

บทที่ 4

แหล่งกำเนิดแรงดันสูง

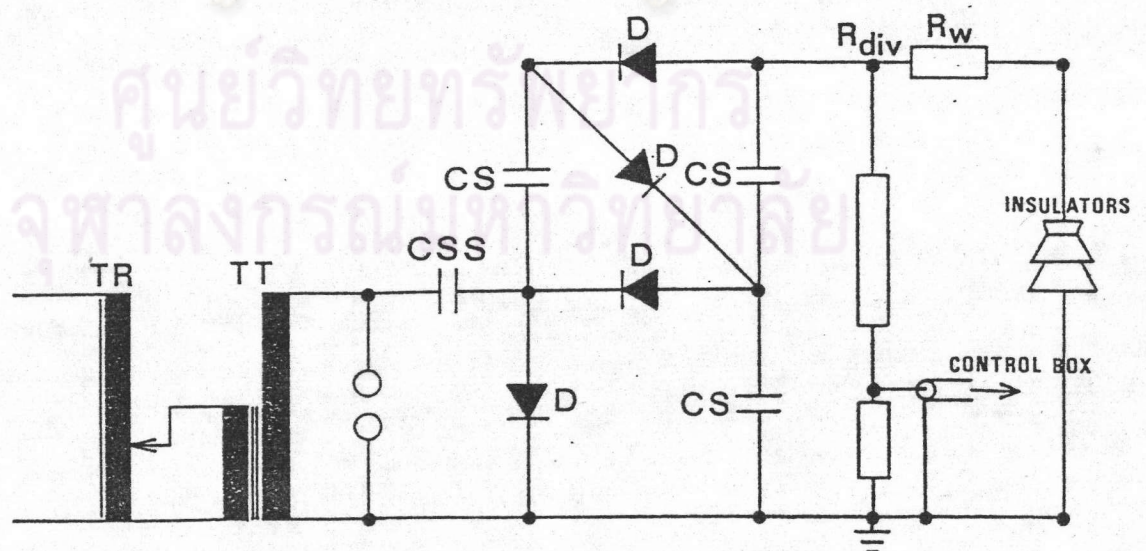


รูปคลื่นแรงดันชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษาการเกิดการวาบไฟตามผิวลูกถ้วยฉนวน มาจากแหล่งกำเนิดรูปคลื่นแรงดันที่แตกต่างกัน ดังนี้

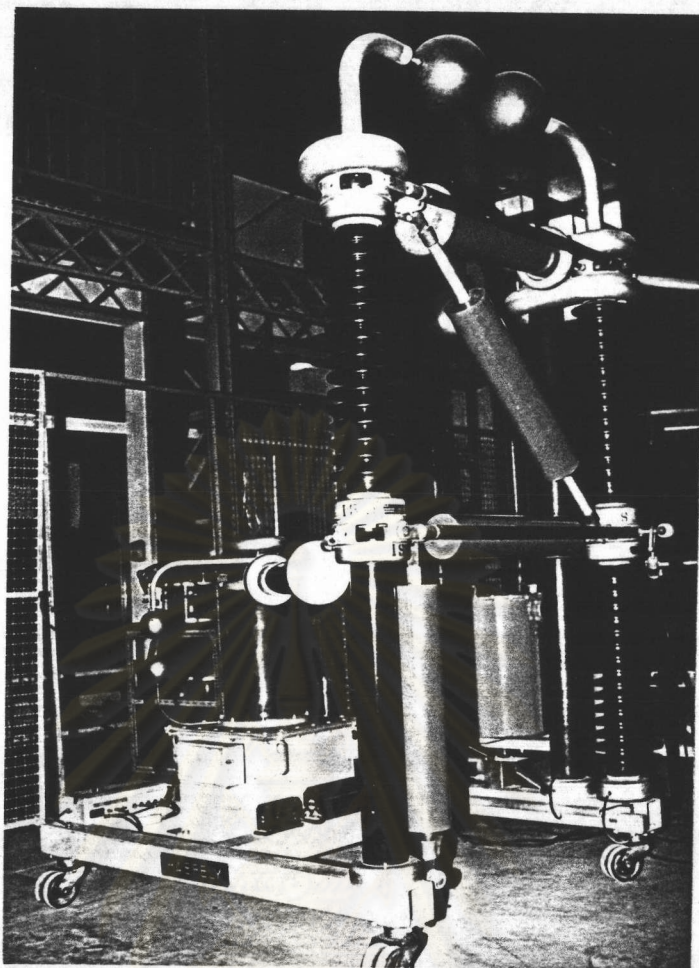
- แหล่งกำเนิดแรงดันสูงกระแสตรง
- แหล่งกำเนิดแรงดันสูงกระแสสลับความถี่พลังงาน 50 Hz
- แหล่งกำเนิดแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตซ์ซิ่ง 250/2500 μ s
- แหล่งกำเนิดแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า 1.2/50 μ s
- แหล่งกำเนิดแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชัน 0.5/50 μ s ที่ความชัน 1,400 kV/ μ s

4.1 แหล่งกำเนิดแรงดันสูงกระแสตรง

การศึกษการเกิดวาบไฟตามผิวลูกถ้วยฉนวนด้วยแรงดันสูงกระแสตรง ได้แหล่งกำเนิดรูปคลื่นแรงดันจากวงจรกำเนิดแรงดันสูงกระแสตรง MULTI-TEST SET 400 kV 8 mA มี Ripple Factor $r < 3\%$ ซึ่งมีวงจรกำเนิดแรงดันสูงกระแสตรง ดังรูปที่ 4.1 และ 4.2



