

สารบัญ

	หน้า
1. วิธีการต่อสายหรือตัวนำไฟฟ้า	1
2. ลักษณะทั่วไปของผิวสัมผัส	1
3. สาเหตุที่สำคัญที่ทำให้จุดต่อสายมีความต้านทานสูง	2
4. การต่อสายตามที่กำหนดในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย	6
5. ปัญหาที่มักพบในทางปฏิบัติ	7
6. การต่อสายด้วย Cable Lugs หรือ Terminal Lugs	10
7. การต่อสายไฟฟ้าเข้ากับหลักดิน	11
8. การต่อบัสบาร์	12
9. ความจำเป็นในการตรวจสอบและซ่อมบำรุง	14
10. บทสรุป	15

เทคนิคการต่อทางไฟฟ้า

การต่อทางไฟฟ้าถือเป็นเรื่องสำคัญที่จะละเลยมิได้ เพราะถ้าจุดต่อมีปัญหาชำรุดเนื่องจากหลวมหรือขาด ปัญหาที่ตามมาคือระบบไฟฟ้าจะขาดความต่อเนื่อง บริภัณฑ์ไฟฟ้าอาจชำรุดเสียหายจากแรงดันไฟฟ้าไฟฟ้าอาจดับ ๆ ดิด ๆ หรือไม่สามารใช้งานได้ ผลผลิตไม่ได้คุณภาพจุดต่อหลวมจะเกิดความร้อนสูงถ้ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากก็จะเกิดความร้อนสูงมากตามไปด้วย และอาจเป็นอันตรายจนเกิดเพลิงไหม้อาคารได้เช่นกัน ความร้อนนี้จะเป็นผลให้ขั้วต่อที่บริภัณฑ์ไฟฟ้าหรือตัวบริภัณฑ์ไฟฟ้าเองชำรุดได้เช่นกัน การต่อทางไฟฟ้า (หรือต่อสาย) จึงไม่ใช่เป็นเพียงการต่อให้สายไฟฟ้าถึงกันทางไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้เท่านั้น แต่ต้องเป็นการต่อที่มีความต้านทานต่ำ แน่น และมั่นคงถาวร สามารถใช้งานได้อย่างยาวนานโดยไม่เกิดปัญหาซึ่งจะสามารถลดภาระการบำรุงรักษาได้มาก การต่อทางไฟฟ้าที่ดีนั้น ผู้ปฏิบัติงานต้องมีความรู้ความชำนาญสามารถเลือกอุปกรณ์การต่อ วิธีการต่อ และใช้เครื่องมือได้อย่างถูกต้องเหมาะสมด้วย การต่อทางไฟฟ้าแบ่งเป็นการต่อระหว่างสายไฟฟ้าหรือตัวนำไฟฟ้าด้วยกันกับการต่อระหว่างสายไฟฟ้าหรือตัวนำไฟฟ้ากับบริภัณฑ์ไฟฟ้า (หรืออุปกรณ์ไฟฟ้า)

1. วิธีการต่อสายหรือตัวนำไฟฟ้า

การต่อแบ่งออกเป็น 2 วิธีใหญ่ ๆ ดังนี้

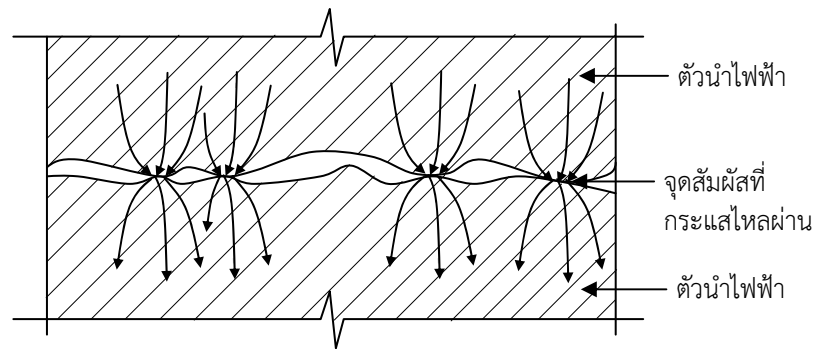
1. วิธีหลอมละลายด้วยความร้อน แบ่งออกเป็น Soldering, Brazing และ Welding
2. วิธีบีบอัด แบ่งเป็น ใช้โบลต์ร่วมกับนัต และ Clamp

