



การปรับปรุงประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยฟัซซีลอจิก
IMPROVEMENT OF TRANSFORMER PERFORMANCE
WITH FUZZY LOGIC



นางสาวกชกร ชัยเสนา รหัส 56362522

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2559



ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงการ การปรับปรุงประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยฟิชซีลोजิก
ผู้ดำเนินโครงการ นางสาวกชกร ชัยเสนา รหัส 56362522
ที่ปรึกษาโครงการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมพร เรืองสินชัยวานิช
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2559

.....
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ อนุมัติให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....ที่ปรึกษาโครงการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมพร เรืองสินชัยวานิช)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อัครพันธ์ วงศ์กั้งแห)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยदनัย ภาชนะพรรณณ์)

ชื่อหัวข้อโครงการ การปรับปรุงประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยฟิวส์ล่อจิก
ผู้ดำเนินโครงการ นางสาวกชกร ชัยเสนา รหัส 56362522
ที่ปรึกษาโครงการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมพร เรืองสินชัยวานิช
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2559

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอการปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้า โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบหนึ่งเฟส ขนาด 165 โวลต์แอมป์ 220/12 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ ตัวต้นแบบและทำการปรับปรุงประสิทธิภาพโดยใช้ฟิวส์ล่อจิก ซึ่งพิจารณาพารามิเตอร์ที่สำคัญ ได้แก่ ขนาดขดลวดด้านทุติยภูมิ จากการออกแบบด้วยฟิวส์ล่อจิก จากนั้นทำการพิจารณาพื้นที่หน้าตัดของขดลวดที่ใกล้เคียงกับค่ากระแสที่ต้องการมากที่สุด เพื่อนำมาสร้างเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าจริง จากผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าที่ได้จากฟิวส์ล่อจิก พบว่า ค่าประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าสูงขึ้นร้อยละ 2.55

Project title Improvement of Transformer Performance with Fuzzy Logic
Name Miss Kochakorn Chaisana ID. 56362522
Project advisor Asst. Prof. Somporn Ruangsinchaiwanich, Ph.D.
Major Electrical Engineering
Department Electrical and Computer Engineering
Academic year 2016

Abstract

This thesis presents the improvement of transformer efficiency. Performance testing of one-phase transformers 165 Volt-Amp 220/12 Volt 50 Hz prototype and improve efficiency using Fuzzy Logic. Considering the important parameters include a secondary coil design with Fuzzy Logic. Then consider the cross section area of the coil closest to the desired current. In order to create a real transformer. The results of the transformer test from Fuzzy Logic found that transformer efficiency increased by 2.55%.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความกรุณาและความช่วยเหลือจาก อาจารย์สมพร เรืองสินชัยวานิช ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ โดยคอยให้คำแนะนำและคำปรึกษาในเรื่องเกี่ยวกับการออกแบบการทดลอง เพื่อใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้า ตลอดจนอบรมสั่งสอนการเขียนปริญญาานิพนธ์ด้วยความใส่ใจในรายละเอียดของผลงาน ทำให้การดำเนินโครงการและการเขียนปริญญาานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ช่วยอบรมสั่งสอนตลอดการศึกษาเล่าเรียนในระดับปริญญาตรี จนสามารถนำทักษะและความรู้ในหลายๆด้านมาประยุกต์ใช้ในการดำเนินโครงการนี้

เหนือสิ่งอื่นใด ผู้ดำเนินโครงการขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ญาติ และมิตรสหาย ที่ได้ส่งเสียค่าเล่าเรียน คอยเป็นกำลังใจ มอบความรัก และความเข้าใจให้อยู่เสมอ จนทำให้ประสบความสำเร็จอย่างทุกวันนี้ ทางผู้ดำเนินโครงการจะไม่ลืมพระคุณของทุกท่านที่ได้กล่าวมาข้างต้นตลอดไป

นางสาวกชกร ชัยเสนา



สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญาโท.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ขอโครงการ.....	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.6 งบประมาณ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้า.....	4
2.2 หม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส.....	4
2.2.1 โครงสร้างหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส.....	4
2.2.2 หลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส.....	5
2.3 วงจรสมมูล.....	8

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.4 การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า.....	9
2.4.1 ทดสอบเปิดวงจร (Open Circuit Test).....	9
2.4.2 ทดสอบลัดวงจร (Short Circuit Test).....	9
2.5 การออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้า.....	10
2.5.1 ขนาดแกนเหล็ก.....	10
2.5.2 เบอร์ลวดปฐมภูมิ.....	10
2.5.3 เบอร์ลวดทุติยภูมิ.....	10
2.5.4 จำนวนรอบลวดปฐมภูมิ.....	11
2.5.5 จำนวนรอบลวดทุติยภูมิ.....	11
2.6 กำลังสูญเสียและประสิทธิภาพในหม้อแปลง.....	11
2.6.1 การสูญเสียในแกนเหล็ก.....	12
2.6.2 การสูญเสียในขดลวดทองแดง.....	13
2.6.3 ประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้า.....	14
2.7 ตรรกะคลุมเครือใน MATLAB (Fuzzy Logic by MATLAB).....	14
2.7.1 การออกแบบกฎและจำลองผลใน MATLAB.....	14
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	21
3.1 การทดสอบเปิดวงจร (Open Circuit Test).....	24
3.2 การทดสอบลัดวงจร (Short Circuit Test).....	25

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.3 การคำนวณประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้า.....	26
3.4 ออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยพีซีลอจิก.....	27
3.5 ค่าพารามิเตอร์หม้อแปลงไฟฟ้าด้วยพีซีลอจิก.....	28
3.5.1 ค่าพารามิเตอร์หม้อแปลงไฟฟ้า.....	28
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	30
4.1 ผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าตัวต้นแบบ.....	30
4.2 ผลการออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยพีซีลอจิกและปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้า.....	30
4.2.1 ผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยพีซีลอจิก.....	30
4.2.2 ผลการออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยพีซีลอจิก.....	33
4.3 ผลการเปรียบเทียบระหว่างหม้อแปลงไฟฟ้าต้นแบบและด้วยพีซีลอจิก.....	34
บทที่ 5 สรุปผลการทดสอบ.....	36
5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ.....	36
5.2 ประเมินผลการทดสอบ.....	36
5.3 ปัญหา ข้อเสนอแนะและแนวทางการแก้ไขปัญหา.....	37
5.4 แนวทางในการพัฒนาต่อไป.....	37

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง.....	38
ภาคผนวก ก.....	39
ภาคผนวก ข.....	42
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ.....	45



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 รายละเอียดของหม้อแปลงไฟฟ้าต้นแบบที่ใช้ในการทดสอบ.....	23
3.2 การปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยฟิชซีลोजิก.....	27
3.3 การกำหนดช่วงของอินพุตและเอาต์พุต.....	28
3.4 ค่าพารามิเตอร์หม้อแปลงไฟฟ้า.....	28
4.1 ผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าต้นแบบในห้องปฏิบัติการ.....	30
4.2 พื้นที่หน้าตัดที่ได้จากผลการออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยฟิชซีลोजิก เมื่อป้อนค่ากระแสของ ขดลวดแต่ละเบอร์และค่าความสูญเสียที่คำนวณ.....	30
4.3 ผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยฟิชซีลोजิก.....	34
4.4 เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ระหว่างหม้อแปลงไฟฟ้าต้นแบบและหม้อแปลงไฟฟ้าที่ออกแบบด้วย ฟิชซีลोजิก.....	35



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 หม้อแปลงไฟฟ้าหนึ่งเฟส.....	1
2.1 หม้อแปลงชนิดแกนเหล็ก.....	4
2.2 โครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า.....	6
2.3 วงจรสมมูล.....	8
2.4 การทดสอบเปิดวงจรของหม้อแปลงไฟฟ้า.....	9
2.5 การทดสอบลัดวงจรของหม้อแปลงไฟฟ้า.....	9
2.6 วงรอบฮีสเตอร์รีซิส.....	12
2.7 ลักษณะการเกิดกระแสไหลวนในแกนเหล็ก.....	13
2.8 ลักษณะการเกิดกระแสไหลวนในขดลวดตัวนำ.....	13
2.9 หน้าต่างการใช้งานฟิวซี.....	15
2.10 การให้คะแนนเด็กเสิร์ฟ.....	15
2.11 หน้าต่างฟิวซีอินพุตและเอาต์พุตสำหรับตัวอย่าง.....	16
2.12 การกำหนดขอบเขตการให้คะแนนของอินพุตการบริการและอาหาร.....	17
2.13 กำหนดขอบเขตการให้คะแนนของเอาต์พุตการทิป.....	17
2.14 กำหนดกฎทั้งหมด.....	18
2.15 การตั้งกฎ.....	19
2.16 ตัวอย่างการให้คะแนน Service = 2.61, food = 8.14 โดย Tip = 18.3.....	19
2.17 ตัวอย่างการให้คะแนน Service = 4, food = 10 โดย Tip = 19.7.....	20
2.18 พื้นผิว.....	20
3.1 แผนผังวิธีดำเนินการ.....	21
3.2 หม้อแปลงไฟฟ้าต้นแบบ.....	22

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.3 ขนาดหม้อแปลงไฟฟ้าต้นแบบ.....	22
3.4 ตัวอย่าง แอมป์มิเตอร์.....	23
3.5 ตัวอย่าง วัตต์มิเตอร์.....	24
3.6 ตัวอย่าง แหล่งจ่ายไฟฟ้า.....	24
3.7 การทดสอบเปิดวงจรของหม้อแปลงไฟฟ้า.....	25
3.8 การทดสอบลัดวงจรของหม้อแปลงไฟฟ้า.....	26
3.9 หม้อแปลงไฟฟ้าที่ปรับปรุง.....	29
3.10 ขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้า.....	29
4.1 หน้าต่างพีซีอินพุตและเอาต์พุต.....	31
4.2 ช่วงของค่ากระแส.....	31
4.3 ช่วงของค่าพื้นที่หน้าตัด.....	32
4.4 กำหนดกฎ.....	32
4.5 ค่าพื้นที่หน้าตัด เมื่อป้อนค่ากระแสเท่ากับ 1.25 แอมแปร์.....	33

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

หม้อแปลงไฟฟ้า (Electric Transformer) เป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่สามารถใช้ในการส่งผ่านพลังงานไฟฟ้าจากวงจรไฟฟ้าหนึ่งไปยังอีกวงจร โดยการเปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าเป็นส่วนใหญ่ หลักการทำงานพื้นฐานของหม้อแปลงไฟฟ้าใช้หลักการของแม่เหล็กไฟฟ้า มีอุปกรณ์หลัก คือ แกนเหล็ก (Core) และขดลวดตัวนำ (Conductor Winding) วงจรไฟฟ้าใช้เชื่อมโยงระหว่างระบบไฟฟ้าแรงสูงและไฟฟ้าแรงต่ำ และในระบบส่งกำลังไฟฟ้าหม้อแปลงนับว่าเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญมาก ดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 หม้อแปลงไฟฟ้าหนึ่งเฟส

ที่มา : <http://www.pspotech.co.th/>

เนื่องจากการแข่งขันทางการตลาด ผู้ผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าส่วนใหญ่มุ่งเน้นในการผลิตหม้อแปลงเพื่อการแข่งขันด้านราคาที่ดีกว่าบริษัทคู่แข่ง การคำนึงถึงประสิทธิภาพของหม้อแปลงไม่มีเท่าที่ควร ทำให้ผู้ใช้หม้อแปลงมีปัญหาเรื่องการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า โครงการนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาและออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าหนึ่งเฟส เพื่อให้ประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้ามีค่าที่ดีขึ้น ทั้งนี้ในโครงการนี้จะศึกษาการเปลี่ยนแปลงขดลวดตัวนำซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญของประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้า

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1) ศึกษาค่าพารามิเตอร์ของหม้อแปลงไฟฟ้า
- 2) ศึกษาฟิชซีลอจิก
- 3) ศึกษารูปแบบการปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยฟิชซีลอจิก

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1) ศึกษาหม้อแปลงไฟฟ้าแบบหนึ่งเฟส 220/ 12 โวลต์ (V) 165 โวลต์แอมป์ (VA)
- 2) ปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าให้สูงขึ้นมากกว่าร้อยละ 2
- 3) ปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยฟิชซีลอจิก
- 4) ฟิชซีลอจิกที่ใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าเหมาะกับขดลวดเบอร์ 19 - 25

1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

รายละเอียด	พ.ศ. 2559		พ.ศ. 2560		พ.ศ. 2561
	ส.ค.- ต.ค.	พ.ย.-ธ.ค.	ม.ค.-ก.ค.	ส.ค.-ธ.ค.	ม.ค. - พ.ค.
1. ศึกษาหลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบหนึ่งเฟส					
2. ศึกษาหม้อแปลงไฟฟ้าต้นแบบขนาด 220/ 12 โวลต์ (V) 165 โวลต์แอมป์ (VA)					
3. ทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าต้นแบบ					
4. ออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยฟิชซีลอจิก					
5. สรุปผลการทดลองและจัดทำรูปเล่มให้สมบูรณ์					
6. นำเสนอปริญญาานิพนธ์แก่คณะกรรมการวิทยานิพนธ์					

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) เข้าใจค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้า
- 2) ได้แนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยฟuzzyลอจิก
- 3) ได้หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นมากกว่าตัวต้นแบบร้อยละ 2

1.6 งบประมาณ

- | | |
|--------------------------------|------------------|
| 1) ค่าอุปกรณ์ในการทำโครงการ | 500 บาท |
| 2) ค่าจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์ | 500 บาท |
| รวมทั้งสิ้น (หนึ่งพันบาทถ้วน) | <u>1,000 บาท</u> |
| หมายเหตุ : ถัวเฉลี่ยทุกรายการ | |



บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้า

ชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้ามีหลากหลายแบบ ขึ้นอยู่กับ ขนาด กำลังไฟฟ้า และการประยุกต์ใช้งาน ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้หม้อแปลงชนิดแกนเหล็ก EI หม้อแปลงแบบนี้จะใช้ แผ่นเหล็กอ่อนหลายๆ แผ่นซ้อนกัน ส่วนใหญ่จะใช้รูปทรงตัว E กับ ตัว I ประกอบกันเป็นแกนซึ่งส่วนใหญ่จะใช้งานทั่วไปที่มีความถี่ไม่สูงนัก เช่นหม้อแปลงในงานส่งกำลังไฟฟ้า หรือหม้อแปลงแปลง แรงดันไฟฟ้าตามบ้าน เป็นแรงดันต่ำๆตามที่ต้องการ หม้อแปลงชนิดนี้จะมีประสิทธิภาพสูงที่สุด



รูปที่ 2.1 หม้อแปลงชนิดแกนเหล็ก

ที่มา : <http://www.psptech.co.th/>

2.2 หม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส

2.2.1 โครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส

1. ขดลวด

การพันขดลวดทั้งขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้านั้น วัสดุที่ใช้ทำขดลวดหม้อแปลงโดยทั่วไปทำมาจากสายทองแดงเคลือบน้ำยาฉนวน มีขนาดและลักษณะลวดเป็นทรงกลมหรือแบนขึ้นอยู่กับขนาดของหม้อแปลง ลวดเส้นโตจะมีความสามารถในการจ่ายกระแสได้มากกว่าลวดเส้นเล็ก หม้อแปลงขนาดใหญ่มักใช้ลวดถักแบบตีเกลียวเพื่อเพิ่มพื้นที่สายตัวนำให้มีทางเดินของกระแสไฟมากขึ้น สายตัวนำที่ใช้พันขดลวดบนแกนเหล็กทั้งขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิอาจมีแท็ปแยก (Tap) เพื่อแบ่งขนาดแรงเคลื่อนไฟฟ้า (ในหม้อแปลงขนาดใหญ่จะใช้การเปลี่ยนแท็ปด้วยสวิตช์อัตโนมัติ)

2. แผ่นแกนเหล็ก

แผ่นเหล็กที่ใช้ทำหม้อแปลงจะมีส่วนผสมของสารกึ่งตัวนำซิลิกอนเพื่อรักษาความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบขดลวดไว้ แผ่นเหล็กแต่ละชั้นเป็นแผ่นเหล็กบางเรียงต่อกันหลายชั้นทำให้มีความต้านทานสูงและช่วยลดการสูญเสียบนแกนเหล็กที่ส่งผลให้เกิดความร้อนหรือที่เรียกว่ากระแสไหลวนบนแกนเหล็กโดยทำแผ่นเหล็กให้เป็นแผ่นบางหลายแผ่นเรียงซ้อนประกอบขึ้นเป็นแกนเหล็กของหม้อแปลง

3. ขั้วต่อสายไฟ

โดยทั่วไปหม้อแปลงขนาดเล็กจะใช้ขั้วต่อไฟฟ้าต่อเข้าระหว่างปลายขดลวดกับสายไฟฟ้าภายนอก และถ้าเป็นหม้อแปลงขนาดใหญ่จะใช้แผ่นทองแดง (Bus Bar) เพื่อต่อเข้าระหว่างปลายขดลวดกับสายไฟฟ้าภายนอก

4. แผ่นป้าย

ทำหน้าที่บอกรายละเอียดประจำตัวหม้อแปลง

5. อุปกรณ์ระบายความร้อน

ทำหน้าที่ระบายความร้อนให้กับขดลวด เช่น อากาศ, พัดลม, น้ำมัน หรือใช้ทั้งพัดลมและน้ำมันช่วยระบายความร้อน เป็นต้น

6. โครง

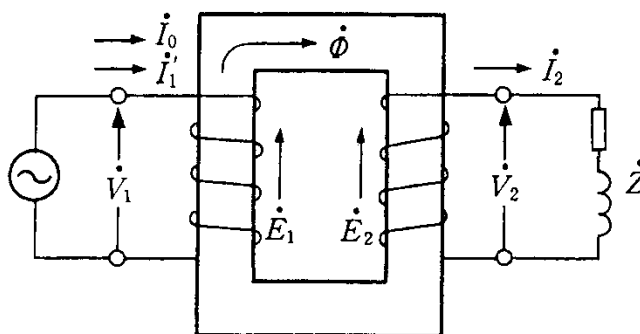
โครงหรือถังของหม้อแปลง (Tank) ทำหน้าที่บรรจุขดลวด แกนเหล็กรวมทั้งการติดตั้งระบบระบายความร้อนให้กับหม้อแปลงขนาดใหญ่

7. สวิตช์และอุปกรณ์ควบคุม

ทำหน้าที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้า และมีอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าชนิด ต่าง ๆ รวมอยู่ด้วย

2.2.2 หลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส

การทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าอาศัยหลักการความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับเส้นแรงแม่เหล็กในการสร้างแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำให้กับตัวนำ กล่าวคือเมื่อมีกระแสไหลผ่านขดลวดตัวนำก็จะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กรอบๆตัวนำนั้น และถ้ากระแสที่ป้อนมีขนาดและทิศทางที่เปลี่ยนแปลงไปมาจะทำให้สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย เมื่อสนามแม่เหล็กตัดผ่านตัวนำก็จะเกิดแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำขึ้นที่ตัวนำนั้น โดยขนาดของแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำจะสัมพันธ์กับความเข้มของสนามแม่เหล็กและความเร็วในการตัดผ่านตัวนำของสนามแม่เหล็ก



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า

ที่มา : http://montri.rmutl.ac.th/old/ee/04210210machine/2_Transformer.pdf

พิจารณาจากรูป 2.2 จะเห็นว่าโครงสร้างของหม้อแปลงประกอบไปด้วยขดลวดจำนวน 2 ชุด พันรอบแกนเหล็กที่เป็นสื่อกลางของเส้นแรงแม่เหล็ก ซึ่งอาจเป็นแกนเหล็กชนิดแกนเฟอไรท์หรือแกนอากาศ ขดลวดที่จ่ายไฟเข้าไปเรียกว่า ขดปฐมภูมิและขดลวดอีกชุดที่ต่อเข้ากับโหลดเรียกว่า ขดทุติยภูมิ เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับขดปฐมภูมิจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงไปมา โดยเส้นแรงแม่เหล็กดังกล่าวก็จะวิ่งไปตามแกนและไปตัดกับขดทุติยภูมิทำให้เกิดแรงดันเหนี่ยวนำขึ้นที่ขดทุติยภูมิที่ต่อกับโหลด โดยแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นจะมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กและจำนวนรอบของขดลวด

โดยที่

- E_p คือ ระดับแรงดันไฟฟ้าทางด้านขดปฐมภูมิ
- E_s คือ ระดับแรงดันไฟฟ้าทางขดทุติยภูมิ
- N_p คือ จำนวนรอบของขดปฐมภูมิ
- N_s คือ จำนวนรอบของขดทุติยภูมิ
- $\Delta\phi$ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก

สามารถหาค่า $\Delta\phi$ ได้จากสมการดังนี้

$$E_p = N_p \frac{d\phi_m}{dt} = N_p \times \Delta\phi \quad (2.1)$$

$$E_s = N_s \frac{d\phi_m}{dt} = N_s \times \Delta\phi \quad (2.2)$$

เมื่อนำสมการ (2.1) มาหารด้วย สมการ (2.2) ได้สมการดังนี้

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s} \quad (2.3)$$

จากสมการ (2.3) สามารถเขียนเป็นสมการใหม่ได้ดังนี้

$$E_s = \frac{N_p}{N_s} \times E_p \quad (2.4)$$

จากสมการ (2.4) จะเห็นว่าค่าแรงดันไฟฟ้าทางขดลวดทุติยภูมิขึ้นอยู่กับอัตราส่วนจำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิและขดลวดปฐมภูมิ ถ้าแรงดันไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิมีค่าสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ จะเรียกหม้อแปลงชนิดนี้ว่า หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแปลงแรงดันขึ้น แต่ถ้าแรงดันไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิมีค่าน้อยกว่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ เรียกว่าเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแปลงแรงดันลง โดย I_p หมายถึง กระแสไฟฟ้าทางขดปฐมภูมิ และ I_s หมายถึง กระแสไฟฟ้าทางขดทุติยภูมิ และสมมุติว่าไม่มีการสูญเสียใดๆ คือ กำลังไฟฟ้าขาออกเท่ากับกำลังไฟฟ้าที่จ่ายออกมาสามารถหาได้จากสมการ ดังนี้

$$I_s \times E_s = I_p \times E_p$$

หรือ

$$\frac{I_s}{I_p} = \frac{E_p}{E_s} \quad (2.5)$$

และพิจารณาจากสมการ (2.5) ได้สมการใหม่ดังนี้

$$\frac{I_s}{I_p} = \frac{N_p}{N_s}$$

หรือ

$$I_s = \frac{N_p}{N_s} \times I_p \quad (2.6)$$

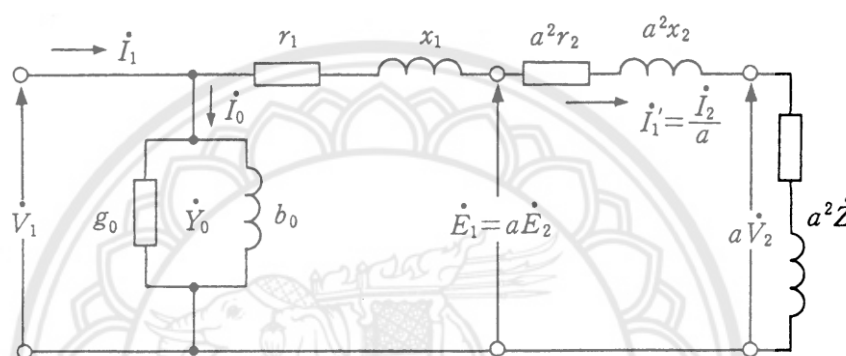
จากสมการ (2.6) สามารถอธิบายความหมายได้ดังนี้

1. ถ้าโหลดมีการดึงกระแสทางด้านขดทุติยภูมิมากขึ้น กระแสไฟฟ้าทางขดปฐมภูมิก็จะสูงขึ้น
2. ในกรณีเป็นหม้อแปลงชนิดแปลงขึ้น คือ $N_s > N_p$ กระแสทางขดทุติยภูมิ (I_s) ก็จะมีค่าน้อยกว่าค่ากระแสทางขดปฐมภูมิ (I_p) ซึ่งหมายถึง ขนาดของลวดที่ใช้พันขดทุติยภูมิจะมีขนาดเล็กกว่าขนาดของขดปฐมภูมิ
3. ในกรณีเป็นหม้อแปลงชนิดแปลงลง คือ $N_s < N_p$ กระแสทางขดทุติยภูมิ (I_s)

ก็จะสูงกว่ากระแสทางขดปฐมภูมิ (I_p) ซึ่งหมายถึง ขนาดของลวดที่ใช้พันขดทุติยภูมิจะมีขนาดใหญ่กว่าขนาดของขดปฐมภูมิ

2.3 วงจรสมมูล

รูปแสดงวงจรสมมูลอย่างง่าย (แปลงวงจรด้านทุติยภูมิเป็นด้านปฐมภูมิ) เป็นวงจรสมมูลอย่างง่ายเมื่อมองจากด้านปฐมภูมิ โดยจะคำนวณหาคุณสมบัติต่างๆ ได้แก่ แรงดัน กระแส เพาเวอร์แฟกเตอร์ ฯลฯ วงจรสมมูลอย่างง่ายนี้เพียงพอต่อการใช้งานในทางปฏิบัติ



รูปที่ 2.3 วงจรสมมูล

ที่มา : <https://ienergyguru.com/2015/10/transformer/>

$$\begin{aligned} R_{01} &= R_1 + R'_2 \\ &= R_1 + a^2 R_2 \end{aligned} \quad (2.7)$$

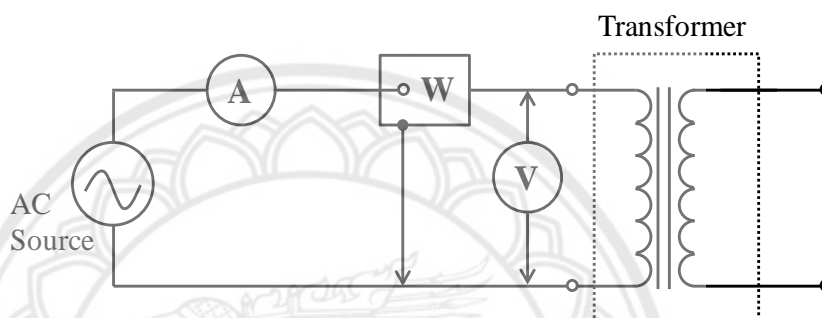
$$\begin{aligned} X_{01} &= X_1 + X'_2 \\ &= X_1 + a^2 X_2 \end{aligned} \quad (2.8)$$

2.4 การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า

การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าสามารถทำได้ 2 วิธี ได้แก่ การทดสอบเปิดวงจร (Open Circuit Test) และการทดสอบลัดวงจร (Short Circuit Test) โดยมีวิธีการทดสอบดังนี้

2.4.1 ทดสอบเปิดวงจร (Open Circuit Test)

การทดสอบเปิดวงจรเป็นการทดสอบเพื่อหาค่าความสูญเสียในแกนตัวนำแม่เหล็ก ซึ่งการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าจะกระทำโดยการเปิดวงจรทางด้านแรงดันไฟฟ้าสูงและจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่พิกัดเข้าที่ด้านแรงดันไฟฟ้าต่ำ ดังแสดงในรูป 2.4

