

บทที่ 4

การทดสอบและการวิเคราะห์ผล

เป้าหมายหลักของการออกแบบสร้างเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์คือ การสร้างกระแสอิมพัลส์รูปคลื่นมาตรฐาน 8/20 μ s พิกัด 40 kA และค่าความจุไฟฟ้าอัดประจุรวมของเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์เป็น 4 μ F เครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ที่ออกแบบสร้างขึ้นนี้ ประกอบด้วยองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้ ตัวเก็บประจุอิมพัลส์ C_5 องค์ประกอบความต้านทานจำกัดกระแสอัดประจุ R_L ความต้านทานปรับรูปคลื่น และสปาร์กแก๊ป ฉะนั้นเพื่อตรวจสอบว่าผลของการประกอบสร้างเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์จะได้ผลตามเป้าหมายที่กำหนดไว้หรือไม่ จึงต้องมีการทดสอบ โดยใช้มาตรฐานสากลเป็นเกณฑ์ในการพิจารณาคุณภาพของผลงาน เพื่อการวิเคราะห์และประเมินผล จึงมีการทดสอบดังต่อไปนี้

4.1 การทดสอบตัวเก็บประจุอิมพัลส์

ในการทดสอบตัวเก็บประจุอิมพัลส์ทำการทดสอบความคงทนอยู่ต่อแรงดัน (Withstand Voltage Test) ของตัวเก็บประจุอิมพัลส์ โดยทดสอบที่ 75 kV หรือที่ 100% ของพิกัดตัวเก็บประจุอิมพัลส์ เป็นเวลา 1 นาที จากการทดสอบพบว่าตัวเก็บประจุอิมพัลส์จำนวน 8 ตัว ที่ยังสามารถใช้งานได้ดีอยู่



รูปที่ 4.1 วงจรการทดสอบตัวเก็บประจุอิมพัลส์

4.2 การทดสอบตัวต้านทานของเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์

สำหรับการทดสอบตัวต้านทานต่างๆ ทำการทดสอบโดยใช้มิเตอร์ FLUKE รุ่น 179 TRUE RMS MULTIMETER วัดค่าเพื่อตรวจสอบค่าความต้านทาน โดยตัวต้านทานที่นำมาทดสอบประกอบด้วยตัวต้านทานปรับรูปคลื่น ตัวต้านทานจำกัดกระแสอัดประจุ ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบค่าองค์ประกอบตัวต้านทานของเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์

ประเภท	ค่าความต้านทาน	จำนวน
ตัวต้านทานปรับรูปคลื่น	8 Ω	4
ตัวต้านทานจำกัดกระแสอัดประจุตัวที่ 1	100 k Ω	1
ตัวต้านทานจำกัดกระแสอัดประจุตัวที่ 2	100 k Ω	1



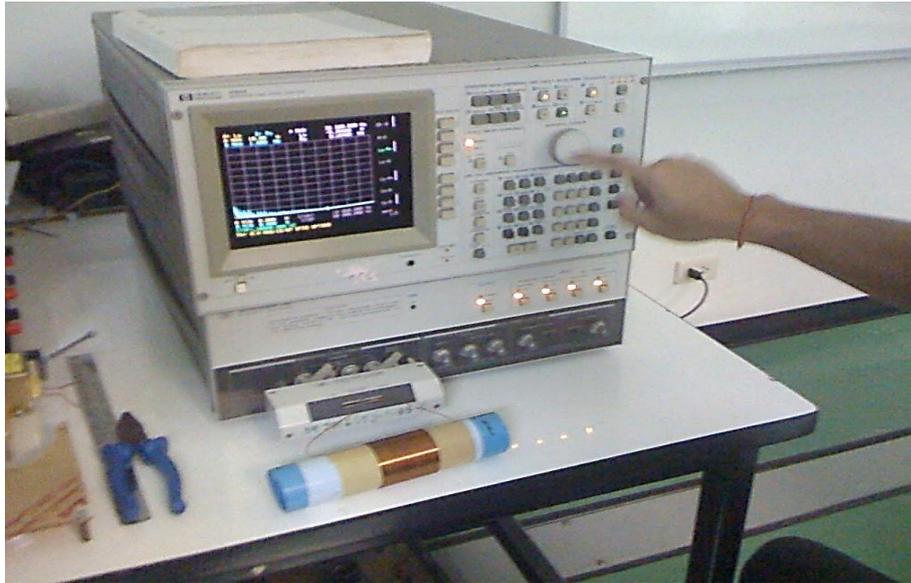
รูปที่ 4.2 ตัวต้านทานปรับรูปคลื่น



รูปที่ 4.3 ตัวต้านทานจำกัดกระแสอัดประจุ

4.3 การทดสอบค่าตัวเหนี่ยวนำของเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์

สำหรับการทดสอบตัวเหนี่ยวนำ สามารถทำได้โดยนำแผ่นฉนวนไมลาร์พันทับบนแกน PVC แล้วนำลวดทองแดงพันทับบนฉนวนไมลาร์ให้ได้ประมาณ 20 รอบ และนำไปวัดค่าความเหนี่ยวนำผลการทดสอบปรากฏว่าได้ค่าความเหนี่ยวนำเท่ากับ 17.25 μH ทำการทดสอบโดยใช้เครื่องวัด RLC วัดค่าเพื่อตรวจสอบค่าความเหนี่ยวนำ



รูปที่ 4.4 เครื่องวัด RLC

4.4 การทดสอบเครื่องกำเนิดกระแสพัลส์รูปคลื่นมาตรฐาน

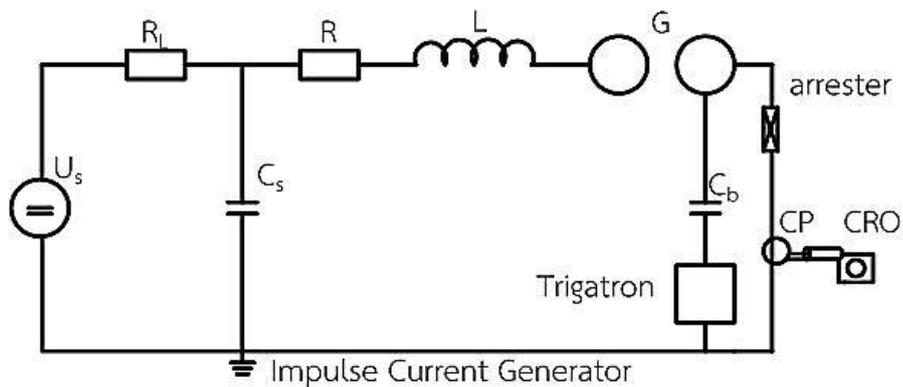
รูปคลื่นกระแสพัลส์มาตรฐานกำหนดด้วยช่วงเวลาหน้าคลื่น T_1 และช่วงเวลาหางคลื่น T_2 ไว้คือ

$$T_1 = 8 \mu\text{s} \pm 10\% \quad \text{นั่นคือ} \quad 7.2 \leq T_1 \leq 8.8 \mu\text{s}$$

$$T_2 = 20 \mu\text{s} \pm 10\% \quad \text{นั่นคือ} \quad 18 \leq T_2 \leq 22 \mu\text{s}$$

นอกจากนี้รูปคลื่นกระแสพัลส์อาจเกิดการแกว่ง ซึ่งการแกว่งของรูปคลื่นของกระแสพัลส์นี้เมื่อกลับเข้าสู่ศูนย์แล้ว อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงทิศทางชั่วได้ โดยค่ากระแสกลับชั่วต้องมีค่าไม่เกิน 20% ของค่ายอดคลื่นกระแสพัลส์

เครื่องกำเนิดกระแสพัลส์ที่ออกแบบสร้างขึ้นนั้น มีโครงสร้างแบ่งออกเป็น 4 ชั้น ดังรูปที่ 4.5 แต่ละชั้นประกอบด้วยตัวเก็บประจุอิมพัลส์ 2 ตัวต่อตัวละ $2 \mu\text{F}$, 75 kV ต่ออนุกรมกันจะให้ความจุไฟฟ้าต่อชั้นเท่ากับ $1 \mu\text{F}$ แรงดันอัดประจุสูงสุดแต่ละชั้น 150 kV ค่าความจุไฟฟ้าอัดประจุรวมของเครื่องกำเนิดกระแสพัลส์เป็น $4 \mu\text{F}$



