

**การศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยฉับพลันต่อโอกาสการเจาะทะลุผ่านเนื้อฉนวน
ของลูกถ้วยแขวนปอร์ซเลน Class 52-3, 52-4 และ 52-8 เมื่อได้รับแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชัน
(A Study The Effects of Thermal-Shock on The Probationary Puncture of Suspension Type Porcelain
Insulators Class 52-3, 52-4 and 52-8 by Applied Steep-Front of Wave Voltage)**

สิทธิชาติ แวสุวรรณ สราวุธ โชคอำนวย นพรัตน์ สังข์ศรี และ ไชยพร หล่อทองคำ *

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

51 หมู่ 1 ถ.เชื่อมสัมพันธ์ หนองจอก กรุงเทพฯ โทร. 02-9883666 ต่อ 286 #305, โทรสาร 02-9884040, E-mail: chaiyapo@mut.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้เป็นรายงานการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยฉับพลันต่อโอกาสการเจาะทะลุผ่านเนื้อฉนวนลูกถ้วยแขวนปอร์ซเลน Type B แบบ 52-3, 52 4 และ 52-8 ที่มีแนวเจาะทะลุเนื้อฉนวนแข็งน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของระยะยาวไฟตามผิวอากาศ เมื่อได้รับแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชัน ทดสอบเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างลูกถ้วยฉนวนทั้งกรณีที่ไม่ผ่านและกรณีที่ผ่านการทดสอบผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยฉับพลันแบบมีจำนวนรอบการทดสอบที่แตกต่างกัน กระบวนการทดสอบอ้างอิงตาม มอก. 354-2523 และข้อแนะนำในมาตรฐาน ANSI C29.2 (1992) หลังจากนั้นนำตัวอย่างลูกถ้วยฉนวนไปผ่านการทดสอบเจาะทะลุผ่านเนื้อฉนวนด้วยการป้อนแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชันที่ระดับความชันหน้าคลื่นอิมพัลส์เริ่มต้นตั้งแต่ 2,500 kV/ μ s, 3,250 kV/ μ s, 4,000 kV/ μ s และ 4,750 kV/ μ s ตามลำดับ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยฉับพลันมีผลทำให้เนื้อปูนซีเมนต์ที่ใช้เชื่อมยึดระหว่างเนื้อฉนวนปอร์ซเลนกับก้านโลหะของลูกถ้วยเกิดรอยร้าวและแตกออก ซึ่งมีผลทำให้ลูกถ้วยฉนวนมีโอกาสเกิดเจาะทะลุผ่านเนื้อฉนวนภายในกรอบอิเล็กโตรดได้ง่ายขึ้นเมื่อได้รับแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชัน

คำสำคัญ : แรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชัน, ลูกถ้วยฉนวนแขวนปอร์ซเลน, การเจาะทะลุผ่านเนื้อฉนวน, การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยฉับพลัน

Keywords : Steep-Front Impulse Voltage, Suspension Type Porcelain Insulators, Puncture, Thermal-Shock

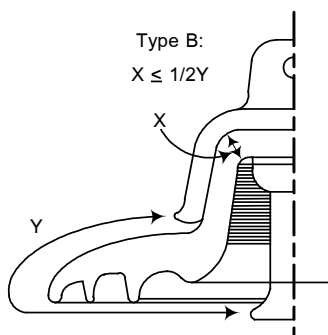
1. บทนำ

การฉนวนในระบบสายส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแรงสูงนิยมใช้ลูกถ้วยฉนวนแขวนปอร์ซเลนเป็นฉนวนกันและยึดโยงระหว่างสายตัวนำเปลือยกับโครงเหล็กส่วนแขวนของเสาสูง ซึ่งลูกถ้วยฉนวนที่ใช้กันส่วนใหญ่จะเป็นลูกถ้วยฉนวนแขวน Type B ตามมาตรฐาน IEC [1] ดังรูปที่ 1 เนื่องจากลูกถ้วยดังกล่าวมีคุณสมบัติความยืดหยุ่นทางกลสูง เมื่อเกิดความเสียหายสามารถถอดเปลี่ยนเฉพาะลูกที่แตกได้ โดยไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนใหม่ทั้งชุด (String) และจากรายงานการศึกษาพบว่าลูกถ้วยแขวนที่ติดตั้งใช้งานในระบบมักเกิดความเสียหายขึ้นจากผลพวงของฟ้าผ่าตามธรรมชาติที่เรียกว่า “แรงดันอิมพัลส์