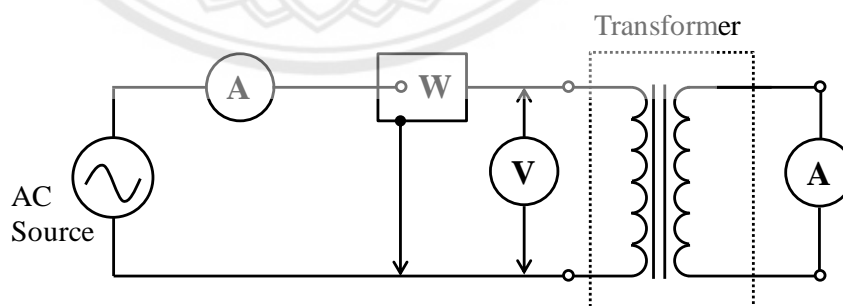


รูปที่ 2.4 การทดสอบเปิดวงจรของหม้อแปลงไฟฟ้า

ที่มา: http://montri.rmutl.ac.th/old/ee/04210210machine/2_Transformer.pdf

2.4.2 ทดสอบลัดวงจร (Short Circuit Test)

การทดสอบลัดวงจรเป็นการทดสอบเพื่อหาค่าความสูญเสียในขดลวดตัวนำ โดยการลัดวงจรทางด้านไฟฟ้าแรงต่ำ และจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าที่ด้านแรงดันไฟฟ้าสูง ดังแสดงในรูป 2.5



รูปที่ 2.5 การทดสอบลัดวงจรของหม้อแปลงไฟฟ้า

ที่มา : http://montri.rmutl.ac.th/old/ee/04210210machine/2_Transformer.pdf

2.5 การออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้า (Electric Transformer Design)

การออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าสามารถทำการออกแบบได้ 5 ส่วน คือ ขนาดแกนเหล็ก เบอร์ลวดปฐมภูมิ เบอร์ลวดทุติยภูมิ จำนวนรอบปฐมภูมิและจำนวนรอบทุติยภูมิ

2.5.1 ขนาดแกนเหล็ก

แผ่นเหล็กที่ใช้ทำหม้อแปลงจะมีส่วนผสมของสารกึ่งตัวนำ - ซิลิกอนเพื่อรักษาความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบขดลวดไว้ ซึ่งมีขนาดมาตรฐานในการผลิตและจำหน่ายเพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกซื้อได้ในขนาดต่างๆตามต้องการ ดังนั้นในส่วนของการออกแบบแกนเหล็กจะขึ้นอยู่กับผู้ใช้ที่จะเลือกซื้อแกนให้มีขนาดเหมาะสมกับกำลังงานที่ต้องใช้

2.5.2 เบอร์ลวดปฐมภูมิ

การเลือกขนาดของลวดปฐมภูมิจะพิจารณาจากค่าที่ไหลในขดลวดปฐมภูมิว่ามีขนาดเท่าไรแล้วจึงนำค่ากระแสที่คำนวณได้ไปเลือกเบอร์ลวดปฐมภูมิที่ทนต่อกระแสดังกล่าวได้ โดยสามารถคำนวณกระแสในขดลวดปฐมภูมิได้จากสมการ (2.9)

$$I_1 = \frac{V_A}{V_1} \quad (2.9)$$

เมื่อ I_1 คือ กระแสในขดลวดปฐมภูมิ (A)

V_A คือ กำลังไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้า (VA)

V_1 คือ แรงดันไฟฟ้าด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า (V)

2.5.3 เบอร์ลวดทุติยภูมิ

การเลือกขนาดของลวดทุติยภูมิจะพิจารณาจากค่ากระแสที่ไหลในขดลวดทุติยภูมิว่ามีขนาดเท่าไรแล้วจึงนำค่ากระแสที่ได้ไปเลือกเบอร์ลวดทุติยภูมิที่ทนต่อกระแสดังกล่าวได้ โดยสามารถคำนวณกระแสในขดลวดทุติยภูมิได้จากสมการ (2.10)

$$I_2 = \frac{V_A}{V_2} \quad (2.10)$$

เมื่อ I_2 คือ กระแสในขดลวดทุติยภูมิ (A)

V_A คือ กำลังไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้า (VA)

V_2 คือ แรงดันไฟฟ้าด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า (V)

2.5.4 จำนวนรอบลวดปฐมภูมิ

การคำนวณหาจำนวนรอบในการพันของลวดปฐมภูมิ สามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้าด้านปฐมภูมิ ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก ขนาดพื้นที่หน้าตัดแกนเหล็กและความถี่ไฟฟ้าได้ดังสมการ (2.11)

$$n_1 = \sqrt{\frac{LI_g 10^8}{0.4\pi A_c}} \quad (2.11)$$

เมื่อ n_1 คือ จำนวนรอบในการพันของลวดปฐมภูมิ (รอบ)

L คือ ค่าความเหนี่ยวนำของลวดปฐมภูมิที่วงจรต้องการ (μH)

I_g คือ ระยะช่องว่างอากาศระหว่างแกนเหล็ก (cm)

A_c คือ พื้นที่หน้าตัดแกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้า (cm^2)

2.5.5 จำนวนรอบลวดทุติยภูมิ

การคำนวณหาจำนวนรอบในการพันของลวดทุติยภูมิ สามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบในการพันของลวดปฐมภูมิและจำนวนรอบในการพันของลวดทุติยภูมิได้ดังสมการ (2.12)

$$n_2 = \frac{V_2}{V_1} \times n_1 \quad (2.12)$$

เมื่อ n_2 คือ จำนวนรอบในการพันของลวดทุติยภูมิ (รอบ)

V_2 คือ แรงดันไฟฟ้าด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า (V)

n_1 คือ จำนวนรอบในการพันของลวดปฐมภูมิ (รอบ)

V_1 คือ แรงดันไฟฟ้าด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า (V)

2.6 กำลังสูญเสียและประสิทธิภาพในหม้อแปลงไฟฟ้า (Loss Power And Performance in Electric Transformer)

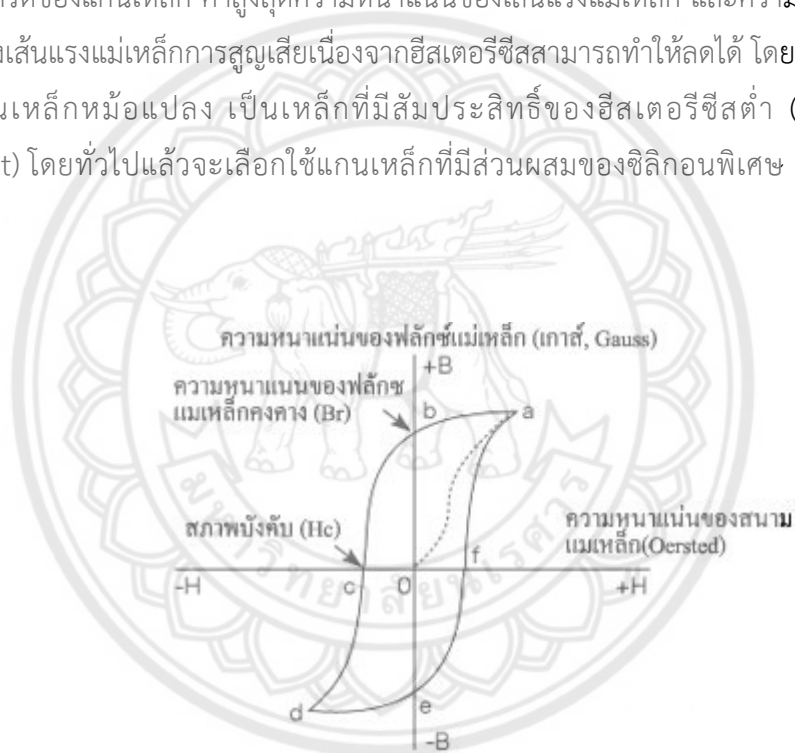
หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดเดียวเท่านั้นที่ไม่มีส่วนหนึ่งส่วนใดเคลื่อนที่เลย ดังนั้นการสูญเสียในทางกลซึ่งรู้จักกัน คือ การสูญเสียเนื่องจากความฝืดและแรงลมจึงไม่มี ดังนั้นการสูญเสียในหม้อแปลงจึงเหลือเพียง 2 ส่วน คือ

2.6.1 การสูญเสียในแกนเหล็ก (Core Loss or Iron Loss)

การสูญเสียในแกนเหล็กประกอบด้วย การสูญเสีย 2 ส่วน คือ

1. การสูญเสียเนื่องจากฮิสเตอร์ซิส (Hysteresis loss)

เกิดขึ้นเนื่องจากการกลับไปกลับมาของเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นที่แกนเหล็กที่ใช้พันหม้อแปลง เพราะว่ากระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับขดลวดนี้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงขนาดและทิศทางตลอดเวลา ดังนั้นเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจึงเปลี่ยนแปลงขนาดและทิศทางตลอดเวลาด้วยเช่นกัน การเปลี่ยนแปลงนี้ทำให้โมเลกุลของแกนเหล็กเกิดการเสียดสีกัน เป็นเหตุให้เกิดความร้อนขึ้น การสูญเสียนี้เรียกว่า การสูญเสียเนื่องจากฮิสเตอร์ซิส การสูญเสียนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณ เกรดของแกนเหล็ก ค่าสูงสุดความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก และความถี่ของการกลับไปกลับมาของเส้นแรงแม่เหล็ก การสูญเสียเนื่องจากฮิสเตอร์ซิสสามารถทำให้ลดได้ โดยการเลือกใช้โลหะที่เป็นแกนเหล็กหม้อแปลง เป็นเหล็กที่มีสัมประสิทธิ์ของฮิสเตอร์ซิสต่ำ (Low hysteresis coefficient) โดยทั่วไปแล้วจะเลือกใช้แกนเหล็กที่มีส่วนผสมของซิลิกอนพิเศษ (Special silicon steel)



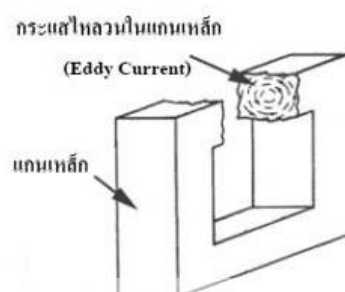
รูปที่ 2.6 วงรอบฮิสเตอร์ซิส

ที่มา : <http://www.psptech.co.th/>

2. การสูญเสียเนื่องจากกระแสไหลวน (Eddy current loss)

เกิดขึ้นเนื่องจากกระแสไฟฟ้าสลับที่จ่ายให้ขดลวดนั้นมีการเปลี่ยนแปลงขนาดและทิศทางอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับกระแสไฟฟ้าสลับนั้นตัดกับแกนเหล็กของหม้อแปลง ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าขึ้นในแกนเหล็ก และมีกระแสไหลวนอยู่ในแกนเหล็ก เนื่องจากเหล็กมีความต้านทาน กระแสไหลวนนี้จะทำให้เกิดกำลัง

สูญเสียขึ้นเรียกว่า การสูญเสียเนื่องจากกระแสไหลวน การสูญเสียนี้อาจมีมากถ้าใช้แกนเหล็กตัน การลดการสูญเสียนี้อาจทำได้โดยการใช้แผ่นเหล็กบางๆอัดซ้อนเข้าด้วยกัน การสูญเสียในแกนเหล็กจะหาได้จาก การทดสอบห่อแปลงขณะไม่มีโหลด

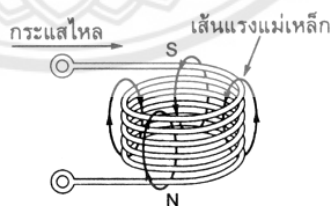


รูปที่ 2.7 ลักษณะการเกิดกระแสไหลวนในแกนเหล็ก

ที่มา : <http://www.psptech.co.th/>

2.6.2 การสูญเสียในขดลวดทองแดง (Copper Loss)

การสูญเสียในขดลวดทองแดง เกิดขึ้นจากการที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านความต้านทานของขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ ขณะไม่มีโหลด จะมีกระแสไหลผ่านเฉพาะขดลวดปฐมภูมิและกระแสมีค่าน้อยมาก (ขณะไม่มีโหลดมีค่าน้อยมากจึงไม่น่ามาคิด) ดังนั้นการสูญเสียในขดลวดทองแดงจึงมีมากในขณะมีโหลด และจะเปลี่ยนแปลงตามปริมาณของกระแสที่ไหลในขดลวดหรืออาจกล่าวได้ว่าเปลี่ยนแปลงตามปริมาณของโหลด การสูญเสียนี้ทำให้เกิดความร้อนขึ้น สามารถหาได้จากการทดสอบห่อแปลงขณะลัดวงจร



รูปที่ 2.8 ลักษณะการเกิดกระแสไหลวนในขดลวดตัวนำ

ที่มา : <http://www.psptech.co.th/>

2.6.3 ประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer Performance)

พลังงานที่ใช้ในการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า ส่วนหนึ่งเกิดจากการสูญเสียที่ขดลวดทองแดง (Copper Loss) เป็นผลให้ขดลวดเกิดความร้อน และอีกส่วนหนึ่งเกิดจากการสูญเสียที่แกนเหล็ก (Core Loss) ดังนั้น การคำนวณหาประสิทธิภาพของหม้อแปลง (Efficiency) เมื่อคิดการสูญเสียจึงสามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพของหม้อแปลง} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าด้านจ่าย (output)}}{\text{กำลังไฟฟ้าด้านรับ (input)}} \times 100\% \quad (2.13)$$

$$\text{หรือ} \quad \eta = \frac{P_o}{P_{in}} = \frac{P_{in} - P_{loss}}{P_{in}} = 1 - \frac{P_{loss}}{P_{in}} \quad (2.14)$$

เมื่อ P_{in} คือ ผลต่างระหว่างกำลังไฟฟ้าขาเข้าและกำลังไฟฟ้าสูญเสียทั้งหมด
 P_o คือ ผลรวมระหว่างความสูญเสียในขดลวดและความสูญเสียในแกนเหล็ก

