หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

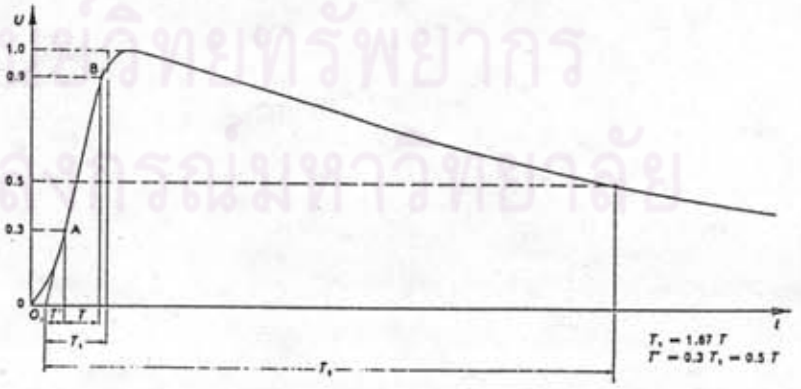
บทที่ 2

การทดสอบด้วยแรงดันสูงอิมพัลส์

2.1 การสร้างแรงดันสูงอิมพัลส์

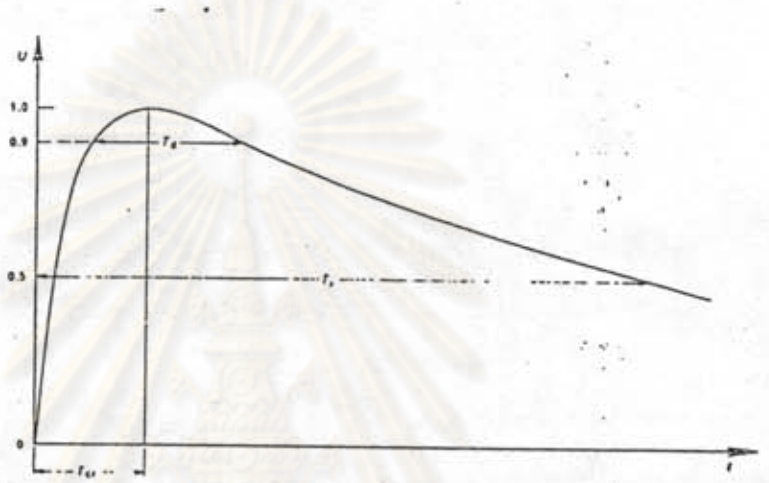
แรงดันอิมพัลส์คือแรงดันทรานเซี้ยนต์ไม่เป็นคาบ[7] ขนาดของแรงดันจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงค่ายอดแล้วลดลงเป็นศูนย์ด้วยความเร็วที่ช้ากว่า แรงดันอิมพัลส์โดยทั่วไปแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ

1) แรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติอันเนื่องมาจากการดีสชาร์จของประจุไฟฟ้าในก้อนเมฆที่อาจเกิดขึ้นระหว่างก้อนเมฆหรือในก้อนเมฆเองซึ่งจัดเป็นแรงดันเกินที่มีต้นเหตุเกิดจากภายนอกระบบส่งจ่าย แรงดันอิมพัลส์นี้จะมีรูปคลื่นมาตรฐาน 1.2/50 μs [7] กล่าวคือเวลาช่วงหน้าคลื่น T_1 (wave front time) ซึ่งหมายถึงเวลาที่แรงดันเริ่มเพิ่มขึ้นจากศูนย์ถึงค่ายอดมีค่าเท่ากับ 1.2 μs และเวลาช่วงหลังคลื่น T_2 (wave tail time) หมายถึงช่วงเวลาตั้งแต่แรงดันเริ่มเพิ่มจากศูนย์ผ่านค่ายอดจนกระทั่งขนาดลดลงเหลือครึ่งหนึ่งของค่ายอดมีค่าเท่ากับ 50 μs ดังแสดงในรูปที่ 2.1



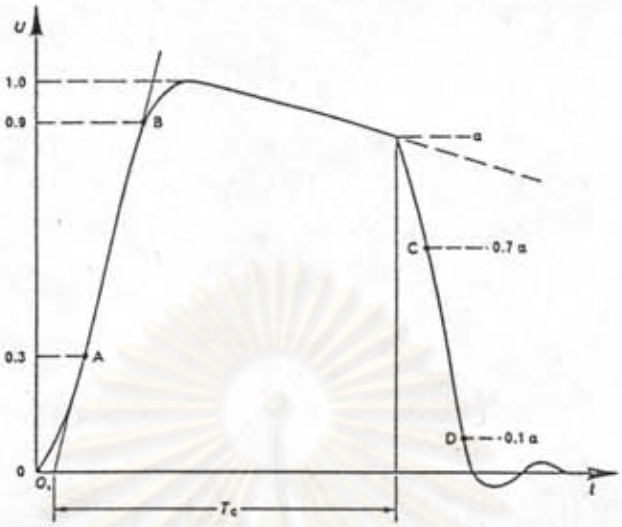
รูปที่ 2.1 แรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่ารูปคลื่นมาตรฐาน 1.2/50 μs

2) แรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นสวิตชิง จะมีต้นเหตุเกิดจากการทำงานของเซอร์กิตเบรเกอร์หรือสวิตช์ตัดตอนทำให้เกิดการปิดเปิดวงจร โดยผู้ปฏิบัติงานเป็นผู้กระทำ หรือปิดเปิดเองโดยอัตโนมัติตามเงื่อนไขที่ผู้ปฏิบัติกำหนดไว้ เช่น เกิดผิดพร่องขึ้นในระบบส่งจ่ายเองรูปคลื่นมาตรฐานของแรงดันอิมพัลส์นี้คือ 250/2500 us [7] ดังแสดงในรูปที่ 2.2

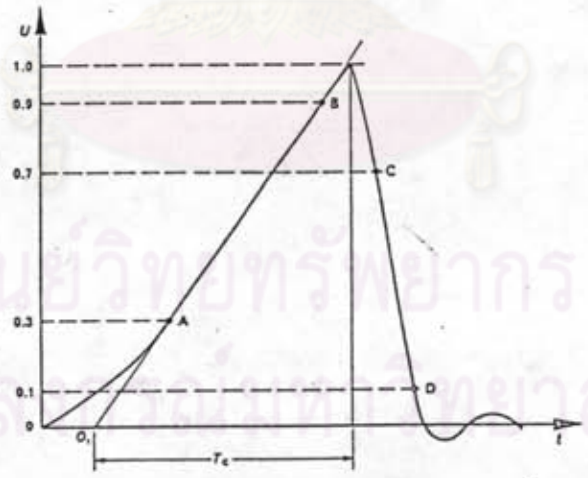


รูปที่ 2.2 แรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นสวิตชิงรูปคลื่นมาตรฐาน 250/2500 us

