บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำทั่วไป

การส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าปริมาณมาก ๆ และเป็นระยะทางไกลจำเป็นต้องส่งด้วยระบบแรงดันสูง ในที่ที่มีที่ว่างมากพอ และราคาพื้นที่ดินไม่แพงนัก การส่งพลังงานไฟฟ้าแบบสายเปลือยชิงในอากาศย่อมเป็นระบบที่ประหยัด ค่าใช้จ่ายน้อยกว่าแบบเคเบิลธรรมดาหลายเท่า ดังนั้นสายส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าในชนบท หรือในท้องทุ่งนา หรือผ่านป่าเขา สายส่งจะเป็นแบบชิงในอากาศซึ่งมีอากาศเป็นฉนวนหลัก และใช้ลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้า (Insulators) เป็นอุปกรณ์ฉนวนใช้สำหรับยึด หรือรองรับตัวนำไฟฟ้าที่มีแรงดัน หรือศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าศักย์ดิน (ศักย์ดิน คือ ศักย์ไฟฟ้าอ้างอิงเป็นศูนย์) หรือยึดตัวนำไฟฟ้าที่มีศักย์ไฟฟ้าต่างกัน ให้อยู่ห่างกันอย่างมั่นคงพอที่จะไม่ทำให้แกว่ง หรือเคลื่อนไหวเข้าใกล้กันจนเกิดสปาร์ก หรือลัดวงจรระหว่างตัวนำ นอกจากนี้ลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้ายังต้องมีความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้ารูปแบบต่าง ๆ กันได้ ลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้าที่ดีย่อมไม่เป็นต้นเหตุให้เกิดผิดพร่องในระบบส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า

ลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้าที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีหลายแบบขึ้นอยู่กับระดับแรงดันใช้งาน และสภาพแวดล้อม เช่น ลูกถ้วยก้านตรง (Pin Insulators) มักใช้ในระบบจำหน่ายแรงดันสูงไม่เกิน 50 kV ลูกถ้วยคอตัน (Solid Core Insulators) ใช้ในระบบจำหน่ายแรงดันที่สูงกว่า 50 kV ได้ ลูกถ้วยแขวน (Suspension Insulators) เป็นลูกถ้วยที่สามารถเพิ่มจำนวนลูกถ้วยในพวงได้ตามขนาดแรงดันที่ใช้งาน ดังนั้นในระบบแรงดันสูง ๆ เช่น EXTRA HIGH VOLTAGE หมายถึง แรงดันสูงกว่า 230 kV จนถึง 765 kV หรือ ULTRA HIGH VOLTAGE หมายถึง แรงดันสูงกว่า 765 kV ขึ้นไป จึงนิยมใช้ลูกถ้วยแขวนสำหรับยึดสายไฟ

ชนิดวัตถุดิบที่ใช้ทำลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้ามีอยู่หลายชนิดด้วยกัน เช่น

- ปอร์ชเลน (Porcelain) ลูกถ้วยฉนวนที่ทำจากเนื้อปอร์ชเลน ส่วนใหญ่มักนิยมใช้ภายนอกอาคาร

- แก้วเหนียว (Toughened Glass) ลูกถ้วยฉนวนที่ทำจากแก้วเหนียว ส่วนใหญ่นิยมใช้ภายนอกอาคาร ถ้าทำเป็นลูกถ้วยก้านตรงจะใช้ถึงระดับแรงดัน 69 kV ถ้าทำเป็นลูกถ้วยแขวนสามารถใช้ได้ทุกระดับแรงดันที่ต้องการ [1]

- สารสังเคราะห์ เช่น คาสเรซิน อิพ็อกซี่เสริมใยแก้ว ยาง พลาสติก เป็นต้น ลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้าประเภทสารสังเคราะห์มักนิยมใช้ภายในอาคารที่ไม่เปียกชื้น ข้อดีประการหนึ่งของลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้าประเภทนี้คือ มีอัตราส่วนแรงทางกลต่อน้ำหนักสูงกว่าลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้าที่ทำจากเนื้อวัสดุอื่น นั่นคือมีความสามารถในการทนแรงทางกลได้สูง แต่มีน้ำหนักเบา ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งเสาไฟฟ้าแรงสูง แต่ยังอยู่ในช่วงทดลองใช้ [1]

1.2 ที่มาของปัญหา

ลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นใช้ในระบบส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงในปัจจุบันนี้ มีการใช้งานในระบบไฟฟ้าหลายระบบ ทั้งในระบบแรงสูงกระแสตรง และระบบแรงสูงกระแสสลับความถี่ต่ำ นอกจากนี้ลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้าส่วนใหญ่ใช้ยึดตัวนำมีโอกาสที่จะได้รับแรงดันเกิน เนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ กัน เช่น ถ้าลูกถ้วยฉนวนใช้ยึดสายส่งในที่โล่งแจ้งจะมีโอกาสได้รับแรงดันเกินเนื่องจากฟ้าผ่าได้ แรงดันเกินที่เกิดจากการลัดวงจรเนื่องจากความบกพร่องของฉนวน หรือเกิดจากแรงดันเกินฟ้าผ่าทำให้เกิดสปาร์ก หรือวาบไฟตามผิวฉนวนภายนอกที่สกปรก เปียกฝน ชื้นด้วยหมอกน้ำค้าง เป็นต้น ลูกถ้วยฉนวนที่ดีต้องเกิดวาบไฟตามผิวก่อนเกิดการเจาะทะลุผ่าน และหลังจากที่เกิดวาบไฟตามผิวแล้ว คุณสมบัติการฉนวนของลูกถ้วยฉนวนต้องกลับคืนสู่สภาพการเป็นฉนวนเหมือนเดิม

