

บทที่ 4

ผลการทดสอบ

4.1 อุปกรณ์และเครื่องมือวัดพื้นฐานที่ใช้ในการทดสอบ

ในการทดสอบวงจรแสดงสถานะการทำงานของกัปดักเสิร์จ จะแบ่งการทดสอบเป็นสองส่วน คือ การทดสอบวัดค่ากระแสรั่วไหลในห้องปฏิบัติการด้วยออสซิลโลสโคป เพื่อหาค่ากระแสอ้างอิง (ได้กล่าวถึงหลักวิธีการไว้แล้วในบทที่ 3) และการทดสอบวงจรแสดงสถานะการทำงานของกัปดักเสิร์จที่สร้างขึ้นโดยเปรียบเทียบกับค่ากระแสอ้างอิง

อุปกรณ์และเครื่องมือหลักที่ใช้ในการทดสอบ มีดังนี้

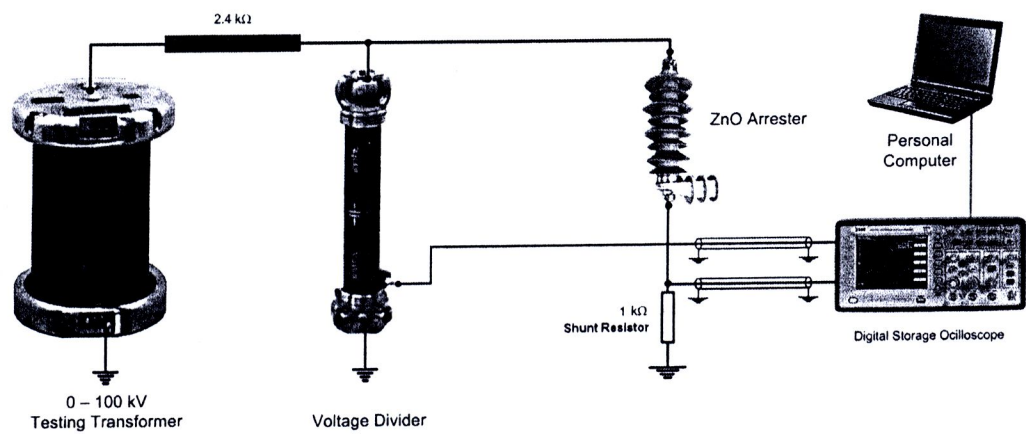
- 1. หม้อแปลงทดสอบแรงดัน 0 – 100 kV
- 2. โวลเตจดิไวเดอร์ (voltage divider)
 $C_1 : C_2 = 1.20E-09 : 6.00E-07 \text{ F}$ (scale factor = 501 : 1)
- 3. Shunt Resistor ขนาด 1 k Ω
- 4. กัปดักเสิร์จตัวอย่างชนิด ZnO จำนวน 5 ตัวอย่างตามที่แสดงใน ตารางที่ 4.1
- 5. แคลมป์วัดกระแสรั่วไหล (leakage current clamp) CHAUVIN ARNOUX model C173
- 6. คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก
- 7. Data Acquisition (DAQ) Devices, National Instruments USB-6008/6009
- 8. Digital Storage Scope, Tektronix model TDS 2002B
- 9. Digital Multimeter, Tektronix model DMM916

โดยมีรายละเอียดของอุปกรณ์ และเครื่องมือวัด แสดงไว้ในภาคผนวก ง

ตารางที่ 4.1 กัปดักเสิร์จตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ

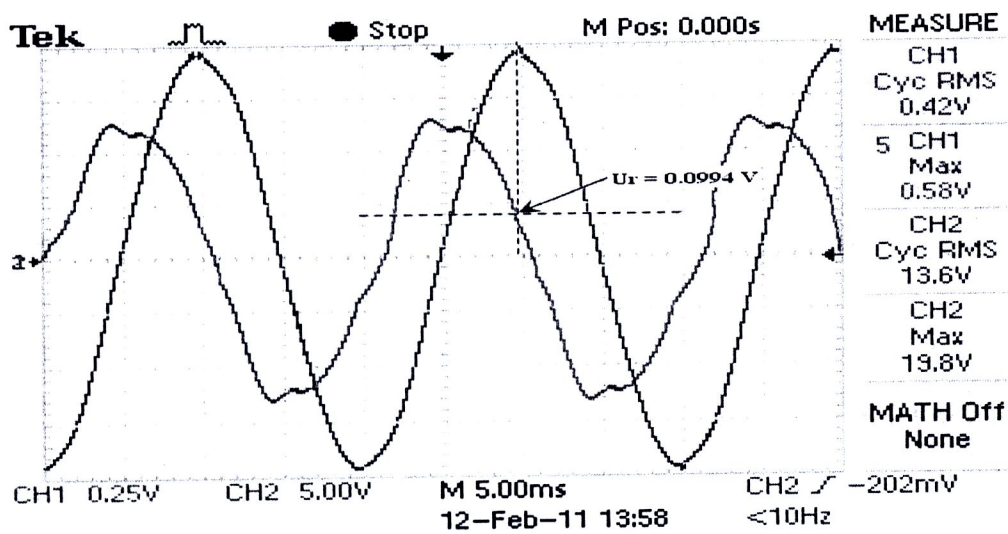
According to IEC 60099-4			
Sample	ZnO Rated Voltage (kV)		Rated Current (kA)
	U_r	U_c	
NEW-1	21	17	5
NEW-2	21	17	5
OLD-1	21	17	5
OLD-2	21	17	5
OLD-3	21	17	5

4.2 การทดสอบวัดค่ากระแสรั่วไหลรวมและกระแสรั่วความต้านทานเพื่อหาค่าอ้างอิง



รูปที่ 4.1 แสดงการต่อวงจรทดสอบกับดักเสิร์จตัวอย่าง เพื่อหาค่ากระแสรั่วไหลอ้างอิง

รูปที่ 4.1 เป็นวงจรที่ใช้ในการทดสอบ จากรูป ใช้ฮอสซิลโลสโคปวัดสัญญาณแรงดันคร่อมกับดักเสิร์จ และแรงดันคร่อม Shunt Resistor ขนาด 1 kΩ (ค่าจริงที่วัดได้ 1.072 kΩ) โดยหาค่ากระแสรั่วความต้านทาน จากสัญญาณแรงดันของกระแสรั่วไหลรวม ที่คร่อม Shunt Resistor ตรงตำแหน่งค่ายอดของแรงดันคร่อมกับดักเสิร์จ นำค่าแรงดันที่วัดได้ไปคำนวณหาค่า กระแสรั่วไหลรวม และกระแสรั่วความต้านทาน

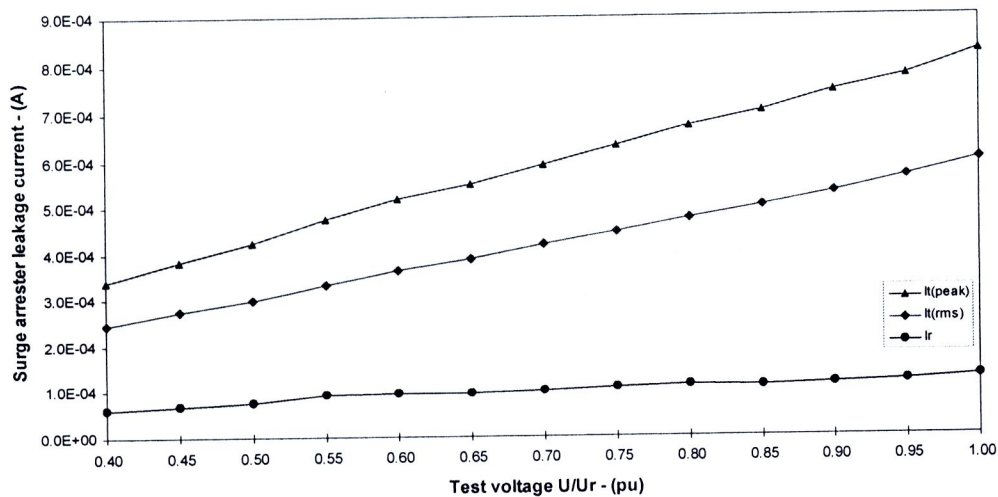


รูปที่ 4.2 แสดงการหาค่ากระแสรั่วความต้านทาน โดยใช้แรงดันเป็นสัญญาณค่าอ้างอิง และอ่านค่าจากฮอสซิลโลสโคป

