บทที่ 7

สรุปผลการทดลอง

เนื่องจากสารเทอร์โมพลาสติกที่ใช้เป็นฉนวนหุ้มสายไฟฟ้า ที่ผลิตขึ้นในประเทศไทย เป็นวัตถุดิบที่นำมาจากประเทศต่าง ๆ บางชนิดจะมีส่วนผสมและกรรมวิธีแตกต่างกันบ้าง อย่างไรก็ดีก็ควรมีคุณสมบัติของฉนวนสายไฟฟ้าครบถ้วนตามมาตรฐานสากล

7.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง Power factor ($\tan\delta$) กับอุณหภูมิ

จากตารางและเส้นกราฟแสดงผลการทดลองของค่า Power factor กับอุณหภูมิ จะเห็นได้ว่า ค่า $\tan\delta$ นั้น ส่วนใหญ่มีค่าลดลงที่หรือคงที่ เมื่ออุณหภูมิมีค่าลดลงที่หรือคงที่ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นมากขึ้น (เปลี่ยนจาก 30°C ถึง 80°C) โดยปกติ สายไฟฟ้าชนิดที่ฉนวนเป็นสารเทอร์โมพลาสติก ใช้ได้ในอุณหภูมิไม่เกิน 75°C ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่า สารเทอร์โมพลาสติกที่ใช้ในประเทศไทย เมื่อใช้เป็นฉนวนในอุณหภูมิที่กำหนดให้นี้ มีค่า $\tan\delta$ ต่ำมาก Loss จึงน้อย ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ต้องการอันหนึ่ง สำหรับฉนวนหุ้มสายไฟฟ้า

7.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง Volume resistivity (ρ) กับอุณหภูมิ

เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่า Volume resistivity จะลดลงการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น เนื่องจาก อะตอมได้รับพลังงานความร้อนเพิ่มขึ้น อิเล็กตรอนที่อยู่วงนอกสุด (Valence electron) ของ Exited atom วิ่งเร็วขึ้น ดังนั้น จะเกิด Free electrons ซึ่งหลุดออกจาก Exited

atom มากขึ้น ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากขึ้น การวิจัยครั้งนี้ ปรากฏว่า Volume resistivity มีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเช่นเดียวกัน และได้ความสัมพันธ์ของกำลังสอง เป็นเช่นการทำ มีลักษณะคล้ายกับผลงานของ ซึ่งกล่าวถึงความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้ไว้ในมาตรฐานของประเทศญี่ปุ่น [1] (Japanese Standard Association) และได้อ้างถึงการกำหนดของ British Standard [2] ที่ว่า Volume resistivity ของสารเพอร์โมพลาสติกเมื่อวัดที่ 20°C เป็น 1000 เท่าของที่วัดที่ 60°C

7.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง Volume resistivity (ρ) กับ Applied voltage

จากผลการวิจัยตามข้อที่ 6 แสดงให้เห็นว่า สารเพอร์โมพลาสติกต่าง ๆ ชนิดกัน ที่ได้นำมาทดลองครั้งนี้ ถึงแม้ว่าจะมีส่วนประกอบต่าง ๆ กันไป เช่นไม่ผสมสี ก็จะเป็นเนื้อแท้ของสารเพอร์โมพลาสติก หรือผสมสีจนเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneous) และผสมไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (Non-homogeneous) มีความสัมพันธ์ของ Volume resistivity กับ Applied voltage ในลักษณะคล้ายกันกล่าวคือ เมื่อ Applied voltage มีค่าน้อย Volume resistivity ที่วัดได้

---

[1] JIS C 3005-1960: Testing Method of Polyvinylchloride Insulated Wires. p.3

[2] B.S. 2004-1961: Specification for PVC-Insuted Cables and Flexible Cords. p.18

จะมีค่าสูง และจะลดต่ำลงเมื่อ Applied voltage มีค่ามากขึ้น และเกิดมากขึ้นเมื่อ Applied voltage สูงมาก ๆ การที่เป็นเช่นนี้ อาจจะอธิบายได้ คือ Applied voltage ขึ้นนี้จะน้อยกว่าแรกนั้น Electric Field Intensity จึงมีค่าน้อย ทำให้บางส่วนของอนุ ที่ยังคงของฉนวน Polarize เกิด Dipole ขึ้น เมื่อเกิด Polarization ขึ้นแล้ว Charge carrier ในเนื้อฉนวนเคลื่อนที่ได้ง่ายขึ้น จึงทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้มากขึ้นด้วย ดังนั้น ค่า Resistivity ของฉนวนจึงมีค่าลดลง เมื่อเพิ่ม Voltage ขึ้นอีกจนกระทั่งถึงจุด ๆ หนึ่ง โครงสร้างของฉนวนเกิด Polarization มากเต็มที่แล้ว ถึงแม้จะเพิ่ม Voltage ไปอีก อาจทำให้เกิด Polarization เพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยเท่านั้น ค่า Volume resistivity เมื่อ Applied voltage สูง ๆ จึงเกือบคงที่