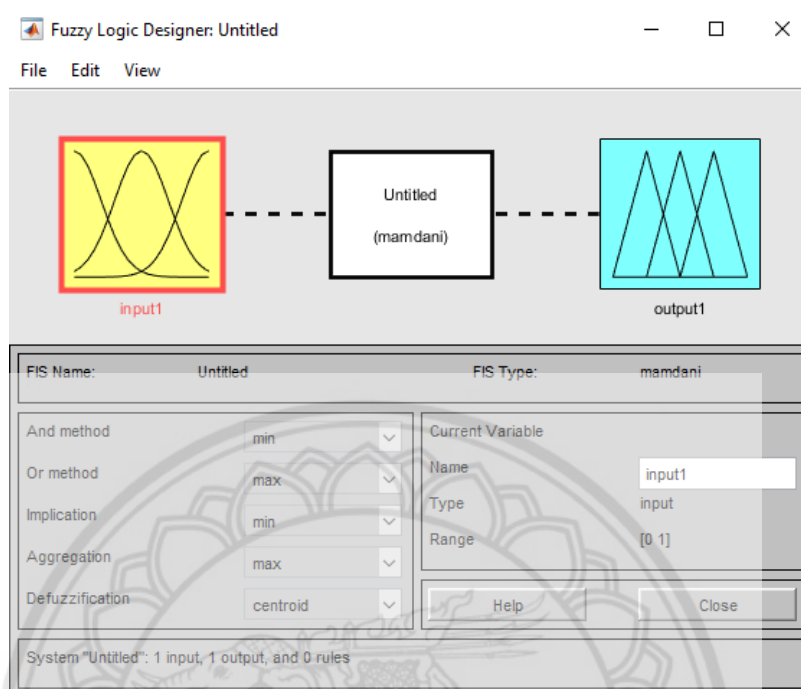
2.7 ตรรกะคลุมเครือใน MATLAB (Fuzzy Logic by MATLAB)

ฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic) ศาสตร์ด้านการคำนวณที่เข้ามามีบทบาทมากขึ้นในวงการวิจัยด้าน คอมพิวเตอร์และได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่างๆ มากมาย ฟัซซีลอจิกนั้นเป็นตรรกะที่อยู่บนพื้นฐานความเป็นจริงที่ว่า ทุกสิ่งบนโลกแห่งความเป็นจริงไม่ใช่มีเฉพาะสิ่งที่มีความแน่นอนเท่านั้น แต่มีหลายสิ่งหลายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไม่เที่ยงและไม่แน่นอน (Uncertain) อาจเป็นสิ่งที่คลุมเครือ (Fuzzy) ไม่ใช่ชัดเจน (Exact) ยกตัวอย่างเช่น เซตของอายุคน อาจแบ่งเป็น วัยทารก วัยเด็ก วัยรุ่น วัยกลางคน และวัยชรา จะเห็นได้ว่าในแต่ละช่วงอายุคนไม่สามารถระบุได้แน่ชัดว่าวัยทารกกับวัยเด็ก แยกจากกันแน่ชัด ช่วงใด วัยทารก อาจถูกตีความว่าเป็นอายุระหว่าง 0 ถึง 1 ปีบางคนอาจตีความว่าวัยทารกอยู่ในช่วงอายุ 0 ถึง 2 ปี ในทำนองเดียวกัน วัยเด็ก และวัยรุ่น ก็ไม่สามารถระบุได้ชัดเจนว่าช่วงต่อของอายุควรอยู่ในช่วงใดอาจตีความว่าวัยเด็กมีอายุอยู่ในช่วง 1 ถึง 12 ปี หรืออาจเป็น 2 ถึง 10 ปี เป็นต้น สิ่งเหล่านี้เป็น ตัวอย่างของความไม่แน่นอน ซึ่งเป็นลักษณะทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นทั่วไป เซตของเหตุการณ์ที่ไม่แน่นอนเช่นนี้เรียกว่าฟัซซีเซต (Fuzzy set)

2.7.1 การออกแบบกฎและจำลองผลใน MATLAB

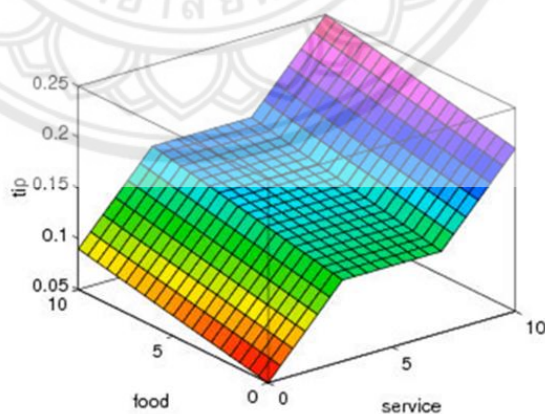
การใช้งานฟัซซีใน MATLAB นั้น ทำได้โดยพิมพ์คำสั่ง Fuzzy ใน Command Window จะแสดงดังรูปที่ 2.9 และผู้เรียบเรียงขอยกตัวอย่างการให้ทิปเด็กเสิร์ฟในร้านอาหาร ในการ

ให้เป็นเงินควรจะให้เท่าไร โดยเริ่มจากการแบ่งเป็นเกณฑ์ การให้คะแนนเป็น 2 แบบ คือ ความพอใจในอาหาร และ ความพอใจในการบริการ ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.9 หน้าต่างการใช้งานฟัซซี่

ที่มา : <https://www.mathworks.com/products/fuzzy-logic/features.html#working-with-the-fuzzy-logic-toolbox>

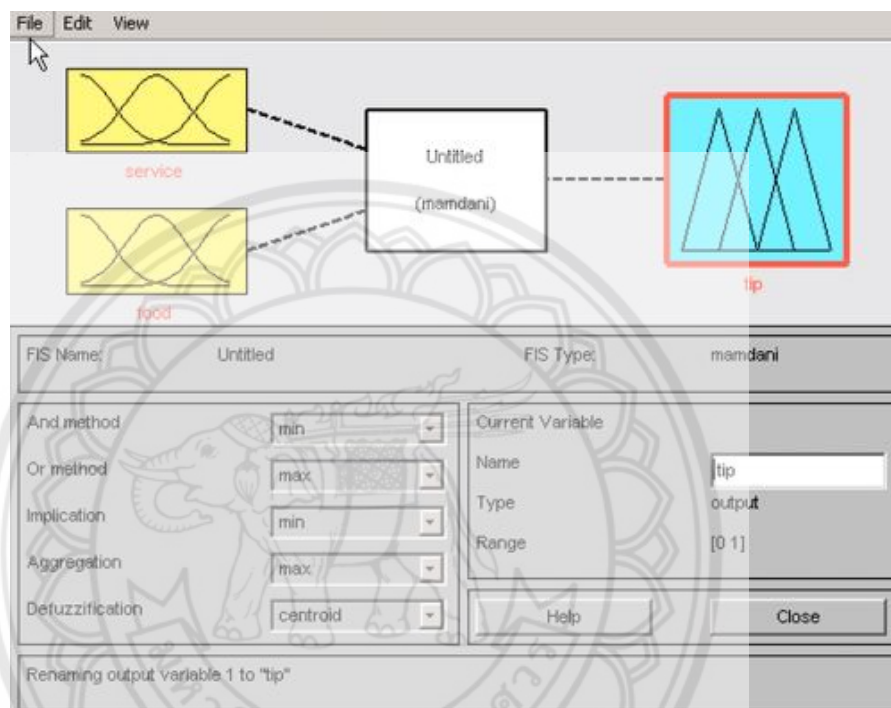


รูปที่ 2.10 การให้คะแนนเด็กเสิร์ฟ

ที่มา : <https://www.mathworks.com/products/fuzzy-logic/features.html#working-with-the-fuzzy-logic-toolbox>

โดยเริ่มจากการตั้งกฎหรือเกณฑ์การให้คะแนน โดยกำหนดให้ดังนี้

- 1) ถ้าการบริการแย่ หรือ อาหารแย่ ผลที่ได้คือจะให้ทิประดับน้อย
 - 2) ถ้าการบริการดี ผลที่ได้คือจะให้ทิประดับปานกลาง
 - 3) ถ้าการบริการยอดเยี่ยม หรือ อาหารยอดเยี่ยม ผลที่ได้คือจะให้ทิประดับมากที่สุด
- จากนั้นเข้าไปทำในหน้าต่างฟัชซีในรูปที่ 1 โดยทำการเพิ่มจำนวนอินพุตเป็น 2 อินพุต และเปลี่ยนชื่อเป็น Service และ Food ส่วนด้านเอาท์พุตคงไว้เป็น 1 เอาท์พุตและเปลี่ยนชื่อเป็น Tip ดังรูปที่ 2.11

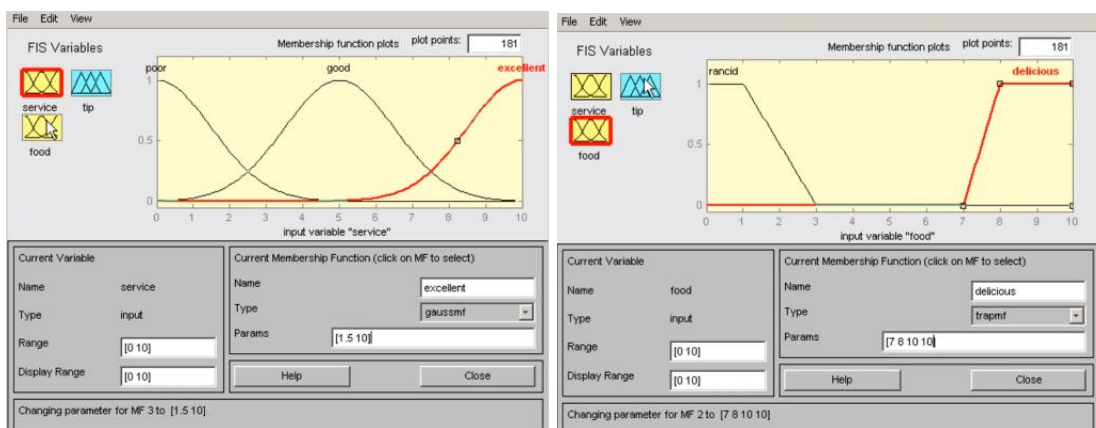


รูปที่ 2.11 หน้าต่างฟัชซีอินพุตและเอาท์พุตสำหรับตัวอย่าง

ที่มา : [https://www.mathworks.com/products/fuzzy-](https://www.mathworks.com/products/fuzzy-logic/features.html#working-with-the-fuzzy-logic-toolbox)

[logic/features.html#working-with-the-fuzzy-logic-toolbox](https://www.mathworks.com/products/fuzzy-logic/features.html#working-with-the-fuzzy-logic-toolbox)

ทำการกำหนดขอบเขตของคะแนนในแต่ละเกณฑ์ของอินพุต โดยเริ่มจาก Service กำหนดช่วงคะแนนเป็น 0 ถึง 10 คะแนน โดยตั้งระดับแย่ (Poor) ขอบเขตที่ 0 ถึง 4.5 และระดับดี (Good) อยู่ที่ 0.5 ถึง 9.5 และระดับยอดเยี่ยม (Excellent) อยู่ที่ 5.5 ถึง 10 โดยกำหนดกราฟในลักษณะ Gaussmf จากนั้นเข้าไปกำหนดอินพุต Food กำหนดช่วงคะแนน 0 ถึง 10 คะแนน โดยกำหนดรสชาติอาหารแย่ (Rancid) ขอบเขตที่ 0 ถึง 3 และระดับอร่อย (Delicious) ขอบเขตที่ 7 ถึง 10 โดยกำหนดกราฟในลักษณะ Trapmf ดังรูปที่ 2.12

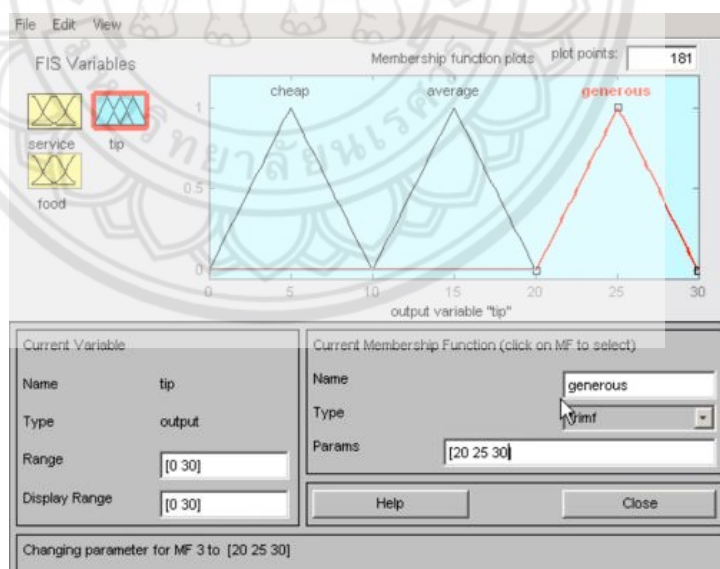


รูปที่ 2.12 การกำหนดขอบเขตการให้คะแนนของอินพุตการบริการและอาหาร

ที่มา : [https://www.mathworks.com/products/fuzzy-](https://www.mathworks.com/products/fuzzy-logic/features.html#working-with-the-fuzzy-logic-toolbox)

[logic/features.html#working-with-the-fuzzy-logic-toolbox](https://www.mathworks.com/products/fuzzy-logic/features.html#working-with-the-fuzzy-logic-toolbox)

