

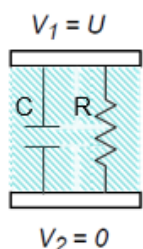
การประเมินสภาพฉนวนโดย Power Factor/Dissipation Factor (Insulation Power Factor/Dissipation Factor Testing)

1. การทดสอบ Insulation Power Factor/Dissipation Factor คืออะไร?

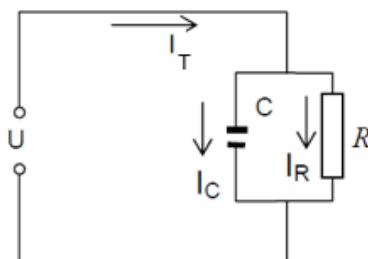
เป็นการทดสอบเพื่อประเมินสภาพความสมบูรณ์ของระบบฉนวนโดยใช้หลักการป้อนแรงดันทดสอบไฟฟ้ากระแสสลับ AC voltage และทำการวัดค่ากระแส leakage/loss current ของระบบฉนวน

ฉนวนในอุดมคติทำหน้าที่เปรียบเสมือน Capacitor (C) เพียงตัวเดียว เมื่อมีแรงดัน AC ไปป้อนให้ระบบฉนวนอุดมคติ จะเกิดเฉพาะกระแสไหลในตัวฉนวนอย่างเดียวคือ Capacitive current (I_C) หากพิจารณาตาม Vector diagram กระแส I_C จะนำหน้าแรงดัน V อยู่ 90° (Leading) ดังนั้นค่า power factor ที่ถูกนิยามว่าเป็นค่า cosine ของมุมระหว่างแรงดันและกระแส จะมีค่าเท่ากับ $\cos 90^\circ = 0$ หมายความว่า “Power factor สำหรับฉนวนในอุดมคติมีค่าเท่ากับ 0 เท่านั้น”

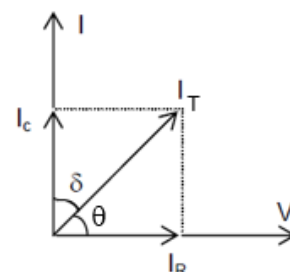
สำหรับในทางปฏิบัติ ฉนวนจริงไม่ได้เป็นเพียง C อย่างเดียว แต่จะมีการสูญเสียที่เกิดขึ้นกับระบบฉนวนร่วมด้วย โดยวงจรสมมูลของระบบฉนวนจริงจะเป็นพารามิเตอร์ของ Capacitance (C) ขนานกับ Resistance (R) ซึ่ง Resistance ตัวนี้ คือตัวแทนของการสูญเสียของฉนวน (Leakage/loss)



a) Actual insulator



b) Equivalent diagram

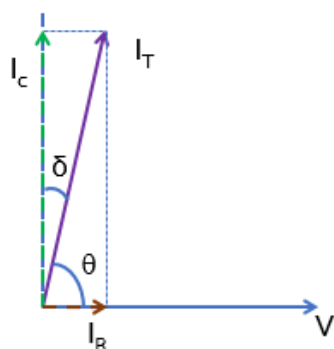


c) Vector diagram

รูปที่ 1 วงจรสมมูลของฉนวนจริง

เมื่อมีแรงดันกระแสสลับตกคร่อมที่ระบบฉนวน จะเกิดกระแสไหล (I_T) ที่ตัวฉนวน โดยจะแบ่งการไหลใน 2 ทิศทาง คือ กระแส Capacitive current (I_C) ซึ่งทำมุม 90° กับแรงดัน (leading) และกระแส Resistive current (I_R) ที่มีมุม in-phase กันกับแรงดัน V ซึ่งกระแส I_R หรือ leakage current หากมีค่าสูง จะสื่อถึงการสูญเสียของระบบฉนวน โดยจะส่งผลให้เกิดมุมสูญเสีย (loss angle) เป็นมุม δ ซึ่งเป็นมุมระหว่างกระแส I_C กับกระแส I_T ส่วนอีกมุมหนึ่งก็คือมุม θ คือมุมระหว่างกระแส I_C กับ I_R หรือ มุมระหว่างกระแส I และ V นั่นเอง โดยแสดงดังรูปที่ 1

2. Power factor กับ Dissipation factor ต่างกันอย่างไร?



$$\text{Dissipation Factor} = \tan \delta = I_R / I_C$$

$$\text{Power Factor} = \cos \theta = I_R / I_T$$

รูปที่ 2

Power factor คือ ค่า $\cos \theta = I_R / I_T$ เปรียบเสมือนการพิจารณาระหว่าง leakage/Resistive current (I_R) เทียบกับกระแสรวม Total current (I_T) ส่วน Dissipation factor คือ ค่า $\tan \delta = I_R / I_C$ เปรียบเสมือนการพิจารณาระหว่าง leakage current I_R เทียบกับกระแส Capacitive current (I_C) ทั้ง Power factor และ Dissipation factor คือค่าตัวประกอบกำลังการสูญเสียของระบบฉนวนที่ถูกดำเนินการทดสอบ

ระบบฉนวนของอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง ที่อ้างอิงตามมาตรฐาน IEEE จะถูกทดสอบเพื่อวัดค่าตัวประกอบกำลังการสูญเสียของฉนวนในเทอมของ $\% \tan \delta$ สำหรับระบบฉนวนของอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงที่อ้างอิงตามมาตรฐาน IEC จะทดสอบเพื่อวัดค่าตัวประกอบกำลังการสูญเสียของฉนวนในเทอมของ $\% \cos \theta$ โดยกำลังการสูญเสียของระบบฉนวน (Dielectric loss หรือถูกมักเรียกในชื่อ Watt loss ซึ่งมีหน่วยเป็น Watt) สามารถคำนวณได้จาก สมการที่ (1)

$$P = VI \cos \theta = V^2 C \omega \tan \delta \quad (1)$$

โดย

P คือ กำลังการสูญเสียของระบบฉนวน (Watt)

V คือ ค่าแรงดันทดสอบ (kV)

I คือ ค่ากระแสที่วัดได้ (mA)

C คือ ค่า Capacitance ของฉนวนที่ทำการทดสอบ (pF)

ω คือ $2\pi \times$ ความถี่ที่ทำการทดสอบ

หมายเหตุ ในทางปฏิบัติ เมื่อมุมการสูญเสียหรือ loss angle (δ) มีขนาดเล็กๆ น้อยกว่า 5° เป็นที่ยอมรับกันว่า ค่า $\cos \theta$ จะมีค่าเท่ากับ $\tan \delta$

ดังนั้นการทดสอบเพื่อวัดค่า Power factor หรือ Dissipation factor จึงเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญ เพื่อใช้ในการประเมินสภาพของระบบฉนวนในอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง และมีเกณฑ์การตัดสินที่แตกต่างกันไปตามชนิดของฉนวนที่ทำการทดสอบ