

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย.....	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ii
กิตติกรรมประกาศ.....	iii
สารบัญ.....	iv
สารบัญตาราง.....	vii
สารบัญภาพ.....	viii
บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ความสำคัญของการศึกษา.....	2
1.4 คำถามการวิจัย/สมมติฐานการวิจัย.....	2
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.6 ประโยชน์ที่จะได้รับ.....	2
1.7 นิยามศัพท์.....	2
2 แนวคิดทฤษฎีและผลงานที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ฮาร์มอนิก.....	4
2.1.1 ความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิก.....	4
2.1.2 ปริมาณทางไฟฟ้าที่ไม่เป็นรูปคลื่นไซน์.....	6
2.1.3 ลำดับเฟสฮาร์มอนิก.....	9
2.1.4 ฮาร์มอนิกเลขคี่คุณสมบัติ.....	9
2.1.5 ผลกระทบต่อระบบไฟฟ้าที่เกิดจากฮาร์มอนิก.....	10
2.2 หม้อแปลงไฟฟ้า.....	11
2.2.1 หม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติ.....	12
2.2.2 หม้อแปลงไฟฟ้าที่เป็นจริง.....	15
2.2.3 หม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส.....	20

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2.3 ผลกระทบฮาร์มอนิกที่มีต่อหม้อแปลงไฟฟ้า.....	24
2.3.1 แรงดันฮาร์มอนิก.....	24
2.3.2 กระแสฮาร์มอนิก.....	24
2.4 ฉนวนหม้อแปลงไฟฟ้า.....	26
2.4.1 ฉนวนน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้า.....	26
2.4.2 ฉนวนกระดาษหม้อแปลงไฟฟ้า	26
2.4.3 การเสื่อมสภาพของฉนวนหม้อแปลงไฟฟ้า.....	26
2.4.4 การทดสอบเพื่อวิเคราะห์สภาพฉนวนหม้อแปลงไฟฟ้า.....	27
2.4.5 การวิเคราะห์ก๊าซผิพอร่องในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้า.....	28
2.4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างก๊าซที่เกิดขึ้นกับอุณหภูมิ.....	29
2.5 วิธีการลดอัยแบบกำลังสองน้อยสุด.....	32
2.5.1 วิธีการลดอัยเชิงเส้น.....	33
2.5.2 วิธีการลดอัยเชิงพหุนาม.....	35
2.5.3 วิธีการลดอัยเชิงพหุคูณ.....	36
2.6 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	36
3 ระเบียบวิธีวิจัย.....	38
3.1 รูปแบบการวิจัย.....	38
3.2 ประชากร/กลุ่มตัวอย่าง.....	38
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานการวิจัย.....	38
3.4 เครื่องมือการวิจัย.....	39
3.5 ผลการตรวจวัดและทดสอบ.....	39
4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	47
4.1 ความสัมพันธ์%THDi กับปริมาณก๊าซผิพอร่องในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้า.....	47
4.2 ความสัมพันธ์%THDu กับปริมาณก๊าซผิพอร่องในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้า.....	51

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	57
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	57
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	57
บรรณานุกรม.....	58
ประวัติผู้วิจัย.....	59

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ก๊าซที่เกิดขึ้นในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้า.....	28
2.2	ก๊าซผิพรองที่เกิดขึ้นตามเงื่อนไขการเกิดควมผิพรอง.....	29
3.1	สรุปรหัสข้อการตรวจวัดและทดสอบ.....	39
3.2	แสดงค่าทางไฟฟ้าในแต่ละเฟสของหม้อแปลงลูกที่ 1.....	40
3.3	แสดงค่าทางไฟฟ้าในแต่ละเฟสของหม้อแปลงลูกที่ 2.....	40
3.4	แสดงค่าทางไฟฟ้าในแต่ละเฟสของหม้อแปลงลูกที่ 3.....	41
3.5	แสดงค่าทางไฟฟ้าในแต่ละเฟสของหม้อแปลงลูกที่ 4.....	41
3.6	แสดงค่าทางไฟฟ้าในแต่ละเฟสของหม้อแปลงลูกที่ 5.....	42
3.7	แสดงค่าตัวแทนค่าควมผิพเพี้ยนฮาร์มอนิกรวม.....	42
3.8	ก๊าซผิพรองที่เกิดขึ้นในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้าลูกที่ 1.....	43
3.9	ก๊าซผิพรองที่เกิดขึ้นในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้าลูกที่ 2.....	43
3.10	ก๊าซผิพรองที่เกิดขึ้นในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้าลูกที่ 3.....	44
3.11	ก๊าซผิพรองที่เกิดขึ้นในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้าลูกที่ 4.....	44
3.12	ก๊าซผิพรองที่เกิดขึ้นในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้าลูกที่ 5.....	45
3.13	ข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ควมสัมพันธ์ด้วยวิธีการถดถอยกำลังสองน้อยสุด.....	46
4.1	รูปแบบสมการและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ %THDi ต่อปริมาณก๊าซผิพรอง...	55
4.2	รูปแบบสมการและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ %THDu ต่อปริมาณก๊าซผิพรอง...	55