กำหนดเอาต์พุต Tip กำหนดช่วงคะแนน 0 ถึง 30 คะแนน ในที่นี้เป็นการแทนที่การให้เงิน โดยกำหนดระดับต่ำ (Cheap) ขอบเขตที่ 0 ถึง 10 และระดับปานกลาง (Average) ขอบเขตที่ 10 ถึง 20 และกำหนดระดับสูง (Generous) ขอบเขตอยู่ที่ 20 ถึง 30 โดยกำหนดกราฟในลักษณะ Trimf ดังรูปที่ 2.13



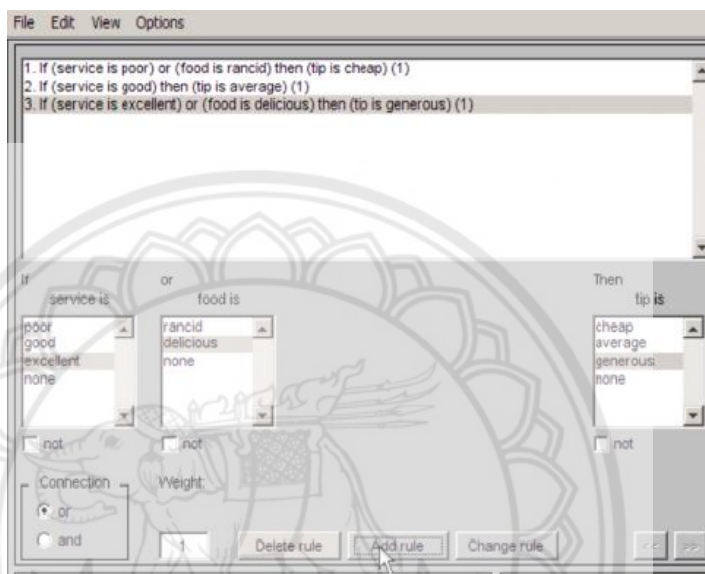
รูปที่ 2.13 กำหนดขอบเขตการให้คะแนนของเอาต์พุตการทิป

ที่มา : [https://www.mathworks.com/products/fuzzy-](https://www.mathworks.com/products/fuzzy-logic/features.html#working-with-the-fuzzy-logic-toolbox)

[logic/features.html#working-with-the-fuzzy-logic-toolbox](https://www.mathworks.com/products/fuzzy-logic/features.html#working-with-the-fuzzy-logic-toolbox)

และเมื่อได้ขอการให้คะแนนทั้งฝั่งด้านอินพุตและเอาต์พุตเรียบร้อยแล้ว ให้ไปกำหนดกฎตามกฎที่เราตั้งไว้ นั่นคือ

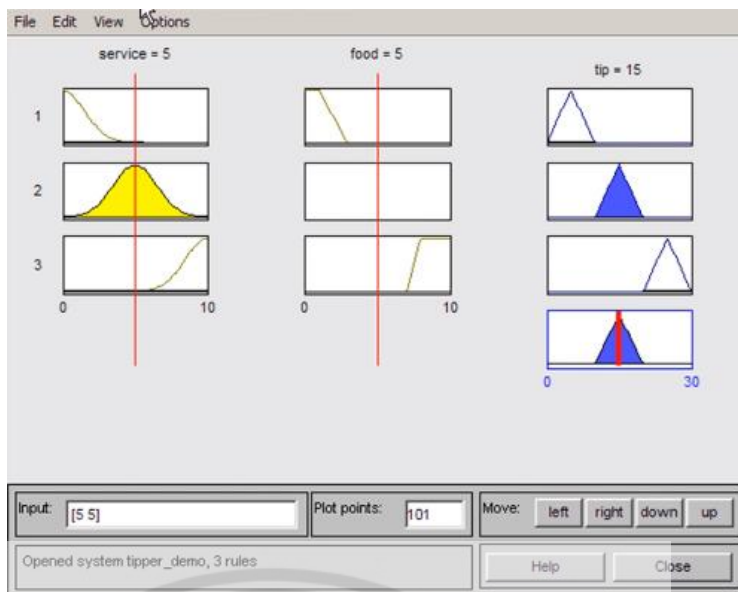
1. ถ้าการบริการแย่ หรือ อาหารแย่ ผลที่ได้คือจะให้ทิประดับน้อย
 2. ถ้าการบริการดี ผลที่ได้คือจะให้ทิประดับปานกลาง
 3. ถ้าการบริการยอดเยี่ยม หรือ อาหารยอดเยี่ยม ผลที่ได้คือจะให้ทิประดับมากที่สุด
- โดยกำหนดทั้ง 3 กฎไว้ใน Rule Editor ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 กำหนดกฎทั้งหมด

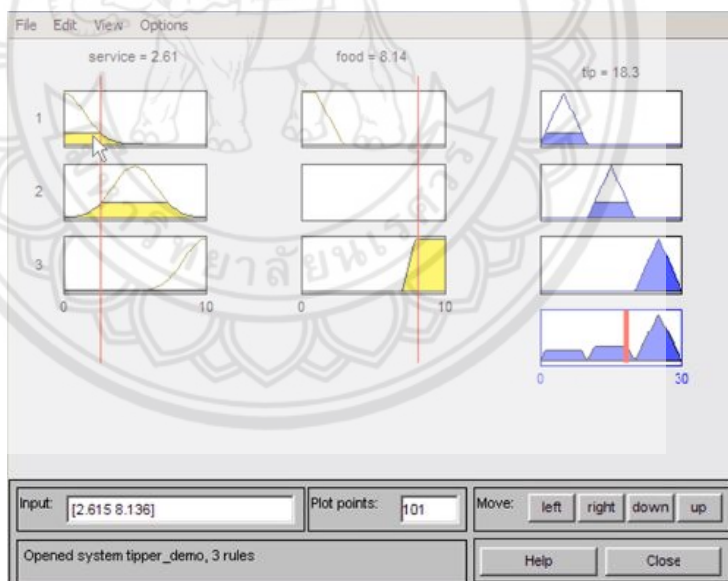
ที่มา : <https://www.mathworks.com/products/fuzzy-logic/features.html#working-with-the-fuzzy-logic-toolbox>

เมื่อทำการกำหนดกฎเรียบร้อยแล้ว ให้เข้าไปที่ Rule Viewer ดังรูปที่ 7 เพื่อทำการป้อนค่าและสำหรับหาค่าเอาต์พุต สำหรับการจ่ายเงินทิปพนักงานต่อไป เช่นรูปที่ 8 กรณีที่ที่บริการ (Service) แย่ ให้คะแนนอยู่ที่ 2.61 คะแนน และรสชาติอาหารปานกลาง ให้คะแนนอยู่ที่ 5 คะแนน ดังนั้นจะได้ Tip 18.3 คะแนน หรือควรจ่ายทิปให้แก่พนักงานที่ 18.3 ดอลลาร์ หรืออีกตัวอย่างรูปที่ 9 กรณีที่ที่บริการ (Service) ระดับปานกลางไปทางแย่ ให้คะแนนอยู่ที่ 4 คะแนน และรสชาติอาหารดีมาก ให้คะแนนอยู่ที่ 10 คะแนน ดังนั้นจะได้ Tip 19.7 คะแนน หรือควรจ่ายทิปให้แก่พนักงานที่ 19.7 ดอลลาร์นั่นเอง และยังสามารถสร้างรูป 3 มิติเพื่อดูความสัมพันธ์ได้อีกด้วยโดยใช้ Surface Viewer ดังรูปที่ 2.15



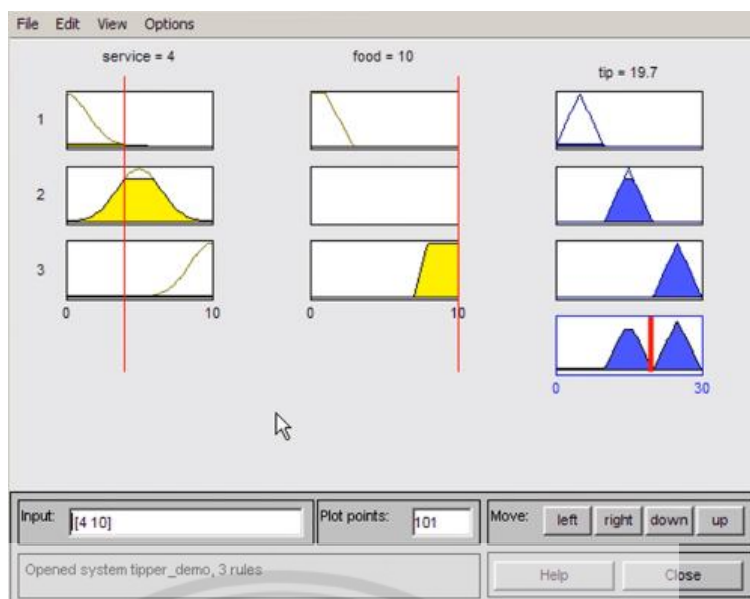
รูปที่ 2.15 การตั้งกฎ

ที่มา : <https://www.mathworks.com/products/fuzzy-logic/features.html#working-with-the-fuzzy-logic-toolbox>

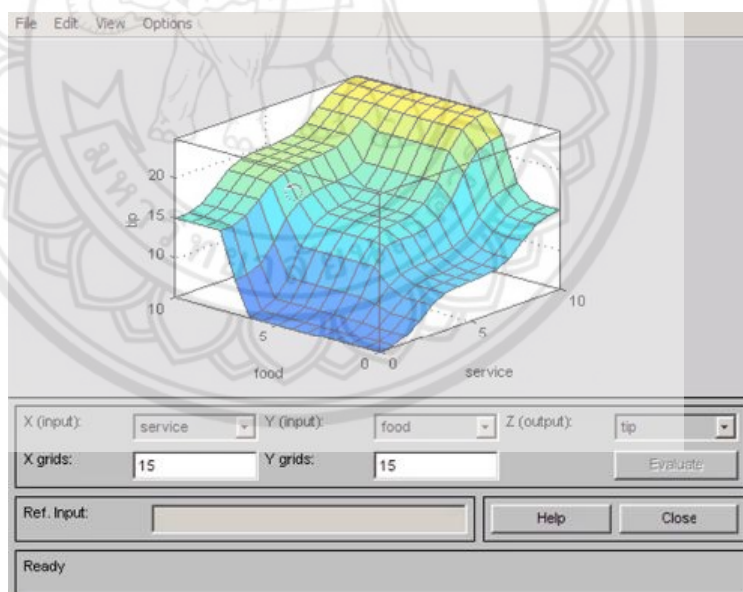


รูปที่ 2.16 ตัวอย่างการให้คะแนน Service = 2.61, food = 8.14 โดย Tip = 18.3

ที่มา : <https://www.mathworks.com/products/fuzzy-logic/features.html#working-with-the-fuzzy-logic-toolbox>



รูปที่ 2.17 ตัวอย่างการให้คะแนน Service = 4, food = 10 โดย Tip = 19.7
ที่มา : <https://www.mathworks.com/products/fuzzy-logic/features.html#working-with-the-fuzzy-logic-toolbox>



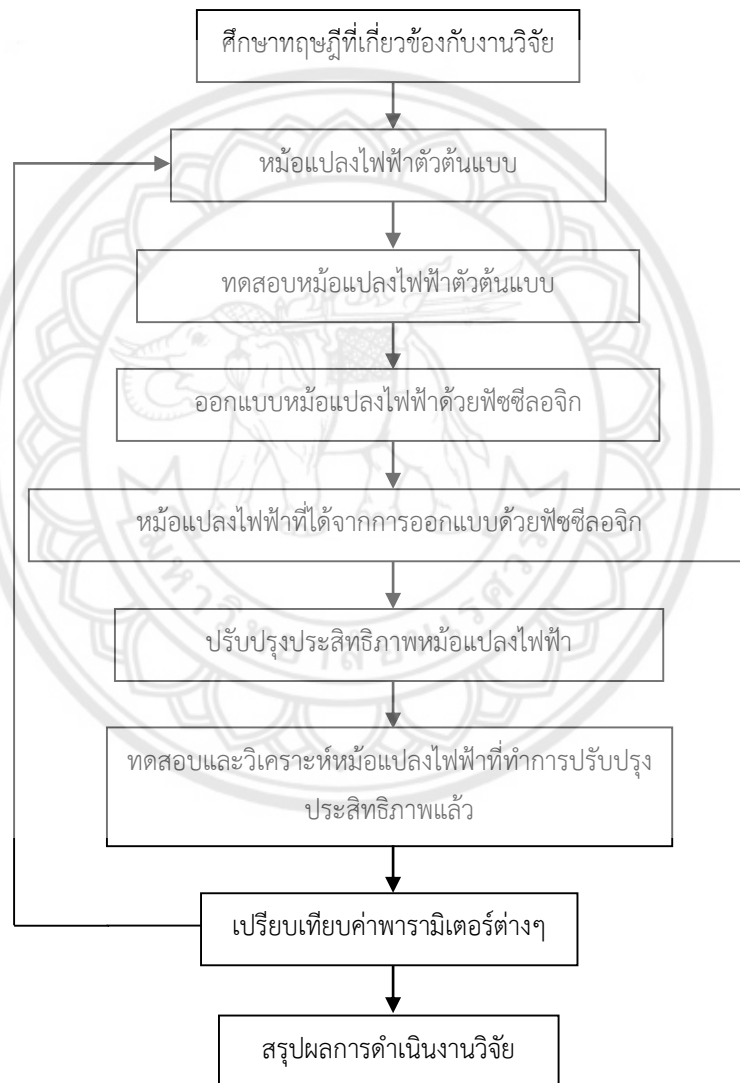
รูปที่ 2.18 พื้นผิว

ที่มา : <https://www.mathworks.com/products/fuzzy-logic/features.html#working-with-the-fuzzy-logic-toolbox>

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

สำหรับในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงวิธีดำเนินงานวิจัยโดยมีขั้นตอนการศึกษาและวิธีดำเนินงานวิจัย (Research Methodology) สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ 1) ศึกษาคุณลักษณะของหม้อแปลงไฟฟ้าและทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าตัวต้นแบบเพื่อหาค่าความสูญเสียรวมและค่าประสิทธิภาพ และ 2) ปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าโดยใช้ฟิชชิลอจิก โดยพิจารณาขนาดเบอร์ลวดทุติยภูมิ



