หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ ๔

ฉนวนไฟฟ้าเมื่ออยู่ในสภาพเปียกน้ำฝน

๔.๑ บทนำ

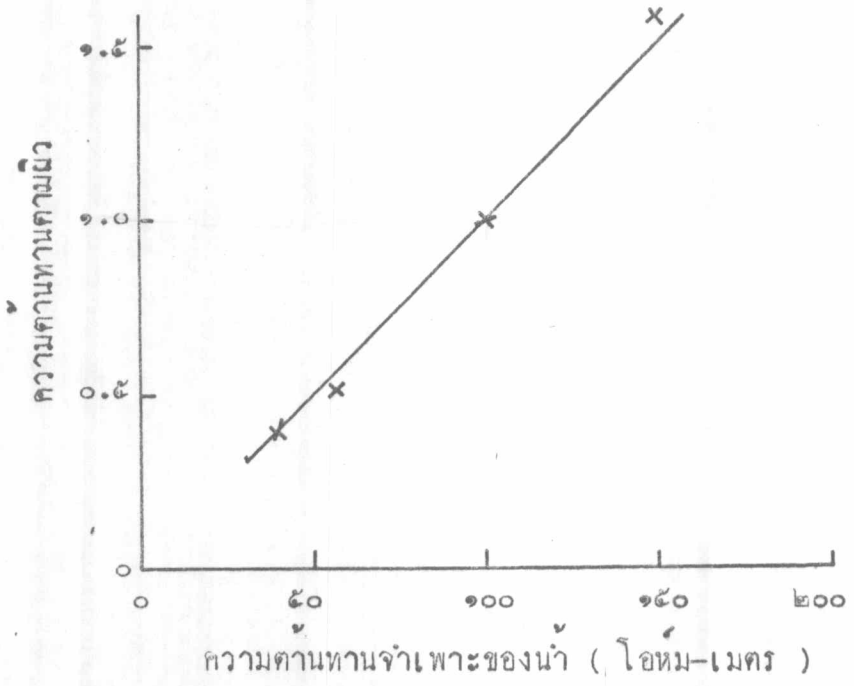
ฉนวนไฟฟ้าเมื่ออยู่ใน สภาพแห้งมีความต้านทานสูงและมีความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าได้สูง แต่ฉนวนไฟฟ้าอยู่ในสภาพเปียกน้ำฝน ผิวของฉนวนจะกลายเป็นตัวนำ ทำให้ระยะอาร์กเปลี่ยนแปลง และค่าความต้านทานตามผิวของฉนวนมีค่าต่ำกว่าขณะผิวแห้งมาก ทำให้ทนแรงดันไฟฟ้าได้ต่ำลง และเกิดการวาบไฟตามผิวฉนวนได้ง่าย ซึ่งค่าความต้านทานตามผิวเปียกของฉนวนจะขึ้นอยู่กับอัตราการตกและความต้านทานจำเพาะของน้ำฝน

๔.๒ ผลของความต้านทานจำเพาะและอัตราการตกของน้ำฝน ที่มีต่อความต้านทานตามผิวของฉนวนไฟฟ้า

ดร. Rizk ได้ทำการวิจัยเพื่อหาค่าความต้านทานตามผิว (Surface resistance) ของแผ่นฉนวนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ภายใต้สภาวะน้ำฝนจำลองต่าง ๆ กันที่ห้องทดลอง Hydro quebec ประเทศแคนาดา โดยทำการวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้นกับความต้านทานตามผิว เมื่อค่าความต้านทานจำเพาะและค่าอัตราการตกของน้ำฝนเปลี่ยนแปลง โดยการใช้คิจิตอลคอมพิวเตอร์ คำนวณหาค่าความต้านทานจำเพาะและอัตราการตก และได้ทำการทดลองวัดโดยตรง ปรากฏว่าผลที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้งสอง มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งจะกล่าวโดยย่อดังต่อไปนี้

๔.๒.๑ ผลของความต้านทานจำเพาะ (Effect of water resistivity)

ผลที่ได้จากการวัดความต้านทานตามผิว ของแผ่นแก้วขนาด ๑๐ x ๓๐ เซนติเมตร เมื่ออัตราการตกของน้ำฝน ๑๒ – ๑๓ มิลลิเมตรต่อนาที และทิศทางการตกของน้ำฝนประมาณ ๔๕ องศากับพื้นผิว โดยทำการเปลี่ยนค่าความต้านทานจำเพาะของน้ำ



รูปที่ ๔.๑ ผลของความต้านทานจำเพาะกับความต้านทานตามผิวของฉนวนไฟฟ้า .