สารบัญภาพ

ภาพประกอบที่		หน้า
2.1	ลักษณะรูปคลื่นสัญญาณที่ผิดเพี้ยนเนื่องจากฮาร์มอนิก.....	4
2.2	ความผิดเพี้ยนรูปคลื่นกระแสที่เกิดจากโหลดไม่เชิงเส้น.....	5
2.3	กระแสฮาร์มอนิกทำให้เกิดแรงดันฮาร์มอนิก.....	5
2.4	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (P, Q, S).....	8
2.5	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าต่างๆ.....	8
2.6	กระแสนิวทรัลมีค่าสูงในวงจรที่ต่อกับโหลดไม่เชิงเส้น.....	10
2.7	โครงสร้างหม้อแปลงไฟฟ้า.....	11
2.8	หลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า.....	11
2.9	หม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติ.....	12
2.10	วงจรแม่เหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติ.....	13
2.11	การย้ายค่าอิมพีแดนซ์.....	14
2.12	หม้อแปลงไฟฟ้าที่เป็นจริงสภาวะไร้อะไร.....	15
2.13	เฟสเซอร์ไดอะแกรมของส่วนประกอบกระแสกระตุ้น.....	16
2.14	วงจรสมมูลค่ากระแสกระตุ้น.....	17
2.15	แบบจำลองการทำงานหม้อแปลงไฟฟ้าที่เป็นจริง.....	17
2.16	วงจรสมมูลของหม้อแปลงไฟฟ้าที่เป็นจริง.....	18
2.17	วงจรสมมูลหม้อแปลงไฟฟ้าที่เป็นจริงเมื่อย้ายค่ามาด้านปฐมภูมิ.....	18
2.18	วงจรสมมูลหม้อแปลงไฟฟ้าที่เป็นจริงทางด้านปฐมภูมิ.....	18
2.19	วงจรสมมูลเมื่อย้ายค่าในส่วนกระแสกระตุ้นมาคร่อมแหล่งจ่าย V_1	19
2.20	วงจรสมมูลหม้อแปลงไฟฟ้าโดยประมาณ.....	19
2.21	โครงสร้างหม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟส.....	20
2.22	การต่อหม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟสแบบ Y – Y	20
2.23	การต่อหม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟสแบบ $\Delta - \Delta$	21
2.24	การต่อหม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟสแบบ $\Delta - Y$	21
2.25	การต่อหม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟสแบบ Y – Δ	21
2.26	การสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้า.....	22
2.27	การเกิดก๊าซผิดปกติที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ.....	30

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบที่		หน้า
2.28	การเก็บตัวอย่างน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้า Gas type syringe.....	31
2.29	การเก็บตัวอย่างน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้า bottle.....	31
2.30	การวิเคราะห์ก๊าซโดย Gas Chromatography.....	32
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่าง %THDi กับปริมาณก๊าซผิควรร่อง CO.....	47
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่าง %THDi กับปริมาณก๊าซผิควรร่อง CO ₂	47
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่าง %THDi กับอัตราส่วนปริมาณก๊าซผิควรร่อง CO ₂ /CO.....	48
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่าง %THDi กับปริมาณก๊าซผิควรร่อง H ₂	48
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่าง %THDi กับปริมาณก๊าซผิควรร่อง CH ₄	49
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่าง %THDi กับปริมาณก๊าซผิควรร่อง C ₂ H ₆	49
4.7	ความสัมพันธ์ระหว่าง %THDi กับปริมาณก๊าซผิควรร่อง C ₂ H ₄	50
4.8	ความสัมพันธ์ระหว่าง %THDi กับปริมาณก๊าซผิควรร่อง C ₂ H ₂	50
4.9	ความสัมพันธ์ระหว่าง %THDu กับปริมาณก๊าซผิควรร่อง CO.....	51
4.10	ความสัมพันธ์ระหว่าง %THDu กับปริมาณก๊าซผิควรร่อง CO ₂	51
4.11	ความสัมพันธ์ระหว่าง %THDu กับอัตราส่วนปริมาณก๊าซผิควรร่อง CO ₂ /CO.....	52
4.12	ความสัมพันธ์ระหว่าง %THDu กับปริมาณก๊าซผิควรร่อง H ₂	52
4.13	ความสัมพันธ์ระหว่าง %THDu กับปริมาณก๊าซผิควรร่อง CH ₄	53
4.14	ความสัมพันธ์ระหว่าง %THDu กับปริมาณก๊าซผิควรร่อง C ₂ H ₆	53
4.15	ความสัมพันธ์ระหว่าง %THDu กับปริมาณก๊าซผิควรร่อง C ₂ H ₄	54
4.16	ความสัมพันธ์ระหว่าง %THDu กับปริมาณก๊าซผิควรร่อง C ₂ H ₂	54