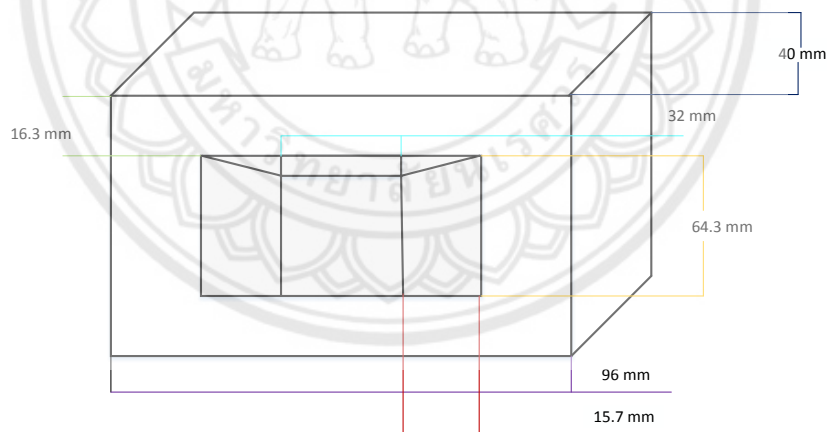
รูปที่ 3.1 แผนผังวิธีดำเนินการ

หม้อแปลงไฟฟ้าตัวต้นแบบที่ใช้ในงานวิจัยและชุดอุปกรณ์ทดสอบ

หม้อแปลงไฟฟ้าตัวต้นแบบที่นำมาใช้ในการทดสอบ คือ หม้อแปลงไฟฟ้าชนิด 1 เฟส ขนาด 165 VA, 220/12 V, 50 Hz แสดงดังรูปที่ 3.2 และมีขนาดของแกนเหล็กดังแสดงในรูปที่ 3.3 โดยมีรายละเอียดของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.2 หม้อแปลงไฟฟ้าต้นแบบ



รูปที่ 3.3 ขนาดหม้อแปลงไฟฟ้าต้นแบบ

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของหม้อแปลงไฟฟ้าต้นแบบที่ใช้ในการทดสอบ

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์หม้อแปลงไฟฟ้า
พิกัดแรงดันไฟฟ้าด้านปฐมภูมิ (โวลต์)	220
พิกัดแรงดันไฟฟ้าด้านทุติยภูมิ (โวลต์)	12
พิกัดกระแส (แอมป์)	1.25
พิกัดกำลังไฟฟ้า (โวลต์แอมป์)	165
ความถี่ (เฮิร์ต)	50
ความหนาแกนเหล็ก (มิลลิเมตร)	40
จำนวนรอบของขดลวดด้านปฐมภูมิ (รอบ)	950
จำนวนรอบของขดลวดด้านทุติยภูมิ (รอบ)	80
พื้นที่หน้าตัดของขดลวดด้านปฐมภูมิ (ตารางมิลลิเมตร)	4.570×10^{-7}
เบอร์ขดลวดด้านปฐมภูมิ	27
พื้นที่หน้าตัดของขดลวดด้านทุติยภูมิ (ตารางมิลลิเมตร)	1.102×10^{-6}
เบอร์ขดลวดด้านทุติยภูมิ	19

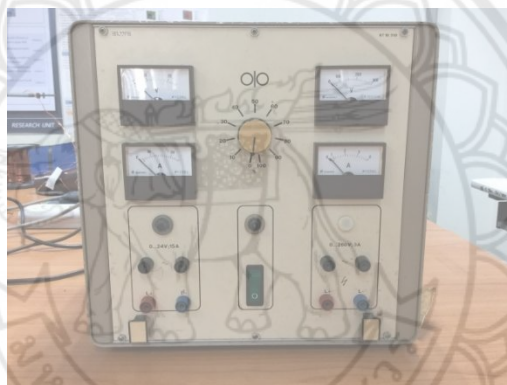
ในส่วนของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบเพื่อทดสอบหาค่าความสูญเสียในแกนเหล็กและค่าความสูญเสียในขดลวดในหม้อแปลงไฟฟ้าประกอบด้วย แอมป์มิเตอร์ (Amp Meter), วัตต์มิเตอร์ (Watt Meter), แหล่งจ่ายไฟฟ้า (Generator) และหม้อแปลงไฟฟ้า (Frequency Transformer)



รูปที่ 3.4 ตัวอย่าง แอมป์มิเตอร์



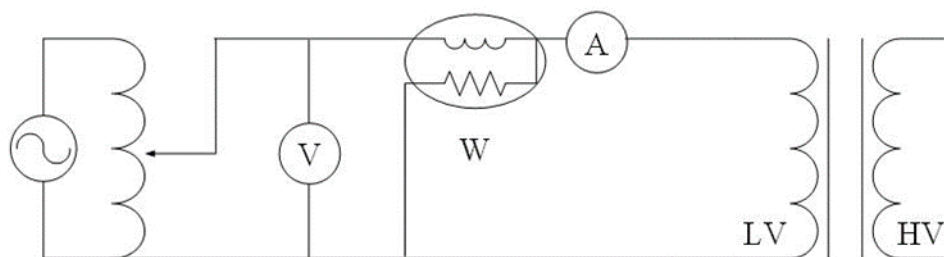
รูปที่ 3.5 ตัวอย่าง วัดวัตต์มิเตอร์



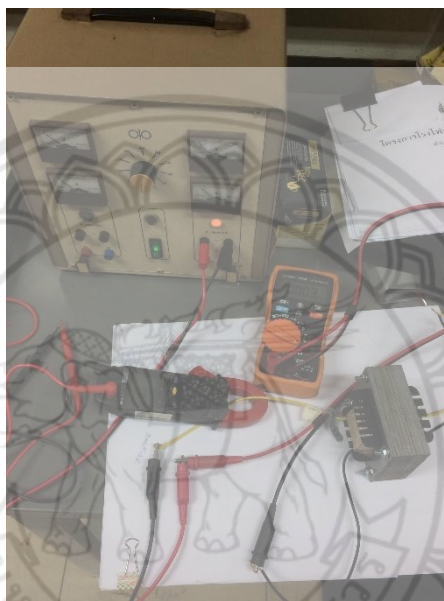
รูปที่ 3.6 ตัวอย่าง แหล่งจ่ายไฟฟ้า

3.1 การทดสอบเปิดวงจร (Open Circuit Test)

การทดสอบเปิดวงจรเป็นการทดสอบเพื่อหาค่าความสูญเสียในแกนตัวนำแม่เหล็ก ซึ่งการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าจะกระทำโดยการเปิดวงจรทางด้านแรงดันไฟฟ้าสูง และจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่พิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้าทางด้านแรงดันไฟฟ้าต่ำ ซึ่งการทดสอบในห้องปฏิบัติการแสดงดังในรูปที่ 3.7



(ก) วงจรการทดสอบเปิดวงจรของหม้อแปลงไฟฟ้า

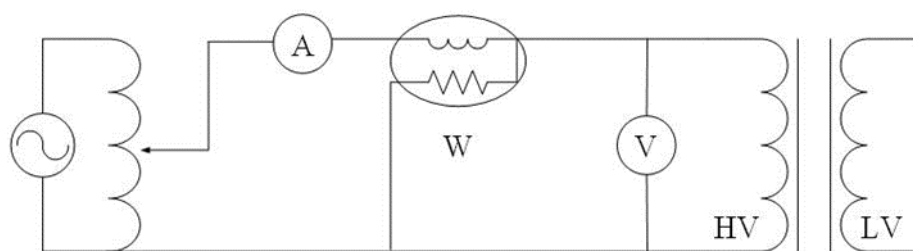


(ข) การทดสอบเปิดวงจรของหม้อแปลงไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการ

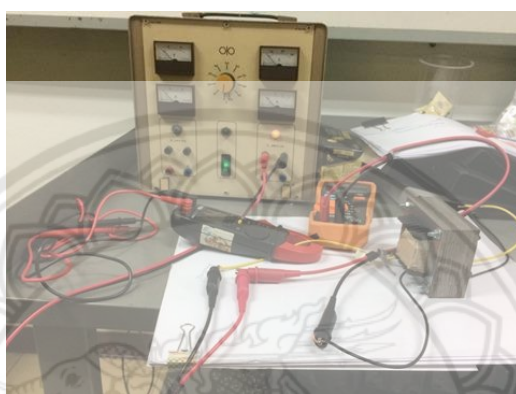
รูปที่ 3.7 การทดสอบเปิดวงจรของหม้อแปลงไฟฟ้า

3.2 การทดสอบลัดวงจร (Short Circuit Test)

การทดสอบลัดวงจรเป็นการทดสอบเพื่อหาค่าความสูญเสียในขดลวดตัวนำ ซึ่งการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าจะกระทำโดยการลัดวงจรทางด้านไฟฟ้าแรงสูง และจ่ายกระแสไฟฟ้าที่พิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้าเข้าไปทางด้านไฟฟ้าแรงต่ำ ซึ่งการทดสอบในห้องปฏิบัติการแสดงดังในรูปที่ 3.8



(ก) วงจรการทดสอบลัดวงจรของหม้อแปลงไฟฟ้า



(ข) การทดสอบลัดวงจรของหม้อแปลงไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการ

รูปที่ 3.8 การทดสอบลัดวงจรของหม้อแปลงไฟฟ้า

3.3 การคำนวณประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้า

ปกติเกณฑ์ในการบอกถึงความสามารถของหม้อแปลงไฟฟ้าในแต่ละตัวนั้น จะใช้ค่าประสิทธิภาพเป็นตัวกำหนด ยิ่งค่าประสิทธิภาพที่ได้สูงมากเท่าไร แสดงว่าหม้อแปลงไฟฟ้างดงกล่าวมีความสามารถในการแปลงระดับแรงดันโดยปราศจากการสูญเสียมากเท่านั้น โดยสามารถทำการคำนวณค่าประสิทธิภาพได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\eta = \frac{P_o - P_{in}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$P_o = P_{in} - P_{loss}$$

$$P_{in} = V_1 I_1$$

$$P_{loss} = P_{cu} + P_c$$

η	คือ ประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้า
P_o	คือ กำลังไฟฟ้าขาออกของหม้อแปลงไฟฟ้า
P_{in}	คือ กำลังไฟฟ้าขาเข้าของหม้อแปลงไฟฟ้า
P_{loss}	คือ กำลังไฟฟ้าสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้า
P_{cu}	คือ กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นในเส้นลวด สามารถวัดค่าได้ด้วยการทดสอบลัดวงจร
P_{core}	คือ กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นในแกนเหล็ก สามารถวัดค่าได้ด้วยการทดสอบเปิดวงจร
V_1	คือ แรงดันไฟฟ้าด้านปฐมภูมิ
I_1	คือ กระแสไฟฟ้าด้านปฐมภูมิ

3.4 ออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยพีชชีลอจิก

ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยพีชชีลอจิก ทางผู้ทดลองได้ใช้พีชชีลอจิกในการทดลอง เนื่องจากพีชชีลอจิกควบคุมกระบวนการโดยใช้กฎที่ผู้ใช้สร้างขึ้นเพื่อควบคุมระบบ ดังนั้นจึงสามารถเปลี่ยนแปลงและแก้ไขค่าที่เบี่ยงเบนได้ง่าย หรือทำให้ประสิทธิภาพของระบบเปลี่ยนแปลงไปมากขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มตัวรับรู้ตัวใหม่เข้ากับในระบบเดิมได้อย่างง่ายดาย เพียงแค่เพิ่มกฎใหม่ลงไปเท่านั้น โดยในการปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าในครั้งนี้ ประกอบด้วยปัจจัย 1 ปัจจัย คือ เบอร์ของลวดตัวนำด้านทุติยภูมิ สามารถแสดงการทดลองได้ตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 การปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยพีชชีลอจิก

เบอร์ขดลวดทุติยภูมิ	พื้นที่หน้าตัดจากพีชชีลอจิก (mm) ²
19	Y_{i1}
20	Y_{i2}
21	Y_{i3}
22	Y_{i4}
23	Y_{i5}
24	Y_{i6}
25	Y_{i7}

Y_i คือ ค่าผลลัพธ์ที่ได้ (ค่าพื้นที่หน้าตัด)

ตารางที่ 3.3 การกำหนดช่วงของอินพุตและเอาต์พุต

ช่วง	อินพุตค่ากระแส (แอมแปร์)	เอาต์พุตค่าพื้นที่หน้าตัด (mm) ²
1	0 – 0.6	0 – 0.3
2	0.6 – 1.2	0.3 – 0.6
3	1.2 – 1.8	0.6 – 0.9
4	1.8 – 2.4	-
5	2.4 – 3.0	-

ช่วงของอินพุตและเอาต์พุตอ้างอิงจากภาคผนวก ข เบอร์ขดลวดตั้งแต่เบอร์ 19-25

3.5 ค่าพารามิเตอร์หม้อแปลงไฟฟ้าด้วยฟิชซีลอลจิก

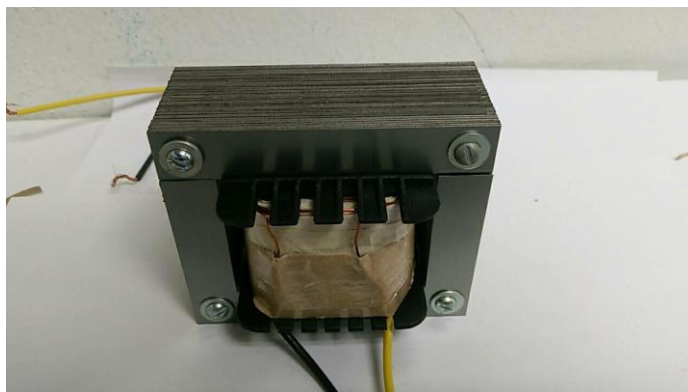
เนื่องจากการออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยฟิชซีลอลจิก ทำการพิจารณาค่ากระแสด้านทุติยภูมิ และค่าพื้นที่หน้าตัดของขดลวด โดยพิจารณาจากค่าความสูญเสียของหม้อแปลงไฟฟ้าและนำมาคำนวณหาค่าประสิทธิภาพ เพื่อนำไปสร้างเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าจริง ซึ่งแสดงรายละเอียดของค่าพารามิเตอร์ดังนี้