รูปที่ 4.1 วงจรกำเนิดแรงดันสูงกระแสตรงที่ใช้ในการทดสอบ



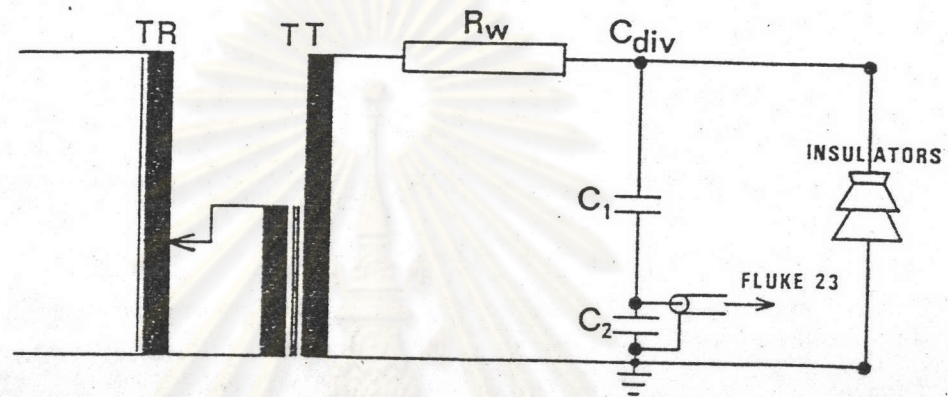
รูปที่ 4.2 อุปกรณ์ และการติดตั้งในวงจรกำเนิดแรงดันสูงกระแสตรงที่ใช้ในการทดสอบ

ในวงจรประกอบด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

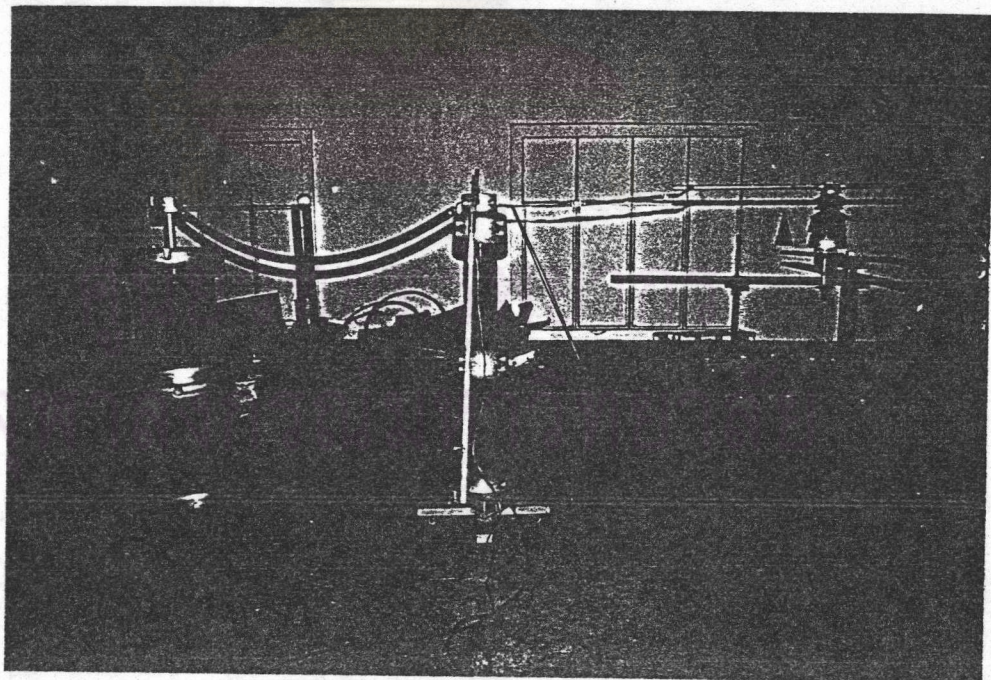
- 1) หม้อแปลงแรงสูง (TT) ขนาด 75 kV 5 KVA จำนวน 1 ตัว
- 2) ไดโอดแรงสูง (D) ขนาด 200 kV 20 mA จำนวน 4 ตัว
- 3) ตัวเก็บประจุ (CS) ขนาด 200 kV_{DC} 15 nF จำนวน 3 ตัว
- 4) ตัวเก็บประจุ (CSS) ขนาด 100 kV_{DC} 30 nF จำนวน 1 ตัว
- 5) โวลต์เตจดีไวเดอร์แบบความต้านทานวัดค่าแรงดันกระแสตรง (R_{div}) วัดได้สูงสุด 400 kV_{DC} จำนวน 1 ตัว
- 6) Control Box "HAEFELY" Type 273 (พร้อมหม้อแปลงปรับแรงดัน TR) จำนวน 1 ชุด
- 7) ความต้านทานน้ำ (R_w) จำนวน 1 ตัว

4.2 แหล่งกำเนิดแรงดันสูงกระแสสลับความถี่พลังงาน 50 Hz

การศึกษาการเกิดวาทไฟตามผิวลูกถ้วยฉนวนด้วยแรงดันสูงกระแสสลับรูปคลื่นไซน์ความถี่ 50 Hz ได้จากหม้อแปลงทดสอบแบบขั้นบันได (Cascaded Connection) แรงดัน 200 kV 10 KVA ซึ่งมีวงจรกำเนิดแรงดันสูงกระแสสลับ ดังรูปที่ 4.3 และ 4.4



รูปที่ 4.3 วงจรกำเนิดแรงดันสูงกระแสสลับความถี่พลังงาน 50 Hz ที่ใช้ในการทดสอบ



รูปที่ 4.4 อุปกรณ์ และการติดตั้งในวงจรกำเนิดแรงดันสูงกระแสสลับความถี่พลังงาน 50 Hz ที่ใช้ในการทดสอบ

ในวงจรประกอบไปด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

- 1) หม้อแปลงทดสอบ (TT) ขนาด 100 KV 5 KVA 50 Hz จำนวน 2 ตัวต่อแบบ
ขึ้นบันได
- 2) ไวลต์เตจดีไอเคอร์แบบตัวเก็บประจุวัดแรงดันกระแสสลับ ($C_{d.v}$) โดยมี
 $C_1 = 98.76$ pF จำนวน 2 ตัวต่ออนุกรม $C_2 = 0.11$ uF ได้อัตราส่วน
แรงดัน 1: 2,410 จำนวน 1 ตัว
- 3) หม้อแปลงปรับแรงดัน (TR) ขนาด 220 V/0-230 V 8 KVA 50 Hz จำนวน
1 ตัว
- 4) ความต้านทานน้ำ (R_w) จำนวน 1 ตัว
- 5) Digital Multimeter "FLUKE 23" จำนวน 1 ตัว