ลักษณะสมบัติวาบไปตามผิวของลูกถ้วยฉนวนปอร์ซเลนต่อแรงดันไฟฟ้ารูปคลื่นต่าง ๆ นี้เป็นอย่างไร ยังไม่มีการศึกษาค้นคว้าในประเทศไทย ดังนั้นจึงเป็นการสมควรที่จะได้ดำเนินการศึกษาในเรื่องนี้ เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาการออกแบบ และการนำลูกถ้วยฉนวนไปใช้งานในระบบส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าต่อไป

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3 ผลงานที่ได้มีการศึกษามาแล้ว

- ปี พ.ศ. 2523 นาย สมพันธ์ อำพาวัน [2] ได้ทำการศึกษา และทดสอบคุณสมบัติของลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้าภายใต้สภาพเปียกน้ำฝนที่แรงดันกระแสสลับความถี่ 50 Hz ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นการทดลองกับตัวอย่างลูกถ้วยฉนวน แบบก้านตรง แบบแขวน และแบบท่อนยาว ซึ่งพบว่าสภาพของน้ำฝนเกี่ยวกับความต้านทานจำเพาะและอัตราการตกของน้ำฝนมีผลต่อค่าแรงดันวาบไฟตามผิว

- ปี พ.ศ. 2525 นาย อาสา ทรัพยากร [3] ได้ศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงรูปคลื่นทางไฟฟ้าที่มีต่อสมบัติการฉนวนของลูกถ้วยฉนวน ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยใช้รูปคลื่นแรงดันกระแสสลับความถี่ 50 Hz รูปคลื่นแรงดันกระแสตรง และรูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า ทดลองกับลูกถ้วยฉนวน แบบก้านตรง แบบแขวน แบบท่อนยาว และแบบแขวนคอตัน ได้ผลว่าแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยฉนวนไม่ได้ขึ้นอยู่กับระยะอาร์กแห้งเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับแบบลูกถ้วยฉนวนด้วย

- ปี พ.ศ. 2526 น.ส. วิภา ทั่งไพศาล และนาย วรเชษฐ์ ตันติศิริวัฒน์ [4] ได้ทำการศึกษาการกระจายแรงดันบนลูกถ้วยรองรับบัสบาร์ ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ส่วนหนึ่งของการศึกษาการกระจายแรงดันบนลูกถ้วยรองรับบัสบาร์ เป็นการศึกษาการเกิดวาบไฟตามผิวเนื่องจากแรงดันกระแสสลับความถี่ 50 Hz บนลูกถ้วยรองรับบัสบาร์ และลูกถ้วยก้านตรงในสภาพผิวสะอาด และในสภาพผิวมีสิ่งเปรอะเปื้อนสารเคมี ได้ผลว่าสภาพผิวที่เปรอะเปื้อนมีผลต่อการเกิดวาบไฟตามผิวเล็กน้อยที่ความชื้นต่ำ แต่ที่ความชื้นสูงสภาพผิวที่เปรอะเปื้อนมีผลต่อการเกิดวาบไฟตามผิวอย่างชัดเจน

1.4 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาหาลักษณะสมบัติวาบไฟตามผิวของลูกถ้วยฉนวนปอร์ชเลน จากแรงดันไฟฟ้าที่มีรูปคลื่นต่างกันดังต่อไปนี้

1) แรงดันสูงกระแสตรง
2) แรงดันสูงกระแสสลับความถี่พลังงาน 50 Hz
3) แรงดันอิมพัลส์แบบสวิตช์ชิ่ง 250/2500 μs

4) แรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า 1.2/50 μs

5) แรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชัน 0.5/50 μs ที่ความชัน 1,400 kV/μs

1.5 ขอบข่ายการดำเนินการ

ในการศึกษาผลของรูปคลื่นแรงดันต่อลักษณะสมบัติวาบไฟตามผิวของลูกถ้วยฉนวน จะใช้ลูกถ้วยฉนวนปอร์ชเลนที่มีรูปร่างลักษณะ แตกต่างกัน 5 แบบคือ

1) ลูกถ้วยแขวน (Suspension Type Insulators) เนื่องจากเป็นลูกถ้วยฉนวนที่ใช้กับระบบที่มีระดับแรงดันสูง ๆ ได้ โดยการต่อกันเป็นพวงตามระดับแรงดันที่ต้องการ ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ลูกถ้วยแขวน แบบ 52-3 จำนวน 10 ลูก

2) ลูกถ้วยก้านตรง (Pin Type Insulators) เนื่องจากเป็นลูกถ้วยฉนวนที่ใช้ในระบบส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าทั่วไป ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ลูกถ้วยก้านตรง แบบ 56-3 จำนวน 10 ลูก

3) ลูกถ้วยก้านตรงคอตัน (Pin Post Type Insulators) เนื่องจากเป็นลูกถ้วยฉนวนที่ใช้ในบริเวณที่มีฝุ่นละออง หรือสิ่งเปรอะเปื้อนสูง ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ลูกถ้วยก้านตรงคอตัน แบบ NGK Cat. No. DA-69001 จำนวน 10 ลูก

4) ช่องแกปของอิเล็กโตรดหัวครอบ-ก้านยึด (Cap-Pin) ที่ได้จากการเอาเนื้อปอร์ชเลนของลูกถ้วยแขวนออกให้เหลือแต่หัวครอบกับก้านยึด โดยมีระยะแกปเท่ากับระยะอาร์กแห้งของลูกถ้วยแขวนในข้อ 1)

5) ลูกถ้วยแท่งผิวเรียบ มีลักษณะอิเล็กโตรดคล้ายกับอิเล็กโตรดของลูกถ้วยก้านตรงคอตัน และระยะระหว่างอิเล็กโตรดเท่ากับระยะอาร์กของลูกถ้วยก้านตรงคอตัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย