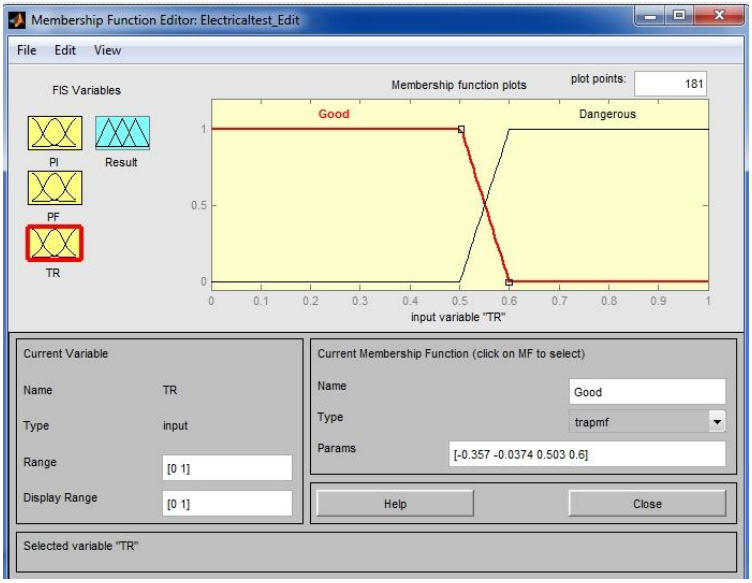



ภาพที่ 4.3 ระดับความเป็นสมาชิกของ Power Factor

โดยที่

| | |
|---|---|
| Power Factor < 0.5 | คือปกติ |
| 0.5 < Power Factor < 1 | คือน่าสงสัย |
| Power Factor > 1 | คือผิดปกติ |

Ratio Test ให้อยู่ช่วงที่สามารถนำไปวิเคราะห์ด้วยฟังก์ชัน Fuzzy Logic Toolbox ได้นั้น สามารถแบ่งเป็น 2 ช่วงดังนี้

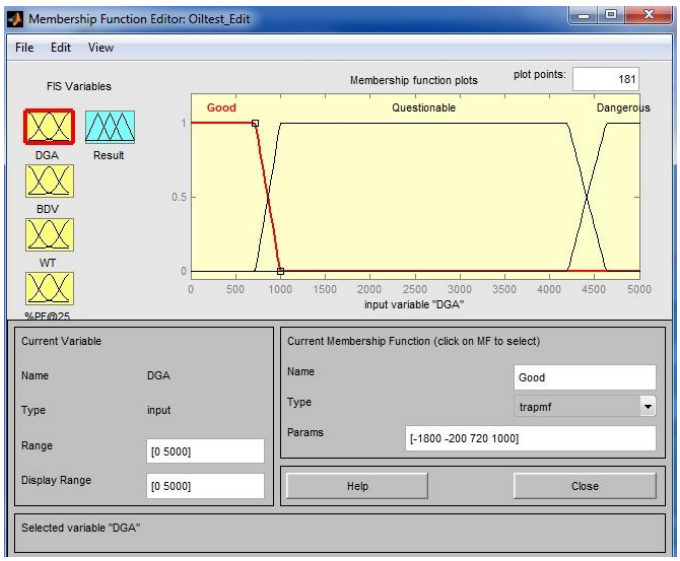



ภาพที่ 4.4 ระดับความเป็นสมาชิกของ Ratio Test

โดยที่

| | |
|---|---|
| Ratio Test < 0.5 | คือปกติ |
| Ratio Test > 0.6 | คือผิดปกติ |

DGA ให้อยู่ช่วงที่สามารถนำไปวิเคราะห์ด้วยฟังก์ชัน Fuzzy Logic Toolbox ได้นั้น สามารถแบ่งเป็น 3 ช่วงดังนี้