4.3 แหล่งกำเนิดแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตซ์ซิ่ง 250/2500 μ s

แรงดันอิมพัลส์แบบสวิตซ์ซิ่งที่ใช้ศึกษาการเกิดวาทไฟตามผิวลูกถ้วยฉนวน มีลักษณะรูป
คลื่นเป็นไปตามมาตรฐาน IEC Pub. 60-2 ดังรูปที่ 4.5 โดยใช้แหล่งกำเนิดรูปคลื่นแรงดัน
จากวงจรกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ MULTI-TEST SET 400 kV 0.6 kJ ดังรูปที่ 4.6 และ
4.7

รูปคลื่นอิมพัลส์แบบสวิตซ์ซิ่ง ตามมาตรฐาน IEC Pub. 60-2 กำหนดเวลาช่วงหน้า
คลื่น T_{cr} และเวลาช่วงหางคลื่น T_2 ไว้ดังนี้

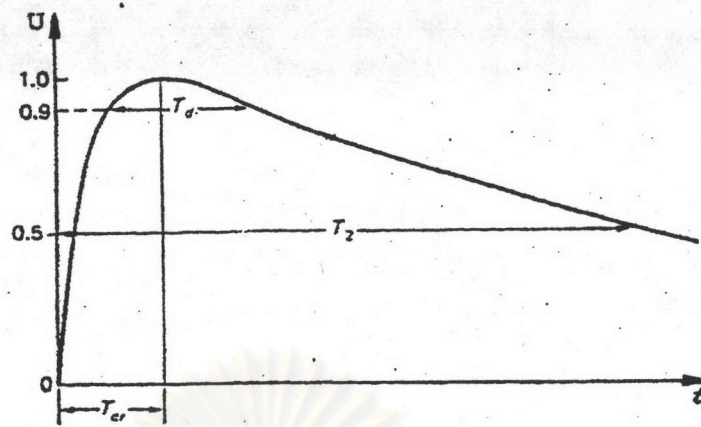
เวลาช่วงหน้าคลื่น T_{cr} หมายถึง ช่วงเวลาที่แรงดันเริ่มเพิ่มขึ้นจากศูนย์จนถึงค่ายอด

เวลาช่วงหางคลื่น T_2 หมายถึง ช่วงเวลาดังแต่แรงดันเริ่มเพิ่มขึ้นจากศูนย์ผ่านค่า

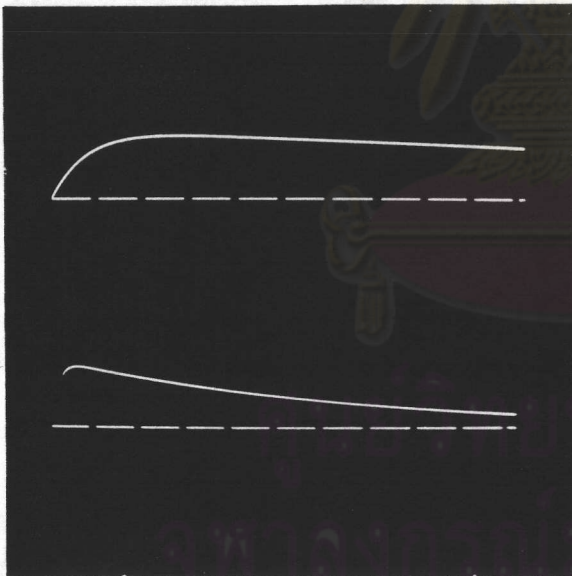
ยอดจนกระทั่งขนาดลดลงเหลือครึ่งหนึ่งของค่ายอด

$$T_{cr} = 250 \mu s \pm 20 \%$$

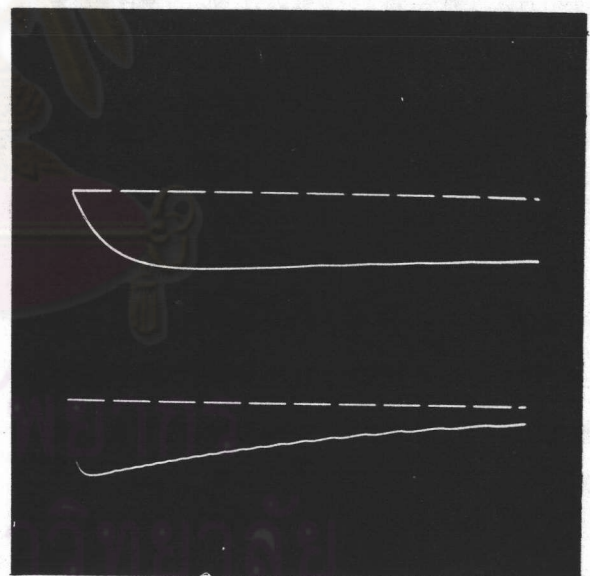
$$T_2 = 2500 \mu s \pm 60 \%$$



a)