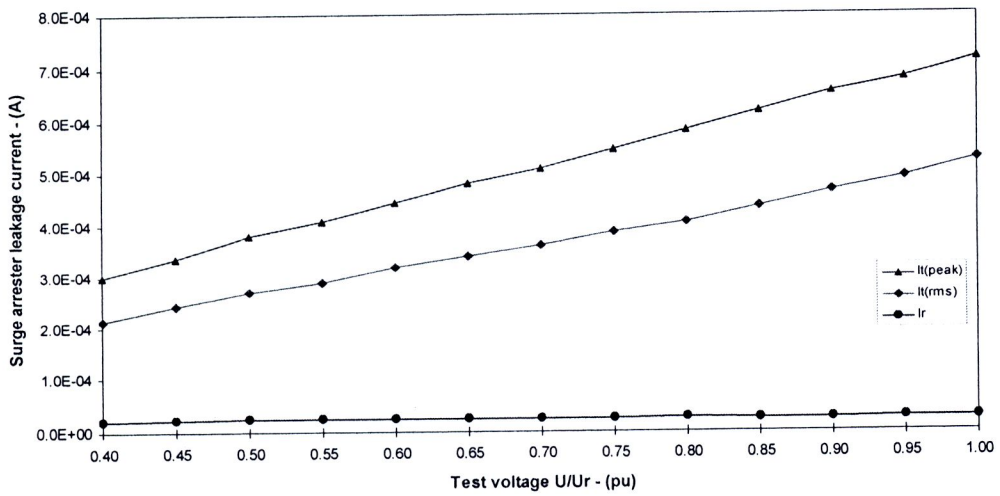
รูปที่ 4.2 เป็นฮอสซิลโลแกรมของ แรงดันทดสอบ และกระแสรั่วไหลรวม ขณะที่ทำการทดสอบกับดักเสิร์จตัวอย่าง NEW-1 ด้วยแรงดันทดสอบ 13.65 kVrms (19.30 kVpeak) สัญญาณ

แรงดันของกระแสรั่วความต้านทานมีค่าเท่ากับ 0.0994 Vpeak (ที่ค่า Shunt Resistance 1.072 kΩ) จะได้ค่ากระแสรั่วความต้านทาน $I_r = 0.0994 / 1.072e3 = 9.272e-5$ A หรือเท่ากับ 92.72 μ Apeak ในการทดสอบ จะควบคุมแรงดันทดสอบระหว่างขั้วของกับดักเสิร์จ ให้มีค่าขดอยู่ที่ 29.70 kV peak เพื่อไม่ให้เกินค่าระดับแรงดันพิกัด U_r (21 kV) ของกับดักเสิร์จ (แรงดันใช้งานปกติอยู่ที่ 17.96 kVpeak ซึ่งเป็นแรงดัน line-to-neutral ของระบบ 22 kV) เนื่องจากเมื่อกับดักเสิร์จได้รับแรงดันที่ระดับปกติของระบบไฟฟ้า จะมีกระแสรั่วความต้านทานไหลน้อยมาก เมื่อเทียบกับกระแสรั่วคาปาซิทีฟ แต่เมื่อกับดักเสิร์จได้รับแรงดันสูงขึ้นจนถึงระดับแรงดันแรงดันพิกัด ซึ่งเป็นบริเวณที่กับดักเสิร์จเริ่มนำกระแส จึงมีกระแสรั่วความต้านทานไหลเพิ่มมากขึ้น จนมีขนาดสูงกว่ากระแสรั่วคาปาซิทีฟ ดังนั้นการทดสอบจึงจำเป็นต้องทำด้วยความระมัดระวังและรวดเร็ว เพื่อไม่ให้กับดักเสิร์จได้รับความเสียหายเนื่องจากความร้อนที่เพิ่มมากขึ้น

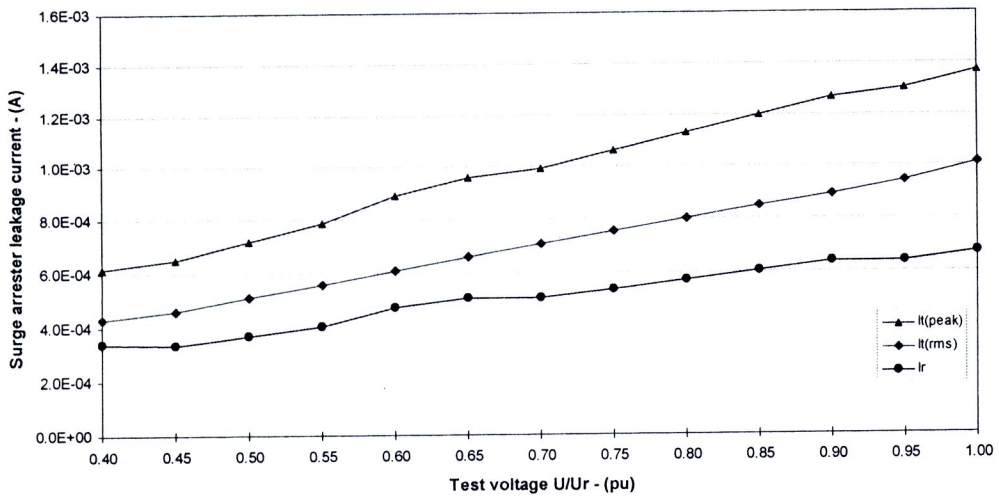
จากการทดสอบพบว่า ค่ากระแสรั่วไหลรวมที่ไหลผ่านกับดักเสิร์จที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน (NEW-1, NEW-2) มีค่าขดประมาณ 500 μ A – 600 μ A และกับดักเสิร์จที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว (OLD-1, OLD-2, OLD-3) มีค่าขดประมาณ 800 μ A – 1,200 μ A ซึ่งผลที่ได้จากการทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ ก.5 ถึง ตารางที่ ก.9 ของภาคผนวก ก รูปที่ 4.3 ถึง รูปที่ 4.7 แสดงค่ากระแสรั่วไหลรวม (ค่า peak และ rms) และกระแสรั่วความต้านทาน (ค่า peak) ที่ได้จากการทดสอบกับดักเสิร์จตัวอย่างทั้ง 5 ตัวอย่าง ค่าที่ได้นี้จะใช้เป็นค่าอ้างอิง เพื่อเปรียบเทียบ ในการทดสอบวงจรแสดงสถานะการทำงานของกับดักเสิร์จที่สร้างขึ้น



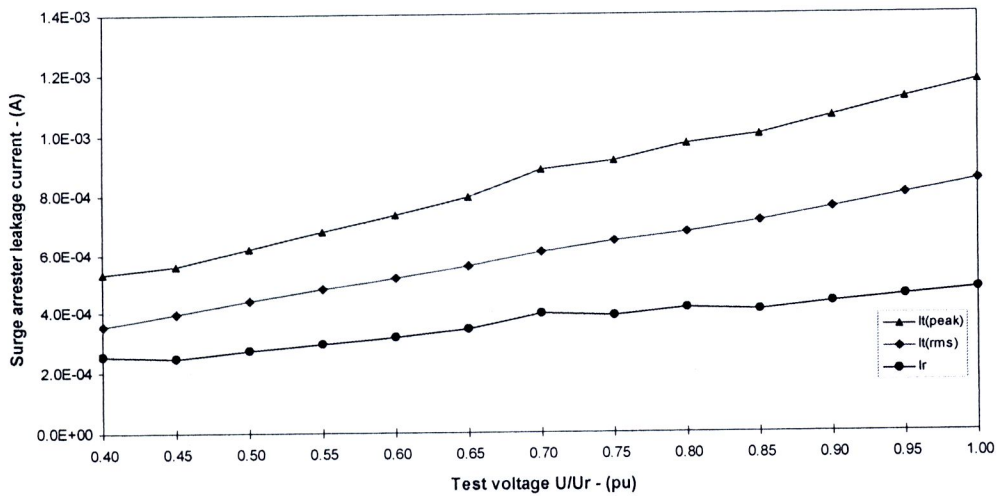
รูปที่ 4.3 ผลการทดสอบกระแสรั่วไหลของกับดักเสิร์จในห้องปฏิบัติการ ตัวอย่างทดสอบ NEW-1 แสดงกระแสรั่วไหลรวมค่า peak และค่า rms และกระแสรั่วความต้านทานค่า peak (ผลการทดสอบตารางที่ ก.5 ของภาคผนวก ก.)



