บทที่ 4
การทดสอบและวิเคราะห์ผล

เป้าหมายหลักของการออกแบบสร้างเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ คือ การสร้างกระแสอิมพัลส์รูปคลื่นมาตรฐาน 8/20 μs โดยมีพิกัดค่ายอดสูงสุด 5 kA ได้อย่างต่อเนื่องกันจำนวน 1-4 พัลส์ และสามารถปรับเปลี่ยนช่วงระยะเวลาห่างกันของแต่ละอิมพัลส์ในช่วง 10-200 ms ตามที่ต้องการได้ เครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำที่ได้ออกแบบและประกอบสร้างขึ้นนี้ประกอบด้วยองค์ประกอบต่างๆ ส่วนใหญ่ที่พัฒนาออกแบบสร้างขึ้นมาเองหรือจัดซื้อได้จากบริษัทผู้ค้าภายในประเทศ ฉะนั้นเพื่อตรวจสอบดูว่าผลของการประกอบสร้างเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำจะได้ผลตามเป้าหมายที่กำหนดไว้หรือไม่ จึงต้องมีการทดสอบโดยใช้มาตรฐาน IEC Publ. 60-1 [2] เป็นเกณฑ์ตัดสินพิจารณาคุณภาพของผลงานเพื่อการวิเคราะห์และประเมินผลจึงมีการทดสอบดังต่อไปนี้

1) การทดสอบการสร้างกระแสอิมพัลส์เดี่ยวรูปคลื่นมาตรฐาน
2) การทดลองสร้างกระแสอิมพัลส์เดี่ยวที่พิกัดค่ายอดต่างๆที่กำหนด
3) การทดสอบการสร้างกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ
4) การทดสอบใช้งานจริงกับวาริสเตอร์ (MOV)

4.1 การทดสอบการสร้างกระแสอิมพัลส์เดี่ยวรูปคลื่นมาตรฐาน

รูปคลื่นกระแสอิมพัลส์มาตรฐานกำหนดด้วยเวลาช่วงหน้าคลื่น T_1 และเวลาช่วงหางคลื่น T_2 ไว้ดังนี้คือ

$T_1 = 8\ \mu s \pm 10\ \%$ นั่นคือ $7.2 \leq T_1 \leq 8.8\ \mu s$

$T_2 = 20\ \mu s \pm 10\ \%$ นั่นคือ $18 \leq T_2 \leq 22\ \mu s$

ค่ายอดกระแสอิมพัลส์ (I_m) $\pm$ 10 %

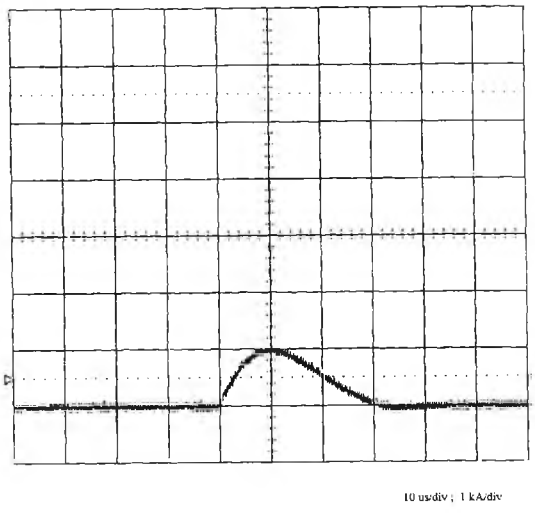
เครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำที่พัฒนาออกแบบสร้าง ประกอบด้วยตัวเก็บประจุอิมพัลส์ 4 ชุด ๆ ละ 72.8 μF 1,260 V ต่อในลักษณะที่ขนานกันกับแหล่งกำเนิดแรงดันสูงกระแสตรง 1,200 V จากการวัดค่าจริงขององค์ประกอบต่างๆทั้ง 4 ชุด ของเครื่องกำเนิดด้วย RLC มิเตอร์ได้ค่าดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าขององค์ประกอบต่างๆที่ได้จากการวัดค่าจริง