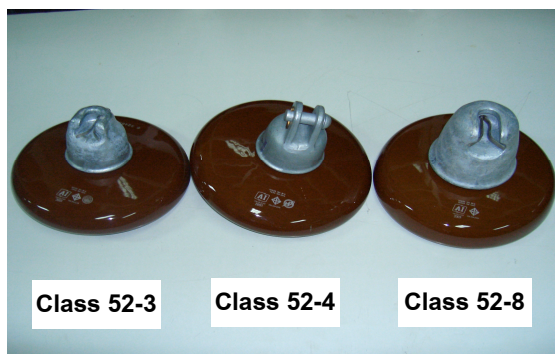
ฟ้าผ่า” ซึ่งสามารถทำให้ลูกถ้วยฉนวนแขวนเกิดเจาะทะลุผ่านเนื้อฉนวน (Puncture) หรือเกิดแตกเสียหายได้ ยิ่งแรงดันอิมพัลส์มีความชันหน้าคลื่น (Steepness) สูงเท่าใดยิ่งทำให้ลูกถ้วยมีโอกาสเจาะทะลุได้ง่ายขึ้นเท่านั้น ส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพและความน่าเชื่อถือของระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า ปัจจุบันจึงมีการกำหนดวิธีการทดสอบขึ้น [2] เพื่อตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลูกถ้วยฉนวนก่อนนำไปติดตั้งใช้งานจริง ซึ่งบริษัทผู้ผลิตจะต้องพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้สามารถทนต่อแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชันตามที่กำหนดได้ จากสมมติฐานเบื้องต้นคาดว่าผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

จากสภาวะร้อนและเป็นตามธรรมชาติที่เกิดจากสภาพการติดตั้งใช้งานจริงของลูกถ้วยนั้นจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ความสามารถทนต่อแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชั้นของลูกถ้วยฉนวนแขวนพอร์ชเลนลดลง เนื่องจากผลของสัมประสิทธิ์การขยายและหดตัวเชิงความร้อนขององค์ประกอบลูกถ้วยฉนวนที่มีค่าแตกต่างกัน และอาจเป็นสาเหตุเริ่มต้นทำให้เนื้อฉนวนพอร์ชเลนเกิดเสื่อมสภาพหรือเกิดรอยร้าว (Crack) ขึ้นภายใน ประกอบกับเมื่อได้รับแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชั้นจากฟ้าผ่าจึงทำให้เจาะทะลุได้ง่ายกว่าปกติ

ดังนั้นโครงงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาถึงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยฉับพลันต่อโอกาสการเจาะทะลุเนื้อฉนวนของลูกถ้วยแขวนพอร์ชเลนเมื่อได้รับแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชั้น โดยเน้นการศึกษากรณีตัวอย่างผลิตภัณฑ์ลูกถ้วยฉนวนแขวนชนิด 52-3, 52-4 และ 52-8 ดังแสดงในรูปที่ 2 ข้อมูลที่ได้รับจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อเพิ่มโอกาสในการแข่งขันเชิงธุรกิจของภาคอุตสาหกรรม