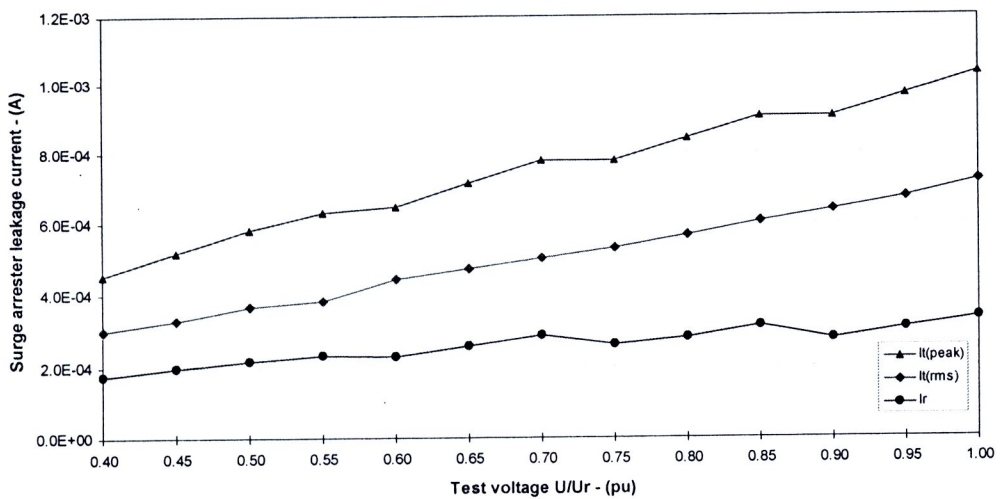
รูปที่ 4.4 ผลการทดสอบกระแสรั่วไหลของกัปดักเสิร์จในห้องปฏิบัติการ ตัวอย่างทดสอบ NEW-2 แสดงกระแสรั่วไหลรวมค่า peak และค่า rms และกระแสรั่วความต้านทานค่า peak (ผลการทดสอบตารางที่ ก.6 ของภาคผนวก ก.)



รูปที่ 4.5 ผลการทดสอบกระแสรั่วไหลของกัปดักเสิร์จในห้องปฏิบัติการ ตัวอย่างทดสอบ OLD-1 แสดงกระแสรั่วไหลรวมค่า peak และค่า rms และกระแสรั่วความต้านทานค่า peak (ผลการทดสอบตารางที่ ก.7 ของภาคผนวก ก.)

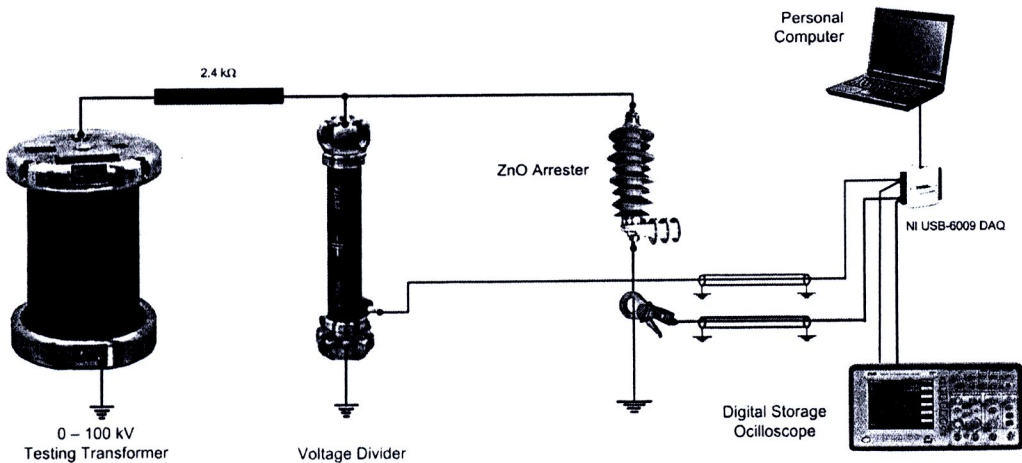


รูปที่ 4.6 ผลการทดสอบกระแสรั่วไหลของกัปดักเสิร์จในห้องปฏิบัติการ ตัวอย่างทดสอบ OLD-2 แสดงกระแสรั่วไหลรวมค่า peak และค่า rms และกระแสรั่วความต้านทานค่า peak (ผลการทดสอบตารางที่ ก.8 ของภาคผนวก ก.)



รูปที่ 4.7 ผลการทดสอบกระแสรั่วไหลของกัปดักเสิร์จในห้องปฏิบัติการ ตัวอย่างทดสอบ OLD-3 แสดงกระแสรั่วไหลรวมค่า peak และค่า rms และกระแสรั่วความต้านทานค่า peak (ผลการทดสอบตารางที่ ก.9 ของภาคผนวก ก.)

4.3 การทดสอบวงจรแสดงสถานะการทำงานของกัปดักเสิร์จต้นแบบ



รูปที่ 4.8 แสดงการทดสอบวงจรแสดงสถานะการทำงานของกัปดักเสิร์จต้นแบบ

การทดสอบวงจรแสดงสถานะการทำงานของกัปดักเสิร์จ แสดงดังรูปที่ 4.8 จากรูป สัญญาณกระแสรั่วไหลรวมผ่านกัปดักเสิร์จจากแคลมป์วัดกระแส (current clamp) และสัญญาณแรงดันอ้างอิงของระบบจากโวลเตจดิไวเดอร์ จะเชื่อมต่อเข้าคอมพิวเตอร์ผ่านทางวงจรรับข้อมูล (data acquisition) NI USB-6009 DAQ ข้อมูลของกระแสและแรงดันที่ได้ จะนำมาวิเคราะห์หาค่ากระแสรั่วความต้านทานด้วยโปรแกรม LabVIEW ที่ออกแบบไว้ โดยการวิเคราะห์แยกส่วนประกอบฮาร์โมนิกลำดับที่ 3 ออกจากสัญญาณกระแสรั่วไหลรวม เพื่อหาค่ากระแสรั่วความต้านทาน โดยมีการชดเชยค่าความคลาดเคลื่อนส่วนประกอบฮาร์โมนิกลำดับที่ 3 ของแรงดันทั้งขนาดและมุมเฟส

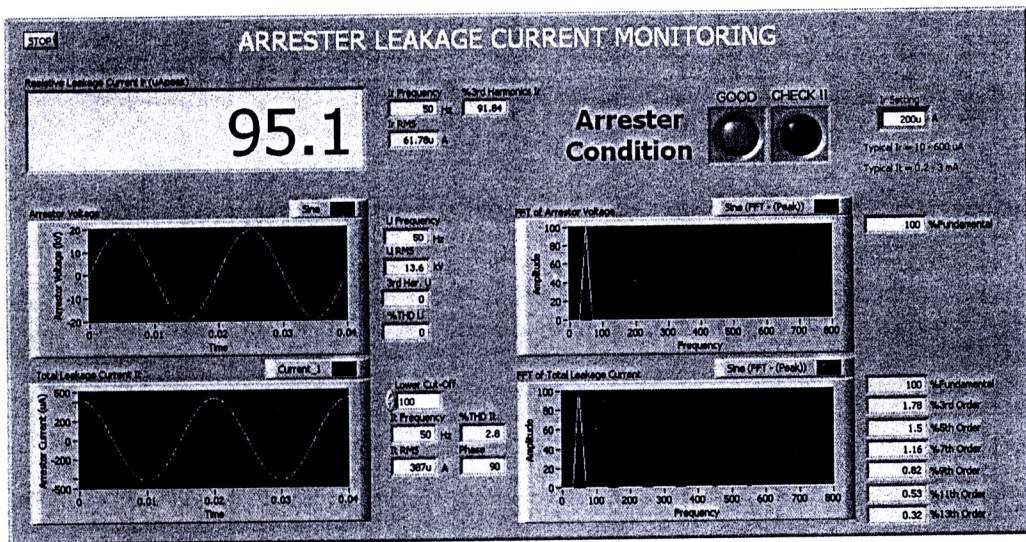
สัญญาณกระแสและแรงดัน จากวงจรรับข้อมูล จะส่งผ่านเข้าวงจรฟิลเตอร์เพื่อกรองสัญญาณรบกวน จากนั้นจะถูกปรับแต่งระดับสัญญาณให้เหมาะสม ก่อนจะส่งเข้าไปวงจรวิเคราะห์สัญญาณ และแสดงผล

สัญญาณกระแสจะถูกส่งเข้าวงจร FFT (Fast Fourier Transform) เพื่อวิเคราะห์ และแสดงผลส่วนประกอบฮาร์โมนิกในกระแสรั่วไหลรวมของกัปดักเสิร์จ ส่วนประกอบฮาร์โมนิกลำดับที่ 3 จะถูกส่งต่อไปยังวงจรคูณค่าคงที่ เพื่อปรับขนาด (rescale) ให้แสดงค่ากระแสรั่วความต้านทานได้อย่างถูกต้อง โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์แบบจำลองของกัปดักเสิร์จด้วยโปรแกรม MATLAB ตามรูปที่ 3.10 ในบทที่ 3

ส่วนของสัญญาณแรงดันจะ ถูกส่งเข้าวงจร FFT เพื่อวิเคราะห์ หาทั้งขนาดและมุมเฟสของส่วนประกอบฮาร์โมนิกลำดับที่ 3 เพื่อหาค่าชดเชยความคลาดเคลื่อนจากส่วนประกอบฮาร์โมนิก

นิกาลำดับที่ 3 ของแรงดัน โดยใช้ข้อมูลจากการวิเคราะห์แบบจำลองของกับดักเสิร์จด้วยโปรแกรม MATLAB ตามรูปที่ 3.22 ในบทที่ 3 ค่าเซตที่ได้จะนำไปคูณกับสัญญาณส่วนประกอบฮาร์โมนิก ลำดับที่ 3 ของกระแสกระแสรั่วไหลรวมที่มีการคูณค่าคงที่เพื่อปรับขนาดแล้ว เพื่อส่งค่ากระแสรั่ว ความต้านทานที่ได้ออกไปแสดงผลที่หน้าจอ

ในการออกแบบวงจร กำหนดให้สามารถปรับตั้งค่ากระแสรั่วความต้านทานสูงสุดได้ เพื่อจะนำผลของกระแสรั่วความต้านทานที่วิเคราะห์ได้จากวงจรแสดงสถานะการทำงานของกับดัก เสริมมาเปรียบเทียบ และนำผลที่ได้ส่งออกเป็นสัญญาณเตือน (alarm signal) ให้ทราบว่า กับดักเสร็จ ที่ทำการตรวจสอบอยู่ในสภาพดี (“GOOD” condition) หรืออยู่สถานะเสื่อมสภาพ ต้องทำการ ตรวจสอบ (“CHECK” condition)

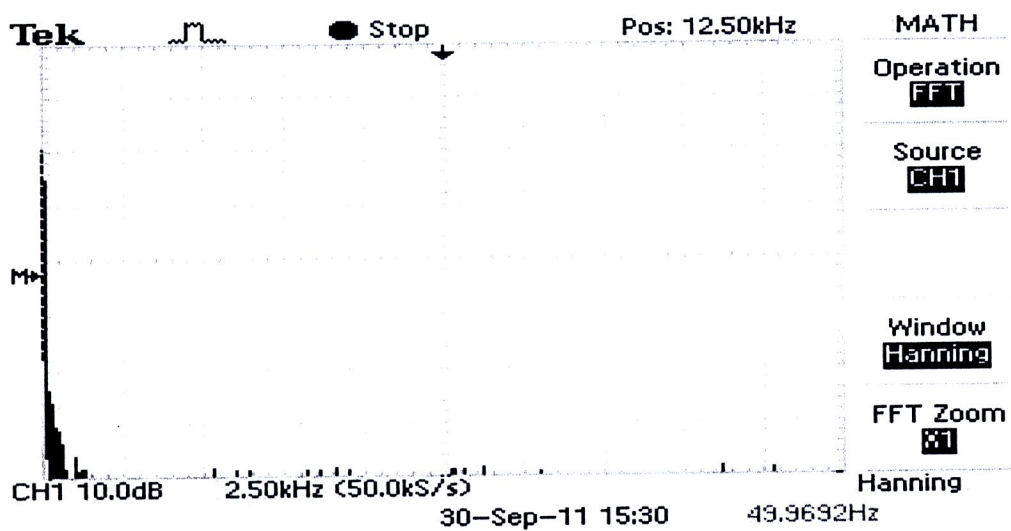


รูปที่ 4.9 การแสดงผลของวงจรแสดงสถานะการทำงานของกับดักเสียง เมื่อทำการทดสอบวัดค่ากระแสรั่วไหล

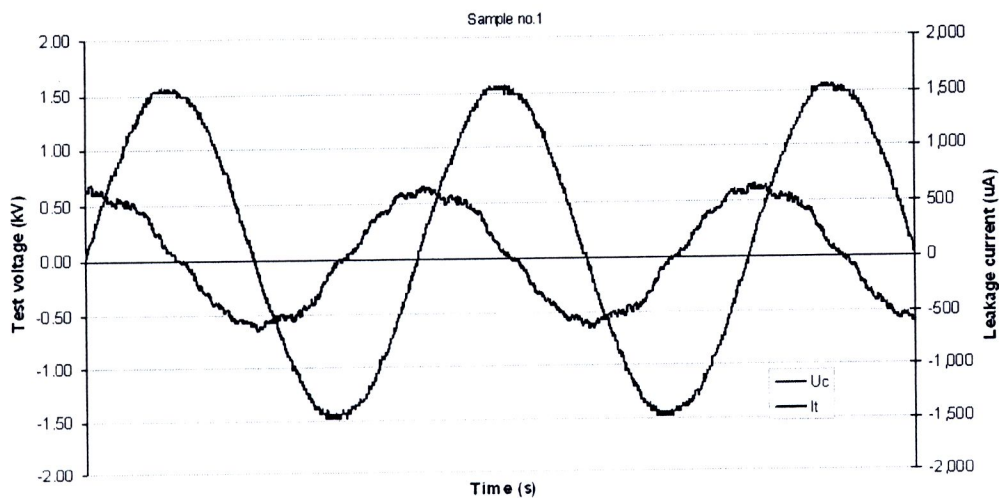
รูปที่ 4.9 แสดงหน้าจอแสดงผลของวงจรแสดงสถานะการทำงานของกับดักเล็รจ
ขณะที่ทำการทดสอบกับดักเล็รจตัวอย่าง NEW-1 ที่ระดับแรงดันทดสอบ 13.6 kVrms (19.23
kVpeak) ไม่มีส่วนประกอบฮาร์โมนิก (% THD=0) จากรูปแสดงค่ากระแสรั้วไหลรวม 387.0 μ Arms
กระแสรั้วความต้านทาน 95.1 μ Apeak (61.78 μ Arms) เพอร์เซ็นต์ฮาร์โมนิกของกระแสรั้วไหลรวม
กระแสรั้วไหลรวม และมุมเฟสของกระแสรั้วไหลรวม เทียบกับแรงดันตกคร่อมกับดักเล็รจ

ในการทดสอบวงจรแสดงสถานะการทำงานของกับดักเสริม จะควบคุมแรงดันทดสอบระหว่างขั้วของกับดักเสริม ให้มีค่าขอดอยู่ที่ไม่เกิน 29.70 kVpeak (21 kVrms) เช่นเดียวกันกับการทดสอบกระแสรั่วกับดักเสริม เพื่อหาค่าอ้างอิง ในการทดสอบการทำงาน ได้มีการ

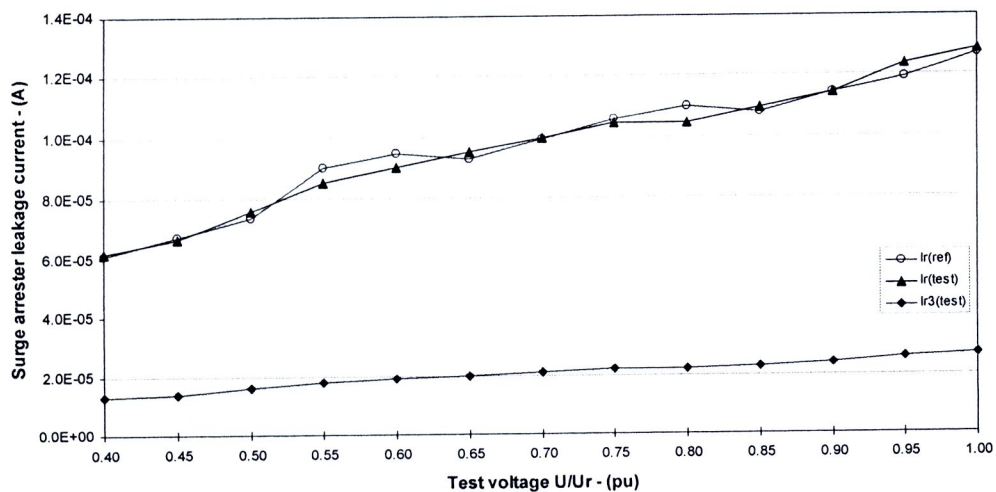
ตรวจสอบส่วนประกอบฮาร์โมนิกในแรงดันอ้างอิงที่จ่ายให้กับดักเสิร์จ ด้วยฟังก์ชัน FFT ของ ออสซิลโลสโคป ดังแสดงใน รูปที่ 4.10 จากการทดสอบการทำงานของวงจรแสดงสถานะการทำงานของกัปดักเสิร์จ ตลอดจนการทดลองพบว่า ไม่มีส่วนประกอบฮาร์โมนิกลำดับที่ 3 ปนอยู่ในแรงดันอ้างอิง ซึ่งผลที่ได้จากการทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ ก.10 ถึง ก.14 ของภาคผนวก ก และ รูปที่ 4.11 ถึง รูปที่ 4.25 เป็นผลที่ได้จากการทดสอบวงจรแสดงสถานะการทำงานของกัปดักเสิร์จ เปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงที่ได้จากการวัดด้วยออสซิลโลสโคปในห้องปฏิบัติการ จากรูปแสดงค่าส่วนประกอบฮาร์โมนิกลำดับที่ 3 ของกระแสรั่วไหลรวม (ค่า peak) และกระแสรั่วความต้านทาน (ค่า peak) ของกัปดักเสิร์จตัวอย่างทั้ง 5 ตัวอย่าง



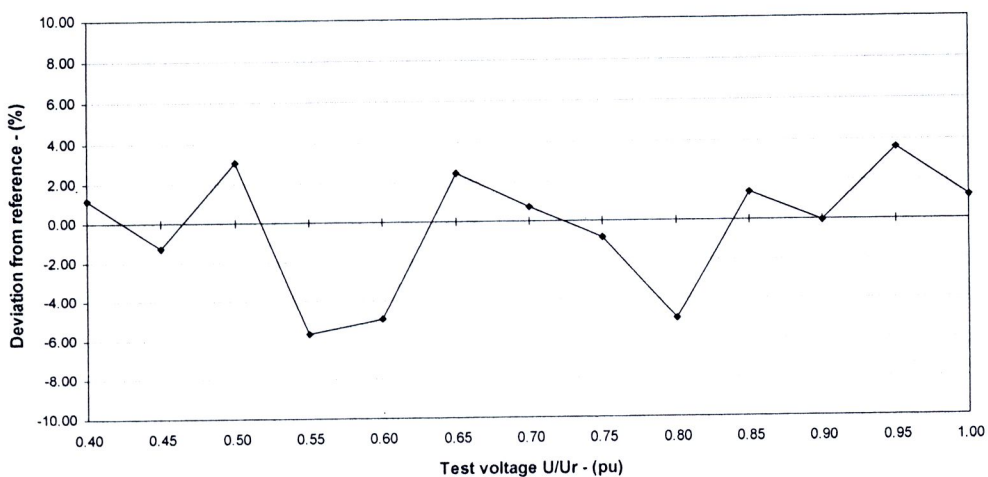
รูปที่ 4.10 แสดงฮาร์โมนิกเป็ดक्रमของแรงดันทดสอบ ซึ่งใช้เป็นแรงดันอ้างอิงของกัปดักเสิร์จ



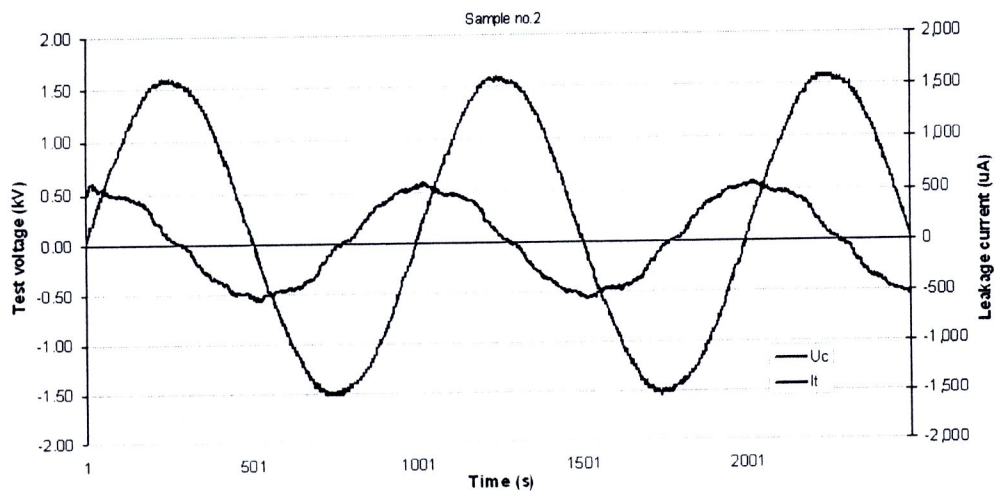
รูปที่ 4.11 แสดงกระแสรั่วไหลรวมเทียบกับแรงดันอ้างอิงของกัปดักเสิร์จ ตัวอย่างทดสอบ NEW-1



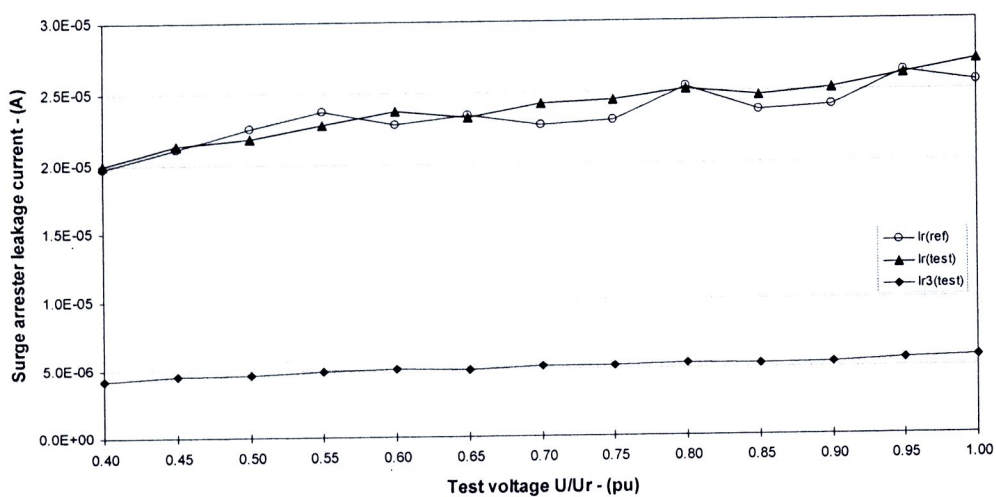
รูปที่ 4.12 ผลการทดสอบกระแสรั่วความต้านทาน ด้วยวงจรแสดงสถานะการทำงานของกัปดัก
เสร็จในงานวิจัย เทียบกับผลทดสอบในห้องปฏิบัติการตัวอย่างทดสอบ NEW-1



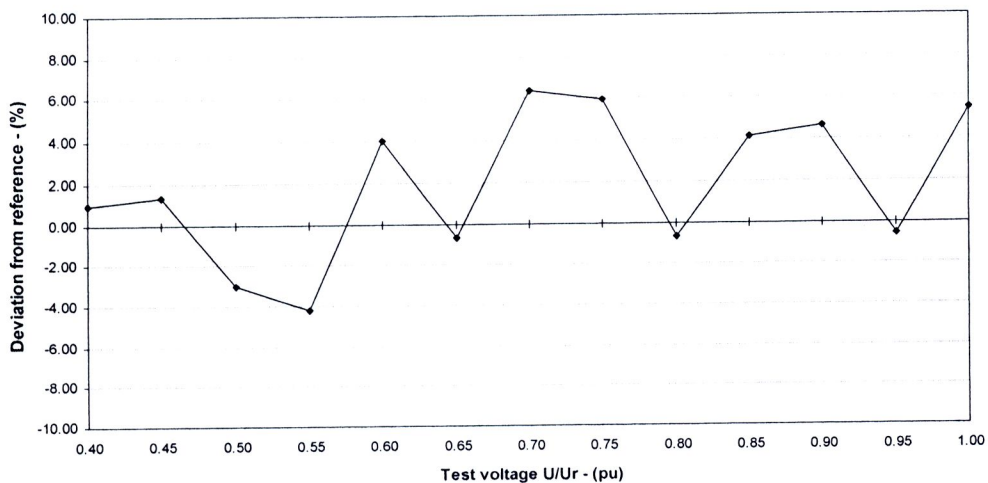
รูปที่ 4.13 ค่าความคลาดเคลื่อนกระแสรั่วความต้านทานค่า peak ของกัปดักเสร็จ เทียบกับผล
การทดสอบกระแสรั่วไหลในห้องปฏิบัติการ ตัวอย่างทดสอบ NEW-1