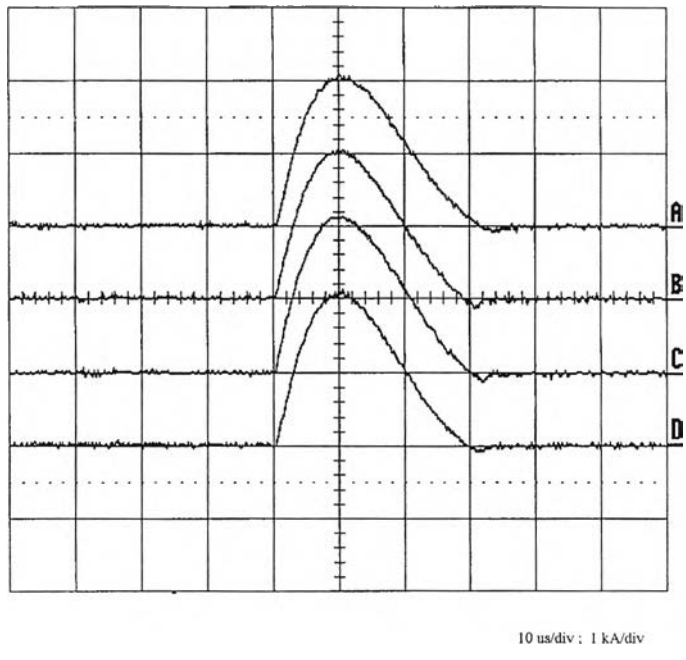
ชุด	ค่าความจุไฟฟ้า (μF)	ค่าความต้านทาน (Ω)	ค่าความเหนี่ยวนำ (μH)
1	73.6	0.998	0.895
2	73.6	0.102	0.887
3	73.4	0.105	0.889
4	73.5	0.994	0.893

กระแสอิมพัลส์ที่สร้างขึ้นนี้จะวัดด้วยอุปกรณ์วัดกระแสอิมพัลส์ (Current Waveform Transducer) แบบอาศัยการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็ก มีค่าความไว 0.05 mV/A

การทดสอบในข้างต้นกำหนดให้เครื่องกำเนิดสร้างกระแสอิมพัลส์เพียง 1 อิมพัลส์ที่ค่ายอด 1 kA และกระแสอิมพัลส์ซ้ำ 4 อิมพัลส์ 2 kA ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4-1 และรูปที่ 4-2 ตามลำดับ



รูปที่ 4-1 รูปคลื่นกระแสอิมพัลส์เดี่ยว 1 kA ที่ได้จากเครื่องกำเนิดที่ออกแบบสร้าง



รูปที่ 4-2 รูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ซ้ำ 2 kA จำนวน 4 ชุด