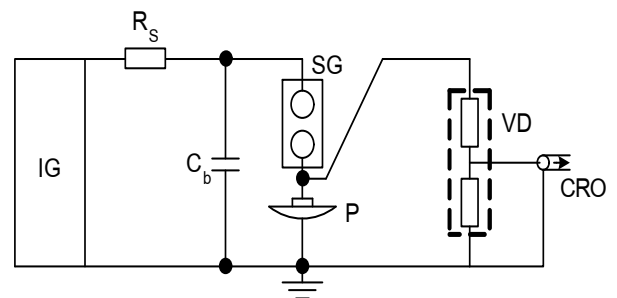
รูปที่ 1 ลักษณะลูกถ้วยฉนวน Type B



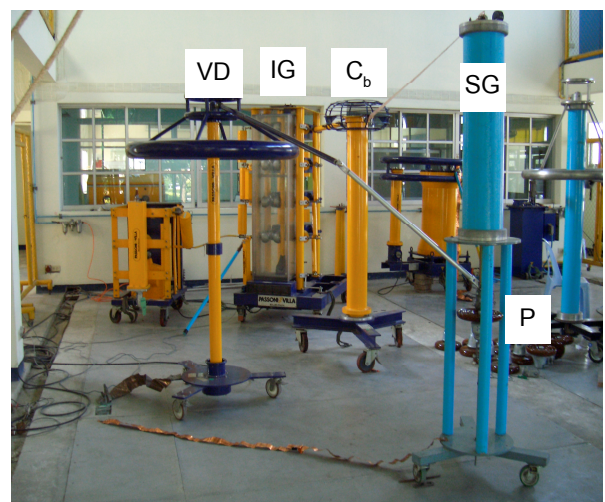
รูปที่ 2 ตัวอย่างลูกถ้วยแขวนพอร์ชเลนที่ศึกษา

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การสร้างแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชั้นใช้เทคนิคสปาร์กแกปตัดหน้าคลื่น (Chopped Wave) ของแรงดันอิมพัลส์ฟ้าผ่ามาตรฐาน 1.2/50 μ s [3] ที่ได้จากเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์มาตรฐาน 400 kV, 14 kJ/4-Stage วงจรการทดสอบแสดงดังรูปที่ 3 และการเตรียมการทดสอบในห้องปฏิบัติการแสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 วงจรการทดสอบเจาะทะลุเนื้อฉนวนลูกถ้วยแขวนพอร์ชเลน



รูปที่ 4 อุปกรณ์การทดสอบแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชั้น

2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

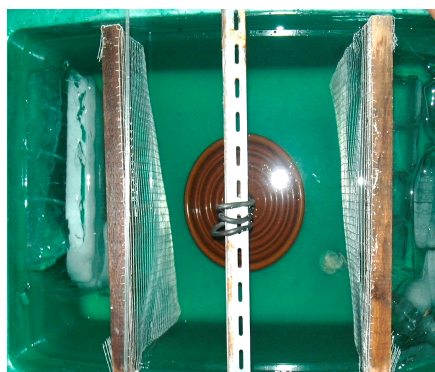
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองศึกษาประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

- 1) เครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์มาตรฐาน (IG) 1.2/50 μ s ขนาดพิกัด 400 kV, 14 kJ/4 Stage และตัวเก็บประจุไหลด (C_b) ขนาด 2,000 pF

- 2) สปาร์กแกปตัดคลื่น (SG) แบบทรงกลม มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 15 cm. ติดตั้งภายในห้องฉนวนพีวีซีอัดด้วยก๊าซ N_2 ที่ความดัน 4 บาร์ ต่อกับลูกถ้วยฉนวน (P) ที่ใช้ในการทดสอบ
- 3) อิมพัลส์โวลเตจดีไวเดอร์ (VD) แบบความต้านทานมีซีลด์ ขนาดพิกัด 400 kV
- 4) อุปกรณ์ใส่น้ำอุณหภูมิร้อนและอุปกรณ์ใส่น้ำอุณหภูมิต่ำ ใช้ประกอบการทดสอบ Thermal Shock แสดงดังรูปที่ 5



ก) อุปกรณ์ใส่น้ำอุณหภูมิร้อน (96°C)



ข) อุปกรณ์ใส่น้ำอุณหภูมิต่ำ (4°C)

รูปที่ 5 ชุดอุปกรณ์ประกอบการทดสอบ Thermal Shock

2.2 วิธีการทดลอง

การทดลองใช้ตัวอย่างลูกถ้วยฉนวนชนิดละ 20 ลูก แบ่งใช้ในการทดลอง ดังนี้

2.2.1 นำตัวอย่างลูกถ้วยฉนวน ชนิดละ 10 ลูก ทดสอบการเจาะทะลุผ่านเนื้อฉนวนลูกถ้วยด้วยแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชั้น อ้างอิงมาตรฐาน [2] ด้วยการทดสอบซ้ำ

บวก 10 ครั้ง แล้วตามด้วยซ้ำลบ 10 ครั้ง ในลูกถ้วยฉนวนลูกเดียวกัน ที่ระดับความชันหน้าคลื่น $2,500 \text{ kV}/\mu\text{s}$ [4] เพื่อต้องการตรวจสอบสภาพเนื้อฉนวนลูกถ้วยของแต่ละชนิด ผลการตรวจสอบที่ได้ในลักษณะการเจาะทะลุของลูกถ้วยแต่ละชนิด จะใช้พิจารณาเพื่อนำไปทำการทดสอบดังนี้

- ลูกถ้วยฉนวนชนิดที่เกิดเจาะทะลุ จะทดสอบการเจาะทะลุผ่านเนื้อฉนวนลูกถ้วยด้วยแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชั้น โดยเพิ่มความชันเป็น $3,250 \text{ kV}/\mu\text{s}$, $4,000 \text{ kV}/\mu\text{s}$ และ $4,750 \text{ kV}/\mu\text{s}$ ตามลำดับ เพื่อใช้เป็นข้อมูลกรณีลูกถ้วยไม่ผ่านการทดสอบ Thermal Shock

- ลูกถ้วยฉนวนชนิดที่ไม่เกิดเจาะทะลุ จะทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยฉับพลัน (Thermal Shock) อ้างอิงตามมาตรฐาน [5-6] ด้วยการนำลูกถ้วยไปจุ่มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 96°C ($\pm 2^{\circ}\text{C}$) เป็นเวลานาน 10 นาที แล้วนำไปจุ่มในน้ำเย็นที่อุณหภูมิประมาณ 4°C ($\pm 2^{\circ}\text{C}$) เป็นเวลานาน 10 นาที ทำสลับกันไประหว่างน้ำร้อนและน้ำเย็น ดังรูปที่ 5 จำนวน 20 รอบ (Cycle) หลังจากนั้นทดสอบการเจาะทะลุผ่านเนื้อฉนวนลูกถ้วยด้วยแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชั้นที่ความชันหน้าคลื่นเริ่มต้นตั้งแต่ $2,500 \text{ kV}/\mu\text{s}$, $3,250 \text{ kV}/\mu\text{s}$, $4,000 \text{ kV}/\mu\text{s}$ และ $4,750 \text{ kV}/\mu\text{s}$ ตามลำดับ รวม 4 ความชัน เพื่อใช้เป็นข้อมูลกรณีลูกถ้วยผ่านการทดสอบ Thermal Shock จำนวน 20 Cycle

2.2.2 นำตัวอย่างลูกถ้วยฉนวนชนิดละ 10 ลูก ทดสอบ Thermal Shock จำนวน 10 Cycle หลังจากนั้นทดสอบการเจาะทะลุผ่านเนื้อฉนวนลูกถ้วยด้วยแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชั้นที่ความชันทั้ง 4 ความชัน ตามลำดับ เพื่อใช้เป็นข้อมูลลูกถ้วยกรณีผ่านการทดสอบ Thermal Shock จำนวน 10 Cycle พิจารณาผลการทดลองที่ได้ในลักษณะของการเจาะทะลุของลูกถ้วยแต่ละชนิด หากลูกถ้วยฉนวนชนิดที่ไม่เกิดเจาะทะลุให้ทำการเพิ่มจำนวนการทดสอบ Thermal Shock อีก 20 Cycle หลังจากนั้นทดสอบการเจาะทะลุผ่านเนื้อฉนวนลูกถ้วยด้วยแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชั้นที่ระดับความชันทั้ง 4 ความชัน ตามลำดับ เพื่อใช้เป็นข้อมูลกรณีลูกถ้วยผ่านการทดสอบ Thermal Shock จำนวน 30 Cycle