——— ได้จากการคำนวณ

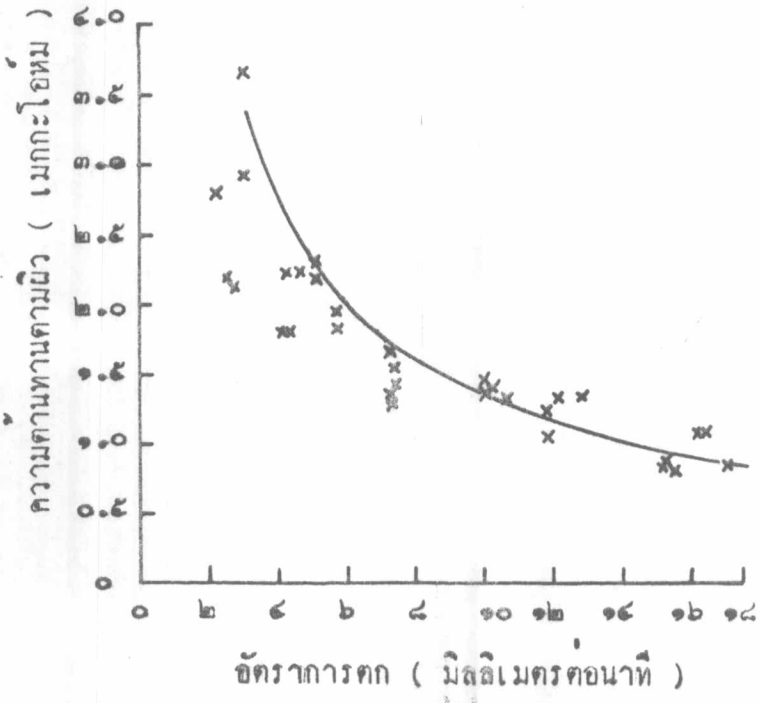
× ได้จากการทดลอง

อัตราการตก ๑๒ – ๑๓ มิลลิเมตรต่อนาที .

ฝนระหว่าง ๒๐ ถึง ๑๕๐ โอห์ม – เมตร แสดงในกราฟที่ ๔.๑ ค่าความต้านทานตามผิวที่แสดงในกราฟมีค่าเป็น เปอร์ยูนิต โดยเทียบกับค่าความต้านทานจำเพาะ ๑๐๐ โอห์ม – เมตร ผลปรากฏว่าค่าความต้านทานตามผิวจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับค่าความต้านทานจำเพาะของน้ำ

๔.๒.๒ <u>ผลของอัตราการตกของน้ำฝน</u>(Effect of rain intensity)

ผลที่ได้จากการเปลี่ยนค่าอัตราการตก ระหว่าง ๓ ถึง ๑๘ มิลลิเมตรต่อนาที แสดงในกราฟรูปที่ ๔.๒ โดยที่ค่าความต้านทานจำเพาะของน้ำฝนมีค่า ๑๐๐ โอห์ม – เมตร และทิศทางการตก ๔๕ องศา ซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่าความต้านทานตามผิวฉนวนมีค่าลดลงเป็นปฏิภาคผกผันกับอัตราการตก



รูปที่ ๔.๒ ผลของอัตราการตก กับความต้านทานตามผิวฉนวน

———— ได้จากการคำนวณ

× ได้จากการทดลอง

ความต้านทานจำเพาะของน้ำฝน ๑๐๐ โอห์ม – เมตร ทิศทางการตก ๔๕ องศา แผ่นฉนวนขนาด ๑๐ x ๓๐ เซนติเมตร

๔.๓ ลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้า เมื่ออยู่ในสภาพเปียกน้ำฝน