3.5.1 ค่าพารามิเตอร์หม้อแปลงไฟฟ้า

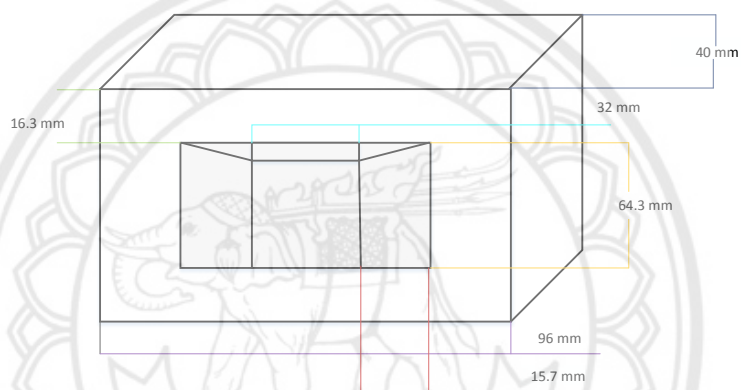
ค่าพารามิเตอร์หม้อแปลงไฟฟ้า ได้แก่ ความหนาของแกนเหล็ก จำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิและจำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิ ดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ค่าพารามิเตอร์หม้อแปลงไฟฟ้า

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์ของหม้อแปลงไฟฟ้า
ความหนาของแกนเหล็ก (มิลลิเมตร)	40
จำนวนรอบของขดลวดด้านปฐมภูมิ (รอบ)	950
จำนวนรอบของขดลวดด้านทุติยภูมิ (รอบ)	80



รูปที่ 3.9 หม้อแปลงไฟฟ้าที่ปรับปรุง



รูปที่ 3.10 ขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้า

บทที่ 4

ผลการทดลอง

เนื่องจากงานวิจัยเล่มนี้ได้แบ่งขั้นตอนการศึกษาและวิธีการดำเนินการวิจัยออกเป็น 2 ส่วน ดังนั้นผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองจึงถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนเช่นกัน คือ ผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าตัวต้นแบบ และผลการออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยฟิชชีลอจิกและปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าโดยพิจารณาขนาดของเบอร์ลวดทุติยภูมิ

4.1 ผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าตัวต้นแบบ

ผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าตัวต้นแบบในห้องปฏิบัติการเพื่อหาค่าความสูญเสียในแกนเหล็ก ค่าความสูญเสียในขดลวดตัวนำและค่าประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าแสดงในตารางที่ 4.1

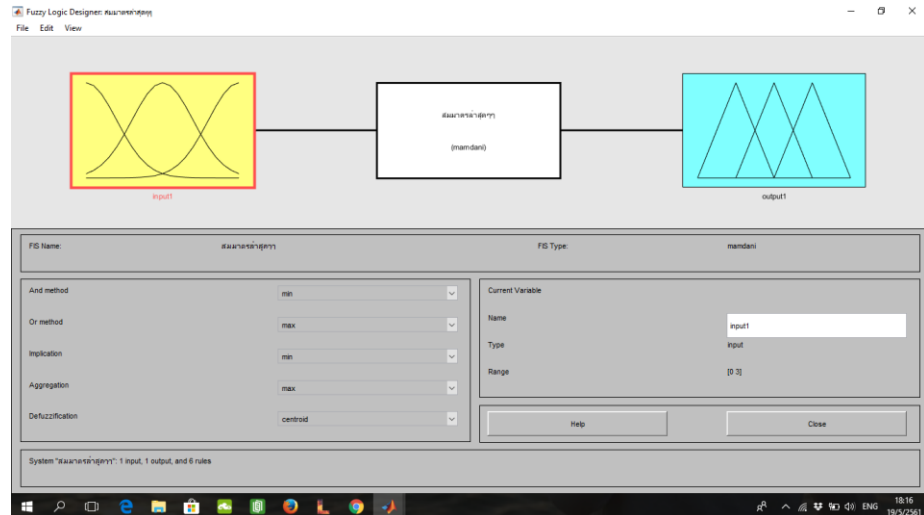
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าตัวต้นแบบในห้องปฏิบัติการ

พารามิเตอร์	ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ
P_{loss} (W)	76.40
$P_{core\ loss}$ (W)	4.3
$P_{copper\ loss}$ (W)	72.1
B (T)	0.92
$\% \eta$	54.90

4.2 ผลการออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยฟิชชีลอจิกและปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้า

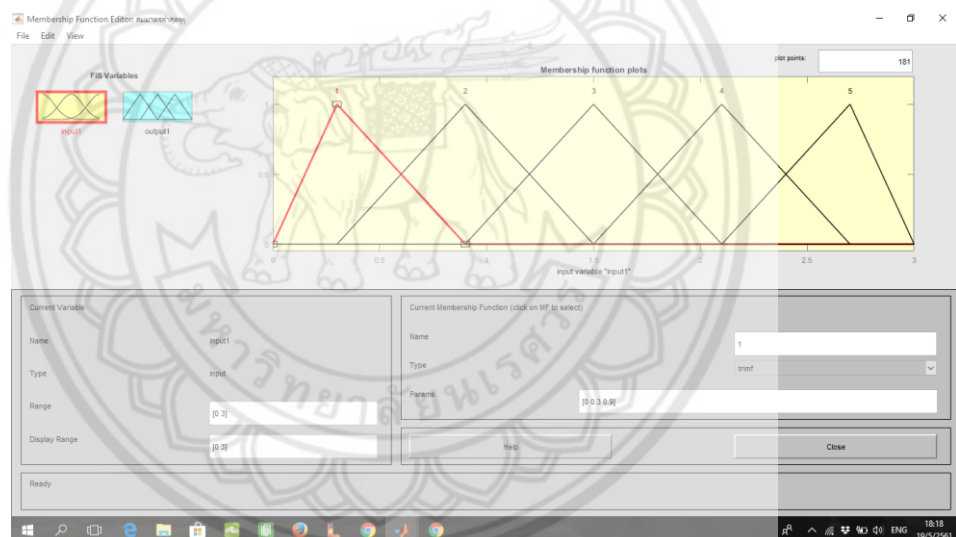
4.2.1 ผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยฟิชชีลอจิก

ผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยฟิชชีลอจิก เพื่อหาค่าความสูญเสียและค่าประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้า ดังแสดงในรูป



รูปที่ 4.1 หน้าต่างที่ซึ่ซึ่อินพุตและเอาต์พุต

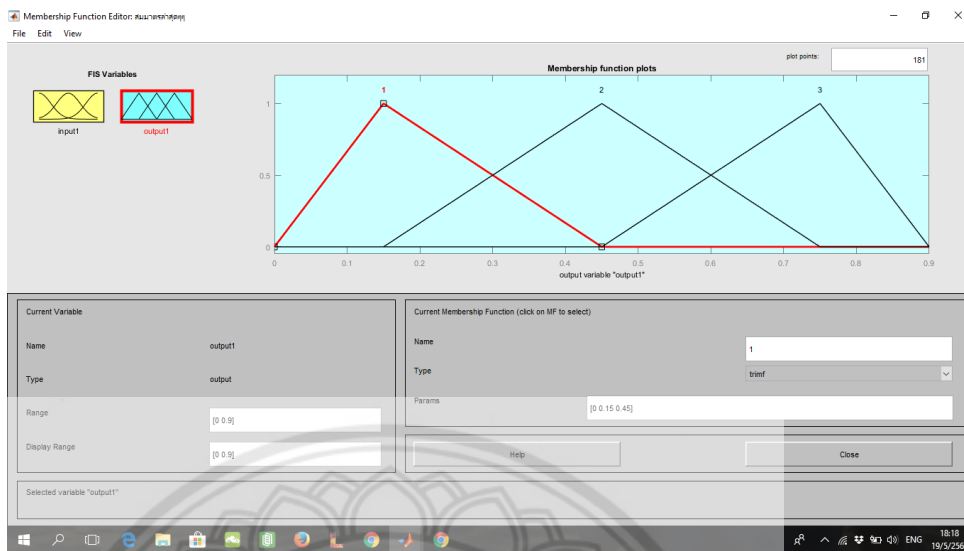
ช่วงของค่ากระแส 5 ช่วง จากกระแสของขดลวดเบอร์ 19-25 ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ช่วงของค่ากระแส

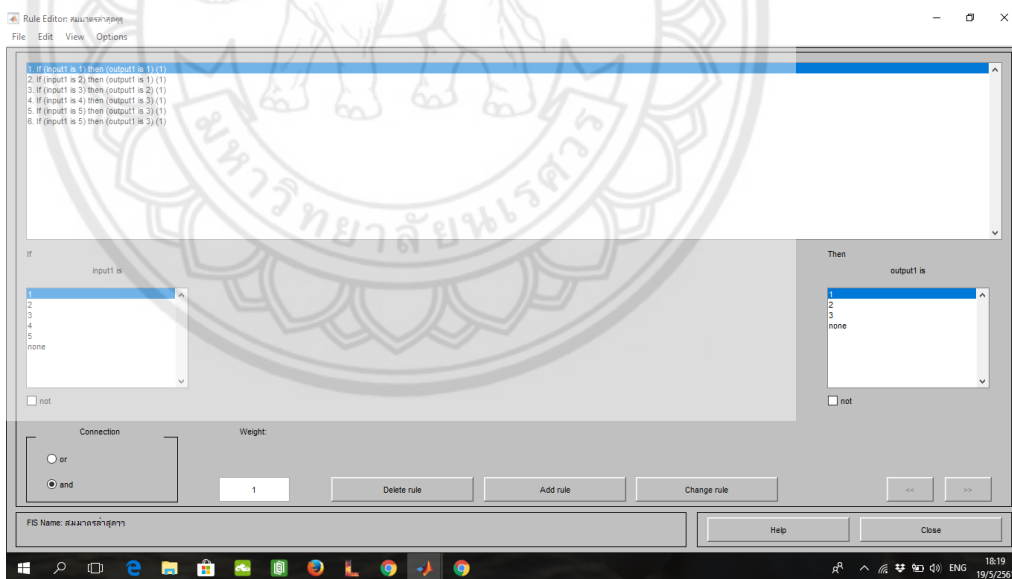
ช่วงของค่าพื้นที่หน้าตัด 3 ช่วง จากพื้นที่หน้าตัดของขดลวดเบอร์ 19-25

ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ช่วงของค่าพื้นที่หน้าตัด

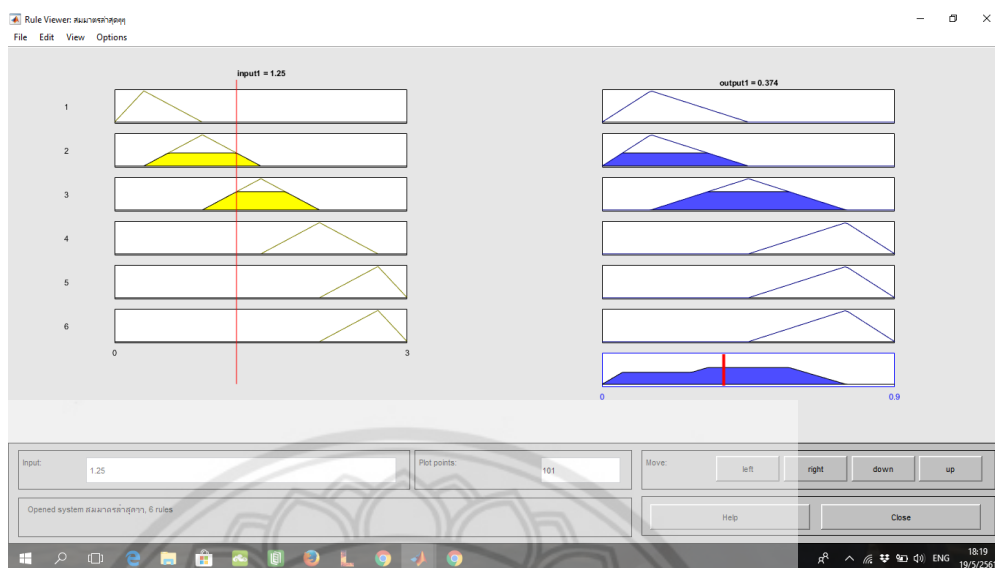
กำหนดกฎ ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 กำหนดกฎ

แสดงค่าพื้นที่หน้าตัดของขดลวด เมื่อป้อนค่ากระแสเท่ากับ 1.25 แอมแปร์

ดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ค่าพื้นที่หน้าตัด เมื่อป้อนค่ากระแสเท่ากับ 1.25 แอมแปร์

4.2.2 ผลการออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยฟuzzyลอจิก

จากการออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยฟuzzyลอจิก แสดงผลการทดลองดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 พื้นที่หน้าตัดที่ได้จากการออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยฟuzzyลอจิก เมื่อป้อนค่ากระแสของขดลวดแต่ละเบอร์และค่าความสูญเสียที่คำนวณ

เบอร์ขดลวดทุติยภูมิ	พื้นที่หน้าตัดจากฟuzzyลอจิก (mm^2)	ค่าความสูญเสียที่คำนวณ (w)
19	0.7	2.597
20	0.7	2.073
21	0.519	1.647
22	0.397	1.203
23	0.254	0.913
24	0.201	0.762
25	0.205	0.626