ปัจจุบันมีการใช้งานทั้ง 2 วิธี ซึ่งจะข้อดีและข้อด้อยต่างกัน วิธีหลอมละลายด้วยความร้อนจะแน่นหนาและมั่นคงถาวรกว่า แต่ไม่สะดวกกรณีที่ต้องมีการรื้อหรือถอดออกเพื่อการซ่อมบำรุงและใส่กลับเข้าไปใหม่

การต่อด้วยวิธีบีบอัดจะต้องขันให้แน่นด้วยทอร์กที่เหมาะสมเพื่อให้ค่าความต้านทานที่ผิวสัมผัสมีค่าต่ำซึ่งจะไม่เกิดความร้อนสูงเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน และเมื่อใช้งานไปนาน ๆ จะไม่หลวม

2. ลักษณะทั่วไปของผิวสัมผัส

การต่อสายไฟฟ้าหรือตัวนำไฟฟ้าใดๆ ทั้งเป็นการต่อระหว่างสายไฟฟ้าด้วยกันหรือการต่อเข้ากับบริภัณฑ์ไฟฟ้า เป็นการนำโลหะมาสัมผัสกันเพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ถ้าบริเวณผิวสัมผัสมีพื้นที่มากกระแสไฟฟ้าก็จะไหลได้สะดวก แต่เนื่องจากในความเป็นจริงนั้นโลหะที่สัมผัสกันไม่ได้เรียบเสมอกันที่ต้องการ เมื่อขยายดูแล้วจะเห็นว่าจุดที่สัมผัสมีเพียงไม่กี่จุดเท่านั้น ตามที่แสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงภาพขยายจุดสัมผัสเมื่อต่อตัวนำทางไฟฟ้า

จุดที่สัมผัสกันนั้นคือจุดที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านซึ่งถ้าที่จุดสัมผัสมีน้อยหรือมีขนาดเล็กก็就会有ความต้านทานสูง การแก้ไขคือทำให้จุดสัมผัสมีมากขึ้นหรือขนาดใหญ่ขึ้นนั่นเอง จากรูปที่แสดงนี้จึงเป็นไปได้ว่าผิวสัมผัสหยาบมีโอกาสมากกว่าผิวเรียบ ซึ่งอาจเพิ่มความต้านทานอยู่บ้าง อย่างไรก็ตามการบีบอัดด้วยทอร์คที่เหมาะสมจะช่วยลดปัญหานี้ได้เพราะจะมีแรงกดที่ทำให้ผิวสัมผัสขยายตัวกว้างขึ้น ดังนั้นคุณสมบัติด้านการอ่อนตัวของโลหะที่สัมผัสกันจึงมีความสำคัญไม่น้อยเช่นกัน

ค่าแรงบีบที่เหมาะสมขึ้นกับลักษณะเฉพาะของโลหะที่ใช้ทำตัวต่อสาย มีค่าคงที่ที่แรงบีบอัดสูงสุดที่โลหะสามารถคงสภาพได้โดยไม่เคลื่อนตัวอีก หมายถึงที่แต่ละจุดสัมผัสจะถูกบีบจนแบนออกจนผิวสัมผัสมีความกว้างพอจนสามารถรับแรงบีบได้โดยไม่เคลื่อนตัวอีก แต่ถ้าใช้แรงบีบอัดมากเกินไปจุดสัมผัสจะเคลื่อนตัวออกจนหลวมเมื่อเวลาผ่านไป

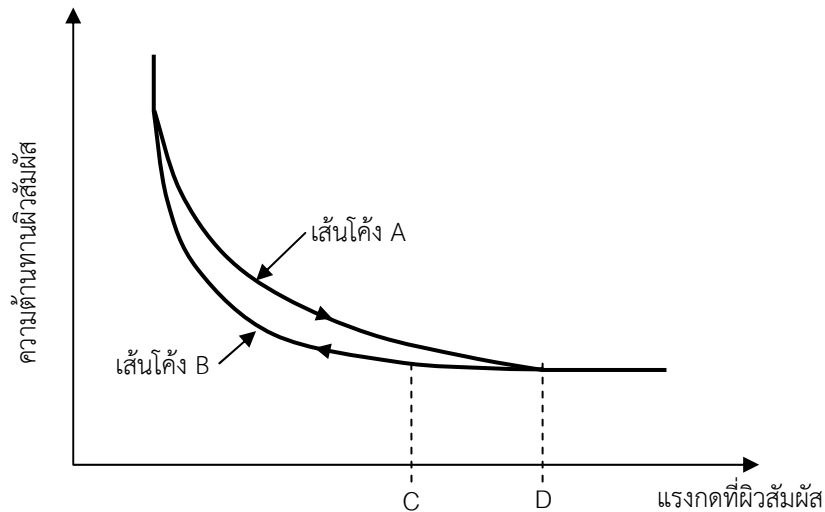
สำหรับตัวต่อสายทั่วไป ความต้านทานของผิวสัมผัสจึงขึ้นกับแรงบีบโดยตรง และจะสามารถประมาณต่อได้ว่า ตัวต่อสายที่ใช้โบลต์ 2 ตัว จะมีค่าความต้านทานลดลงเหลือประมาณครึ่งเดียวเมื่อเทียบกับการใช้โบลต์เพียงตัวเดียว

3. สาเหตุที่สำคัญที่ทำให้จุดต่อสายมีความต้านทานสูง

เมื่อตัวนำต่อเข้าด้วยกันจะต้องสัมผัสอย่างแน่นหนาและยาวนาน สาเหตุหลักที่ทำให้จุดต่อหลวมมี 4 ประการดังนี้

1. เกิดจากแรงบีบที่ตัวต่อสายลดลงเนื่องจาก Creep หรือ Cold Flow เมื่อมีแรงบีบอัดกระทำที่เนื้อโลหะจะทำให้เนื้อโลหะมีการเคลื่อนตัวแบนออกเรียกว่า Cold Flow หรือ Creep การเคลื่อนตัวของเนื้อโลหะนี้จะทำให้แรงบีบอัดลดลงและเมื่อถึงจุด ๆ หนึ่ง ก็จะหยุดการเคลื่อนตัวหรือเคลื่อนตัวน้อยมาก

การเคลื่อนตัวจะเกิดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความแข็งของโลหะ ถ้าโลหะแข็งจะมีการเคลื่อนตัวน้อยโลหะอ่อนจะมีการเคลื่อนตัวมาก อุณหภูมิที่สูงขึ้นก็จะทำให้เกิดการเคลื่อนตัวมากขึ้นด้วย เหตุการณ์นี้เกิดขึ้นมากในการตัวต่อที่ขันด้วยโบลต์ เราจะเคยสังเกตพบว่าเมื่อใช้งานไประยะหนึ่ง จุดต่อที่ขันด้วยโบลต์นี้จะหลวมต้องมีการกลับไปขันให้แน่นใหม่อีก แสดงความสัมพันธ์ของความต้านทานผิวสัมผัสกับแรงกดที่ผิวสัมผัสที่เกิดจากการเคลื่อนตัวได้ตามรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ของความต้านทานผิวสัมผัสกับแรงกดที่ผิวสัมผัส

ในรูปที่ 2 เส้นโค้ง A แสดงความสัมพันธ์ของความต้านทานผิวสัมผัสกับแรงกดที่ผิวสัมผัสเมื่อทำการบีบอัดตัวต่อสาย จะเห็นว่าเมื่อแรงกดที่ผิวสัมผัสเพิ่มขึ้นความต้านทานผิวสัมผัสจะลดลงจนถึงจุดๆ หนึ่ง (จุด D) และจะไม่ลดลงอีกแม้จะเพิ่มแรงกดมากขึ้นก็ตาม ในการต่อสายไฟฟ้าจึงต้องให้มีแรงกดมากถึงจุด D และถ้าเพิ่มแรงกดมากขึ้นอีกก็จะไม่ทำให้ค่าความต้านทานผิวลดลงอีก

เส้นโค้ง B แสดงความสัมพันธ์ของความต้านทานผิวสัมผัสกับแรงกดที่ผิวสัมผัสเมื่อแรงบีบลดลง หรือเกิดการคลายตัวของตัวต่อสาย ซึ่งเกิดจากหลายสาเหตุ (สังเกตว่า เส้นโค้งจะไม่ทับกับเส้นโค้ง A) ถ้าการคลายตัวทำให้แรงกดลดลงต่ำกว่าจุด C ค่าความต้านทานผิวสัมผัสจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในการออกแบบตัวต่อสาย จึงต้องไม่ทำให้การคลายตัวเนื่องจาก Creep ลดลงจนแรงกดต่ำกว่าจุด C