7.4 <u>ผลสรุปและข้อแนะนำ</u>

เมื่อเปรียบเทียบ ค่าที่ได้จากการทดลอง กับค่าที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.2 ได้ผลดังนี้

7.4.1 ค่า Breakdown electric field intensity (E_D) ของสารเทอร์โมพลาสติก ชนิด PVC ที่มีความหนา 0.5 ม.ม. มีค่าประมาณ 50 KV/mm. ซึ่งตามตารางที่ 5.2 E_B มีค่าประมาณ 20-50 KV/m.m. นับได้ว่าสารที่นำมาทดลองนี้มีคุณสมบัติอยู่ในเกณฑ์ และ Polyethylene ที่ทดลองได้มีค่า 70 KV/m.m. สำหรับ Specimen หนาประมาณ 0.4 m.m. เมื่อเทียบกับค่าใน ตารางที่ 5.2 P.E. มี E_B = 50-75 KV/m.m. จะเห็นได้ว่า เป็น P.E. ที่มีคุณสมบัติดีเกี่ยว

7.4.2 จากตารางที่ 5.2 แสดงไว้ว่า Dielectric Constant ของ Polyvinyl Chloride และ Polyethlene มีค่า 2.3 ถึง 9.0 และ 2.6 ถึง3.7 ตามลำดับ แต่ผลของการวิจัยครั้งนี้ ได้จากจาก 2.2 ถึง 8.6 สำหรับ PVC และ 2.37 ถึง 2.85 สำหรับ P.E. ส่วนค่า Power factorหรือ Dissipation factor ($\tan\delta$) มีค่าตามตารางที่ 5.2 ของ P.V.C.และ P.E. มีค่า 0.0125-0.11 และ 0.0002-0.0008 ตามลำดับ จากผลการทดลองปรากฏว่า $\tan\delta$ ของ PVC มีค่าอยู่ระหว่าง 0.019 กับ 0.1325 และ $\tan\delta$ สำหรับ P.E. มีค่าอยู่ระหว่าง 0.006-0.024

7.4.3 ค่า Volume resistivity (ρ) ของ P.V.C. สูตรนิด ที่มีส่วนผสมต่าง ๆ กัน ซึ่งวัดที่อุณหภูมิต่าง ๆ เมื่อคำนวณเปลี่ยนค่า ρ ที่วัดได้ ให้เป็นค่าที่ 20°C จะมีค่าสูงกว่า 2×10^{13} โอห์ม-เซนติเมตร อันเป็นค่า ρ มาตรฐานขั้นต่ำ (Minimum Requirement) สำหรับฉนวนสายไฟฟ้าของนานาประเทศ[1] ส่วนค่า ρ ของ P.E. นั้น ไม่สามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือทดลองชุดนี้ เพราะมีค่าสูงเกิน 10^{16} โอห์ม-เซนติเมตร ซึ่งก็เป็นค่าสูงกว่าที่กำหนดไว้เป็นขั้นต่ำ ของฉนวน ของสายไฟฟ้า

---

[1] CEE Publication No.13 Specification for Polyvinyl Chloride Insulated Cables and Flexible Cords (2nd ed. 1962 Netherland) p. 17 and VDE 0209/1.54 Specification for Insulating Coverings and Sheaths of Thermoplastic Material (1961 Germany) p. 11

ดังนั้นสรุปได้ว่า สารเทอร์โมพลาสติก ที่ใช้เป็นฉนวนรองสายไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นในประเทศไทย มีคุณสมบัติทางไฟฟ้า ตามที่ได้ทำการทดลองวิจัยแล้วปรากฏว่ามีคุณภาพดีเทียม กับคุณสมบัติทางไฟฟ้า รองสารเทอร์โมพลาสติกที่ใช้ทำฉนวนสายไฟฟ้าชนิดใช้กับแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 600 โวลท์ ของนานาประเทศ.