ที่มา : ภาคผนวก ก ค่าความสูญเสียที่คำนวณ

จากผลการปรับปรุงประสิทธิภาพด้วยฟลักซ์ซิลิกอนในตารางที่ 4.2 เมื่อป้อนกระแสเท่ากับ 1.25 แอมแปร์ จากกฎที่ได้กำหนดไว้ พบว่า จะได้พื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 0.374 mm^2 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับพื้นที่หน้าตัดของขดลวดเบอร์ 22 และมีค่าความสูญเสียน้อยที่สุด ดังนั้นจึงนำค่าพารามิเตอร์จากการทดลองดังกล่าวมาสร้างเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าจริง และจากผลการออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยฟลักซ์ซิลิกอนเพื่อหาค่าความสูญเสียและค่าประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยฟลักซ์ซิลิกอน

พารามิเตอร์	ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ
P_{loss} (W)	72.1
$P_{core loss}$ (W)	4.1
$P_{copper loss}$ (W)	68
B (T)	0.90
$\% \eta$	56.30

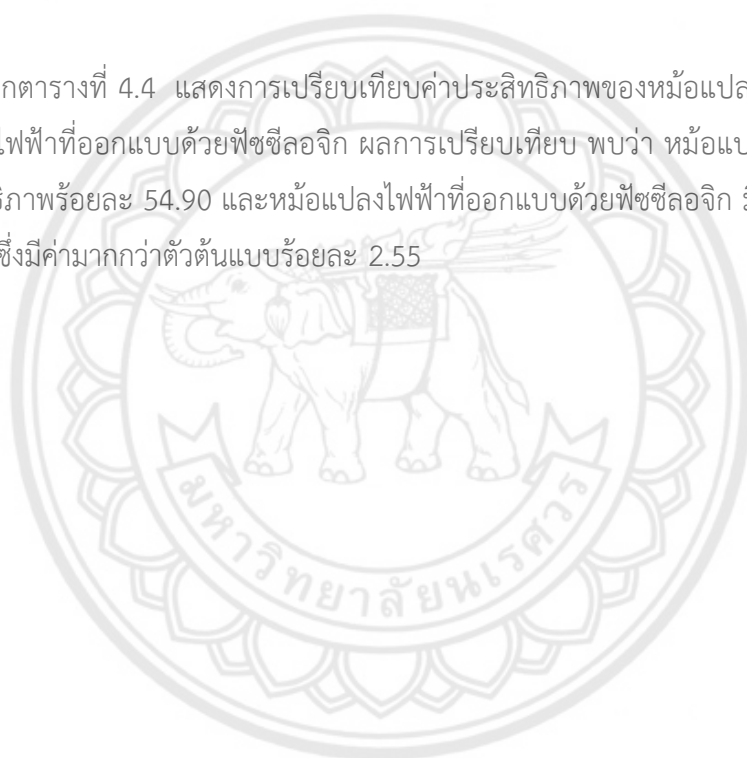
4.3 ผลการเปรียบเทียบระหว่างหม้อแปลงไฟฟ้าต้นแบบและด้วยฟลักซ์ซิลิกอน

ผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยฟลักซ์ซิลิกอน พบว่าขดลวดเบอร์ 22 มีค่าความสูญเสียน้อยที่สุด เนื่องจากค่าความสูญเสียในตารางที่ 4.2 เป็นค่าทางทฤษฎีและยังไม่ได้รวมค่าความสูญเสียจากอุปกรณ์ในวงจร จึงทำให้ค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการอาจมีความคลาดเคลื่อนจากที่ได้คำนวณไว้ โดยผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ได้จากการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ระหว่างหม้อแปลงไฟฟ้าต้นแบบและหม้อแปลงไฟฟ้าที่ ออกแบบด้วยฟิซซีลอจิก

พารามิเตอร์	ตัวต้นแบบ	หม้อแปลงไฟฟ้าที่ ออกแบบด้วยฟิซซีลอจิก
P_{loss} (W)	76.40	72.1
$P_{core\ loss}$ (W)	4.3	4.1
$P_{copper\ loss}$ (W)	72.1	68
B (T)	0.92	0.90
$\% \eta$	54.90	56.30

จากตารางที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าตัวต้นแบบกับหม้อแปลงไฟฟ้าที่ออกแบบด้วยฟิซซีลอจิก ผลการเปรียบเทียบ พบว่า หม้อแปลงไฟฟ้าตัวต้นแบบมีค่าประสิทธิภาพร้อยละ 54.90 และหม้อแปลงไฟฟ้าที่ออกแบบด้วยฟิซซีลอจิก มีค่าประสิทธิภาพร้อยละ 56.30 ซึ่งมีค่ามากกว่าตัวต้นแบบร้อยละ 2.55



บทที่ 5

สรุปผลการทดสอบ

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ

จากการศึกษาและทดสอบการปรับปรุงประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยฟิชซีลอจิกเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าหนึ่งเฟส ขนาด 165 โวลต์แอมป์ 220/12 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ แบ่งการดำเนินการศึกษาและทดสอบออกเป็น 2 ส่วน คือ ศึกษาและทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าตัวต้นแบบและออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยฟิชซีลอจิก

การศึกษาค้นคว้าและทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าตัวต้นแบบในห้องปฏิบัติการพบว่าประสิทธิภาพร้อยละ 54.90

จากผลการออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยฟิชซีลอจิก จากผลการปรับปรุง พบว่า ขดลวดเบอร์ 22 มีค่าความสูญเสียที่น้อยที่สุดและสามารถทนกระแสด้านทุติยภูมิได้ จึงนำมาสร้างเป็นหม้อแปลงที่ใช้งานได้จริง ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยฟิชซีลอจิกสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าได้ โดยเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยวิธีการที่นำเสนอกับหม้อแปลงไฟฟ้าต้นแบบ พบว่า หม้อแปลงไฟฟ้าที่ออกแบบด้วยวิธีการที่นำเสนอมีค่าประสิทธิภาพสูงขึ้นร้อยละ 2.55 ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

5.2 ประเมินผลการทดสอบ

ผลจากการดำเนินโครงการเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งต่อไปนี้

- 1) สามารถวิเคราะห์และเปรียบเทียบพารามิเตอร์ต่างๆของหม้อแปลงไฟฟ้าหนึ่งเฟส ขนาด 165 โวลต์แอมป์ 220/12 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ได้
- 2) สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าหนึ่งเฟส ขนาด 165 โวลต์แอมป์ 220/12 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ ด้วยฟิชซีลอจิก ให้มีค่าสูงขึ้นได้

5.3 ปัญหา ข้อเสนอแนะและแนวทางการแก้ไขปัญหา

- 1) การประยุกต์การใช้ฟิวส์ลอคจิกสำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้า อาจเลือกใช้โปรแกรมที่มีความสะดวกและเหมาะสมกับการใช้งาน เนื่องจากฟิวส์ลอคจิกเหมาะกับระบบที่ใช้ควบคุมมากกว่า
- 2) หม้อแปลงไฟฟ้าที่พันออกมามีจำนวนรอบที่เยอะมาก ถ้าไม่มีความละเอียดรอบคอบ ในการพันอาจทำให้หม้อแปลงใช้งานไม่ได้

5.4 แนวทางในการพัฒนาต่อไป

ผลที่ได้จากการศึกษาและทดสอบโครงงานนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีการใช้วงจรสวิตซ์ซึ่งรวมอยู่ด้วยได้ โครงงานนี้ได้กล่าวถึงหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับฟิวส์ลอคจิก และการสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้าไว้ใช้ในการออกแบบการทดลองการสร้าง หม้อแปลงไฟฟ้าทั้งหมดที่เป็นไปได้ เพื่อให้ได้หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ทั้งยังมีส่วนช่วย ในการประหยัดพลังงานและยืดอายุการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้าให้สูงขึ้นอีกด้วย



เอกสารอ้างอิง

iEnergyGuRu. (2560) สืบค้นเมื่อ 26 กุมภาพันธ์ 2561,

จาก <https://ienergyguru.com/2015/10/transformer/>

วิทยาลัยสารพัดช่างกำแพงเพชร. (12 ตุลาคม 2553). หม้อแปลงไฟฟ้า. **งานไฟฟ้าและ**

อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. สืบค้นเมื่อ 12 มกราคม 2561, จาก

<http://kpp.ac.th/elearning/elearning3/book-08.html>.

หม้อแปลงไฟฟ้า. (2557). สืบค้นเมื่อ 5 ธันวาคม 2560 , จาก

http://montri.rmutl.ac.th/old/ee/04210210machine/2_Transformer.pdf

การใช้งานตรรกะคลุมเครือใน MATLAB (Fuzzy logic by MATLAB). (19 มิถุนายน 2557). สืบค้น

เมื่อ 29 มกราคม 2561, จาก <https://www.mathworks.com/products/fuzzy-logic/features.html#working-with-the-fuzzy-logic-toolbox>.

ฟัซซีลอจิก.(2559). สืบค้นเมื่อ 29 มกราคม 2561, จาก <https://th.wikipedia.org/wiki/Fuzzy>

หลักการทํางานของหม้อแปลงไฟ (30 พฤษภาคม 2554)ใ สืบค้นเมื่อ 11 พฤศจิกายน 2560, จาก

<http://www.pspotech.co.th>

ตารางขนาดหลอดทองแดงมาตรฐาน. (2556). สืบค้นเมื่อ 25 พฤศจิกายน 2560, จาก

www.basiclite.com

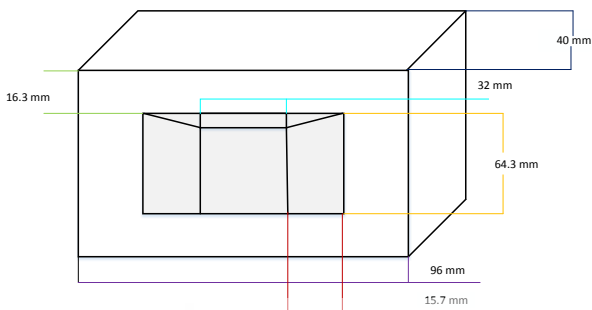


ภาคผนวก ก

การคำนวณค่าประสิทธิภาพด้วยฟิชชีลोजิก

การคำนวณค่ากำลังสูญเสียในขดลวดตัวนำทุติยภูมิ

จากตารางที่ 4.2 สามารถคำนวณค่าความสูญเสียในขดลวดทุติยภูมิได้ดังต่อไปนี้



ขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้า

ความยาวขดลวดทุติยภูมิ 1 รอบ มีความยาว	0.2068	(เมตร)
จำนวนรอบลวดตัวนำด้านทุติยภูมิ	80	(รอบ)
ความหนาแน่นในขดลวด	1.7×10^{-8}	kg / m^3
เบอร์ลวดตัวนำด้านทุติยภูมิเบอร์ 22 มีพื้นที่หน้าตัด	0.41	(ตารางมิลลิเมตร)
ขดลวดเบอร์ 22 ทนกระแสได้	1.324	(แอมแปร์)

ค่าความต้านทานของขดลวดทุติยภูมิ

ค่าความต้านทานของขดลวดทุติยภูมิมีค่า

$$R = \rho \frac{L}{A} = 1.7 \times 10^{-8} \frac{16.544}{0.41 \times 10^{-6}}$$

$$= 0.686 \quad (\text{โอห์ม})$$

ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในขดลวดตัวนำทุติยภูมิ

กำลังไฟฟ้าสูญเสียในขดลวดตัวนำทุติยภูมิมีค่า

$$(1.324^2)(0.686) = 1.203 \quad (W)$$

สำหรับตารางที่ 4.2 ให้ดำเนินการตามวิธีที่ได้แสดงไว้ข้างต้น ก็จะสามารถหาค่ากำลังสูญเสียใน
ขดลวดตัวนำทุติยภูมิได้





เบอร์ลวดทองแดง มาตรฐาน S.W.G	เส้นผ่าศูนย์กลาง (Diameter)	พื้นที่หน้าตัด (Area)	ทนกระแสได้ (A)
	มิลลิเมตร	ตารางมิลลิเมตร	
0000	10.2	81.71	270.11
000	9.5	70.88	233.62
00	8.8	60.82	199.77
0	8.2	52.81	177.22
1	7.6	45.36	151.94
2	7.0	38.48	128.60
3	6.4	32.17	107.21
4	5.9	27.34	90.86
5	5.4	22.90	75.87
6	4.9	18.86	62.23
7	4.5	15.90	52.29
8	4.1	13.20	43.22
9	3.7	10.75	35.02
10	3.3	8.55	27.66
11	2.9	6.61	22.72
12	2.6	5.31	18.26
13	2.3	4.15	14.29
14	2.0	3.14	10.80
15	1.9	2.54	8.751
16	1.8	2.01	6.915
17	1.4	1.54	5.294
18	1.2	1.15	3.890
19	1.0	0.79	2.701
20	0.91	0.65	2.188
21	0.81	0.51	1.729
22	0.72	0.41	1.324
23	0.61	0.2922	0.972
24	0.56	0.2463	0.817
25	0.51	0.2047	0.675

26	0.45	0.1624	0.547
27	0.40	0.1288	0.432
28	0.38	0.1134	0.370
29	0.36	0.1021	0.312
30	0.31	0.0755	0.243
31	0.29	0.0661	0.204
32	0.28	0.0616	0.176
33	0.25	0.0510	0.169
34	0.23	0.0451	0.137
35	0.21	0.0346	0.108
36	0.19	0.0285	0.098
37	0.17	0.0227	0.078
38	0.15	0.0177	0.063
39	0.13	0.0133	0.046
40	0.12	0.0144	0.039
41	0.11	0.0101	0.033
42	0.10	0.0081	0.027
43	0.091	0.0065	0.022
44	0.081	0.0052	0.017
45	0.071	0.0040	0.013
46	0.061	0.0029	0.0097
47	0.051	0.0020	0.0068
48	0.041	0.0013	0.0047
49	0.030	0.0007	0.0024
50	0.025	0.0005	0.0017