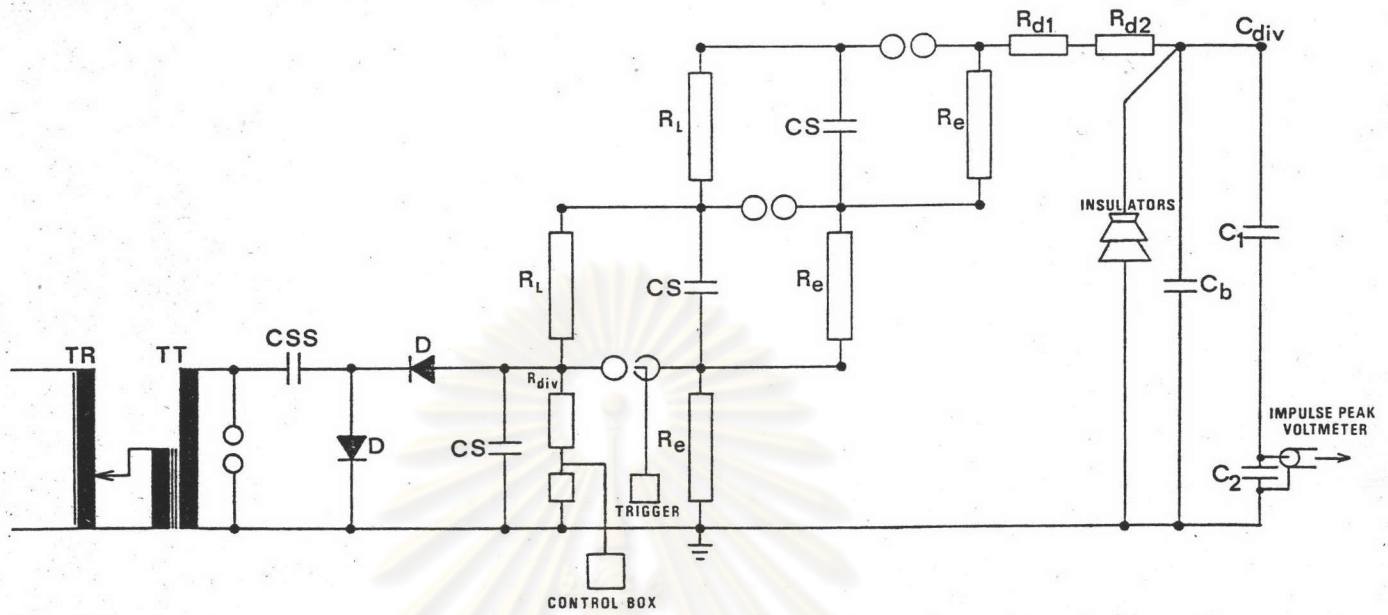


b)

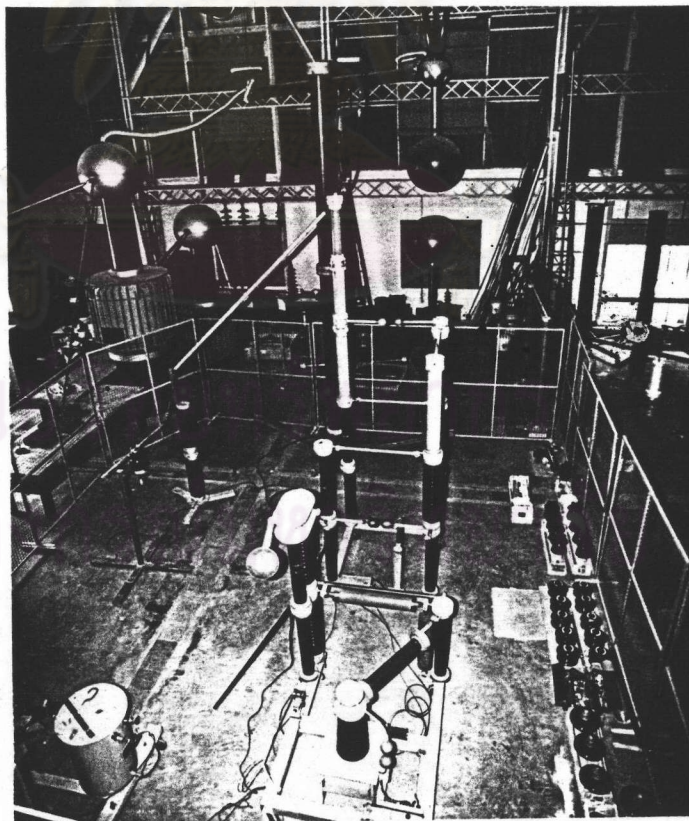


c)

- รูปที่ 4.5 a) รูปคลื่นอิมพัลส์แบบสวิตช์ซึ่งตามมาตรฐาน IEC Pub. 60-2
 b) รูปคลื่นอิมพัลส์แบบสวิตช์ซึ่งที่ใช้ในการทดสอบชั่วคราว 267/2586 μs
 c) รูปคลื่นอิมพัลส์แบบสวิตช์ซึ่งที่ใช้ในการทดสอบชั่วคราว 250/2586 μs



รูปที่ 4.6 วงจรกำเนิดแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตซ์ซิ่ง 250/2500 μ s ที่ใช้ในการทดสอบ



รูปที่ 4.7 อุปกรณ์ และการติดตั้งในวงจรกำเนิดแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตซ์ซิ่ง 250/2500 μ s ใช้ในการทดสอบ