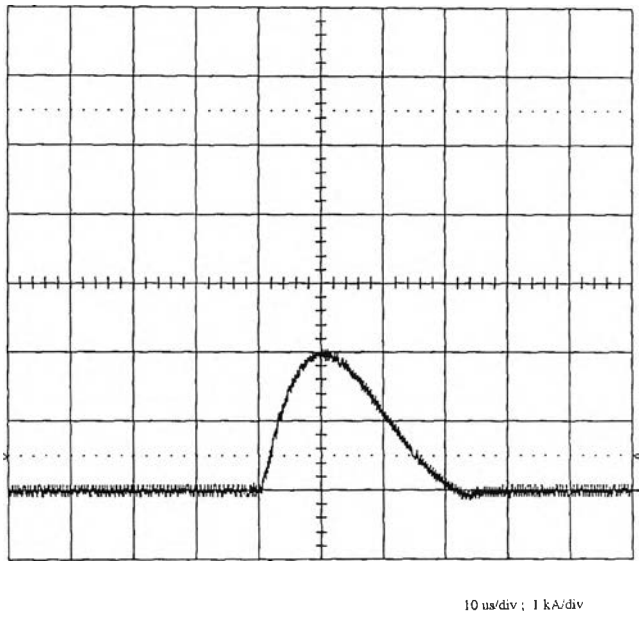
รูปที่ 4-2 เป็นผลการทดสอบเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ในการสร้างกระแสอิมพัลส์รูปคลื่นมาตรฐาน 8/20 μs ของทั้ง 4 ชุด เบื้องต้นต้องทำการลัดวงจรที่ขั้วต่อ EUT สำหรับยึดอุปกรณ์ทดสอบคือ MOV เสียก่อนด้วยแผ่นทองแดงพร้อมทั้งคล้องอุปกรณ์วัดรูปคลื่นกระแสไว้ด้วยแล้วต่อเข้ากับออสซิลโลสโคปแบบบันทึกค่าได้เพื่อบันทึกรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์

การกำหนดให้เครื่องกำเนิดสร้างกระแสอิมพัลส์ซ้ำ 2 kA ด้วยช่วงห่างระหว่างแต่ละอิมพัลส์เป็นเวลา 20 ms และระบบการดีสชาร์จแบบอัตโนมัติ เมื่อจับรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ได้แล้วจึงทำการบันทึกลงหน่วยความจำของออสซิลโลสโคปหลังจากนั้นก็เรียกรูปคลื่นของแต่ละชุดจากหน่วยความจำขึ้นมาแสดงที่หน้าจอแยกกันแต่ละช่องสัญญาณ

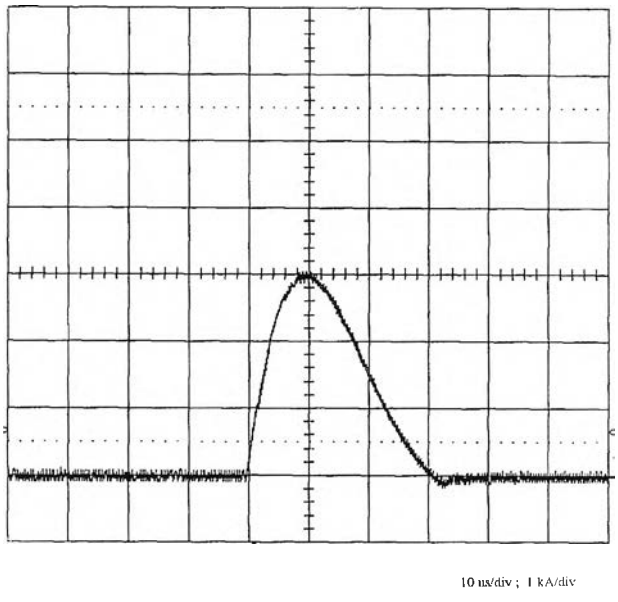
จะเห็นว่ารูปคลื่นอิมพัลส์ที่เครื่องกำเนิดสร้างได้ทั้ง 4 ชุดนั้นมีพารามิเตอร์คือ ช่วงเวลาหน้าคลื่น ช่วงเวลาหลังคลื่น ค่ายอดของรูปคลื่น ได้ตามมาตรฐาน [2] กำหนดไว้

4.2 การทดลองสร้างกระแสอิมพัลส์เดี่ยวที่พิกัดค่ายอดต่าง ๆที่กำหนด

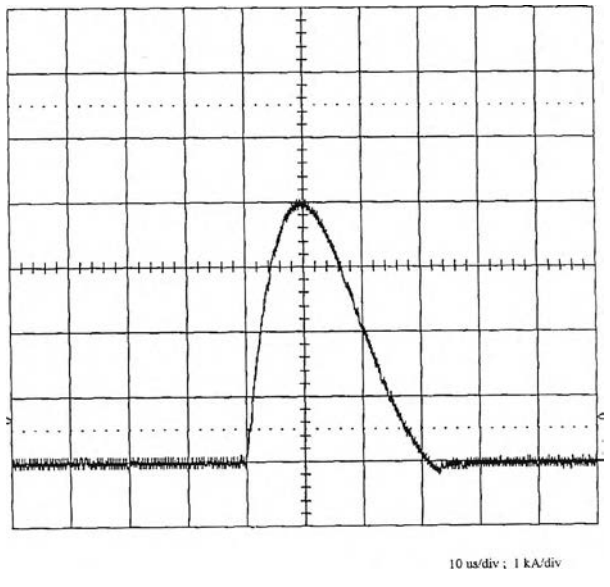
การทดสอบในหัวข้อนี้ กำหนดให้เครื่องกำเนิดสร้างกระแสอิมพัลส์เพียง 1 อิมพัลส์ ที่ค่ายอดต่างๆ คือ 2-5 kA และระบบการดีสชาร์จแบบอัตโนมัติ ได้ผลการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 4-3 ถึง 4-6 ตามลำดับ



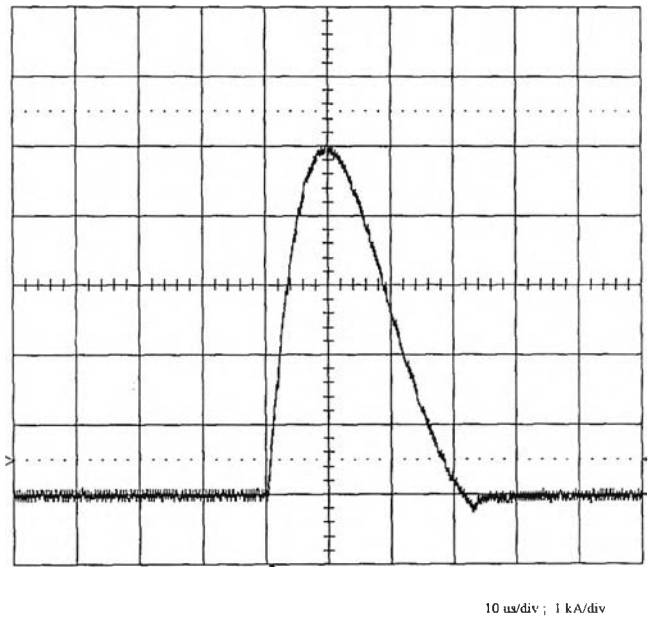
รูปที่ 4-3 รูปคลื่นกระแสอิมพัลส์เดี่ยว 8/20 μs 2 kA



รูปที่ 4-4 รูปคลื่นกระแสอิมพัลส์เดี่ยว 8/20 μs 3 kA



รูปที่ 4-5 รูปคลื่นกระแสอิมพัลส์เดี่ยว 8/20 μs 4 kA

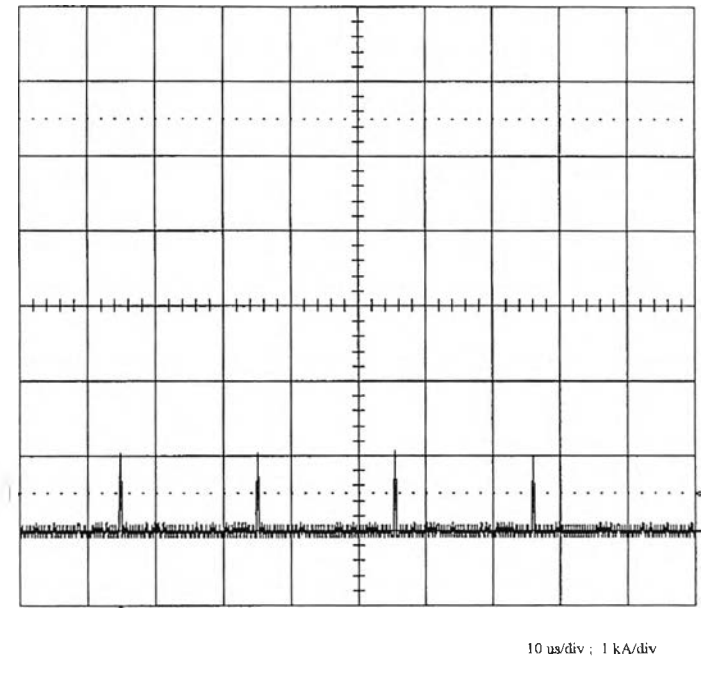


รูปที่ 4-6 รูปคลื่นกระแสอิมพัลส์เดี่ยว 8/20 μs 5 kA

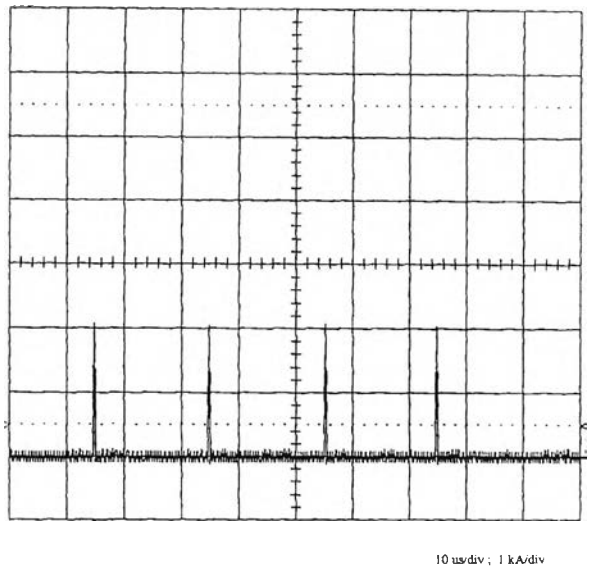
4.3 การทดสอบการสร้างกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ

เป้าหมายของการทดสอบนี้ก็คือการใช้งานให้เครื่องกำเนิดสร้างกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำทำงานที่พิกัดค่ายอดและช่วงระยะเวลาห่างกันของแต่ละอิมพัลส์ต่างๆที่กำหนด

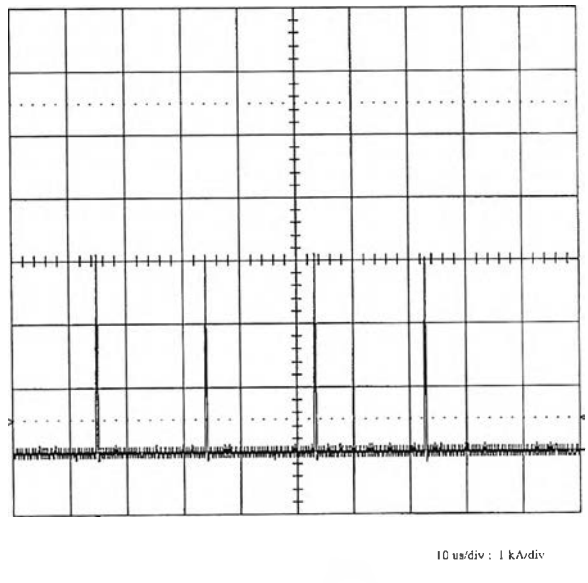
เครื่องกำเนิดจะทำการอัดประจุตัวเก็บประจุอิมพัลส์ จำนวน 4 อิมพัลส์ โดยกำหนดระยะเวลาห่างกันของแต่ละอิมพัลส์คือ 20 ms ที่ค่ายอดต่างๆ คือ 1-5 kA และใช้ระบบการดีสชาร์จแบบอัตโนมัติ ผลการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 4-7 ถึง รูปที่ 4-11



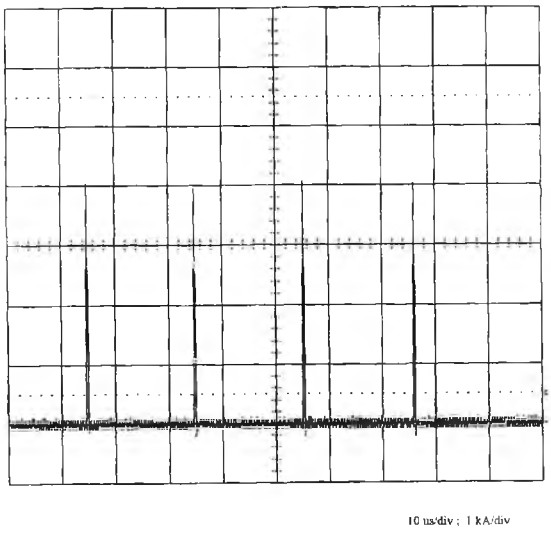
รูปที่ 4-7 รูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ 1 kA จำนวน 4 อิมพัลส์



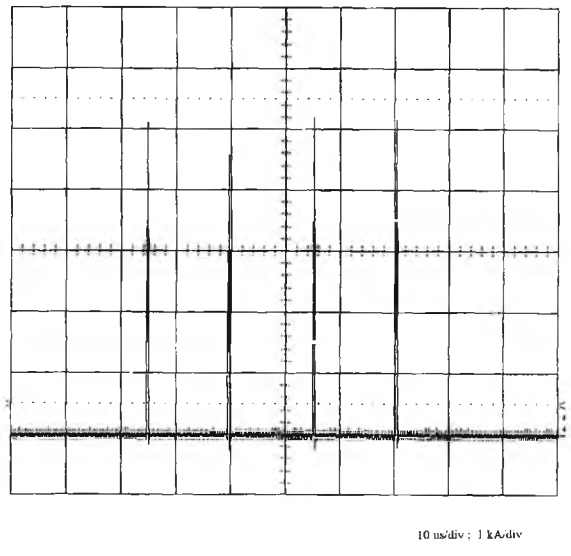
รูปที่ 4-8 รูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ 2 kA จำนวน 4 อิมพัลส์



รูปที่ 4-9 รูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ 3 kA จำนวน 4 อิมพัลส์



รูปที่ 4-10 รูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ 4 kA จำนวน 4 อิมพัลส์



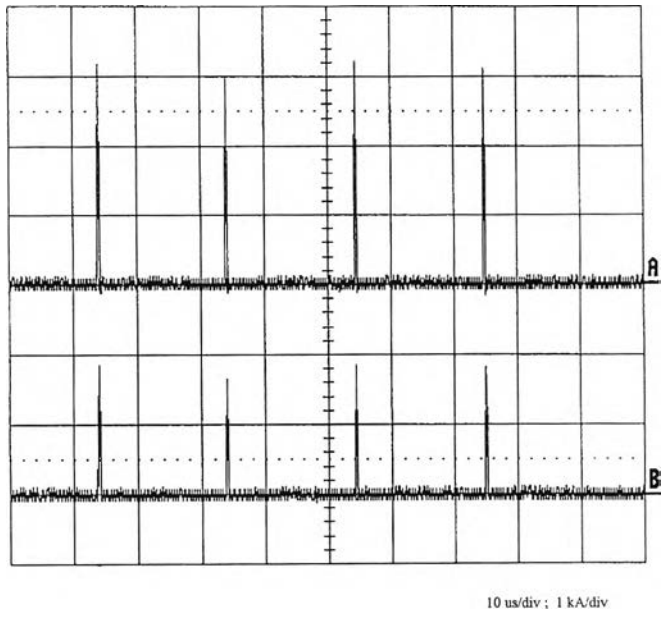
รูปที่ 4-11 รูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ 5 kA จำนวน 4 อิมพัลส์

4.4 การทดสอบใช้งานจริงกับวาริสเตอร์ (MOV)

การทดสอบในหัวข้อนี้เป็นการทดสอบเครื่องกำเนิดในการสร้างกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำรูปคลื่นมาตรฐาน 8/20 μs จำนวน 4 อิมพัลส์ต่อเนื่องกัน จ่ายให้แก่โหลดวาริสเตอร์ (MOV) เพื่อดูผลตอบสนองของวาริสเตอร์ต่อกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ

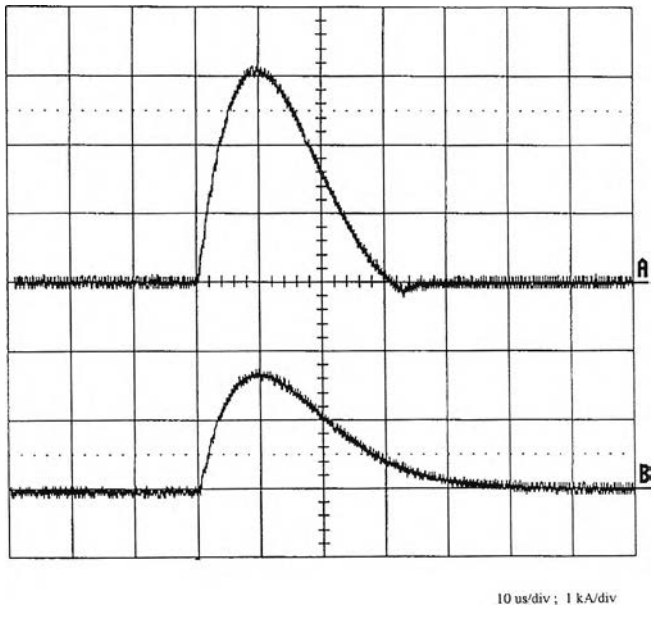
เบื้องต้นต้องทำการยึดตัววาริสเตอร์ (MOV) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของ CNR รุ่น 10D820K มีคุณสมบัติคือ วาริสเตอร์มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 mm พิกัดกระแส 2.5 kA พิกัดแรงดัน 135 Vclamp และแรงดันใช้งานต่อเนื่อง 66 V-DC ที่ขั้วต่อทางด้านหลังของเครื่องกำเนิดให้แน่นพร้อมทั้งคล้องอุปกรณ์วัดรูปคลื่นกระแสไว้ที่ขาตัววาริสเตอร์ (MOV) แล้วต่อเข้ากับออสซิลโลสโคปเพื่อบันทึกรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์จากการทำงานของวาริสเตอร์ โดยจ่ายกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำจำนวน 4 พัลส์ ค่ายอด 3 kA ระยะเวลาห่างกันของแต่ละพัลส์คือ 20 ms

รูปที่ 4-12 แสดงรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ 3 kA จำนวน 4 อิมพัลส์ (รูป A) เปรียบเทียบกับรูปคลื่น (รูป B) เมื่อมีวาริสเตอร์ (MOV) ต่ออยู่



รูปที่ 4-12 เปรียบเทียบรูปกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ 3 kA ที่จ่ายให้แก่วาริสเตอร์

รูปที่ 4-13 แสดงรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์เดี่ยว 3 kA (รูป A) เปรียบเทียบกับรูปคลื่น (รูป B) เมื่อมีวาริสเตอร์ (MOV) ต่ออยู่ และได้ดีสชาร์จกระแสอิมพัลส์ จะเห็นว่าพารามิเตอร์ของรูปคลื่นคือช่วงเวลาหน้าคลื่น และช่วงเวลาหลังคลื่น ก็มีค่าเปลี่ยนแปลงไป



รูปที่ 4-13 เปรียบเทียบรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์เดี่ยว 3 kA
ที่จ่ายให้แก่ตัววาริสเตอร์