นอกจากนี้แรงดันอิมพัลส์ยังแบ่งเป็นแบบรูปคลื่นเต็มและรูปคลื่นตัด รูปคลื่นเต็มหมายถึงรูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและลดลงเป็นศูนย์ด้วยอัตราที่ช้ากว่า โดยไม่มีการรบกวนจากการเกิดวาบไฟหรือการเจาะทะลุดังแสดงในรูปที่ 2.1 และ 2.2 รูปคลื่นตัดหมายถึงแรงดันอิมพัลส์ที่ถูกรบกวนอย่างฉับพลันจากการเกิดวาบไฟหรือการเจาะทะลุทำให้แรงดันตกลงเป็นศูนย์ทันที ซึ่งอาจเป็นรูปคลื่นตัดหลังคลื่นดังแสดงในรูปที่ 2.3 หรือรูปคลื่นตัดหน้าคลื่นดังแสดงในรูปที่ 2.4



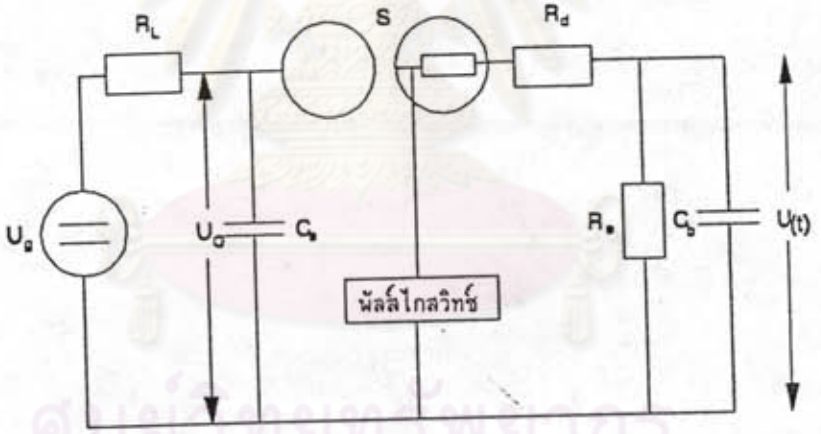
รูปที่ 2.3 แรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นตัดหลังคลื่น



รูปที่ 2.4 แรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นตัดหน้าคลื่น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

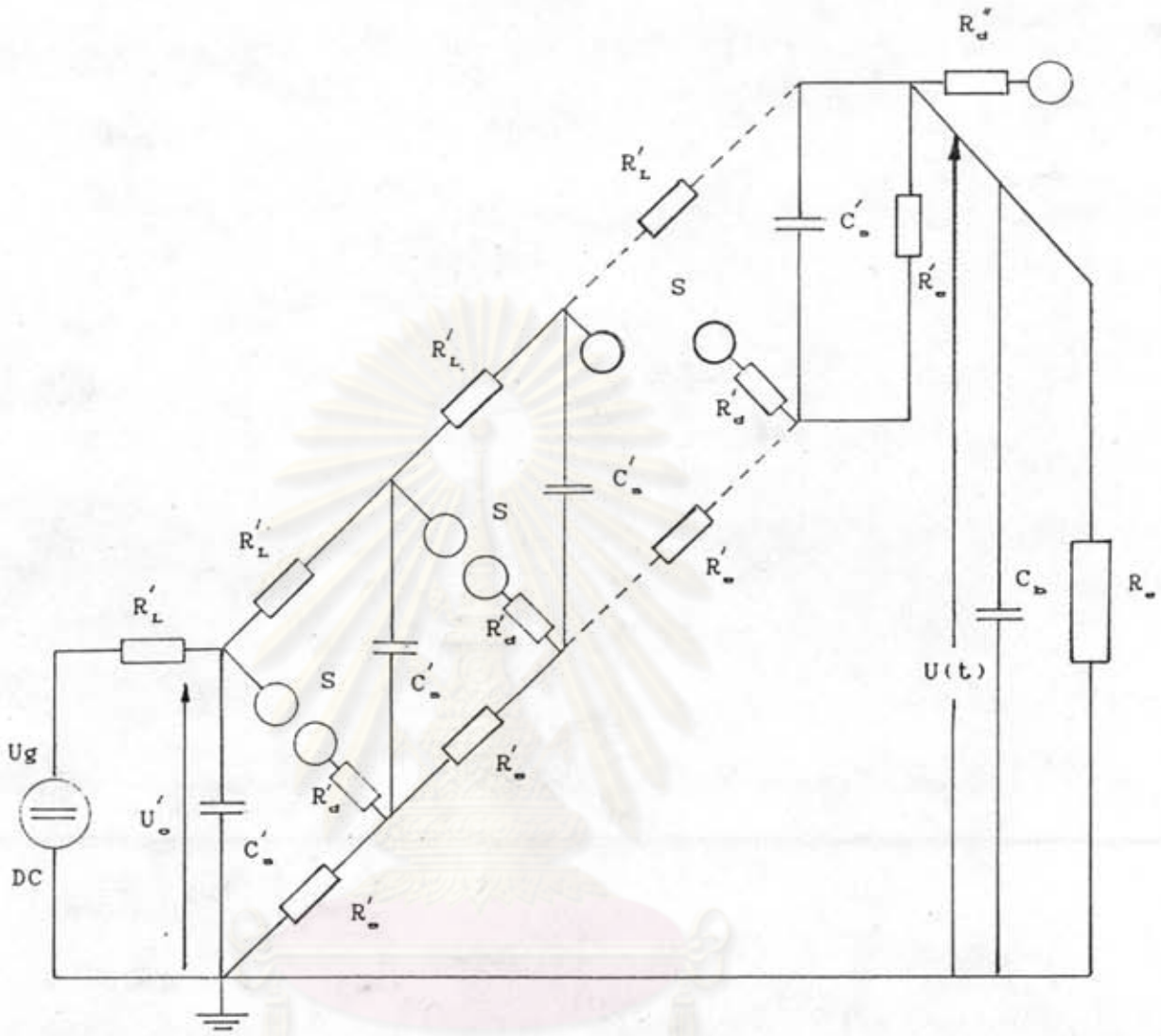
แรงดันอิมพัลส์ทั้งรูปคลื่นฟ้าผ่าและรูปคลื่นสวิตชิงสามารถสร้างได้จากวงจรพื้นฐานเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์[5]ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบต่างๆดังรูปที่ 2.5 หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์คือ มีตัวจ่ายแรงดันกระแสตรง U_g เป็นตัวป้อนแรงดันอัดประจุผ่านความต้านทาน R_L ให้ตัวเก็บประจุ C_s จนกระทั่งได้แรงดันที่ต้องการ U_0 ซึ่งขึ้นกับระยะห่างของสปาร์กแกป S ที่ปรับได้ แรงดันอิมพัลส์ที่ใช้ทดสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงนั้นควรจะต้องกำหนดหรือควบคุมได้ ทั้งนี้เพื่อให้ค่าแรงดันที่สร้างขึ้นหลายๆครั้งมีค่าคงที่ซึ่งควบคุมได้ด้วยพัลส์ไกสวิตช์เป็นตัวเริ่มทำให้เกิดดีสชาร์จในสปาร์กแกปโดยใช้สัญญาณพัลส์ ทำให้เกิดสปาร์กในช่องสปาร์กแกป ตัวเก็บประจุ C_s จะทำการปล่อยประจุให้กับโหลด C_b ผ่านความต้านทาน R_d เมื่อถ่ายประจุให้ C_b จนเต็มแล้ว หลังจากนั้นประจุนี้ก็จะดีสชาร์จหรือคายประจุออกไปสู่ R_s จะได้แรงดันอิมพัลส์ U(t) ที่วัสดุทดสอบ C_b ซึ่งแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่าหรือสวิตชิงสามารถสร้างได้โดยปรับองค์ประกอบในวงจรคือ R_d และ R_s