ในวงจรประกอบด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

- 1) ตัวเก็บประจุแรงสูง (C_2) ขนาด 200 kV_{DC} 15 nF จำนวน 3 ตัว
- 2) ตัวเก็บประจุแรงสูง (CSS) ขนาด 100 kV_{DC} 30 nF จำนวน 1 ตัว
- 3) ความต้านทาน (R_3) ขนาด 100 kV 170 k-ohm จำนวน 3 ตัว
- 4) ความต้านทาน (R_L) ขนาด 200 kV 10 M-ohm จำนวน 2 ตัว
- 5) ความต้านทาน (R_{d1}) ขนาด 25 k-ohm จำนวน 1 ตัว
- 6) ความต้านทาน (R_{d2}) ขนาด 43 k-ohm จำนวน 1 ตัว
- 7) ไคโอดแรงสูง (D) ขนาด 100 kV 20 mA จำนวน 2 ตัว
- 8) หม้อแปลงแรงสูง (TT) ขนาด 75 kV 5 KVA จำนวน 1 ตัว
- 9) โวลต์เตจดีไวเดอร์แบบความต้านทานวัดค่าแรงดันกระแสตรง (R_{d1v}) วัดได้สูงสุด 200 kV_{DC} จำนวน 1 ตัว
- 10) Control Box "HAEFELY" Type 273 (พร้อมหม้อแปลงปรับแรงดัน TR)
จำนวน 1 ชุด
- 11) โวลต์เตจดีไวเดอร์แบบตัวเก็บประจุวัดแรงดันอิมพัลส์ (C_{d1v}) โดยมี
 $C_1 = 400$ pF จำนวน 2 ตัวต่ออนุกรม $C_2 = 200$ nF ได้อัตราส่วน
แรงดัน 1: 1,148 จำนวน 1 ตัว
- 12) Impulse Peak Voltmeter "HAEFELY" Type 64 M จำนวน 1 ตัว
- 13) ตัวเก็บประจุแรงสูง (C_p) ขนาด 100 kV_{DC} 2,000 pF จำนวน 2 ตัวต่อ
อนุกรม
- 14) Impulse Oscilloscope "HAEFELY" Type 721 จำนวน 1 ชุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 แหล่งกำเนิดแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า 1.2/50 μ s

แรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่าที่ใช้ศึกษาการเกิดวาบไฟตามผิวลูกถ้วยฉนวน มีลักษณะรูปคลื่นเป็นไปตามมาตรฐาน IEC Pub. 60-2 ดังรูปที่ 4.8 โดยใช้แหล่งกำเนิดรูปคลื่นแรงดันจากวงจรกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ 400 kV 1 kJ ดังรูปที่ 4.9 และ 4.10

รูปคลื่นอิมพัลส์ฟ้าผ่า ตามมาตรฐาน IEC Pub. 60-2 กำหนดเวลาช่วงหน้าคลื่น T_1 และเวลาช่วงหางคลื่น T_2 ไว้ดังนี้

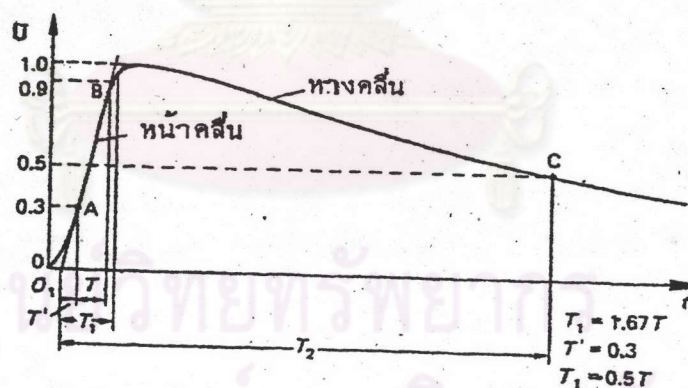
เวลาช่วงหน้าคลื่น T_1 หมายถึง ช่วงเวลาที่แรงดันเริ่มเพิ่มขึ้นจากศูนย์จนถึงค่ายอด

เวลาช่วงหางคลื่น T_2 หมายถึง ช่วงเวลาดังแต่แรงดันเริ่มเพิ่มขึ้นจากศูนย์ผ่านค่ายอด

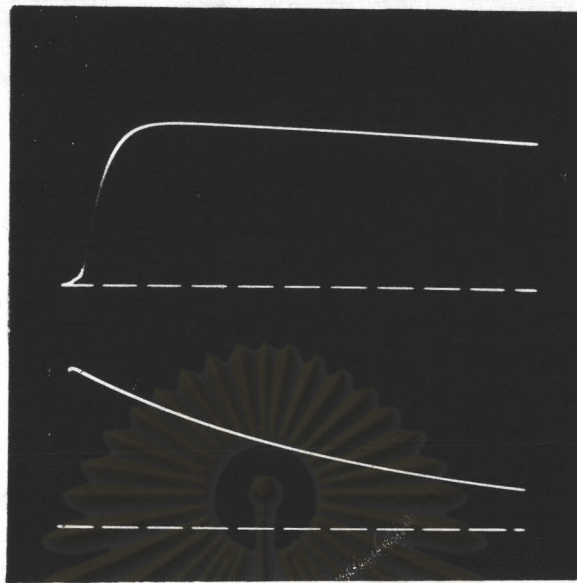
จนกระทั่งขนาดลดลงเหลือครึ่งหนึ่งของค่ายอด

$$T_1 = 1.2 \mu\text{s} \pm 30 \%$$

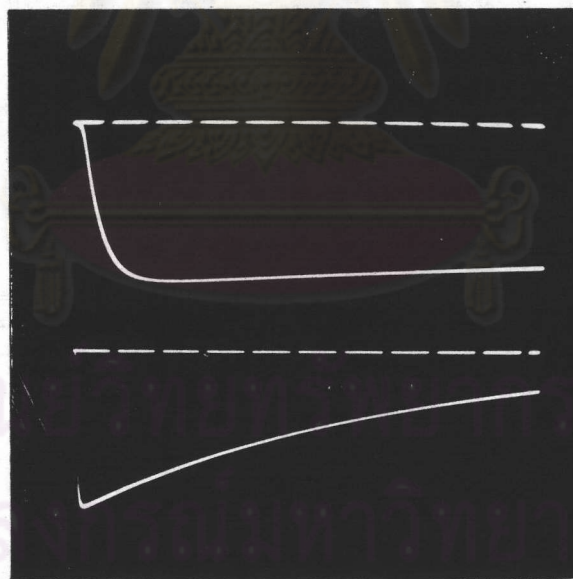
$$T_2 = 50 \mu\text{s} \pm 20 \%$$



a)