3. ผลการทดลอง

เนื่องจากลูกถ้วยแต่ละชนิดมีความทนต่อการทดสอบ Thermal Shock และการทดสอบการเจาะทะลุผ่านเนื้อฉนวนด้วยแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชันที่แตกต่างกัน จึงแบ่งผลการทดลองเป็นชนิดของลูกถ้วยฉนวนดังนี้

3.1 ลูกถ้วยแขวนพอร์ซเลน Class 52-3

จากผลการทดลองดังตารางที่ 1 พิจารณาลูกถ้วยกรณีไม่ผ่านการทดสอบ Thermal Shock มีลูกถ้วยเกิดการเจาะทะลุจากการทดสอบด้วยแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชันที่ความชัน 2,500 kV/ μ s จึงได้เพิ่มระดับความชันเป็น 3,250 kV/ μ s, 4,000 kV/ μ s และ 4,750 kV/ μ s ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองที่ได้สามารถใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบกับผลการทดสอบการเจาะทะลุผ่านเนื้อฉนวนลูกถ้วยกรณีที่ไม่ผ่านการทดสอบ Thermal Shock จำนวน 10 Cycle ด้วยแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชันทั้ง 4 ความชันตามลำดับ จะเห็นว่าลูกถ้วยกรณีที่ไม่ผ่านการทดสอบ Thermal Shock จำนวน 10 Cycle จะมีจำนวนการเกิดเจาะทะลุลูกถ้วยมากกว่าลูกถ้วยกรณีที่ไม่ผ่านการทดสอบ Thermal Shock ถึง 2 เท่า

ตารางที่ 1 แรงดันเฉลี่ยที่เกิดวาวไฟตามผิวและเจาะทะลุผ่านเนื้อฉนวนลูกถ้วย Class 52-3

Steepness (kV/ μ s)		Thermal Shock Test			
		Before		After (10 Cycle)	
		Pos (kV)	Neg (kV)	Pos (kV)	Neg (kV)
2,500	Flashover	225	-237	221	-233
	Puncture (A/B)	-	-238 (1/10)	-	-
3,250	Flashover	279	-290	278	-285
	Puncture (A/B)	-	-	-	-288 (2/10)
4,000	Flashover	292	-308	291	-304
	Puncture (A/B)	-	-	260 (1/8)	-

4,750	Flashover	304	-322	303	-320
	Puncture (A/B)	-	-268 (1/9)	-	-317 (1/7)
P		2/10		4/10	
%P		20%		40%	

หมายเหตุ A: จำนวนลูกถ้วยที่เจาะทะลุ

B: จำนวนลูกถ้วยทั้งหมดที่ใช้ทดสอบ

3.2 ลูกถ้วยแขวนพอร์ซเลน Class 52-4

จากผลการทดลองดังตารางที่ 2 พิจารณาการเจาะทะลุลูกถ้วย จะเห็นว่าไม่มีลูกถ้วยเกิดการเจาะทะลุผ่านเนื้อฉนวนลูกถ้วย ทั้งกรณีที่ไม่ผ่านการทดสอบ Thermal Shock ที่ความชัน 2,500 kV/ μ s ของการทดสอบด้วยแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชัน และกรณีที่ไม่ผ่านการทดสอบ Thermal Shock จำนวน 10 Cycle ที่ความชันทั้ง 4 ความชัน ของการทดสอบด้วยแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชัน จึงได้เพิ่มการทดสอบ Thermal Shock จำนวน 20 Cycle ทั้งกรณีที่ไม่ผ่านและผ่านการทดสอบ Thermal Shock จำนวน 10 Cycle หลังจากนั้นนำไปทดสอบการเจาะทะลุผ่านเนื้อฉนวนลูกถ้วยด้วยแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชันที่ความชันหน้าคลื่นเริ่มต้นตั้งแต่ 2,500 kV/ μ s, 3,250 kV/ μ s, 4,000 kV/ μ s และ 4,750 kV/ μ s ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 3 จะเห็นว่าการทดสอบลูกถ้วยด้วยแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชัน กรณีผ่านการทดสอบ Thermal Shock ที่จำนวนการวนรอบมากกว่าจะมีผลทำให้มีจำนวนลูกถ้วยเกิดการเจาะทะลุมากกว่าลูกถ้วยกรณีที่ไม่ผ่านการทดสอบ Thermal Shock น้อยกว่า