U_g = ตัวจ่ายแรงดันกระแสตรง
U_0 = แรงดันอัดประจุกระแสตรง
C_s = ตัวเก็บประจุอิมพัลส์เป็นตัวเก็บประจุหลังงาน
S = สปาร์กแกป
R_L = ความต้านทานจำกัดกระแสอัดประจุ
R_d = ความต้านทานหน่วง
R_s = ความต้านทานปล่อยประจุ
U(t) = แรงดันอิมพัลส์ที่แปรได้ตามเวลา
C_b = โหลดตัวเก็บประจุ(รวมทั้งความจุไฟฟ้าของอุปกรณ์วัดและอื่นๆ)

รูปที่ 2.5 วงจรพื้นฐานของเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์

แรงดันอิมพัลส์อาจสร้างได้จากเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์พื้นฐานหลายๆ ขั้นมาต่อซ้อนกันดังแสดงในรูปที่ 2.6 [5]



รูปที่ 2.6 เครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์แบบหลายขั้น

ตัวเก็บประจุ C_b' ทุกตัวจะได้รับการอัดประจุ ในลักษณะที่ต่อกันแบบขนานด้วยแรงดัน U_0 เมื่อส่งสัญญาณพัลส์ไกสวิตช์ทำให้สปาร์กแกปของขั้นแรกทำงานก่อน สปาร์กแกปขั้นต่อๆไปก็จะเกิดสปาร์กตามลำดับ เป็นผลให้ตัวเก็บประจุ C_b' ทั้งหมดต่อกันแบบอนุกรม และได้แรงดันสูงเป็นทวีคูณของจำนวนขั้น ถ้าเครื่องกำเนิดมี n ขั้นก็จะได้แรงดันสูงจ่ายออกเป็น

$$U_0 = nU_0'$$

ส่วนค่าความจุไฟฟ้า $C_b = C_b'/n$

และความต้านทานองค์ประกอบรวม $R_d = nR_d'$ และ $R_b = nR_b'$

ค่าแรงดันสูงจ่ายออกจะแปรไปตามเวลาที่อาจเขียนแทนได้ด้วยสมการ[8]

$$U(t) = \frac{U_o}{k} \frac{1}{(\alpha_2 - \alpha_1)} [\exp(-\alpha_1 t) - \exp[-\alpha_2 t)]$$

$$\alpha_1, \alpha_2 = \frac{a}{2} \mp \sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 - b} \; ; \quad k = R_d C_b$$

$$a = \frac{1}{R_d C_s} + \frac{1}{R_d C_b} + \frac{1}{R_s C_b} \; ; \quad b = \frac{1}{R_d R_s C_s C_b}$$

ดังนั้นในการทดสอบแรงดันอิมพัลส์ ผู้ปฏิบัติงานจะต้องปรับแรงดันป้อนเข้าเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์โดยการปรับแรงดันกระแสตรง U_g ที่จะป้อนแรงดันอัดประจุให้กับตัวเก็บประจุอิมพัลส์ C_s ผู้ปฏิบัติงานต้องอ่านค่าแรงดันอัดประจุพร้อมกันไปด้วยเพื่อปรับค่าแรงดันอัดประจุให้ได้ค่าที่ต้องการ U_o แล้ว ก็กดสวิตช์ควบคุมพัลส์ไกสวิตช์เพื่อทำให้เกิดสปาร์กในช่องสปาร์กแกป เป็นการควบคุมอิมพัลส์แต่ละครั้ง

2.2 วิธีการทดสอบแรงดันสูงอิมพัลส์

อุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงต้องสามารถทนต่อแรงดันเกินอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่าและรูปคลื่นสวิตชิงได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับระดับแรงดันที่นำไปใช้งาน ตามมาตรฐาน IEC และ ANSI ได้กำหนดค่าแรงดันทนอิมพัลส์ของแต่ละระดับแรงดัน ดังนั้นการทดสอบแรงดันอิมพัลส์จะเป็นการทดสอบดูว่าอุปกรณ์สามารถคงทนต่อแรงดันทนอิมพัลส์ที่กำหนดโดยไม่เกิดวาบไฟหรือการเจาะทะลุ แต่อุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงจะมีทั้งแบบฉนวนคืนสภาพตัวเอง (self-restoring insulation) ได้แก่การฉนวนด้วยอากาศ เช่น ลูกถ้วยฉนวน และแบบฉนวนแบบไม่คืนสภาพตัวเอง (non-self-restoring insulation) เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า ปลอกฉนวนนำสาย(bushing) ซึ่งการเกิดวาบไฟและเจาะทะลุจะทำลายความเป็นฉนวน และการรับแรงดันอิมพัลส์หลายๆครั้งอาจทำความเสียหายแก่ฉนวนหรือทำให้อายุการใช้งานของฉนวนสั้นลง ดังนั้นจึงต้องจำกัดจำนวนครั้งที่รับแรงดันอิมพัลส์

การทดสอบแรงดันอิมพัลส์จะแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆคือ[9]

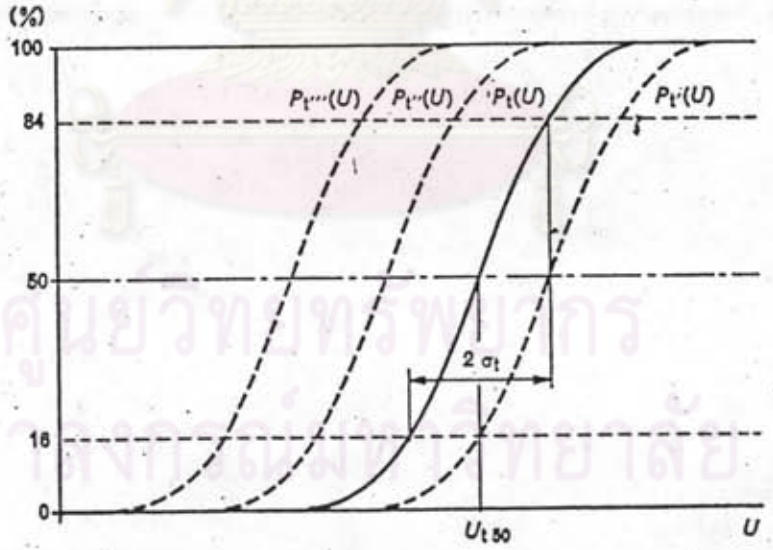
1) การทดสอบสำหรับฉนวนแบบไม่คืนสภาพตัวเอง จะทดสอบตามที่ค่าแรงดันที่มาตรฐานกำหนด ด้วยรูปคลื่นและขั้วที่กำหนด โดยป้อนจำนวนครั้งตามที่มาตรฐานกำหนด นอกจากจะมีการกำหนดเป็นอย่างอื่นสำหรับมาตรฐานของอุปกรณ์ชนิดนั้นโดยเฉพาะ

2) การทดสอบสำหรับฉนวนแบบคืนสภาพตัวเองมี 2 วิธีคือ

ก) ทดสอบที่แรงดันทนอิมพัลส์ที่กำหนดค่ายอด ชั้ว รูปคลื่น 15 ครั้ง และจะผ่านการทดสอบเมื่อเกิดการวาบไฟน้อยกว่า 2 ครั้ง

ข) ทดสอบหาค่าแรงดันอิมพัลส์วิกฤต จะผ่านการทดสอบเมื่อค่าแรงดันอิมพัลส์วิกฤตมีค่ามากกว่า $1/(1-1.3\sigma)$ เท่าของแรงดันทนอิมพัลส์ที่กำหนด

การทดสอบหาค่าอิมพัลส์เป็นวิธีทางสถิติเพราะความสามารถที่จะทนทานต่อความเครียดสนามไฟฟ้าที่เกิดจากการป้อนแรงดันอิมพัลส์ที่มีรูปคลื่นและค่ายอดที่กำหนดเป็นปรากฏการณ์สุ่ม[10] เมื่อเราป้อนค่ายอดแรงดันอิมพัลส์ N ครั้ง จะเกิดวาบไฟ N_1 ครั้ง ความน่าจะเกิดวาบไฟ $P_t = N_1/N$ เส้นกราฟความสัมพันธ์ของค่ายอดแรงดันอิมพัลส์ที่ค่า U ต่างๆกับความน่าจะเกิดวาบไฟ P_t ของฉนวนแสดงในรูปที่ 2.7 ซึ่งการกระจายมีลักษณะเป็น Gaussian Distribution ค่าความน่าจะเกิดวาบไฟจะเพิ่มจาก 0-100% ในช่วงแคบๆของแรงดัน ซึ่งจากเส้นกราฟเราจะสามารถหาค่าแรงดันอิมพัลส์วิกฤต U_{t50} ได้โดยการลากเส้นจาก 50% มาตัดแกนแรงดัน และค่าแรงดันทนอิมพัลส์สถิติ U_{t10} สามารถหาได้จากสมการ $U_{50} = \dfrac{U_{t10}}{1-1.3\sigma}$



รูปที่ 2.7 ความน่าจะเกิดวาบไฟของฉนวนเมื่อรับแรงดันอิมพัลส์

ซึ่งมาตรฐาน IEC กำหนดค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า σ = 0.03 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานรูปคลื่นสวิตชิง σ = 0.06 ดังนั้นวัสดุทดสอบจะผ่านการทดสอบเมื่อ

$$U_{150} \geq \frac{U_{RW}}{(1-1.3\sigma)}$$

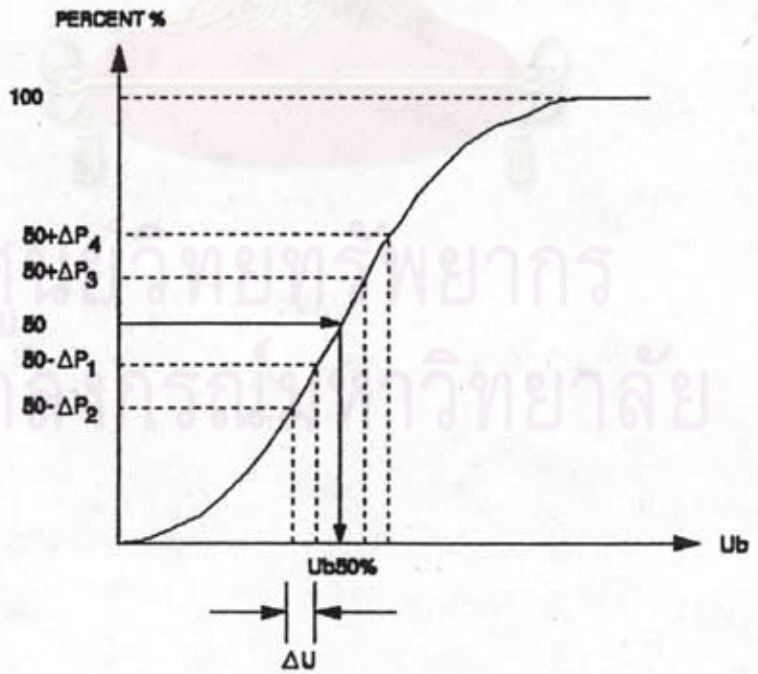
U_{RW} = แรงดันทนอิมพัลส์กำหนด

2.2.1 การทดสอบหาค่าแรงดันอิมพัลส์วิกฤต

การทดสอบหาค่าแรงดันอิมพัลส์วิกฤตที่ใช้กันอยู่ทั่วไปมี 2 วิธีคือ[9]

2.2.1.1 วิธีแรงดันหลายระดับ (Multiple level voltage method)

เป็นวิธีที่ใช้เส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์เป็นเปอร์เซนต์ของความน่าจะเกิดเบรกดาวน์หรือวาบไฟกับค่าแรงดันที่ป้อน โดยป้อนแรงดันอย่างน้อย 10 ครั้งที่แรงดันแต่ละค่าหรือแต่ละระดับ ความแตกต่างของแรงดันที่ป้อนระหว่างระดับ (ΔU) ประมาณ 3% ของค่าแรงดันอิมพัลส์วิกฤตที่คาดหมาย ทดลองที่แรงดันหลายระดับที่สูงกว่าและที่ต่ำกว่าค่าแรงดันอิมพัลส์วิกฤตที่คาดหมาย ก็จะหาค่าแรงดันอิมพัลส์วิกฤตได้จากเส้นกราฟนี้ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 เส้นกราฟใช้หาค่าแรงดันอิมพัลส์วิกฤต

เมื่อนำมาเขียนกราฟความน่าจะเกิดวาบไฟกับแรงดัน ถ้ากราฟเป็นเส้นตรงและมีการกระจายแบบ Gaussian Distribution ก็จะสามารถประมาณค่าแรงดันอิมพัลส์วิกฤตได้จากการลากเส้นจากแกนความน่าจะเกิดที่ค่า 50% มาตัดเส้นกราฟ แล้วลากเส้นตรงลงมาตัดแกนแรงดัน และสามารถประมาณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากความต่างของแรงดันของความน่าจะเกิดที่ 50% กับ 16% ความถูกต้องจะขึ้นอยู่กับจำนวนครั้งที่ทดสอบ โดยทั่วไปแล้วไม่ควรเกิน 20 ครั้งของแต่ละขั้นแรงดัน

2.2.1.2 วิธีปรับขึ้น-ลง (Up-and-down method)

เป็นวิธีหาค่าแรงดันปานกลางที่ทำให้เกิดเบรกดาวน์และไม่เบรกดาวน์สลับกัน โดยเริ่มต้นเลือกค่าแรงดันค่าหนึ่งที่คาดหมายว่าจะเป็นแรงดันอิมพัลส์วิกฤตเป็นค่าแรกที่ป้อนแรงดันอิมพัลส์ ค่าแรงดันที่จะป้อนต่อไปจะขึ้นกับผลที่เกิดขึ้นจากการป้อนแรงดันที่ผ่านมา ถ้าไม่เกิดวาบไฟให้เพิ่มแรงดันขึ้นประมาณ 3% ถ้าเกิดก็ลดแรงดันลง ปฏิบัติต่อเนื่องกันเช่นนี้จนกระทั่งมีจำนวนครั้งที่ป้อนแรงดันมากพอ ก็จะคำนวณค่าแรงดันอิมพัลส์วิกฤตได้จากสมการ

$$U_{50} = \frac{\Sigma n_v U_v}{\Sigma n_v}$$

U_v = ขนาดแรงดันอิมพัลส์

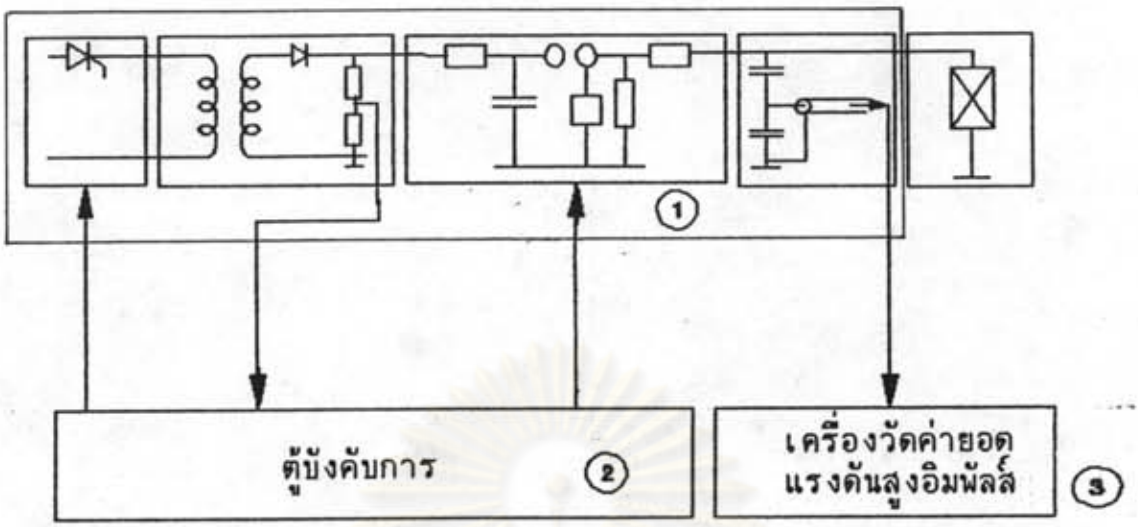
n_v = จำนวนครั้งที่ป้อนแรงดันอิมพัลส์แต่ละระดับแรงดัน

จำนวนที่ทดสอบควรมากกว่า 20 ครั้งแต่ไม่ควรเกิน 40 ครั้งและค่าแรกควรจะเริ่มบันทึกหลังจากป้อนแรงดันอิมพัลส์มากกว่าหรือเท่ากับ 2 ครั้ง เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงความผิดพลาดที่เกิดจากค่าคาดหมายที่สูงหรือต่ำเกินไป

2.3 การควบคุมการทดสอบแรงดันอิมพัลส์แบบเดิม

กระบวนการทดสอบแรงดันอิมพัลส์ตามปกติทั่วไปจะมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2.9 ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ๆคือ

1) เครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์และระบบวัด
2) เครื่องควบคุมตัวจ่ายแรงดันอัดประจุ
3) เครื่องวัดค่ายอดแรงดันอิมพัลส์

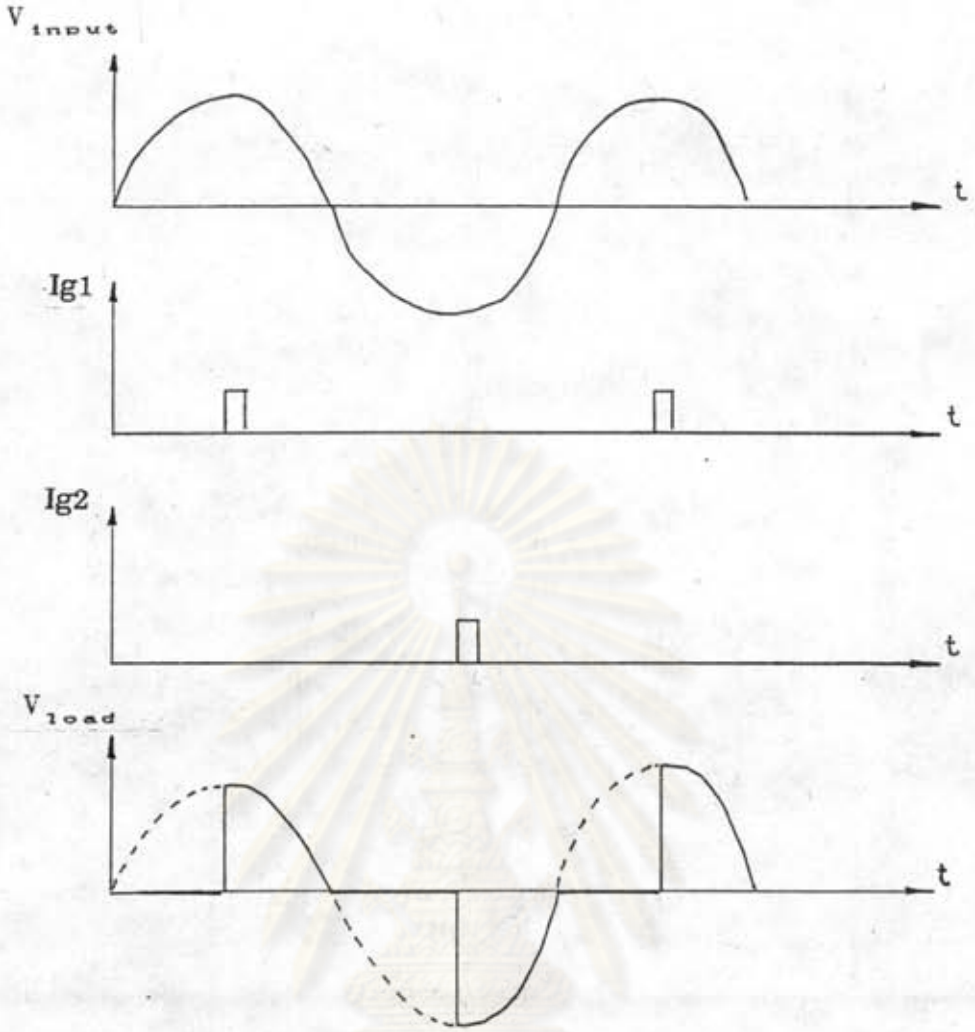


① = เครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์และระบบวัด
② = เครื่องควบคุมตัวจ่ายแรงดันอัดประจุ
③ = เครื่องวัดค่ายอดแรงดันอิมพัลส์

รูปที่ 2.10 ผังแสดงระบบการทดสอบแรงดันอิมพัลส์

1) เครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์และระบบวัด มีหน้าที่สร้างแรงดันอิมพัลส์ฟ้าผ่ารูปคลื่นมาตรฐานที่ได้กล่าวแล้วในหัวข้อ 2.1 ที่สามารถกำหนดชั้วและขนาดได้ และมีดีซีโวลเตจดิไวเดอร์ที่ทำหน้าที่แบ่งทอนแรงดันอัดประจุลงเหลือขนาดพอเหมาะกับโวลต์มิเตอร์ และอิมพัลส์โวลเตจดิไวเดอร์ที่ทำหน้าที่แบ่งทอนแรงดันอิมพัลส์ให้มีขนาดพอเหมาะกับเครื่องวัดค่ายอดแรงดันอิมพัลส์

2) เครื่องควบคุมตัวจ่ายแรงดันอัดประจุ จะทำหน้าที่ปรับและควบคุมแรงดันเข้า โดยใช้เอสซีอาร์แบบควบคุมเฟส โดยเอสซีอาร์จะทำหน้าที่เป็นสวิตช์ปล่อยให้บางส่วนของแรงดันป้อนเข้าผ่านเข้าไปได้ในแต่ละไซเคิล การควบคุมเอสซีอาร์จะใช้วิธีควบคุมกระแสเกตดังแสดงในรูปที่ 2.11 ในไซเคิลบวกเมื่อมีกระแสเกต I_{g1} จะทำให้เอสซีอาร์ SCR1 นำกระแส เมื่อถึงไซเคิลลบ SCR1 จะหยุดนำกระแส และกระแสเกต I_{g2} จะควบคุมให้เอสซีอาร์ SCR2 นำกระแสที่มุมเฟสที่ต้องการ การควบคุมกระแสเกต I_{g1}, I_{g2} สามารถทำได้โดยปรับสัญญานแรงดันไฟตรงผ่านวงจรขับเกตเอสซีอาร์ และเครื่องควบคุมนี้จะทำหน้าที่อ่านแรงดันอัดประจุและแสดงผลทางหน้าปัทม์



รูปที่ 2.10 การควบคุมแรงดันเข้าโดยใช้เอสซีอาร์แบบควบคุมเฟส

3) เครื่องวัดค่ายอดแรงดันสูงอิมพัลส์ มีหน้าที่วัดค่ายอดแรงดันอิมพัลส์และแสดงผลทางหน้าปัทม์ แล็ตช์ค่าไว้และส่งผลรูปสัญญาณดิจิตอลมาที่หัวต่อด้านหลัง

การควบคุมการทดสอบแรงดันอิมพัลส์แบบเดิมนี้ ผู้ปฏิบัติงานต้องทราบและมีความเข้าใจวิธีการทดสอบที่จะใช้ ค่าแรงดันทนอิมพัลส์ หรือแรงดันอิมพัลส์วิกฤตที่คาดหมาย ในกรณีที่ทดสอบความคงทนต่อแรงดันอิมพัลส์ที่มีการกำหนดแรงดันทนอิมพัลส์ ผู้ปฏิบัติงานจะต้องบันทึก อุณหภูมิ ความดัน ความชื้น เพื่อนำไปคำนวณค่าแรงทนอิมพัลส์ที่สภาวะห้องก่อนจะไปคำนวณค่าแรงดันอัดประจุ แล้วทำการปรับแรงดันเข้าเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์โดยวิธีปรับจำนวนรอบของวาริแอคด้วยมือหรือโดยการกดสวิตช์สั่งให้มอเตอร์เป็นตัวบิดหรือบิดปรับแรงดันให้กับวงจรควบคุมแรงดันด้วย

เอสซีอาร์ แรงดันเข้านี้จะทำหน้าที่ป้อนกำลังไฟฟ้าให้กับหม้อแปลงแรงสูงประกอบกับวงจรเรกติฟายเออร์เป็นแหล่งจ่ายไฟตรงให้เครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ และมีดีซีโวลเตจดิไวเดอร์ใช้วัดแรงดันสูงกระแสตรงแล้วทอนเป็นแรงดันต่ำส่งกลับมาให้ผู้ปฏิบัติงานอ่านแรงดันอัดประจุจากโวลต์มิเตอร์ ซึ่งผู้ปฏิบัติงานจะต้องทราบลักษณะและทำการคำนวณแรงดันอัดประจุเมื่อปรับแรงดันเข้าและอ่านแรงดันอัดประจุจนกระทั่งได้ค่าแรงดันอัดประจุตามที่ต้องการก็สั่งพัลส์ไกสวิตช์โดยการกดปุ่มสวิตช์กดติดปล่อยดับที่เป็นตัวจ่ายแรงดัน 220 โวลต์ ให้แก่พัลส์ไกสวิตช์ เพื่อให้เกิดการคายประจุให้วัสดุทดสอบและอิมพัลส์โวลเตจดิไวเดอร์ ซึ่งทำหน้าที่ทอนแรงดันสูงอิมพัลส์เป็นค่าต่ำ ผ่านสายเคเบิลมาที่เครื่องวัดค่ายอดแรงดันอิมพัลส์ ผู้ปฏิบัติต้องอ่านค่ายอดแรงดันอิมพัลส์ ถ้าค่ายอดแรงดันอิมพัลส์ยังไม่ใช่ค่าที่ต้องการ ต้องคำนวณและปรับค่าแรงดันอัดประจุใหม่ และควบคุมการสร้างแรงดันอิมพัลส์ใหม่ จนกระทั่งได้ค่ายอดแรงดันอิมพัลส์ที่ต้องการ ก็จะเริ่มทำการทดสอบแรงดันอิมพัลส์ในแต่ละครั้งที่ป้อนแรงดันอิมพัลส์ ผู้ปฏิบัติงานต้องคำนวณค่าแรงดันอัดประจุ ทำการปรับแรงดันเข้าและค่าแรงดันอัดประจุให้ได้ค่าตามที่ต้องการ แล้วสั่งพัลส์ไกสวิตช์ อ่านค่ายอดแรงดันอิมพัลส์ สังเกตุการเกิดวาบไฟ บันทึกค่าต่างๆ และคำนวณค่าแรงดันอัดประจุครั้งต่อไปจนจบขบวนการทดสอบ ผู้ปฏิบัติงานก็ต้องคำนวณผลการทดลอง ถ้าเป็นการทดสอบตามวิธีแรงดันหลายระดับหรือวิธีปรับขึ้น-ลง ผู้ปฏิบัติการทดสอบต้องคำนวณหาค่าแรงดันอิมพัลส์วิกฤต โดยวิธีที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.2.1.1 และหัวข้อ 2.2.1.2

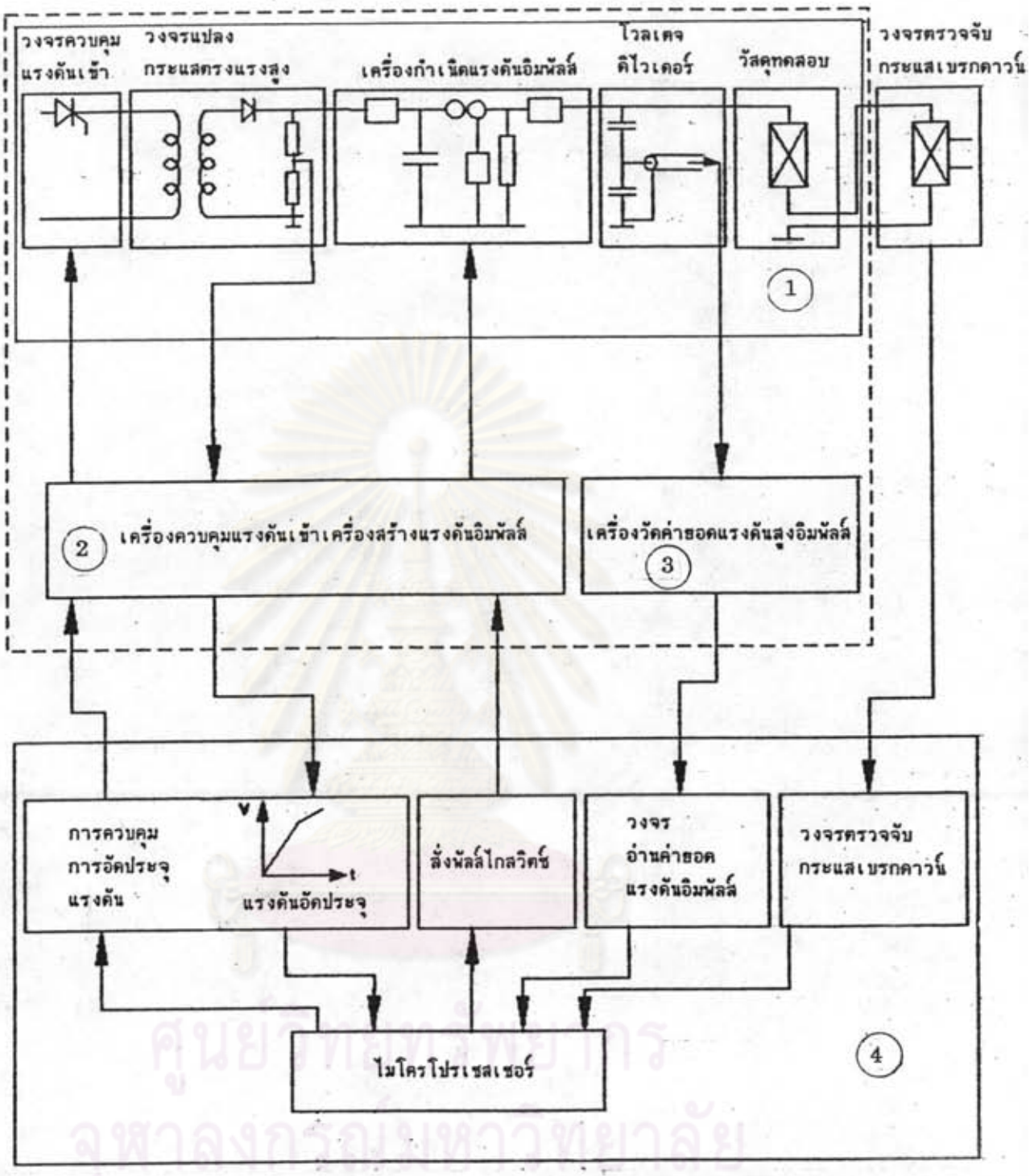
2.4 การควบคุมการทดสอบแรงดันอิมพัลส์แบบใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุม

ในระบบควบคุมการทดสอบแบบอัตโนมัติมีส่วนประกอบต่างๆแสดงในรูปที่ 2.11

1) เครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์และระบบวัด
2) เครื่องควบคุมตัวจ่ายแรงดันอัดประจุ
3) เครื่องวัดค่ายอดแรงดันอิมพัลส์
4) เครื่องควบคุมอัตโนมัติ