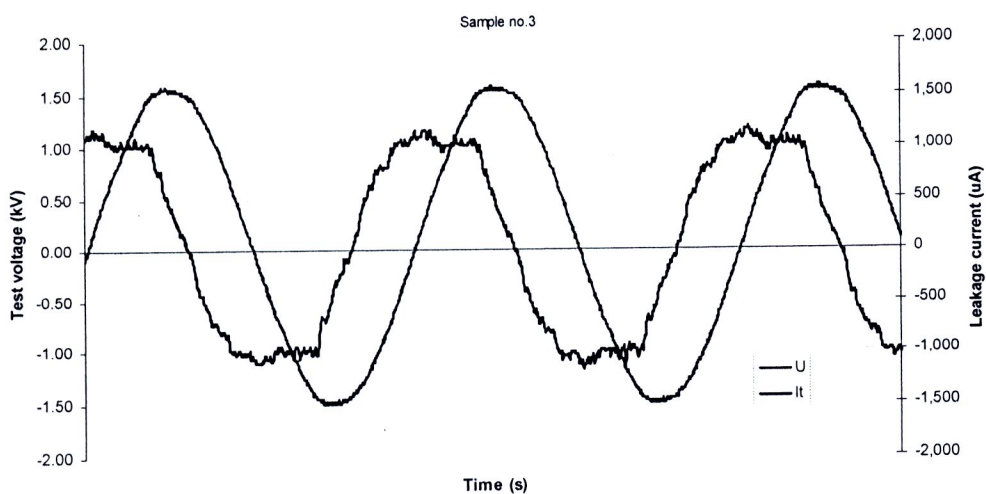
รูปที่ 4.14 แสดงกระแสรั่วไหลรวมเทียบกับแรงดันอ้างอิงของกักเก็บตัวอย่างทดสอบ NEW-2



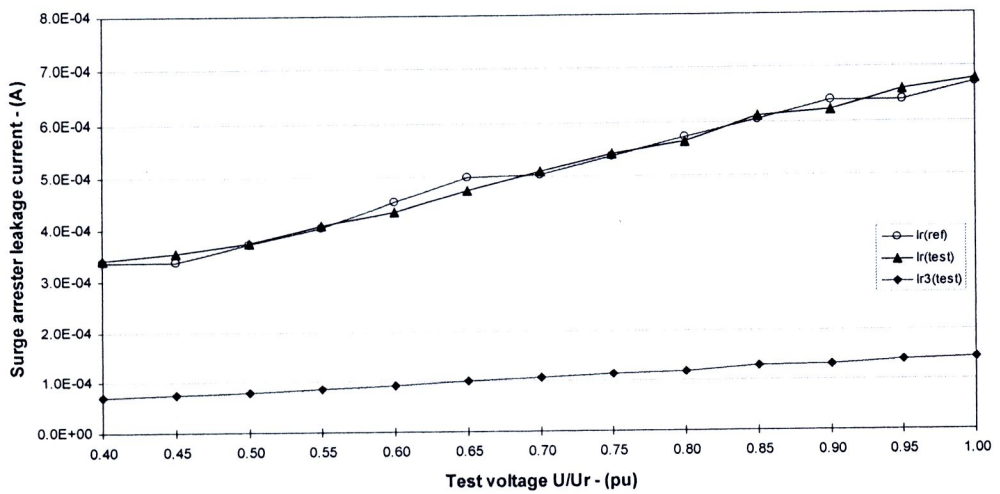
รูปที่ 4.15 ผลการทดสอบกระแสรั่วความต้านทาน ด้วยวงจรแสดงสถานะการทำงานของกักเก็บ
เสร็จในงานวิจัย เทียบกับผลทดสอบในห้องปฏิบัติการตัวอย่างทดสอบ NEW-2



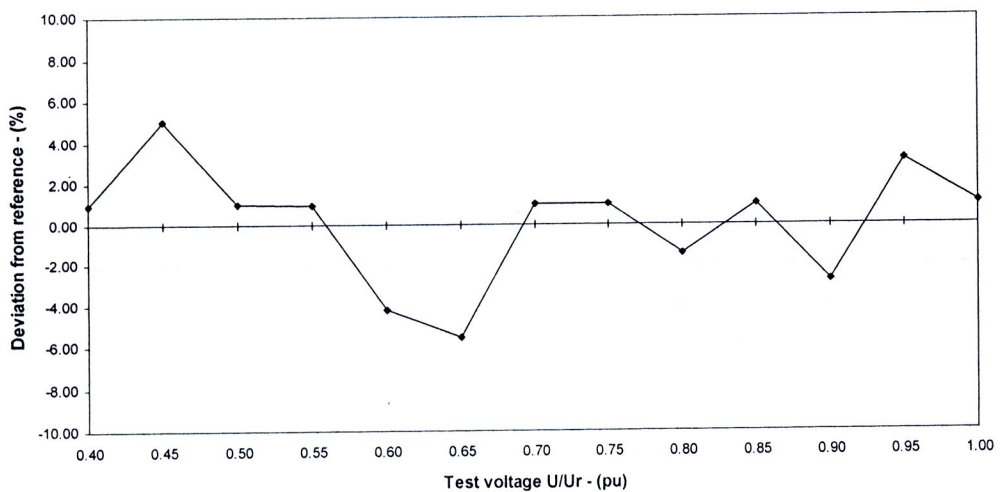
รูปที่ 4.16 ค่าความคลาดเคลื่อนกระแสรั่วความต้านทานค่า peak ของกัปดักเสริม เทียบกับผลการทดสอบกระแสรั่วไหลในห้องปฏิบัติการ ตัวอย่างทดสอบ NEW-2



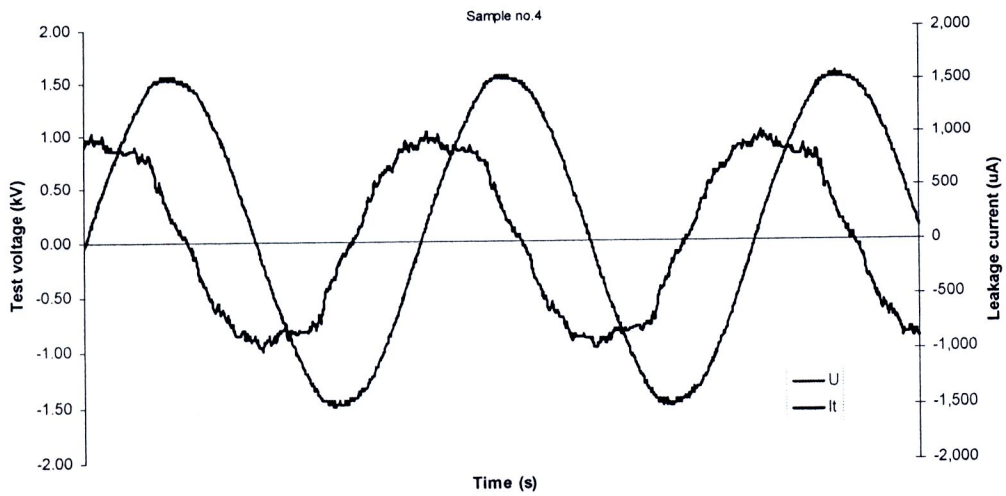
รูปที่ 4.17 แสดงกระแสรั่วไหลรวมเทียบกับแรงดันอ้างอิงของกัปดักเสริม ตัวอย่างทดสอบ OLD-1



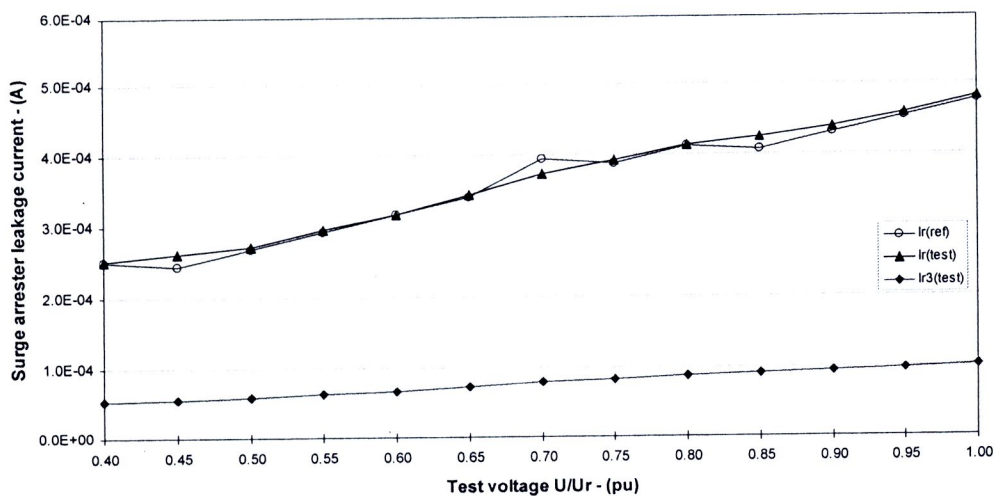
รูปที่ 4.18 ผลการทดสอบกระแสรั่วความต้านทาน ด้วยวงจรแสดงสถานะการทำงานของกัปดัก
เสร็จในงานวิจัย เทียบกับผลทดสอบในห้องปฏิบัติการตัวอย่างทดสอบ OLD-1



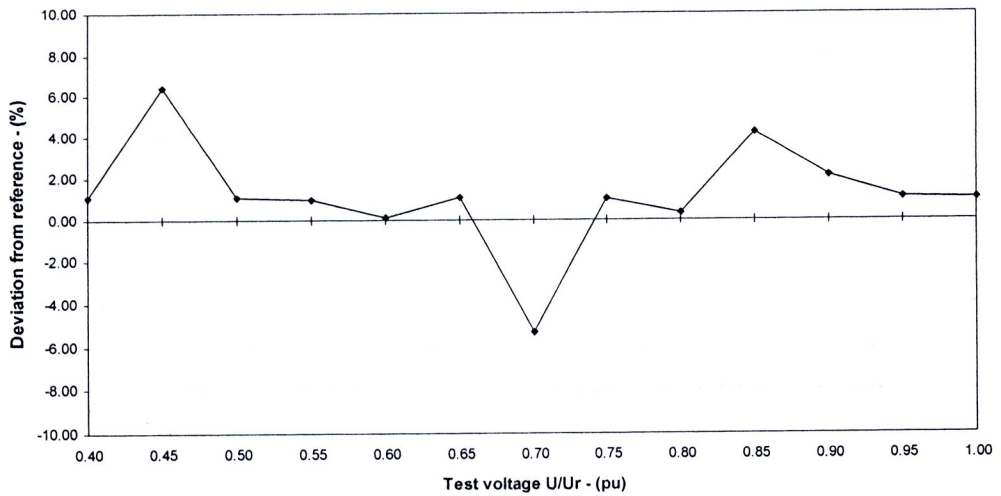
รูปที่ 4.19 ค่าความคลาดเคลื่อนกระแสรั่วความต้านทานค่า peak ของกัปดักเสร็จ เทียบกับผล
การทดสอบกระแสรั่วไหลในห้องปฏิบัติการ ตัวอย่างทดสอบ OLD-1



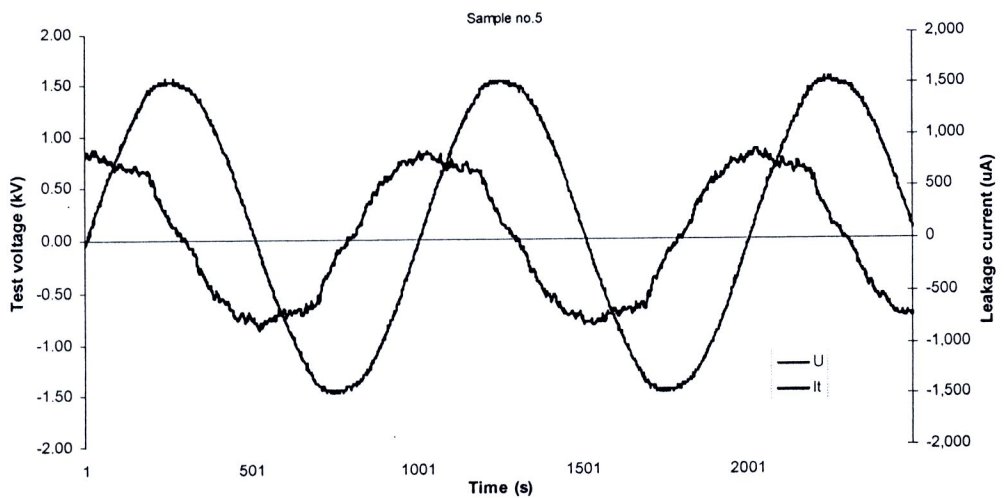
รูปที่ 4.20 แสดงกระแสรั่วไหลรวมเทียบกับแรงดันอ้างอิงของก๊ับดักเสิร์จ ตัวอย่างทดสอบ OLD-2



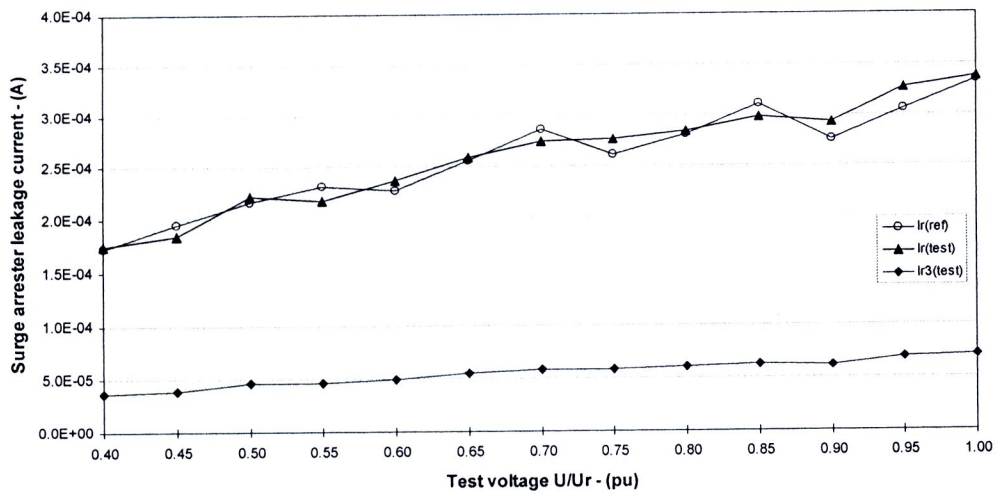
รูปที่ 4.21 ผลการทดสอบกระแสรั่วความต้านทาน ด้วยวงจรแสดงสถานะการทำงานของก๊ับดักเสิร์จในงานวิจัย เทียบกับผลทดสอบในห้องปฏิบัติการตัวอย่างทดสอบ OLD-2



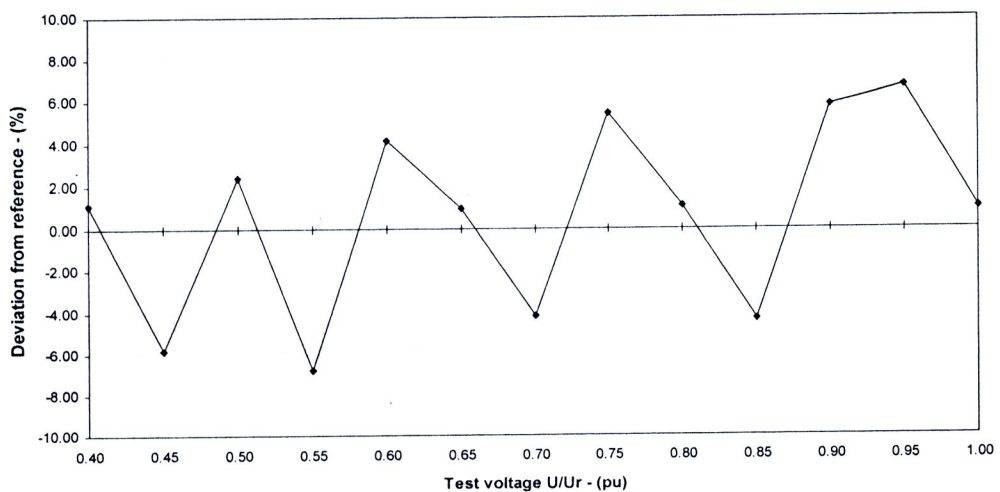
รูปที่ 4.22 ค่าความคลาดเคลื่อนกระแสรั่วความต้านทานค่า peak ของกัปดักเสริม เทียบกับผลการทดสอบกระแสรั่วไหลในห้องปฏิบัติการ ตัวอย่างทดสอบ OLD-2



รูปที่ 4.23 แสดงกระแสรั่วไหลรวมเทียบกับแรงดันอ้างอิงของกัปดักเสริม ตัวอย่างทดสอบ OLD-3



รูปที่ 4.24 ผลการทดสอบกระแสรั่วความต้านทาน ด้วยวงจรแสดงสถานะการทำงานของกัก
เสร็จในงานวิจัย เทียบกับผลทดสอบในห้องปฏิบัติการตัวอย่างทดสอบ OLD-3



รูปที่ 4.25 ค่าความคลาดเคลื่อนกระแสรั่วความต้านทานค่า peak ของกักเสร็จ เทียบกับผลการ
ทดสอบกระแสรั่วไหลในห้องปฏิบัติการ ตัวอย่างทดสอบ OLD-3

4.4 สรุปผลการทดสอบ

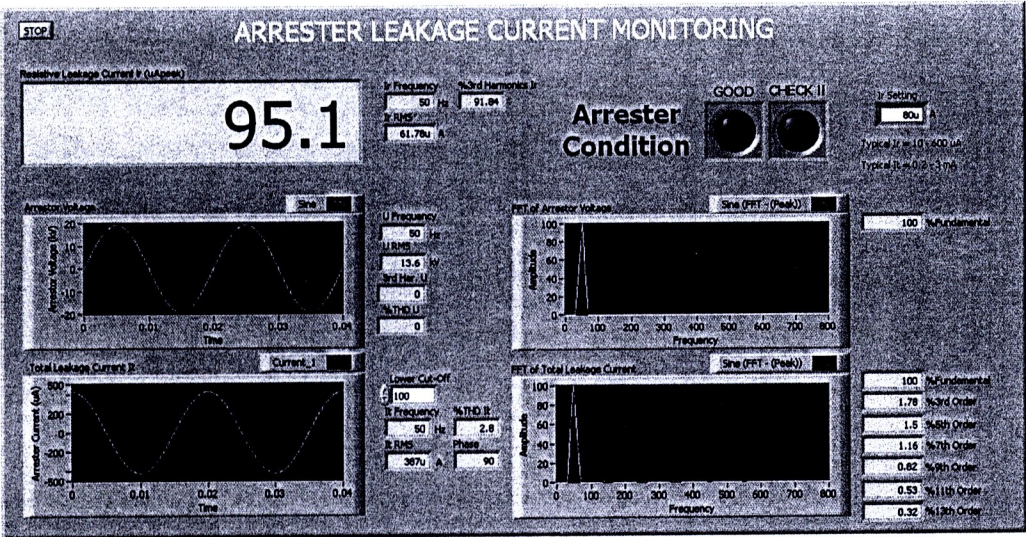
จากการทดสอบวัดค่ากระแสรั่วความต้านทานด้วยวงจรแสดงสถานะการทำงานของกับดักเสิร์จ เทียบกับการวัดด้วยออสซิลโลสโคปโดยใช้แรงดันตกคร่อมกับดักเสิร์จเป็นสัญญาณอ้างอิง ในห้องปฏิบัติการ มีการเปลี่ยนแปลงค่าตามคุณลักษณะ ทางกระแสและแรงดัน ($V - I$ characteristic) ไปในทิศทางที่สอดคล้องกันกับ ผลการจำลองด้วยโปรแกรม MATLAB (MATLAB simulation)

ค่าความเบี่ยงเบน (deviation) ระหว่างการทดสอบวัดค่ากระแสรั่วความต้านทาน (I_r) ของวงจรแสดงสถานะการทำงานของกับดักเสิร์จ เทียบกับการวัดด้วยออสซิลโลสโคปโดยใช้แรงดันเป็นสัญญาณอ้างอิง เป็นผลมาจากความคลาดเคลื่อนในการอ่านค่า โดยเฉพาะเมื่อวัดด้วยออสซิลโลสโคป ซึ่งต้องอ่านค่ากระแส I_r ตรงตำแหน่งค่ายอดของแรงดันอ้างอิง ($dU/dt = 0$) จะมีโอกาสในการอ่านค่าผิดพลาดได้ง่าย นอกจากนี้การทดสอบในช่วงเวลาที่ต่างกัน ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าแตกต่างกัน อันเป็นผลมาจากอุณหภูมิแวดล้อม และความชื้น ซึ่งมีผลต่อกระแสรั่วไหลของกับดักเสิร์จ อย่างไรก็ตาม จะเห็นว่าค่าลิเนียร์ริตี้ (linearity) ของเส้นคุณลักษณะ ทางกระแสและแรงดัน ของกับดักเสิร์จ ที่วัดด้วยวงจรแสดงสถานะการทำงานของกับดักเสิร์จในงานวิจัยนี้ มีความเบี่ยงเบนน้อยกว่า การวัดด้วยออสซิลโลสโคป

จากการทดสอบการทำงานของวงจรแสดงสถานะการทำงานของกับดักเสิร์จ ทั้งการวัดด้วยวงจรแสดงสถานะการทำงานของกับดักเสิร์จในงานวิจัยนี้ และวัดด้วยออสซิลโลสโคป ผลการทดสอบพบว่า ไม่มีส่วนประกอบฮาร์โมนิกลำดับที่ 3 ในแรงดันทดสอบ ซึ่งใช้เป็นแรงดันอ้างอิง ดังนั้นจึงไม่สามารถทดสอบหาความคลาดเคลื่อนจากส่วนประกอบฮาร์โมนิกลำดับที่ 3 ในแรงดันของระบบได้ เนื่องจากในทางปฏิบัติ ไม่สามารถหาแหล่งจ่ายฮาร์โมนิกแรงดันสูง ที่สามารถควบคุมได้ทั้งขนาดของส่วนประกอบฮาร์โมนิกลำดับที่ 3 และมุมเฟสของส่วนประกอบฮาร์โมนิก เทียบกับค่าองค์ประกอบที่ความถี่พื้นฐาน (50 Hz Fundamental)

การทดสอบหาความคลาดเคลื่อน เฉพาะส่วนของวงจรแสดงสถานะการทำงานของกับดักเสิร์จ เมื่อมีส่วนประกอบฮาร์โมนิกลำดับที่ 3 ในแรงดันของระบบ อาจทำได้โดยการทดสอบทางสัญญาณ ด้วยแหล่งจ่ายแรงดันแบบฟังก์ชันเงินเนอเรเตอร์ (function generator) ซึ่งสามารถควบคุมมุมเฟสได้ แล้วเทียบผลที่ได้ กับค่าจากการจำลองในโปรแกรม MATLAB แต่เมื่อนำไปใช้ในการทดสอบจริงก็ยังไม่สามารถทำการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนจากส่วนประกอบฮาร์โมนิกลำดับที่ 3 ในแรงดันได้ ถ้าแรงดันของระบบที่ใช้ในการทดสอบ ไม่มีส่วนประกอบฮาร์โมนิกลำดับที่ 3 ปนอยู่

ในการทดสอบสัญญาณเตือนของวงจรแสดงสถานะการทำงานของกัปดักเล็รจ โดย การปรับตั้งค่ากระแสรั่วความต้านทานสูงสุด ไว้ให้ต่ำกว่ากระแสรั่วความต้านทานที่วิเคราะห์ได้จาก การวัด สามารถแสดงสัญญาณเตือนสภาวะเสื่อมสภาพ ที่ต้องทำการตรวจสอบ (“CHECK” condition) ได้อย่างถูกต้อง ดังแสดงในรูปที่ 4.26 จากรูป มีการปรับตั้งสัญญาณเตือน ของกระแสรั่ว ความต้านทานไว้ที่ 80 μA ในขณะที่วัดค่ากระแสรั่วความต้านทานจริงได้ 95.1 μA วงจรแสดง สถานะการทำงานของกัปดักเล็รจ จะแสดงสัญญาณเตือน “CHECK”



รูปที่ 4.26 การแสดงผลการทดสอบวงจรแสดงสถานะการทำงานของกัปดักเล็รจ เมื่อวัดค่ากระแสรั่วไหลความต้านทานได้สูงกว่าค่าปรับตั้งของสัญญาณเตือน