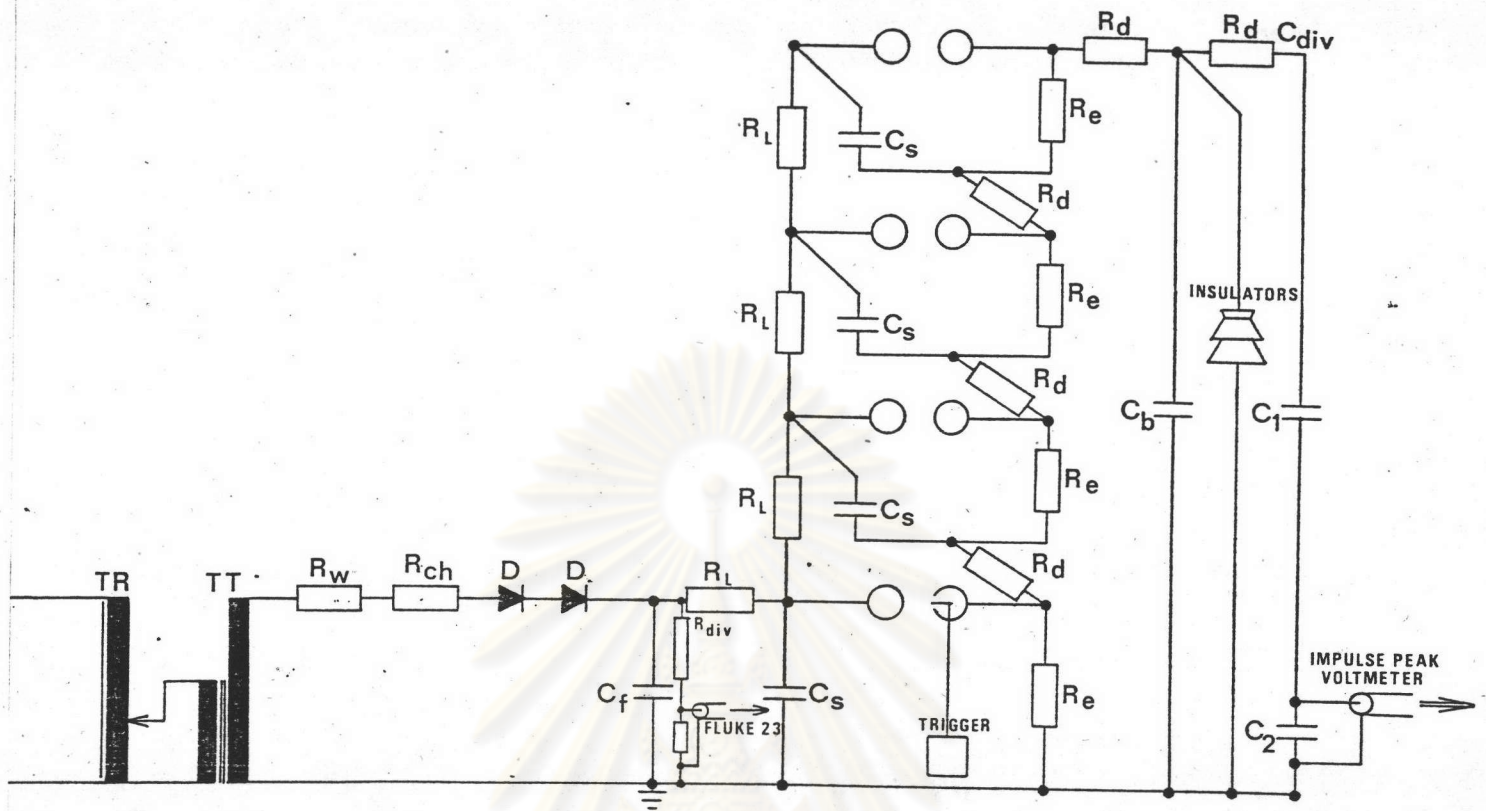


b)

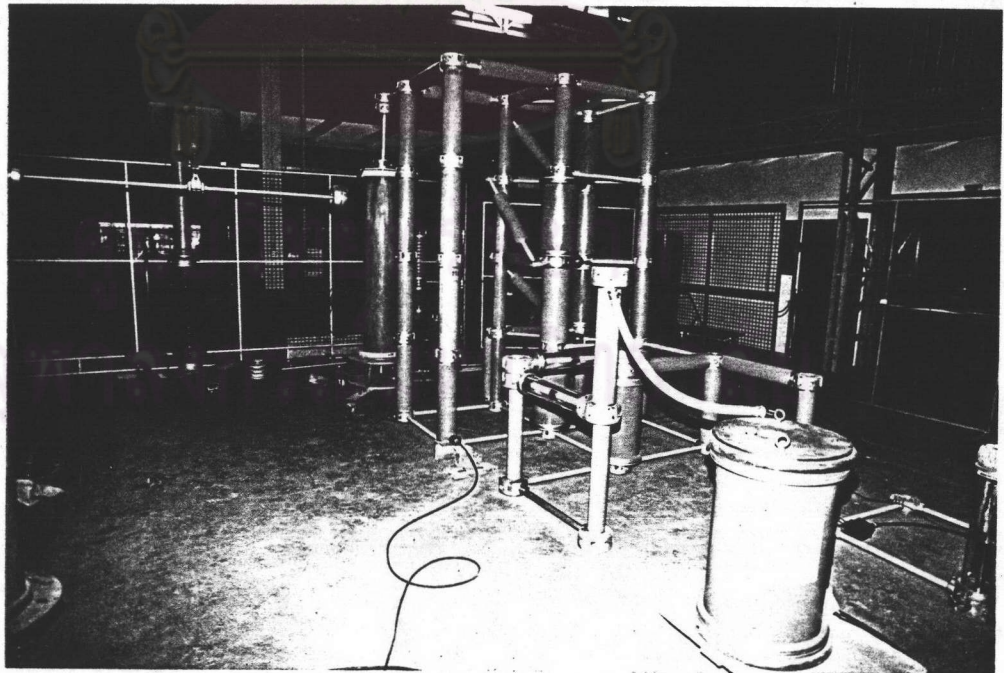


c)