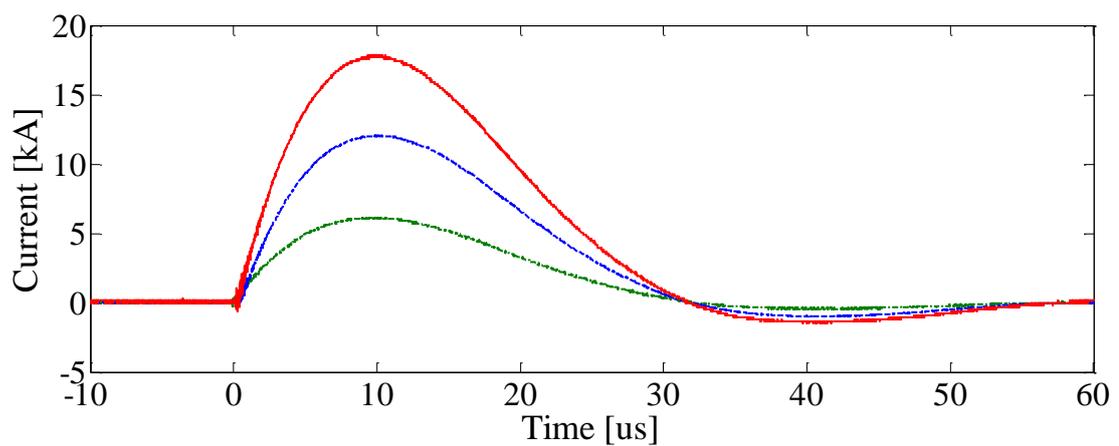
รูปที่ 4.5 วงจรเครื่องกำเนิดกระแสพัลส์



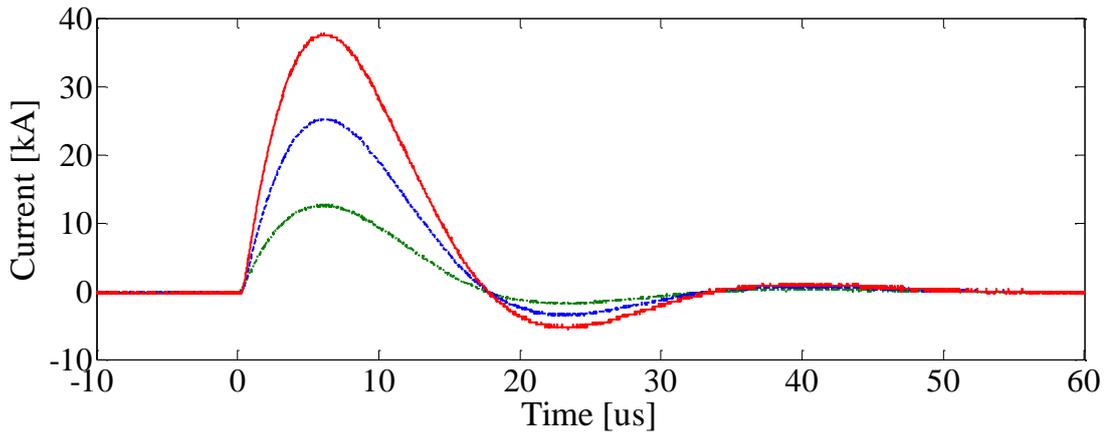
รูปที่ 4.6 เครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์

4.5 การทดสอบเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า

ในการทดสอบจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนแรกจะทำการทดสอบความสามารถของการจ่ายกระแสขณะลัดวงจรโดยทำการทดสอบที่แรงดันอัดประจุ 3 ค่า คือ 50 kV 100 kV และ 150 kV (แรงดันอัดประจุสูงสุดต่อชั้น) ผลการทดสอบการลัดวงจรรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ 8/20 μ s และ 4/10 μ s แสดงดังรูปที่ 4.7 และ 4.8 ตามลำดับ



รูปที่ 4.7 กระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่า 8/20 μ s ที่ได้จากการทดสอบลัดวงจร

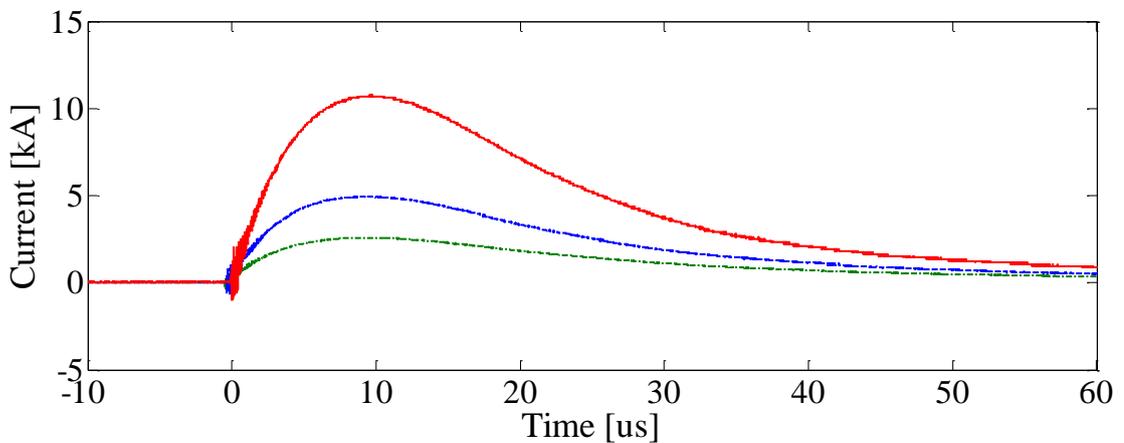


รูปที่ 4.8 กระแสสูงอิมพัลส์ 4/10 μs ที่ได้จากการทดสอบลัดวงจร

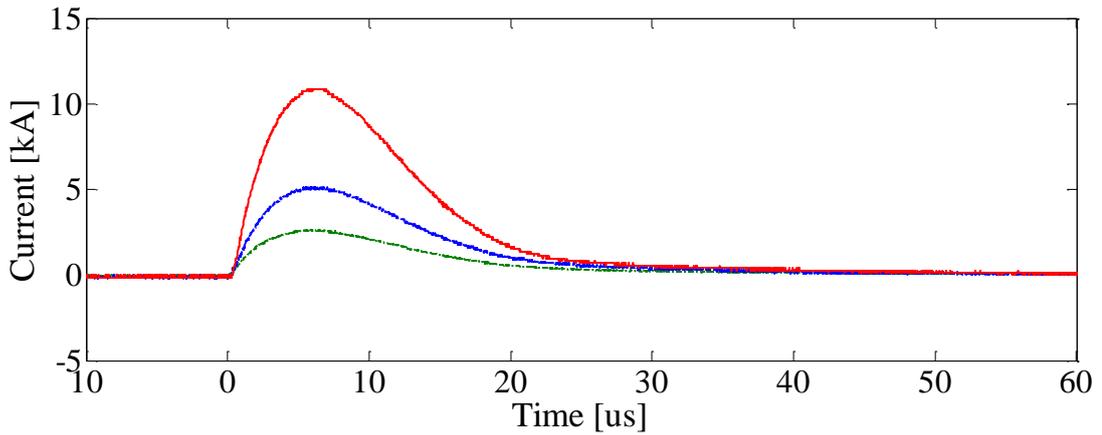
ส่วนที่สองเป็นการทดสอบจ่ายกระแสผ่านกับดักแรงดันเกิน โดยพิจารณาที่กับดักแรงดันเกินที่มีค่า $U_c = 17 \text{ kV}$, $U_r = 21 \text{ kV}$, $I = 5 \text{ kA}$ ทำการทดสอบที่กระแส 2.5 kA 5 kA และ 10 kA ดังรูปที่ 4.9 และ 4.10

โดย

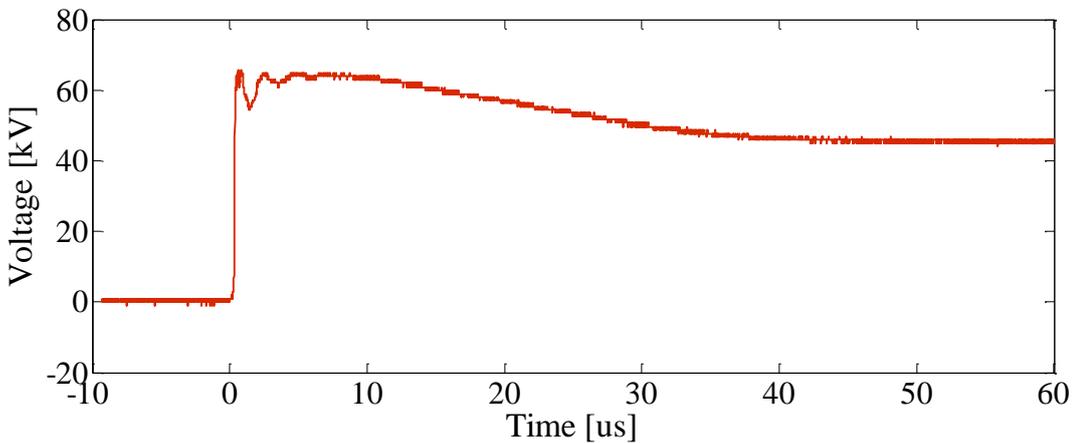
- · — หมายถึงค่าที่วัดได้เมื่อกระแสทดสอบเป็น 2.5 kA
- - - หมายถึงค่าที่วัดได้เมื่อกระแสทดสอบเป็น 5 kA
- หมายถึงค่าที่วัดได้เมื่อกระแสทดสอบเป็น 10 kA



รูปที่ 4.9 กระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าที่ได้จากการทดสอบกับดักแรงดันเกิน



รูปที่ 4.10 กระแสสูงอิมพัลส์ที่ได้จากการทดสอบกับดักแรงดันเกิน



รูปที่ 4.11 แรงดันคงเหลือเมื่อทดสอบกระแสอิมพัลส์ 5 kA ตามรูปที่ 21

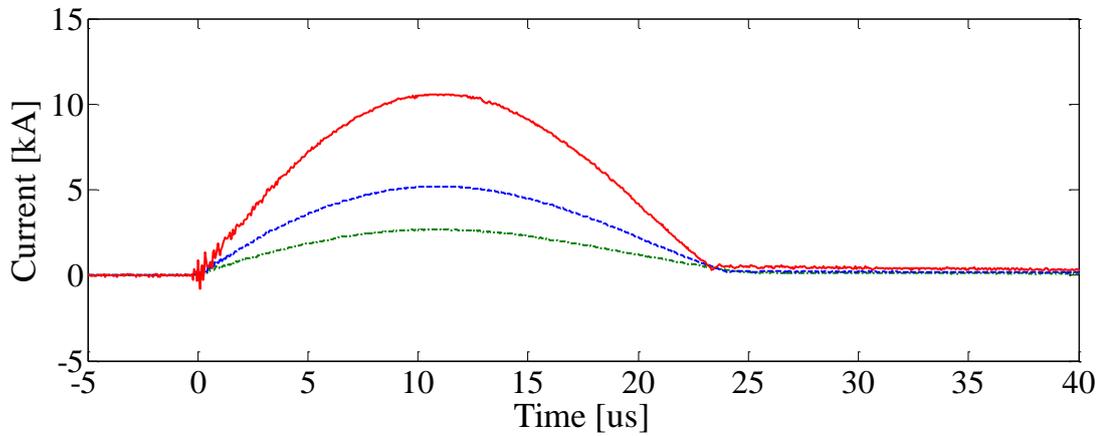
จากผลการทดสอบตามรูปที่ 4.9 และ 4.10 จะเห็นได้ว่าค่ารูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน เมื่อทำการต่อกับดักแรงดันเกินเข้าไปในวงจรที่ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางไฟฟ้า

4.6 การทดสอบเมื่อปรับรูปคลื่น

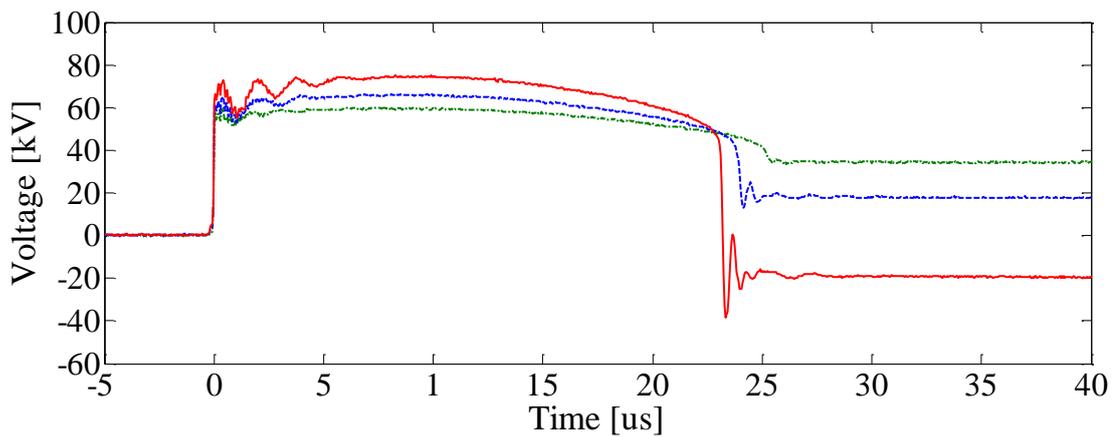
กับดักแรงดันเกินที่ใช้ในการทดสอบเป็นกับดักแรงดันเกินที่ใช้ในระบบจำหน่ายคือระบบ 24 kV มีพิกัด $U_c = 17$ kV, $U_r = 21$ kV, $I = 5$ kA และระบบ 33 kV มีพิกัด $U_c = 24.4$ kV, $U_r = 30$ kV, $I = 5$ kA

การทดสอบกับดักแรงดันเกินทั้ง 2 ระบบจะทดสอบกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่า 8/20 μ s และกระแสสูงอิมพัลส์ 4/10 μ s โดยการทดสอบจะทำการจ่ายกระแสอิมพัลส์ให้กับดักแรงดันเกินที่กระแส 2.5 kA 5 kA และ 10 kA ตามที่มาตรฐาน IEC 60099-4 กำหนด พร้อมทั้งวัดค่าแรงดันคงเหลือที่กับดักแรงดันเกินผลที่ได้จากการทดสอบกับดักแรงดันเกินในระบบ 24 kV เป็นไปดังรูปที่ 4.12 ถึง 4.15

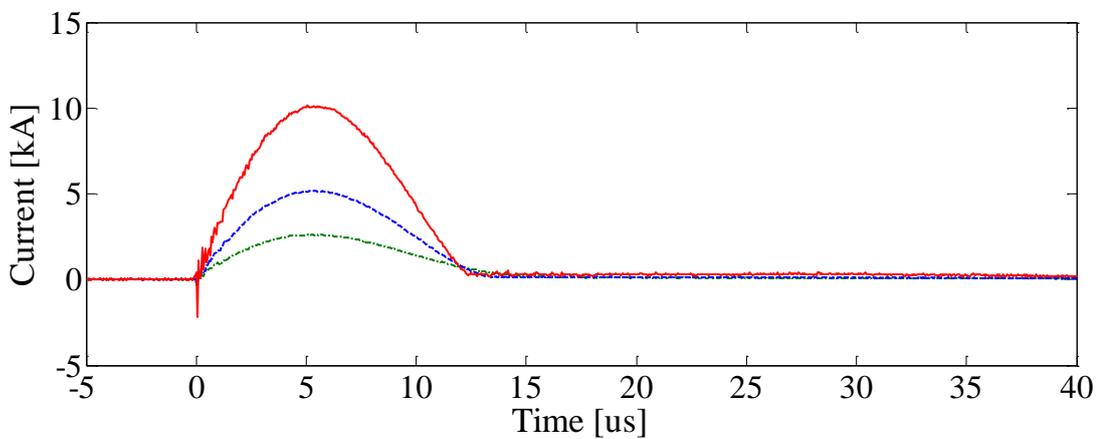
ตามลำดับ และผลที่ได้จากการทดสอบกับดักแรงดันเกินในระบบ 33 kV เป็นไปดังรูปที่ 4.16 ถึง 4.19 ตามลำดับ



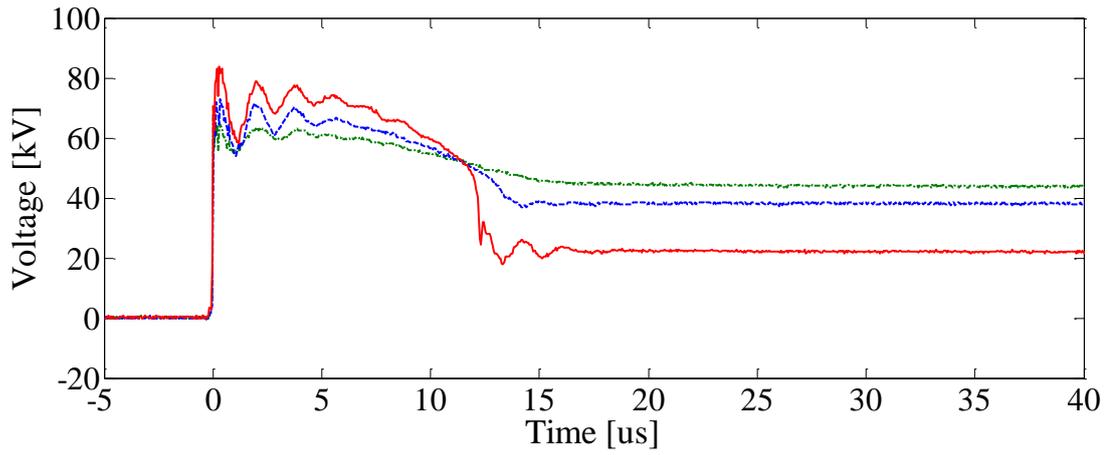
รูปที่ 4.12 กระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าที่ได้จากการทดสอบกับดักแรงดันเกิน



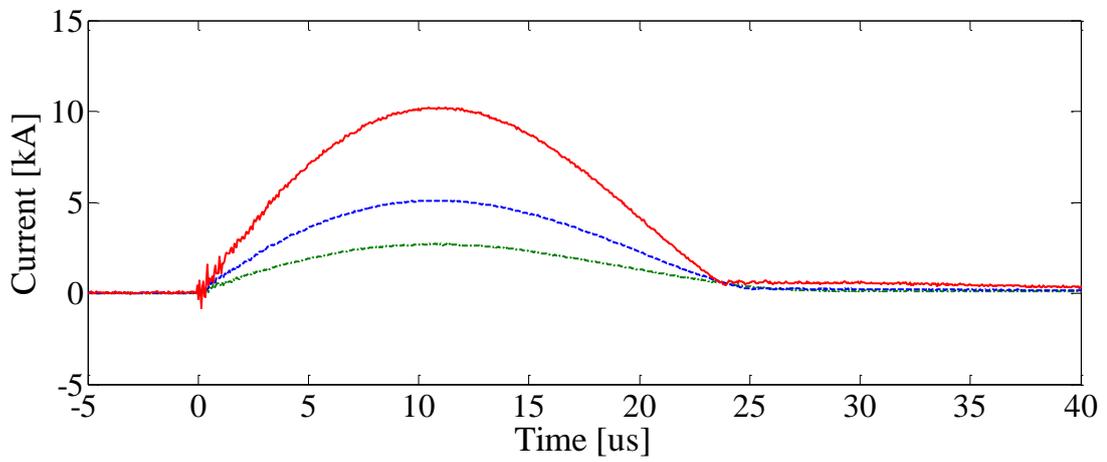
รูปที่ 4.13 แรงดันคงเหลือที่ได้จากการทดสอบกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่า



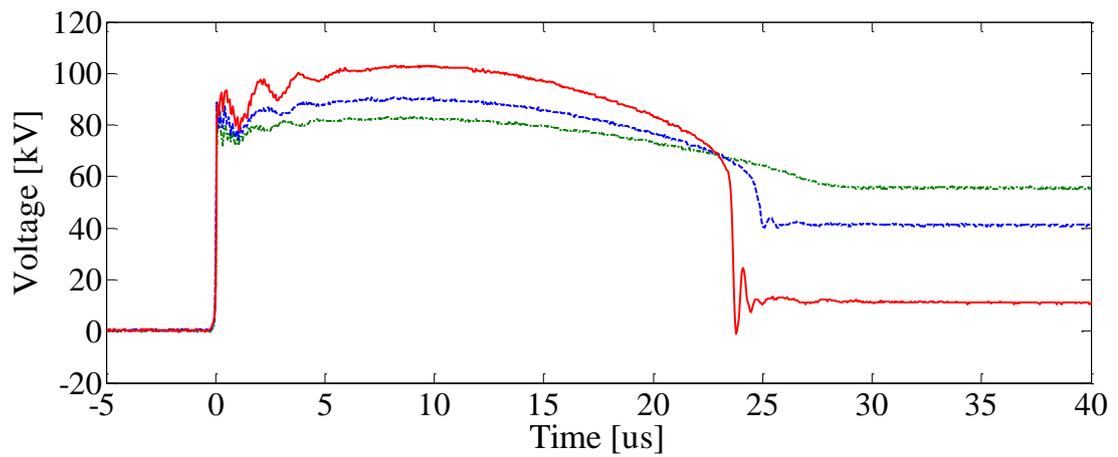
รูปที่ 4.14 กระแสสูงอิมพัลส์ที่ได้จากการทดสอบกับดักแรงดันเกิน



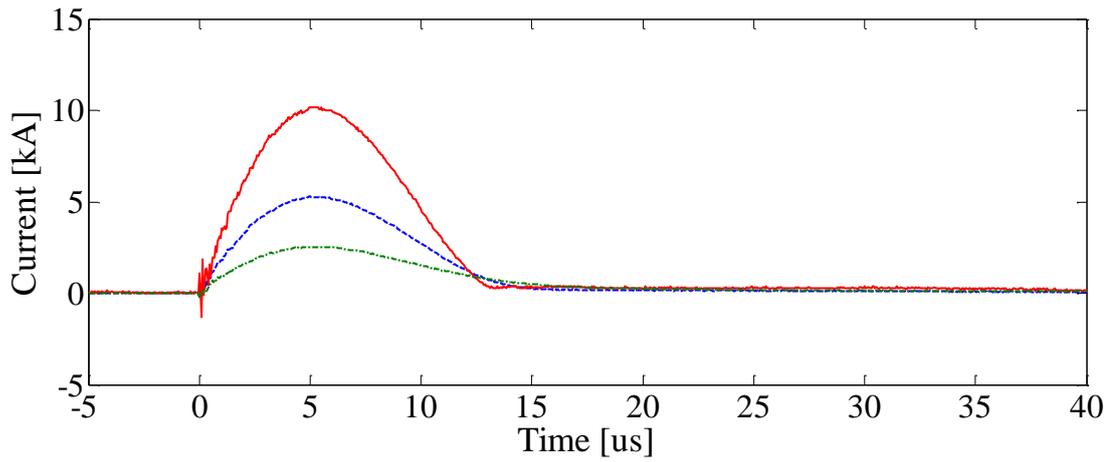
รูปที่ 4.15 แรงดันคงเหลือที่ได้จากการทดสอบกระแสสูงอิมพัลส์



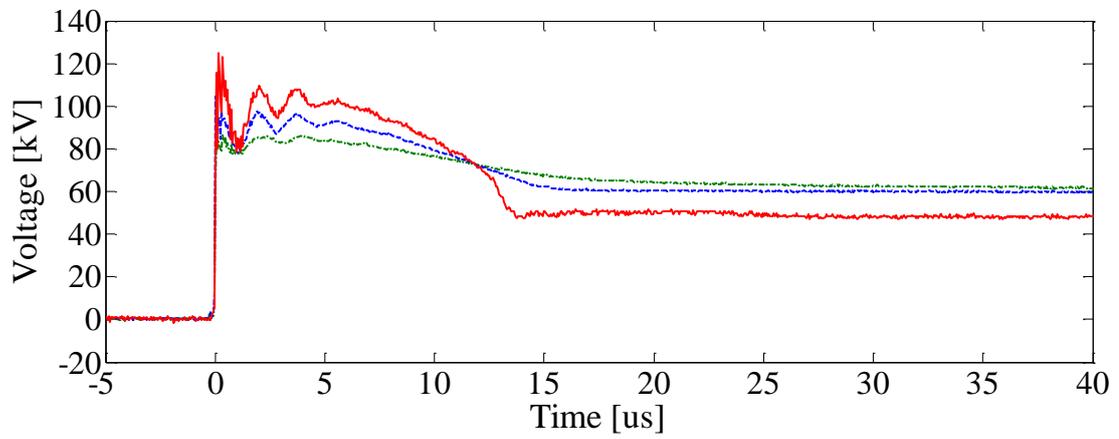
รูปที่ 4.16 กระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าที่ได้จากการทดสอบกับดักแรงดันเกิน



รูปที่ 4.17 แรงดันคงเหลือที่ได้จากการทดสอบกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่า



รูปที่ 4.18 กระแสสูงอิมพัลส์ที่ได้จากการทดสอบกับดักแรงดันเกิน



รูปที่ 4.19 แรงดันคงเหลือที่ได้จากการทดสอบกระแสสูงอิมพัลส์