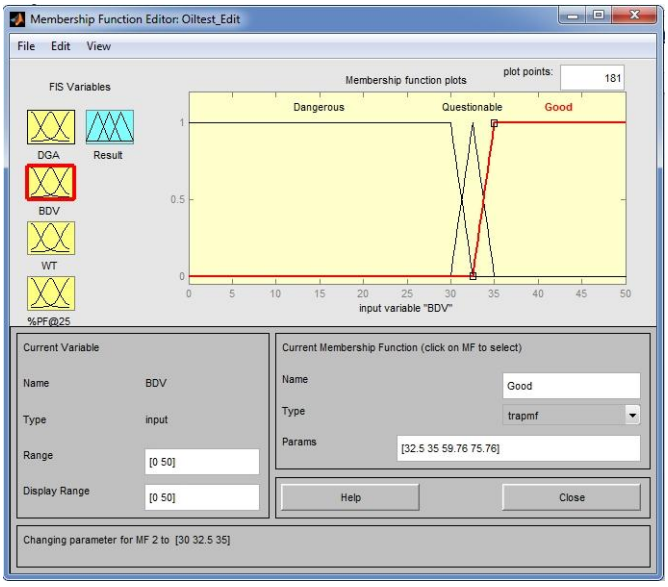



ภาพที่ 4.5 ระดับความเป็นสมาชิกของ DGA

โดยที่

| | |
|---|---|
| DGA < 720 | คือปกติ |
| 1000 < DGA < 4200 | คือน่าสงสัย |
| DGA > 4630 | คือผิดปกติ |

BDV ให้อยู่ช่วงที่สามารถนำไปวิเคราะห์ด้วยฟังก์ชัน Fuzzy Logic Toolbox ได้นั้น สามารถแบ่งเป็น 3 ช่วงดังนี้

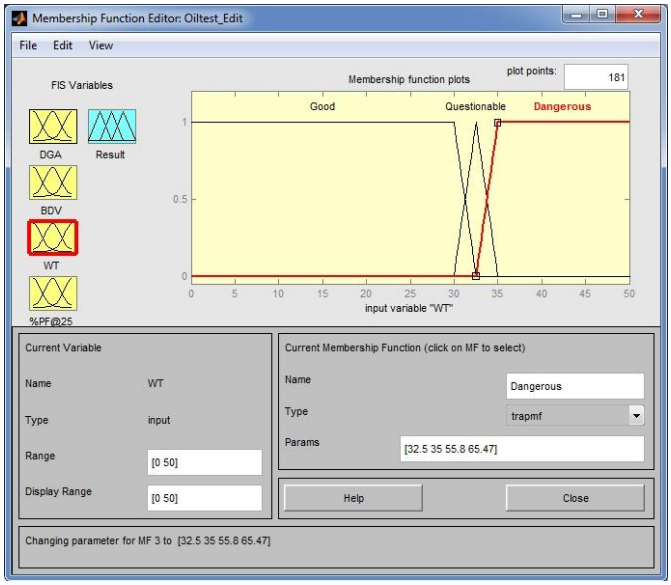



ภาพที่ 4.6 ระดับความเป็นสมาชิกของ BDV

โดยที่

| | |
|---|---|
| BDV > 35 | คือปกติ |
| 30 < BDV < 35 | คือน่าสงสัย |
| BDV < 30 | คือผิดปกติ |

WT ให้อยู่ช่วงที่สามารถนำไปวิเคราะห์ด้วยฟังก์ชัน Fuzzy Logic Toolbox ได้นั้นสามารถแบ่งเป็น 3 ช่วงดังนี้

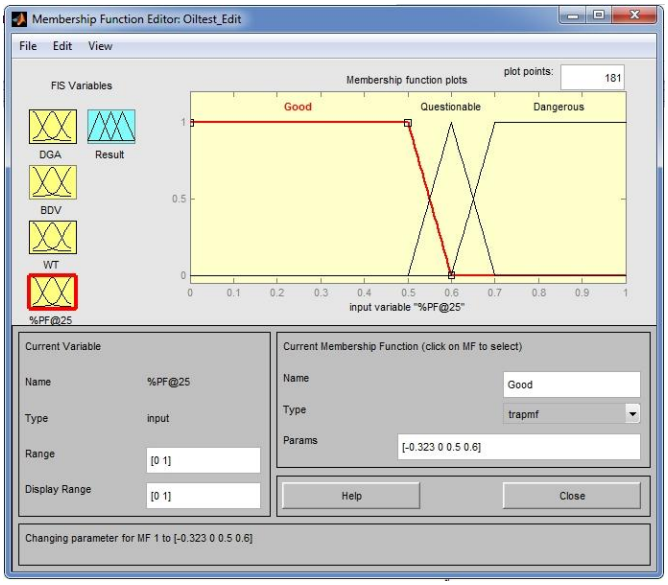



ภาพที่ 4.7 ระดับความเป็นสมาชิกของ WT

โดยที่

| | |
|---|---|
| WT < 35 | คือปกติ |
| 35 < WT < 40 | คือน่าสงสัย |
| WT > 40 | คือผิดปกติ |

PF 25°C ให้อยู่ช่วงที่สามารถนำไปวิเคราะห์ด้วยฟังก์ชัน Fuzzy Logic Toolbox ได้นั้นสามารถแบ่งเป็น 3 ช่วงดังนี้



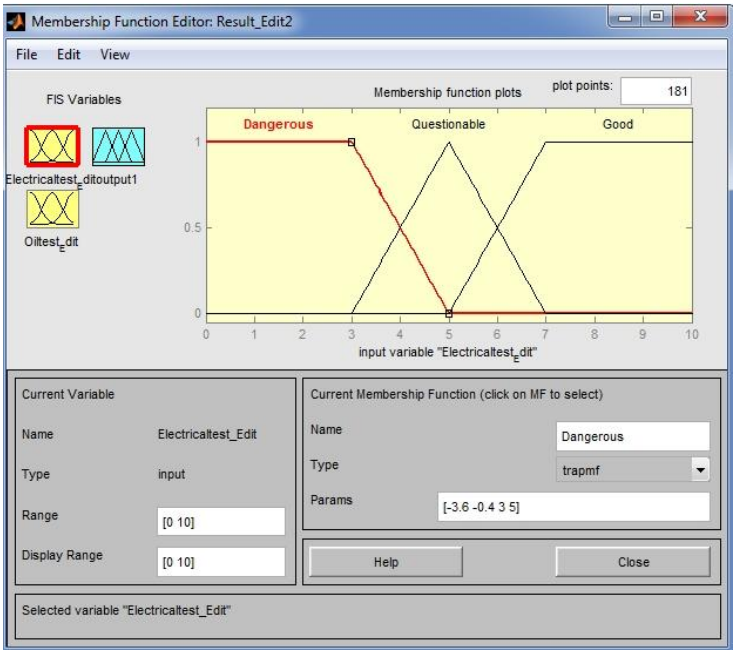

ภาพที่ 4.8 ระดับความเป็นสมาชิกของ PF 25°C

โดยที่

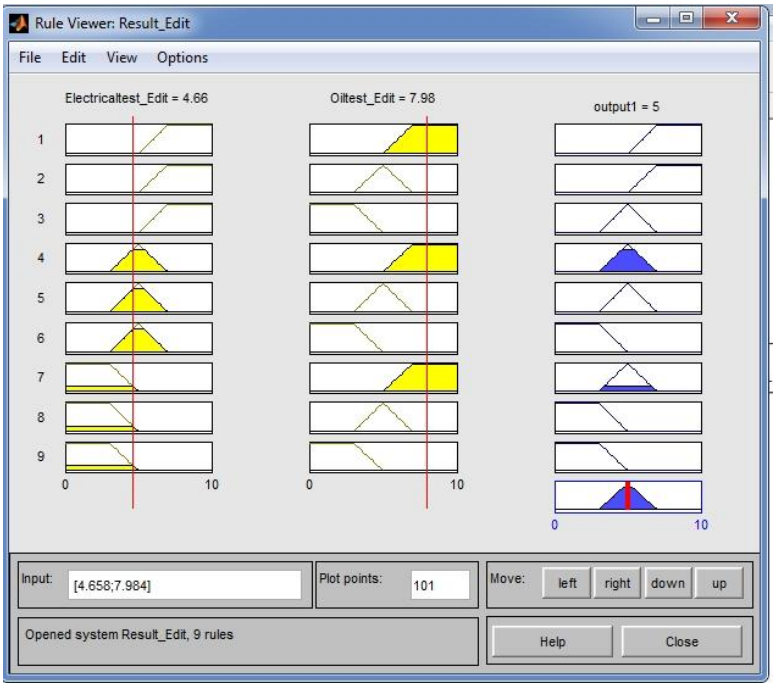
| | |
|---|---|
| PF 25°C < 0.5 | คือปกติ |
| 0.5 < PF 25°C < 0.7 | คือน่าสงสัย |
| PF 25°C > 0.7 | คือผิดปกติ |

เมื่อทำการจัดระดับของข้อมูลตามตารางที่ 4.1 แล้วจึงนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยฟังก์ชัน Fuzzy Logic Toolbox สามารถแบ่งค่าในการวิเคราะห์ได้ดังนี้

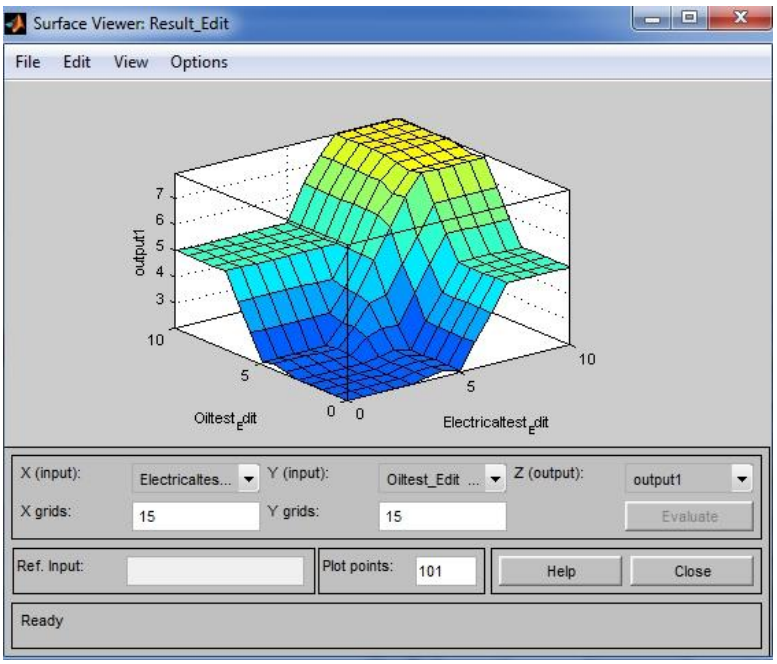
| | |
|---|---|
| ปกติ | ได้กำหนดไว้ในโปรแกรมให้มีค่าเป็น 7 ขึ้นไป |
| น่าสงสัย | ได้กำหนดไว้ในโปรแกรมให้มีค่าเป็น 3-7 |
| ผิดปกติ | ได้กำหนดไว้ในโปรแกรมให้มีค่าเป็นต่ำกว่า 3 |




ภาพที่ 4.9 ระดับความเป็นสมาชิกของ Result




ภาพที่ 4.10 แสดงผลลัพธ์การอนุมาน Rule Viewer




ภาพที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตกับเอาต์พุต Surface Viewer

ตารางที่ 4.2 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยฟังก์ชัน Fuzzy Logic Toolbox

| Sampling | Electrical Test | Oil Test | Result |
|---|---|---|---|
| First Sampling | 4.66 | 7.98 | 5 |
| Second Sampling | 7.98 | 7.98 | 7.984 |
| Third Sampling | 7.8 | 7.98 | 7.9 |