018834

ส่วนประกอบวงจรสร้างแรงดันอิมพัลส์แบบเดิมที่ใช้คนควบคุม



① = เครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์และระบบวัด

② = เครื่องควบคุมตัวจ่ายแรงดันอัดประจุ

③ = เครื่องวัดค่ายอดแรงดันอิมพัลส์

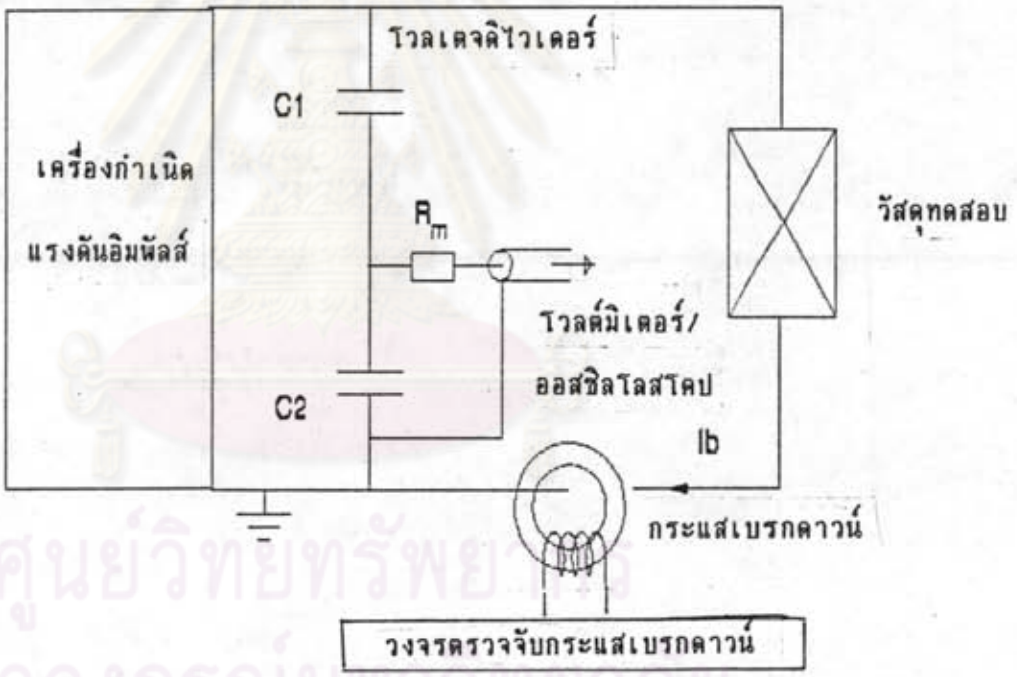
④ = เครื่องควบคุมอัตโนมัติ

รูปที่ 2.11 ผังแสดงส่วนประกอบระบบการทดสอบแรงดันสูงอิมพัลส์แบบอัตโนมัติ

เครื่องควบคุมอัตโนมัติประกอบด้วย วงจรควบคุมแรงดันอัดประจุ วงจรสั่งพัลส์ไกสวิตช์ วงจรอ่านค่ายอดแรงดันอิมพัลส์ เช่นเดียวกับการควบคุมการทดสอบแบบธรรมดา ส่วนแบบอัตโนมัติมีส่วนที่เพิ่มคือ วงจรตรวจจับกระแสเบรกดาวน์และไมโครโปรเซสเซอร์

1) วงจรตรวจจับกระแสเบรกดาวน์

เมื่อเกิดวาบไฟตามผิวฉนวนหรือเกิดเบรกดาวน์ที่วัสดุทดสอบจะทำให้กระแสไหลอย่างมากจากวัสดุทดสอบลงกราวด์ ดังแสดงในรูปที่ 2.12 สำหรับการทดสอบแบบเดิมนั้นจะใช้วิธีสังเกตการวาบไฟตามผิวที่วัสดุทดสอบหรือ ออสซิลโลสโคปจับรูปคลื่น แต่แบบอัตโนมัติตรวจจับการเกิดวาบไฟโดยต่อวัสดุทดสอบผ่านหม้อแปลงกระแสก่อนจะต่อลงกราวด์ เมื่อเกิดการวาบไฟก็มีกระแสไหลผ่านหม้อแปลงกระแส ดังนั้นการควบคุมอัตโนมัติก็จะสามารถตรวจจับกระแสเบรกดาวน์ได้จากกระแสเอาต์พุตของหม้อแปลงกระแส



รูปที่ 2.12 แสดงวิธีตรวจจับกระแสเบรกดาวน์ของระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ

2) ไมโครโปรเซสเซอร์

ไมโครโปรเซสเซอร์จะทำหน้าที่แทนผู้ปฏิบัติงานกล่าวคือจะทำการสั่งวงจรควบคุมอื่นๆที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 2.3 ตามขั้นตอนการทดสอบเช่นเดียวกับที่สมองสั่งการโดยรับค่าสั่งและข้อมูลเกี่ยวกับขนาดแรงดันทดสอบ วัสดุทดสอบ และ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สภาวะบรรยากาศขณะทดสอบจากผู้ใช้ในตอนเริ่มต้น เมื่อไมโครโปรเซสเซอร์ได้รับข้อมูลเพียงพอแล้ว ก็จะเริ่มทำการทดสอบเองโดยอัตโนมัติและไม่ต้องอาศัยผู้ควบคุม ขั้นแรกไมโครโปรเซสเซอร์จะคำนวณแรงดันอัดประจุจากขนาดแรงดันทดสอบ แล้วทำการปรับและอ่านค่าแรงดันอัดประจุ จนถึงค่าแรงดันที่ต้องการก็สั่งพัลส์ไกสวิตช์ แล้วอ่านค่ายอดแรงดันและทำการตรวจจับกระแสเบรกดาวน์ และทำการบันทึกค่า ในขณะที่ทำการควบคุมแรงดันอัดประจุจะทำการตรวจจับด้วยว่าเกิดการสปาร์กข้ามแกปโดยที่ไม่ได้สั่งพัลส์ไกสวิตช์หรือไม่ และหลังจากสั่งพัลส์ไกสวิตช์แล้วเกิดการสปาร์กข้ามแกปแบบไม่สมบูรณ์หรือไม่ และไมโครโปรเซสเซอร์จะมีโปรแกรมการทำงานรองรับในกรณีที่ขบวนการสร้างแรงดันอิมพัลส์ผิดปกติ หลังจากสร้างแรงดันอิมพัลส์แต่ละครั้ง จะคำนวณค่าแรงดันอัดประจุครั้งต่อไป จนกระทั่งจบกระบวนการทดสอบ ก็จะทำการคำนวณผล ซึ่งถ้าเป็นการหาค่าแรงดันอิมพัลส์วิกฤต ไมโครโปรเซสเซอร์จะคำนวณตามวิธีที่เหมาะสมกับวิธีการทดสอบ แล้วทำการคำนวณตัวประกอบค่าแก้ Kd, Kh และคำนวณค่าอิมพัลส์วิกฤตที่สภาวะมาตรฐานและแสดงผลทางเครื่องพิมพ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย