# บทที่ 4
# การทดสอบระบบวัดกระแสอิมพัลส์

**มาตรฐานการทดสอบหาค่าสเกลแฟคเตอร์ (Assigned Scale Factor Test)**

วิธีการทดสอบหาสเกลแฟกเตอร์ที่กำหนด ตามมาตรฐาน IEC 60060-2 (1994) [5] ได้กำหนดวิธีทดสอบอ้างอิงไว้คือ ใช้วิธีการวัดเปรียบเทียบกับระบบวัดอ้างอิง โดยถ้าเป็นไปได้ให้ทดสอบที่พิกัดของระบบวัดทดสอบ ในการทดสอบอ่านค่ากระแสจากระบบวัดอ้างอิงและค่าแรงดันจากระบบวัดทดสอบ โดยจะต้องทำการทดสอบไม่น้อยกว่า n ค่า ($n \geq 10$) ซึ่งมีเงื่อนไขในการทดสอบตามที่มาตรฐานกำหนดไว้

สเกลแฟกเตอร์ที่กำหนดจะหาได้จากค่ากระแสที่อ่านได้จากระบบวัดอ้างอิงหารด้วยค่าแรงดันที่ได้อ่านได้จากระบบวัดที่ต้องการทดสอบ ซึ่งกำหนดให้เป็น $F_i$ ส่วนค่าสเกลแฟกเตอร์ที่กำหนด $F_m$ หาได้จากค่าเฉลี่ยของ $F_i$ โดยที่ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน s คำนวณได้จาก

$$S = \sqrt{\frac{\sum (F_i - F_m)^2}{n-1}} \qquad (4.1)$$

เมื่อ : S คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

$F_i$ คือ ค่ากระแสจากระบบวัดอ้างอิงหารด้วยค่าแรงดันจากระบบวัดที่ต้องการทดสอบ

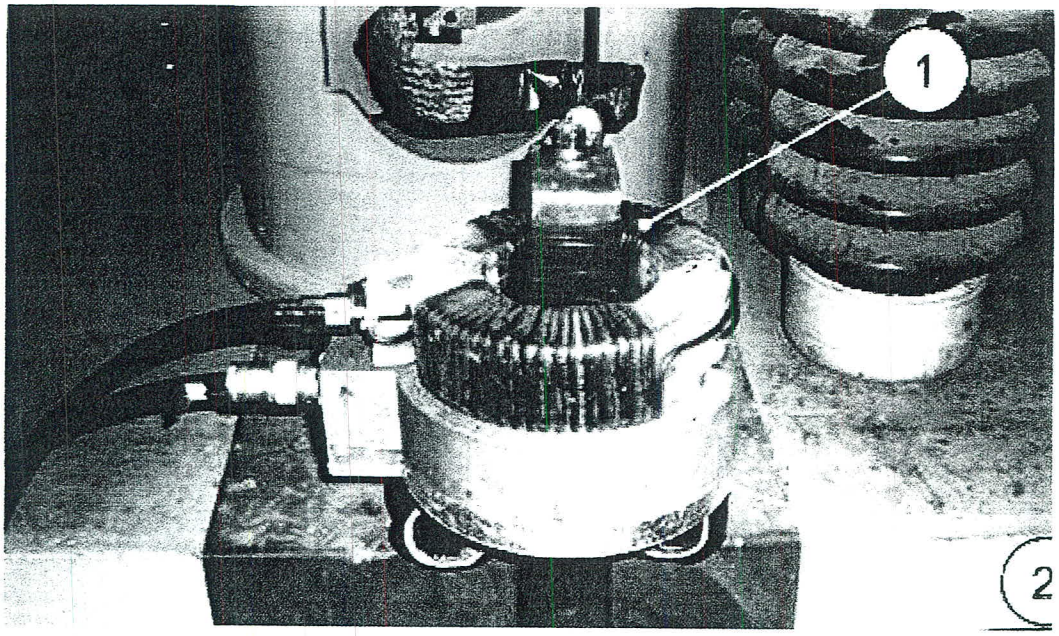
$F_m$ คือ ค่าเฉลี่ยของ $F_i$

ตามมาตรฐาน IEC 60060-2 (1994) [5] ได้กำหนดเงื่อนไขในการทดสอบไว้ดังนี้

1. ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จะต้องน้อยกว่า 1% ของ $F_m$
2. ค่าพารามิเตอร์ทางเวลาจะต้องอยู่ในเงื่อนไขดังนี้
   - ค่าพารามิเตอร์ทางเวลาจะต้องมีค่าไม่เกิน ± 10% ของค่าที่วัดได้จากระบบวัดอ้างอิง
   - อัตราส่วนของค่าที่วัดได้จากระบบวัดที่ต้องการทดสอบกับระบบวัดอ้างอิงต้องมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่า 5% ของค่าเฉลี่ย

**การทดสอบหาค่าสเกลแฟกเตอร์**

เป็นการทดสอบโดยการปรับเทียบกับระบบวัดอ้างอิง โดยระบบวัดอ้างอิงมีสเกลแฟกเตอร์เท่ากับ 15.51 kA/1V การทดสอบทำขึ้นที่ห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง




**รูปที่ 14** ขดลวดเหนี่ยวนำที่ใช้ในการปรับเทียบ

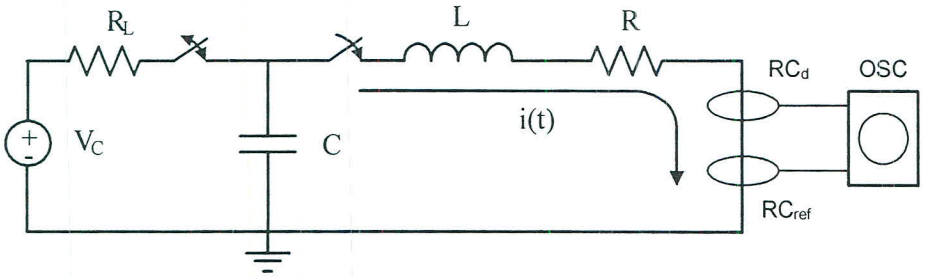
โดยที่ หมายเลข 1 คือ ขดลวดเหนี่ยวนำที่ทำการออกแบบ

หมายเลข 2 คือ ขดลวดเหนี่ยวนำอ้างอิง

1 การต่อวงจรทดสอบ

1.1 วงจรทดสอบ

การทดสอบหาคุณสมบัติของขดลวดเหนี่ยวนำที่ออกแบบ ($RC_d$) จะทำการทดสอบเปรียบเทียบกับขดลวดเหนี่ยวนำอ้างอิง ($RC_{ref}$) โดยใช้วงจรทดสอบแสดงดังรูปที่ 15




**รูปที่ 15** วงจรสมมูลของการทดสอบ

$V_C$ คือ แรงดันกระแสตรงที่จ่ายให้กับตัวเก็บประจุ

$R_L$ คือ ตัวต้านทานจำกัดกระแส

C คือ ตัวเก็บประจุในวงจร

L คือ ตัวเหนี่ยวนำในวงจร

R คือ ตัวต้านทานในวงจร

$RC_d$ คือ ขดลวดเหนี่ยวนำที่ออกแบบ

$RC_{ref}$ คือ ขดลวดเหนี่ยวนำอ้างอิง

i(t) คือ กระแสอิมพัลส์

OSC คือ ออสซิลโลสโคป

อุปกรณ์ในวงจรทดสอบประกอบไปด้วย

1 เครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์

2 ขดลวดเหนี่ยวนำ

3 อินทิเกรเตอร์แบบตัวต้านทานและตัวเก็บประจุหลาย 3 ชั้น

4 ออสซิลโลสโคป

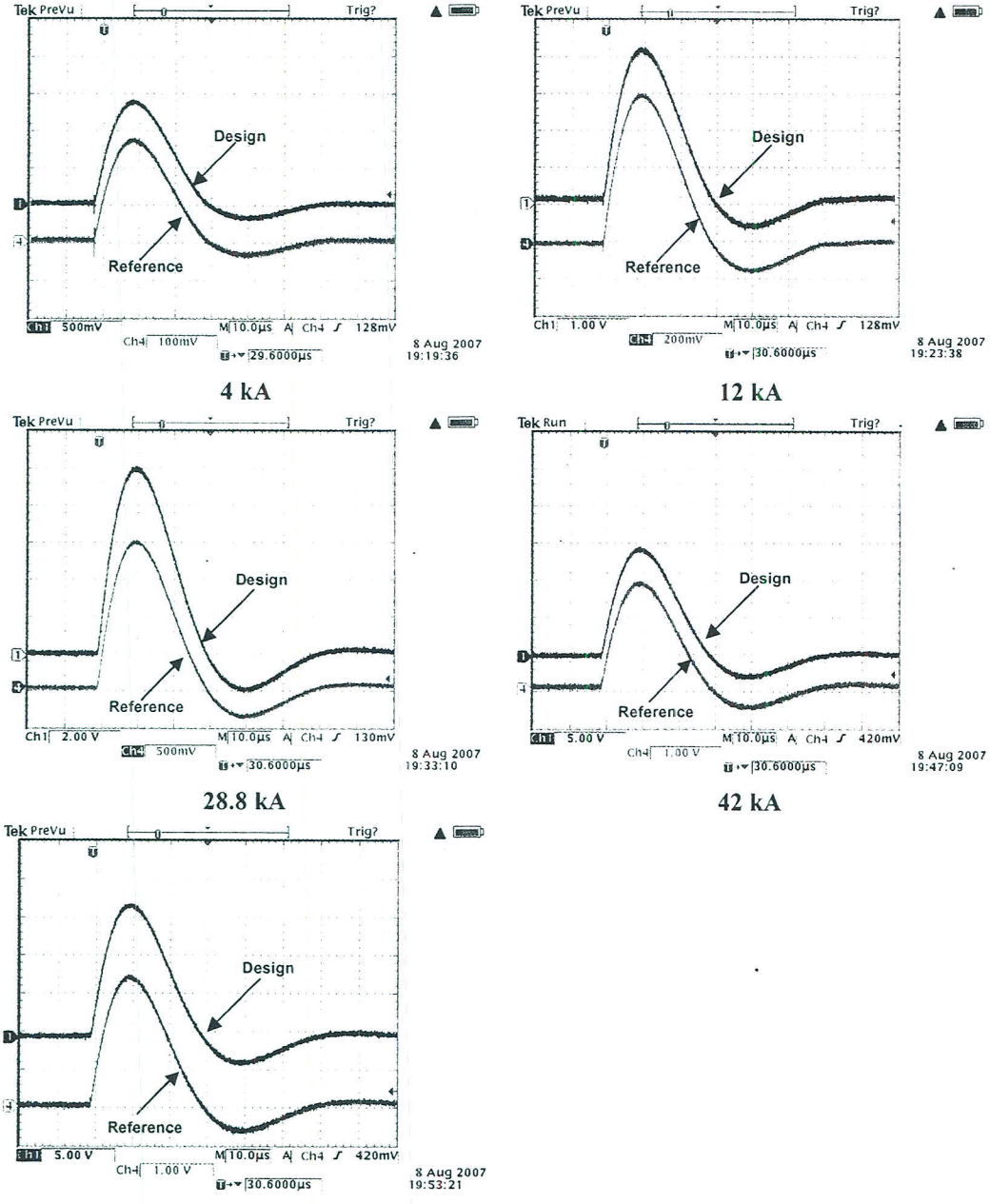
2 วิธีการทดสอบ

1 ต่อวงจรทดสอบดังรูปที่ 15

2 ทดสอบด้วยค่ากระแสอิมพัลส์ 5 ค่า คือ 4 kA, 12 kA, 28.8 kA, 42 kA และ 50.1 kA เพื่อนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับระบบวัดอ้างอิง

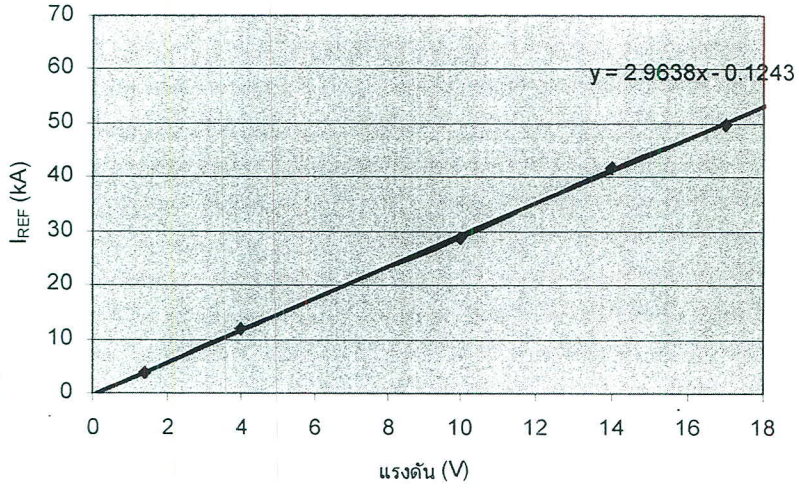
3 บันทึกผลการทดลอง

3 ผลการทดลอง




**รูปที่ 16** ผลการทดลองการปรับเทียบสเกลแฟกเตอร์

สเกลแฟกเตอร์ของระบบวัดกระแสอิมพัลส์ที่ออกแบบสร้าง




**Scale Factor 2.9638 kA / V**

**รูปที่ 17** สเกลแฟกเตอร์ของระบบวัดกระแสอิมพัลส์ที่ออกแบบสร้าง

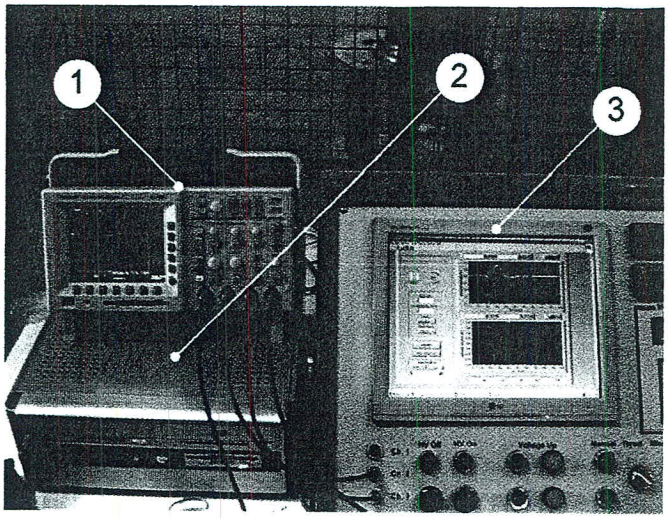
**การทดสอบหาองค์ประกอบของรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์**

ระบบวัดกระแสที่ออกแบบสร้างขึ้นได้นำไปปรับเทียบกับระบบวัดกระแสอ้างอิงเพื่อหาองค์ประกอบเฉลี่ยของรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ โดยใช้วงจรทดสอบดังรูปที่ 4.2 – 4.3 โดยทำการทดลองป้อนกระแสอิมพัลส์มาตรฐาน 8/20 μs จากเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ ทำการทดสอบที่ขั้วบวก จะได้ผลตามตารางที่ 4.1

**ตารางที่ 1** องค์ประกอบกระแสอิมพัลส์รูปคลื่น 8/20 μs ขั้วบวกที่วัดด้วยระบบวัดอ้างอิงและระบบวัดที่ออกแบบสร้างขึ้น

| ค่าองค์ประกอบ | ระบบวัดอ้างอิง | ระบบวัดที่ออกแบบสร้าง | ความคลาดเคลื่อน |
|---|---|---|---|
| $T_1$ | 7.8 | 7.8 | 0% |
| $T_2$ | 21 | 20.8 | 0.952% |
| กระแสกลับขั้ว | 18% | 18% | 0% |

โดยที่การวิเคราะห์องค์ประกอบของรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ได้วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาโดย ดร. พีรวุฒิ ยุทธโกวิท จอภาพแสดงรายละเอียดการวิเคราะห์แสดงในรูปที่ 18




**รูปที่ 18** ผลการวิเคราะห์กระแสอิมพัลส์

โดยที่ 1 ดิจิตอลออสซิโลสโคป

2 เครื่องคอมพิวเตอร์

3 จอภาพแสดงผลโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น