๔.๓.๑ ลูกถ้วยแขวน

เมื่อผิวของลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้าเปียกน้ำฝน จะเป็นสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้เกิดวาบไฟตามผิวของลูกถ้วยฉนวนได้ง่ายขึ้น ดร. Rizk ได้กล่าวสรุปไว้ว่า ระยะเวลาที่ทำให้ลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้า อยู่ในสภาพเปียกทั่วทั้งลูกจะลดลง ถ้าอัตราการตกของน้ำฝนเพิ่มขึ้น และจะทำให้ผิวของลูกถ้วยสะอาดรวดเร็วขึ้น และในการทดลองวัดค่าความต้านทานตามผิวของลูกถ้วยแขวนหนึ่งลูก ขนาด ๒๕๐ มิลลิเมตร ได้ค่าความต้านทานดังนี้

ให้ R_w = ความต้านทานตามผิวของลูกถ้วย ขณะเปียกน้ำฝน

(Wet surface resistance)

$$R_w = (\text{ค่าคงที่})\, \rho\, h^{0.44} \qquad \text{.....(๔.๑)}$$

ซึ่งค่า h คือ อัตราการตกของน้ำฝน

ρ คือ ความต้านทานจำเพาะของน้ำฝน

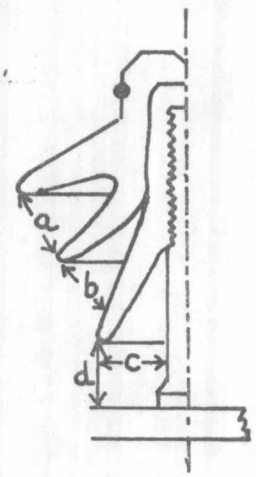
ซึ่งจากสมการ ๔.๑ แสดงให้เห็นว่า เมื่อลูกถ้วยอยู่ในสภาพเปียก ค่าความต้านทานจำเพาะของน้ำฝน จะมีผลต่อความต้านทานตามผิวมากกว่าอัตราการตก

๔.๓.๒ ระยะอาร์กแห้ง และระยะอาร์กเปียก

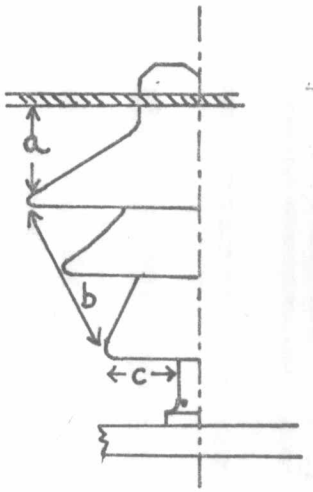
เมื่อลูกถ้วยอยู่ในสภาพแห้ง และผิวของลูกถ้วยสะอาด จะทำให้ผิวของลูกถ้วยทุกส่วนเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี มีความต้านทานสูง นั่นคือ ระยะที่สั้นที่สุดที่ทำให้เกิดอาร์ก คือ ระยะทางระหว่าง สายไฟฟ้าหรือตัวนำกับก้านเหล็กของลูกถ้วย (ดูรูปที่ ๔.๖ ข.) ระยะ a + b + c ส่วนมากก้านของลูกถ้วยแบบก้านตรง จะทำให้ก้านเหล็กยาว เพื่อที่จะทำให้ระยะ d มากกว่าระยะ c มาก

เมื่อลูกถ้วยก้านตรงอยู่ในสภาพเปียก ผิวของลูกถ้วยทุกส่วน แต่ละชั้นหรือครีบของลูกถ้วยจะอยู่ในสภาพเปียกชื้น ทำให้ลูกถ้วยมีสภาพความนำทางไฟฟ้าสูงขึ้น และระยะอาร์กบนผิวลูกถ้วยมีค่าเปลี่ยนไปจาก สภาพขณะลูกถ้วยแห้ง ซึ่งระยะอาร์กคือระยะสั้นที่สุดระหว่างผิวแต่ละชั้น ดังแสดงในรูปที่ ๔.๖ ก. ลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้าแบบก้านตรง ๓ ชั้น

เมื่อลูกถ้วยอยู่ในสภาพเปียก ระยะทางที่ทำให้เกิดอาร์ก บนผิวลูกถ้วยมีค่า a + b + c ซึ่งอาร์กที่เกิดขึ้นนี้ จะกลายเป็นกระแสไฟฟ้าลัดวงจรของลูกถ้วย



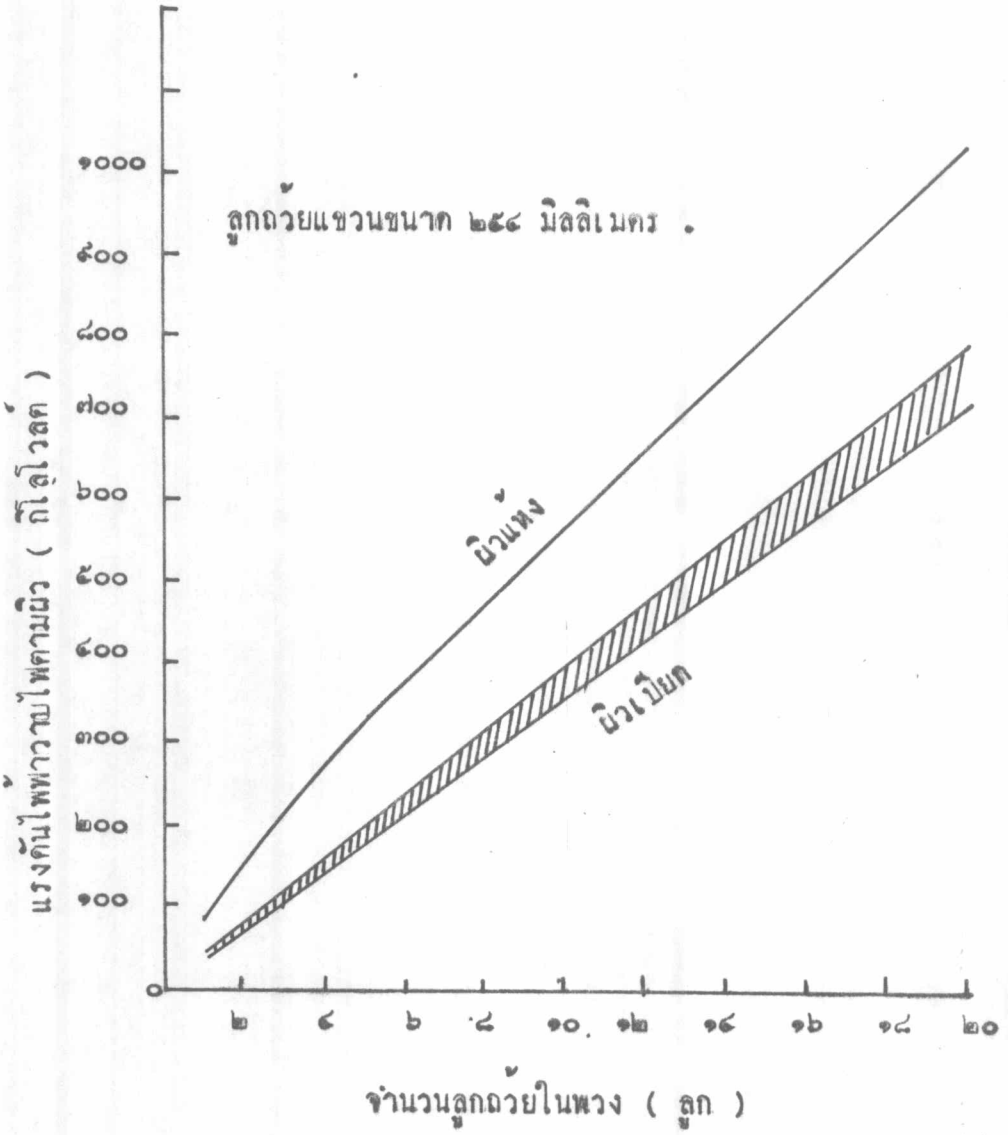
(ก) สภาพเปียก
ระยะอาร์ก a+b+c



(ข) สภาพแห้ง
ระยะอาร์กแห้ง a+b+c

รูปที่ ๔.๓ แสดงค่าระยะอาร์กของลูกถ้วยก้านตรง ขณะลูกถ้วยอยู่ในสภาพแห้งและสภาพเปียก

และจากกราฟ รูปที่ ๔.๔ แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าวาบไฟตามผิวความถี่ต่ำของลูกถ้วยแขวน เมื่อลูกถ้วยอยู่ในสภาพแห้งและเปียก เมื่อเทียบกับจำนวนลูกถ้วยในพวง



รูปที่ ๔.๔ แรงดันไฟฟ้าวาบไฟตามผิวของลูกถ้วยแขวน

ที่มา : Nippon Gaishi Kaisha Japan "NGK Insulator"