ตารางที่ 2 แรงดันเฉลี่ยที่เกิดวาวไฟตามผิวและเจาะทะลุผ่านเนื้อฉนวนลูกถ้วย Class 52-4

Steepness (kV/ μ s)		Thermal Shock Test			
		Before		After (10 Cycle)	
		Pos (kV)	Neg (kV)	Pos (kV)	Neg (kV)
2,500	Flashover	224	-235	222	-233
	Puncture (A/B)	-	-	-	-

3,250	Flashover	-	-	283	-299
	Puncture (A/B)	-	-	-	-
4,000	Flashover	-	-	306	-324
	Puncture (A/B)	-	-	-	-
4,750	Flashover	-	-	310	-330
	Puncture (A/B)	-	-	-	-
P		0/10		0/10	
%P		0%		0%	

ตารางที่ 3 แรงดันเฉลี่ยที่เกิดวาวไฟตามผิวและเจาะทะลุผ่านเนื้องานลูกถ้วย Class 52-4

Steepness (kV/ μ s)		Thermal Shock Test			
		After (20 Cycle)		After (30 Cycle)	
		Pos (kV)	Neg (kV)	Pos (kV)	Neg (kV)
2,500	Flashover	228	-234	238	-265
	Puncture (A/B)	-	-	-	-
3,250	Flashover	278	-295	278	-297
	Puncture (A/B)	-	-	-	-
4,000	Flashover	312	-337	305	-323
	Puncture (A/B)	305 (1/10)	-333 (2/9)	294 (1/10)	-328 (1/9)
4,750	Flashover	327	-344	329	-347
	Puncture (A/B)	-	-	-	-335 (3/10)
P		3/10		5/10	
%P		30%		50%	

หมายเหตุ A: จำนวนลูกถ้วยที่เจาะทะลุ

B: จำนวนลูกถ้วยทั้งหมดที่ใช้ทดสอบ

3.3 ลูกถ้วยแขวนปอร์ชเลน Class 52-8

ผลการทดลองดังตารางที่ 4 ของลูกถ้วยแขวนปอร์ชเลน Class 52-8 เหมือนกับกรณีของลูกถ้วยแขวนปอร์ชเลน Class 52-4 คือ การทดสอบ Thermal Shock

จำนวน 10 Cycle ยังไม่ส่งผลกระทบต่อ การเจาะทะลุ ลูกถ้วยได้ เมื่อได้รับแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชั้น จึงได้เพิ่ม การทดสอบ Thermal Shock จำนวน 20 Cycle ทั้งกรณี ที่ไม่ผ่านและผ่านการทดสอบ Thermal Shock จำนวน 10 Cycle หลังจากนั้นนำไปทดสอบการเจาะทะลุผ่านเนื้องานลูกถ้วยด้วยแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชั้นที่ ความชันหน้าคลื่นเริ่มต้นตั้งแต่ 2,500 kV/ μ s, 3,250 kV/ μ s, 4,000 kV/ μ s และ 4,750 kV/ μ s ตามลำดับ จะได้ผลการทดลองดังตารางที่ 5 จะเห็นว่า การทดสอบลูกถ้วยด้วยแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชั้น ของกรณีผ่านการทดสอบ Thermal Shock ที่จำนวนการวนรอบมากกว่า จะมีผลทำให้มีจำนวนลูกถ้วยเกิดเจาะทะลุมากกว่า ลูกถ้วยกรณีที่ไม่ผ่านการทดสอบ Thermal Shock น้อยกว่า และสังเกตเห็นว่า ลูกถ้วยฉนวน Class 52 8 จะมีความคงทนต่อผลกระทบการทดสอบ Thermal Shock เมื่อได้รับแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชั้นมากกว่า ลูกถ้วยฉนวน Class 52 3 และ Class 52-4

ตารางที่ 4 แรงดันเฉลี่ยที่เกิดวาวไฟตามผิวและเจาะทะลุผ่านเนื้องานลูกถ้วย Class 52-8

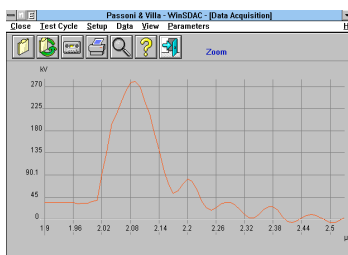
Steepness (kV/ μ s)		Thermal Shock Test			
		Before		After (10 Cycle)	
		Pos(kV)	Neg(kV)	Pos(kV)	Neg (kV)
2,500	Flashover	224	-235	223	-233
	Puncture (A/B)	-	-	-	-
3,250	Flashover	-	-	290	-306
	Puncture (A/B)	-	-	-	-
4,000	Flashover	-	-	304	-323
	Puncture (A/B)	-	-	-	-
4,750	Flashover	-	-	310	-330
	Puncture (A/B)	-	-	-	-
P		0/10		0/10	
%P		0%		0%	

ตารางที่ 5 แรงดันเฉลี่ยที่เกิดวาปไฟตามผิวและเจาะทะลุผ่านเนื้อฉนวนลูกถ้วย Class 52-8

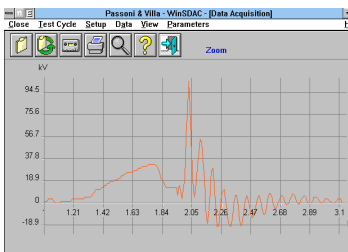
Steepness (kV/ μ s)		Thermal Shock Test			
		After (20 Cycle)		After (30 Cycle)	
		Pos (kV)	Neg (kV)	Pos(kV)	Neg (kV)
2,500	Flashover	230	-234	239	-266
	Puncture (A/B)	-	-	-	-
3,250	Flashover	292	-298	282	298
	Puncture (A/B)	-	-	-	-305 (1/10)
4,000	Flashover	314	-335	310	-327
	Puncture (A/B)	-	-	-	-328 (1/9)
4,750	Flashover	326	-343	329	-346
	Puncture (A/B)	-	-	-	-
P		0/10		2/10	
%P		0%		20%	

หมายเหตุ A: จำนวนลูกถ้วยที่เจาะทะลุ

B: จำนวนลูกถ้วยทั้งหมดที่ใช้ทดสอบ

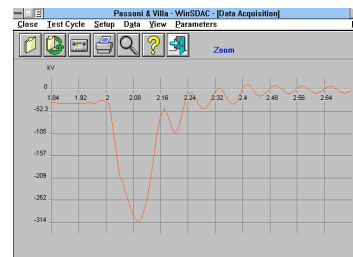


ก) Non-Puncture Voltage

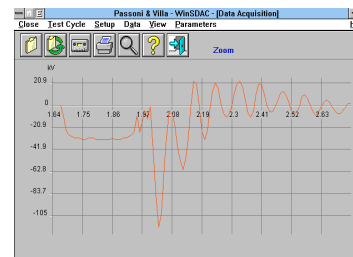


ข) Puncture Voltage

รูปที่ 6 ตัวอย่างรูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชัน (ชั่วคราว)



ก) Non-Puncture Voltage



ข) Puncture Voltage

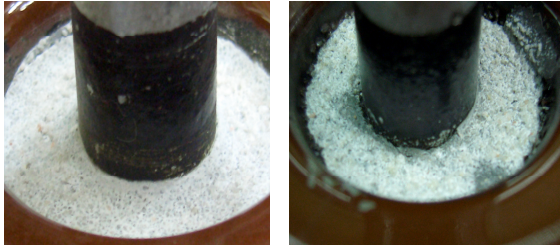
รูปที่ 7 ตัวอย่างรูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชัน (ชั่วลบ)

5. สรุปผลการดำเนินงาน

1) ผลการทดลองลูกถ้วยฉนวนกรณีการทดสอบ Thermal Shock หลายๆ รอบด้วยชุดอุปกรณ์ใส่น้ำอุณหภูมิร้อนและน้ำอุณหภูมิเย็น อ้างอิงตามมาตรฐาน [5] สามารถทำให้อุปกรณ์ซีเมนต์ที่ใช้เป็นตัวเชื่อมยึดระหว่างเนื้อปอร์ซเลนกับก้าน (Pin) เกิดรอยร้าวหรือแตกหลุดออกได้ดังรูปที่ 8 และทำให้อุณหภูมิของเนื้อฉนวนภายในกรอบอิเล็กทรอนิกส์ได้ง่ายขึ้น ดังนั้นการสมมติฐานที่ว่า ผลกระทบจากสภาวะอุณหภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติ เป็นสาเหตุที่ทำให้ระบบการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ใช้ลูกถ้วยแขวนปอร์ซเลนเป็นฉนวนเกิดความผิดปกติได้ง่าย เมื่อได้รับแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชันจากฟ้าผ่าเกิดขึ้นจริง

2) การศึกษาวิจัยและเก็บผลข้อมูลช่วยให้นักศึกษาเกิดทักษะกระบวนการเรียนรู้ สามารถคิดวิเคราะห์ และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในด้านการฉนวนต่างๆ ของระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า โดยเฉพาะการฉนวนลูกถ้วยแขวนปอร์ซเลนกรณีการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยฉนวนต่อโอกาสการเจาะ

ทะลุผ่านเนื้อฉนวนเมื่อได้รับแรงดันอิมพัลส์ฟ้าผ่าหน้าคลื่นขึ้น เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการแก้ไขปัญหาลักษณะของโรงงานและเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีขึ้นใช้เองภายในประเทศ



รูปที่ 8 เปรียบเทียบก่อนและหลังการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยฉับพลัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม ในโครงการโครงการอุตสาหกรรม สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี (IPUS) ประจำปี 2546 ที่ให้การสนับสนุนด้านเงินทุนในการศึกษาวิจัยและจัดสร้างอุปกรณ์ประกอบการทดสอบ ขอขอบคุณ บริษัท เอเชียอนินซูเลเตอร์ จำกัด ที่ให้การสนับสนุนการศึกษาวิจัย และสุดท้ายขอขอบพระคุณ อาจารย์ไชยพร หล่อทองคำ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่กรุณาให้คำปรึกษาและข้อแนะนำที่ดีตลอดมา จนสามารถทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] IEC 383-1, Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1,000 V, Path 1: Ceramic or glass insulators units for a.c. system definitions test methods and acceptance criteria. 1993.
- [2] IEC 1211, Technical Report on Insulators of ceramic Material or Glass for Overhead Lines with a Nominal Voltage Greater than 1,000 V Puncture Testing. 1994.
- [3] สิทธิชาติ แวสุวรรณ, สราวุธ โชคอำนวย และ นพรัตน์ สังข์ศรี, “การศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยฉับพลันต่อโอกาสการเจาะทะลุผ่านเนื้อฉนวนของลูกถ้วยแขวนปอร์ซเลน Class 52-3, 52-4 และ 52-8 เมื่อได้รับแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นขึ้น”, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, ปีการศึกษา 2546.
- [4] Australian Standard, AS 2947.1 – 1989, “Insulators – Porcelain and glass for overhead power lines voltage greater than 1,000 V-A.C, Part 1 : Test methods”
- [5] มอก. 354-2523, มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ลูกถ้วยแขวน ปอร์ซเลน.
- [6] ANSI C29.2, For Insulators Wet-Porcelain and Toughened Glass-Suspension. 1992.