- รูปที่ 4.8 a) รูปคลื่นนิมพัลส์ฟ้าผ่าตามมาตรฐาน IEC Pub. 60-2
 b) รูปคลื่นนิมพัลส์ฟ้าผ่าที่ใช้ในการทดสอบชั่วคราว
 c) รูปคลื่นนิมพัลส์ฟ้าผ่าที่ใช้ในการทดสอบชั้วลบ



รูปที่ 4.9 วงจรกำเนิดแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า 1.2/50 μ s ที่ใช้ในการทดสอบ



รูปที่ 4.10 อุปกรณ์ และการติดตั้งในวงจรกำเนิดแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า 1.2/50 μ s ที่ใช้ในการทดสอบ

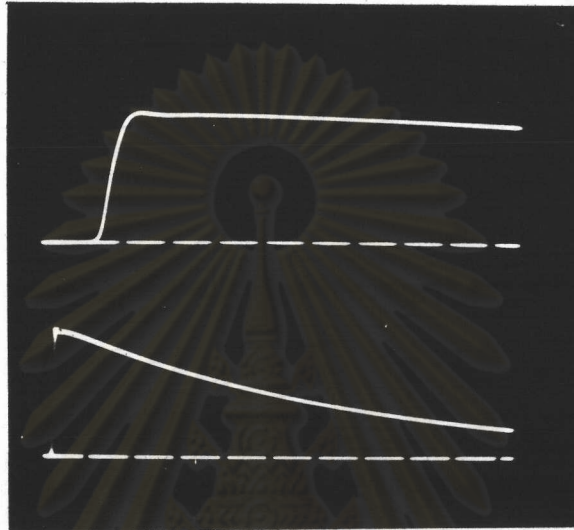
ในวงจรประกอบด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

- 1) ตัวเก็บประจุแรงสูง (C_1) ขนาด 100 kV_{DC} 50 nF จำนวน 4 ตัว
- 2) ตัวเก็บประจุแรงสูง (C_2) ขนาด 100 kV_{DC} 60 nF จำนวน 1 ตัว
- 3) ความต้านทาน (R_1) ขนาด 130 ohm จำนวน 5 ตัว
- 4) ความต้านทาน (R_2) ขนาด 1500 ohm จำนวน 4 ตัว
- 5) ความต้านทาน (R_3) ขนาด 25 k-ohm จำนวน 4 ตัว
- 6) ความต้านทาน (R_{ch}) ขนาด 1 M-ohm จำนวน 1 ตัว
- 7) ความต้านทานน้ำ (R_w) จำนวน 1 ตัว
- 8) ไดโอดแรงสูง (D) ขนาด 100 kV 20 mA จำนวน 2 ตัว
- 9) หม้อแปลงแรงสูง (TT) ขนาด 100 kV 5 KVA จำนวน 1 ตัว
- 10) โวลต์เตจดีไวเดอร์แบบความต้านทานวัดค่าแรงดันกระแสตรง (R_{div}) วัดได้สูงสุด 100 kV_{DC} จำนวน 1 ตัว
- 11) หม้อแปลงปรับแรงดัน (TR) ขนาด 220 V/0-260 V 5 KVA จำนวน 1 ตัว
- 12) โวลต์เตจดีไวเดอร์แบบตัวเก็บประจุวัดแรงดันอิมพัลส์ (C_{div}) โดยมี
 $C_1 = 500$ pF 450 kV $C_2 = 145$ nF ได้อัตราส่วนแรงดัน 1: 297.5
 จำนวน 1 ตัว
- 13) Impulse Peak Voltmeter "HAEFELY" Type 65 จำนวน 1 ตัว
- 14) Digital Multimeter "FULKE 23" จำนวน 1 ตัว
- 15) Impulse Oscilloscope "HAEFELY" Type 721 จำนวน 1 ชุด
- 16) ตัวเก็บประจุแรงสูง (C_3) ขนาด 115 pF จำนวน 1 ตัว

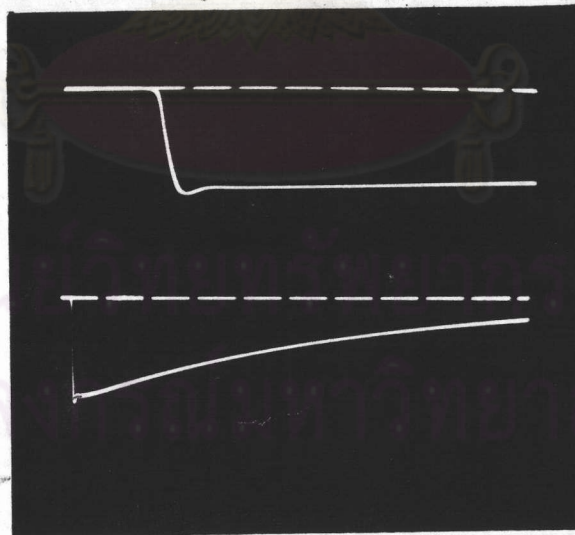
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5 แหล่งกำเนิดแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นขึ้น 0.5/50 μ s ที่ความชัน 1,400 kV/ μ s

แรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นขึ้นที่ใช้ศึกษาการเกิดวาบไฟตามผิวลูกถ้วยฉนวน มีลักษณะรูปคลื่น ดังรูปที่ 4.11 ได้จากเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ 1,400 kV 70 kJ 14 STAGES ดังรูป 4.12 และ 4.13

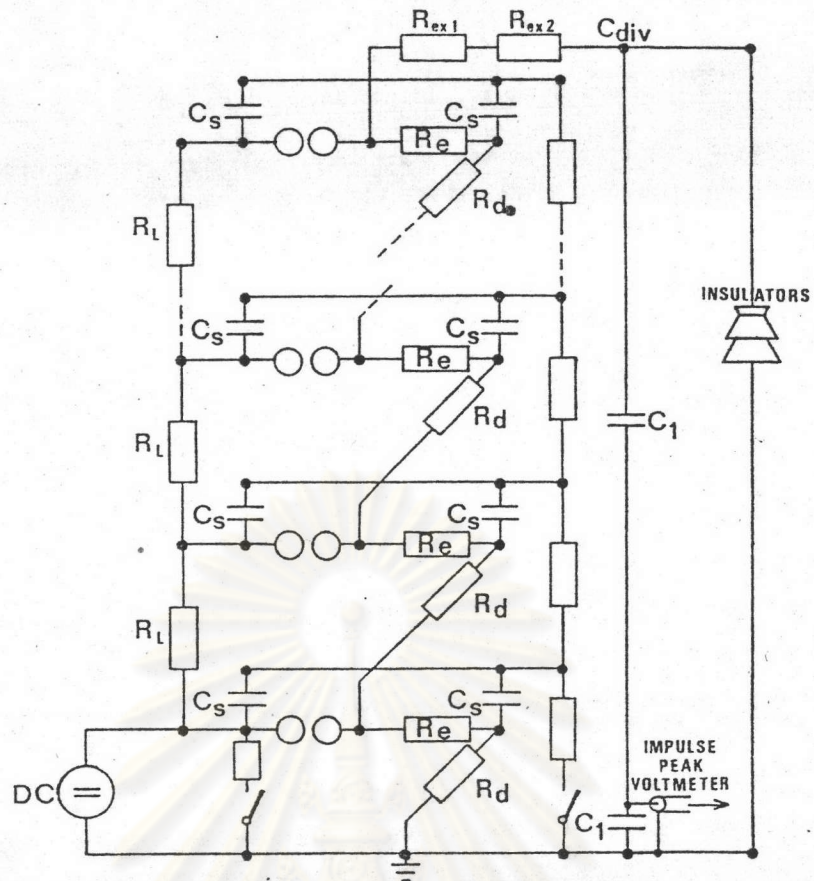


a)

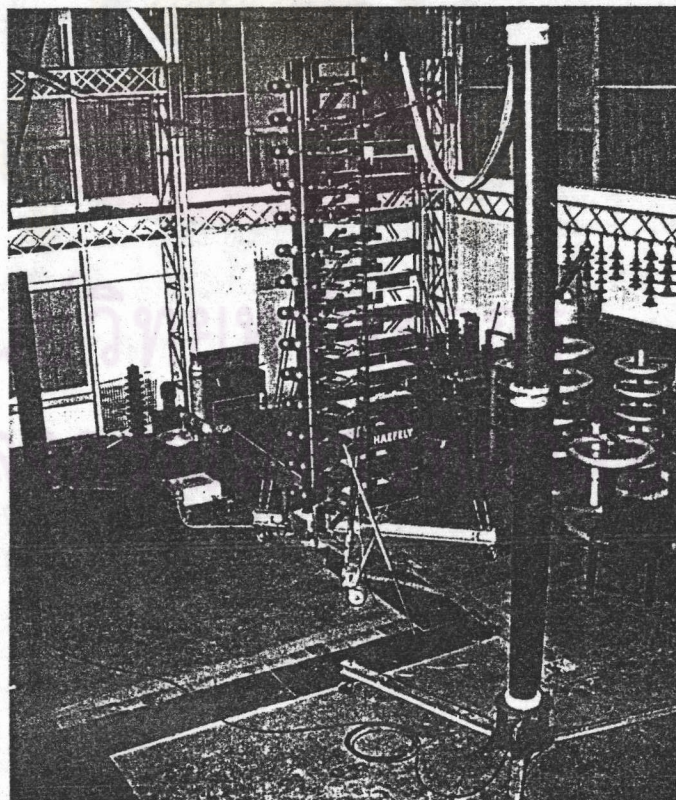


b)

รูปที่ 4.11 a) รูปคลื่นอิมพัลส์หน้าคลื่นขึ้นที่ใช้ในการทดสอบชั่วคราว
b) รูปคลื่นอิมพัลส์หน้าคลื่นขึ้นที่ใช้ในการทดสอบชั่วน



รูปที่ 4.12 วงจรกำเนิดแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นขั้นที่ใช้ในการทดสอบ



รูปที่ 4.13 อุปกรณ์และการติดตั้งในวงจรกำเนิดแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นขั้นที่ใช้ในการทดสอบ

ในวงจรประกอบด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

- 1) ตัวเก็บประจุแรงสูง (C_u) ขนาด 50 kV 2 μ F จำนวน 28 ตัว
- 2) ความต้านทาน (R_{ox1}) ขนาด 160 ohm จำนวน 1 ตัว
- 3) ความต้านทาน (R_{ox2}) ขนาด 345 ohm จำนวน 1 ตัว
- 4) ความต้านทาน (R_L) ขนาด 4.8 k-ohm จำนวน 14 ตัว
- 5) ความต้านทาน (R_d) ขนาด 12 ohm จำนวน 14 ตัว
- 6) ความต้านทาน (R_o) ขนาด 68 ohm จำนวน 14 ตัว
- 7) Impulse Test Set Metering Module "HAEFELY" Type 10 จำนวน 1 ชุด
- 8) Impulse Test Set Control Module "HAEFELY" Type 221 จำนวน 1 ชุด
- 9) Impulse Peak Voltmeter "HAEFELY" Type 64 M จำนวน 1 ชุด
- 10) Trigatron "HAEFELY" Type 94 จำนวน 1 ชุด
- 11) ชุดกำเนิดแรงดันกระแสตรง (DC) ขนาด 100 kV_{DC} 7.5 KVA จำนวน 1 ชุด
- 12) โวลต์เตจดีไวเดอร์แบบตัวเก็บประจุตัวแรงดันอิมพัลส์ (C_{div}) โดยมี
 $C_1 = 400$ pF จำนวน 2 ตัวต่ออนุกรม $C_2 = 200$ nF ได้อัตราส่วน
แรงดัน 1: 1,148 จำนวน 1 ตัว
- 13) Impulse Oscilloscope "HAEFELY" Type 721 จำนวน 1 ชุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย