

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
บทที่	
1. บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ	1
1.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตและวิธีการดำเนินการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย	2
2. พื้นฐานการวัดค่าอิมพีแดนซ์และค่าความเหนี่ยวนำ	
2.1 การวัดค่าอิมพีแดนซ์	3
2.2 ค่าแฝงในอุปกรณ์ R L C	3
2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการทดสอบอุปกรณ์	4
2.3.1 ความถี่ (Frequency)	4
2.3.2 ปัจจัยอื่นๆที่มีผลต่ออุปกรณ์	5
2.4 ค่าความเหนี่ยวนำและปัจจัยต่างๆ	5
2.4.1 ทฤษฎีความเหนี่ยวนำ	5
2.4.2 สูตรคำนวณหาค่าความเหนี่ยวนำ	7
3. หลักการหาพารามิเตอร์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังต่ำ 1 เฟส	9
3.1 โครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า	9
3.1.1 ขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้า	9
3.1.2 แกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้า	9
3.2 วงจรสมมูลของหม้อแปลงไฟฟ้า	10
3.3 หม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติ	11
3.4 เฟสเซอร์ไดอะแกรมของหม้อแปลงไฟฟ้าขณะจ่ายโหลด	13
	(6)

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5 วงจรสมมูลและเฟสเซอร์ไดอะแกรม เมื่อไม่คิดค่ากระแสไฟฟ้าขณะไม่มีโหลด	14
3.6 การทดสอบแบบวงจรลัด	15
3.6.1 วิธีการทดสอบวงจรลัดหม้อแปลงไฟฟ้า	15
3.6.2 สมการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์แบบวงจรลัดหม้อแปลงไฟฟ้า	16
4. หลักการทดสอบหม้อแปลงแบบลัดวงจรโดยใช้สัญญาณชั่วขณะ	17
4.1 ทฤษฎีสัญญาณชั่วขณะและการนำมาประยุกต์ใช้หา ค่าพารามิเตอร์หม้อแปลงไฟฟ้า	17
4.1.1 สัญญาณอิมพัลส์ (Impulse)	17
4.1.2 สมการสัญญาณที่ใช้ทดสอบ	18
4.2 วิธีการหาค่าประกอบ RL จากสมการสัญญาณไฟฟ้า	20
4.2.1 การหาค่าแบบเวลาคงที่	20
4.2.1.1 การหาค่าความต้านทาน	20
4.2.1.2 การหาค่าความเหนี่ยวนำ (L)	20
4.2.1.3 วิเคราะห์วงจรไฟฟ้า RL อนุกรม	21
4.2.2 การหาค่าแบบการปรับเส้นโค้ง (Curve Fitting)	22
4.2.2.1 หลักการสมการกำลังสองน้อยที่สุด	22
4.2.2.2 การแก้สมการกระแส RL อนุกรม แบบการปรับเส้นโค้ง	24
5. การออกแบบและสร้างฮาร์ดแวร์	25
5.1 หลักการทำงาน	25
5.2 การสร้างชุดจ่ายสัญญาณชั่วขณะ	25
5.3 การหาค่าเวลาคงที่ (5τ) ของวงจรอนุกรม RL โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC	26
5.3.1 การเก็บข้อมูลแรงดันของ PIC16F628 กับ ADC0832	26
5.3.2 วิธีการคำนวณหาค่า L ของหม้อแปลงไฟฟ้า TX-2 โดยใช้สัญญาณขั้นบันได	28
5.4 การหาค่า RL โดยใช้วิธีการปรับเส้นโค้ง (Curve Fitting)	30
5.5 รูปแบบและการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์	31
5.5.1 ผังการทำงานของชุดคำสั่งไมโครคอนโทรลเลอร์	32
5.6 องค์ประกอบของฮาร์ดแวร์และวิธีใช้	34

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.6.1 ชุดพาเวอร์ซัพพลายแรงดันทดสอบ	34
5.6.2 ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F628	35
5.6.3 วิธีการใช้เครื่องทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า	36
6. การออกแบบและสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์	37
6.1 หลักการทำงาน	37
6.2 โปรแกรมรับข้อมูล	37
6.2.1 ส่วนส่งค่าตั้งค่าเวลาทดสอบ	37
6.2.2 ส่วนรับค่าทดสอบ	38
6.3 โปรแกรมกราฟคำนวณค่า	38
6.3.1 โปรแกรมคำนวณหาค่าเวลาซ้ำ	39
6.3.2 โปรแกรมหาค่าความเหนียวนำแบบเชิงเส้น	40
6.4 โปรแกรมเก็บข้อมูลทดสอบ	40
7. ผลการทดลองจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการวัดแบบวงจรลัด	41
7.1 ผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าแรงต่ำแกนเหล็กEI	41
7.2 ผลการทดสอบขดลวดแกนอากาศ	43
7.3 ผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าแกนเหล็กEI แบบขดลวดหลายแรงดัน	43
7.4 เครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดสอบวงจรลัดหม้อแปลงไฟฟ้า	46
8. บทสรุป	47
8.1 งานที่ได้ดำเนินการมาทั้งหมด	47
8.2 สรุปผลการทดสอบอุปกรณ์เปรียบเทียบกับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	48
8.3 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	49
8.4 แนวทางในการพัฒนาในอนาคต	50
9. บรรณานุกรม	51
10. ภาคผนวก	52
11. ประวัติผู้เขียน	59

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
1. ค่าความชื้นซาบจำเพาะของวัสดุ	8
2. เวลาจัดเก็บข้อมูลในแต่ละตำแหน่ง	27
3. การแสดงค่าการคำนวณโดยวิธีปรับเส้นโค้งจากข้อมูลจริง	30
4. ผลการทดสอบหม้อแปลงขนาด 1.2 KVA 230/115	42
5. ผลการทดสอบขดลวดแกนอากาศ	43
6. การทดสอบหม้อแปลงหลายแรงดันแบบแกนเหล็กร่วม	44

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1. ส่วนประกอบที่แฝงแสดงอยู่ในรูปวงจร	3
2. กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความถี่ที่มีผลต่อลวดตัวนำ	4
3. ผลตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของตัวเก็บประจุแบบเซรามิก	5
4. ภาพสนามแม่เหล็กของตัวเหนี่ยวนำ	6
5. หม้อแปลงไฟฟ้า	9
6. แกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้า	10
7. วงจรสมมูลหม้อแปลงไฟฟ้า	11
8. เฟสเซอร์ไดอะแกรมของหม้อแปลงไฟฟ้าขณะมีโหลด	13
9. วงจรสมมูลหม้อแปลงไฟฟ้าขณะมีโหลด	14
10. วงจรสมมูลหม้อแปลงไฟฟ้าย้ายด้านทุติยภูมิมายังปฐมภูมิ	14
11. การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าแบบลัดวงจร	15
12. วงจรสมมูลภายในหม้อแปลงทดสอบแบบลัดวงจร	15
13. การทดสอบระบบด้วยสัญญาณอิมพัลส์	17
14. วงจร RLอนุกรมแหล่งจ่ายอิมพัลส์	18
15. วงจร RLอนุกรมแหล่งจ่ายแบบ Unit Step Function	19
16. วงจร RL อนุกรมกับแหล่งจ่าย แบบ Step Excitation (Vsc)	21
17. สัญญาณแรงดันที่ตกคร่อม RL	21
18. วงจรจ่ายสัญญาณทดสอบลัดวงจรหม้อแปลงไฟฟ้า	25
19. วงจรทดสอบลัดวงจรหม้อแปลง TX2	28
20. รูปสัญญาณ แรงดันระหว่างหม้อแปลงกับกราวด์(1) กับขา D มอสเฟตกับกราวด์(2)	29
21. รูปสัญญาณ แรงดันตกคร่อมหม้อแปลง	29
22. รูปลำดับการทำงานของชุดทดสอบ	31
23. ผังการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์	32
24. วงจรชุดทดสอบแบบภาพรวม	33
25. ชุดพาเวอร์ซัพพลายปรับค่า 0-12V 3A	34
26. ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628	35

รายการภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
27. แผงควบคุมส่วนหน้าของชุดทดสอบ	36
28. หน้าต่างโปรแกรมรับข้อมูล	38
29. หน้าต่างโปรแกรมกราฟคำนวณค่า	38
30. ผังการทำงานโปรแกรมหาค่าเวลาซ้ำ	39
31. หน้าต่างโปรแกรมข้อมูล	40
32. หม้อแปลงทดสอบแรงต่ำ TX-1, 2,3	41
33. ขดลวดแกนอากาศขนาด 3 mH	43
34. หม้อแปลงหลายแรงดันแบบแกนเหล็กร่วม	44
35. เครื่องมือวัดค่าการทดสอบวงจรลัดหม้อแปลงไฟฟ้า	46