ในทางปฏิบัติ การกำหนดจุด C หรือจุดที่จะไม่เกิด Creep อีกนั้นทำได้ยากเนื่องจากเนื้อโลหะมีความอ่อนตัวแม้ว่าค่าแรงบีบจะน้อยและอยู่ในอุณหภูมิห้องก็ตาม และโลหะต่างชนิดกันก็ต้องการแรงกดไม่เท่ากัน เช่นทองแดงมีความแข็งมากกว่าอะลูมิเนียมจึงต้องการแรงกดมากกว่าเพื่อให้ถึงจุดที่คาดว่าจะไม่เกิด Creep อีก ดังนั้นการต่อระหว่างตัวนำทองแดงกับอะลูมิเนียมจึงมีปัญหา

จากสาเหตุดังกล่าวข้างต้นพอสรุปได้ว่า ตัวต่อสายจะต้องมีการออกแบบอย่างเหมาะสม ผ่านการทดสอบตามมาตรฐานสากลที่กำหนด การใช้งานจึงต้องเลือกให้เหมาะสมทั้งชนิด ขนาด และแรงกดด้วย (กรณีตัวต่อสายเป็นชนิดขันแน่นด้วยโบลต์แรงกดคือทอร์กที่ใช้ขันโบลต์ สำหรับตัวต่อสายชนิดบีบด้วยเครื่องมือแรงกดจะสัมพันธ์กับขนาดของหัวบีบที่เลือกใช้งาน)

2. เกิดจากออกไซด์ที่ผิวสัมผัสผิวของโลหะที่สัมผัสกับอากาศ (ออกซิเจน) จะเกิดออกไซด์มีลักษณะเป็นฟิล์มเคลือบอยู่ฟิล์มนี้มีคุณสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้าทำให้เกิดความต้านทานที่ผิวสัมผัส ลักษณะของฟิล์มนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของโลหะที่เป็นตัวนำ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ออกไซด์ของทองแดงเป็นฟิล์มที่มองเห็นได้ด้วยสายตา มีสภาพอ่อนสามารถจัดออกโดยใช้แรงกดเพียงไม่มาก นอกจากว่าผิวทองแดงจะมีออกไซด์เกาะอยู่มากเกินไป จึงต้องทำความสะอาดผิวก่อน โดยทั่วไปผิวทองแดงที่ขัดเพียงเล็กน้อยก็สามารถเป็นผิวสัมผัสที่ดีได้

ออกไซด์ของเงินสามารถจัดออกได้ง่ายกว่าทองแดงโดยใช้แรงกดไม่มาก และออกไซด์ของเงินนี้จะเกิดน้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ดังนั้นในการใช้งานที่อุณหภูมิสูงกว่า 200 °C จึงนิยมชุบหรือเคลือบผิวสัมผัสด้วยเงิน (silver plated)

ออกไซด์ของอะลูมิเนียมเป็นฟิล์มที่มีสภาพแข็ง เหนียว มีความต้านทานสูงมาก และเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อผิวอะลูมิเนียมสัมผัสกับอากาศเพียงไม่กี่ชั่วโมง และไม่สามารถนำมาใช้งานโดยไม่ได้ทำความสะอาดก่อน ดังนั้นในการต่อสายอะลูมิเนียมจึงต้องทำความสะอาดก่อนทุกครั้ง ข้อดีของอะลูมิเนียมออกไซด์คือลักษณะของฟิล์มที่เหนียวแน่นจะเป็นตัวป้องกันอะลูมิเนียมจากการกัดกร่อนได้ดี ฟิล์มออกไซด์ของอะลูมิเนียมมีลักษณะโปร่งใส ดังนั้นแม้ว่าผิวของอะลูมิเนียมจะสะอาดและดูเป็นประกาย แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าผิวของอะลูมิเนียมจะมีความต้านทานผิวสัมผัสต่ำพอที่จะใช้งานได้ดี การใช้สายอะลูมิเนียมจึงต้องระมัดระวังมาก ที่ผิวสัมผัสของอะลูมิเนียมจึงนิยมเคลือบด้วยดีบุก หรือ เงิน

การทำความสะอาดผิวของอะลูมิเนียมโดยทั่วไปจะขัดผิวตัวนำด้วยแปรงลวด (wire brush) หรือ Emery Cloth จากนั้นจะทา Compound ทับทันทีเมื่อขัดเสร็จ ส่วนอีกวิธีหนึ่งจะทา Compound ที่ผิวอะลูมิเนียมก่อนแล้วขัดให้สะอาด แล้วจึงทา Compound ทับอีกทีหนึ่ง

Compoundที่ใช้ทาผิวสัมผัสโดยเฉพาะอะลูมิเนียมเพื่อป้องกันการเกิดออกไซด์โดยมากจะเป็นสาร Petrolatum นอกจากนั้นยังมีการผสมผงสังกะสีลงไป ใน Compound ด้วยซึ่งมีข้อดีคือช่วยให้ความต้านทานผิวสัมผัสลดลง Compound นั้นนอกจากจะป้องกันการเกิดออกไซด์ในระยะต้นแล้วยังสามารถช่วยป้องกันไม่ให้ออกซิเจนเข้าไปสัมผัสผิวของโลหะอีก เมื่อการต่อสายเสร็จสิ้นแล้วและอยู่ระหว่างการใช้งาน

3. เกิดจากการกัดกร่อน (Corrosion) สำหรับการต่อสายตัวนำที่เป็นโลหะต่างชนิดกัน เช่น ทองแดงกับอะลูมิเนียมเมื่อสัมผัสกันจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีเรียกว่าการเกิดปฏิกิริยาอิเล็กโทรไลติก (electrolytic) และเมื่อมีความชื้นที่บริเวณผิวสัมผัสของตัวนำจะเกิดการกัดกร่อนของตัวนำขึ้น เป็นสาเหตุของความต้านทานที่เพิ่มขึ้นที่จุดสัมผัส

ถ้าหากว่าสามารถจัดความชื้นออกจากการต่อสายได้ โอกาสที่จะเกิดการกัดกร่อนก็ไม่มี เช่น ในการต่อเคเบิลแรงสูง จะใช้อุปกรณ์แบบป้องกันความชื้น (moisture proof) จึงไม่เกิดปัญหาเรื่องการกัดกร่อน การพันหีบรอยต่อด้วยเทปก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันแต่ก็ป้องกันได้ยากโดยเฉพาะกับสายตัวนำตีเกลียว (Stranded) ถ้าความชื้นสามารถซึมผ่านเข้าไปภายในได้ก็จะแห้งยากเพราะระเหยออกได้ยาก ปัจจุบันมีการใช้สารพลาสติกชนิดหดตัวเมื่อได้รับความร้อน เช่น Heatshrinkable Tube สำหรับหุ้มจุดต่อ ซึ่งเป็นวิธีที่ดีกว่าการพันเทป

Galvanic Action เมื่อโลหะ 2 ชนิดทำปฏิกิริยาอิเล็กโทรไลติกกันจะทำให้เกิดความต่างศักย์ ไฟฟ้าขึ้นระหว่างโลหะสองชนิด โลหะชนิดหนึ่งจะทำหน้าที่เป็น Cathode เป็นตัวรับประจุบวก ส่วนอีกชนิดหนึ่งจะทำหน้าที่ Anode เป็นตัวรับประจุลบ เมื่อโลหะทั้งสองสัมผัสกันจะเกิดกระแสไหลคล้ายกับการลัดวงจรของเซลล์ไฟฟ้า ปฏิกิริยาอิเล็กโทรไลติกนี้จะทำให้โลหะที่เป็นขั้ว Anode เกิดการกัดกร่อน โดยโลหะที่เป็นขั้ว Cathode จะไม่ถูกกัดกร่อน การกัดกร่อนจะเกิดมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับปริมาณกระแสอิเล็กโทรไลติกซึ่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้น

ตัวอย่าง เมื่อนำทองแดงและอะลูมิเนียมมาต่อกัน อะลูมิเนียมจะเป็นขั้ว Anode และถูกกัดกร่อน ทองแดง จะเป็นขั้ว Cathode และไม่ถูกกัดกร่อน (แต่จะเป็นตัวรับประจุ) โดยอะลูมิเนียมจะถูกกัดกร่อนมากเนื่องจากโลหะทั้งสองมากอยู่ใน Series ที่ห่างกันมาก (ดูตัวอย่างจาก Electrolytic Series ที่แสดงข้างล่าง)

ส่วนหนึ่งของ Electrolytic Series เป็นดังนี้

Corroded End (anodic)

Magnesium

Aluminum

Duralumin

Zinc

Cadmium

Iron

Chromium iron (active)

Chromium-Nickel-Iron (active)

Soft solder

Tin

Lead

Nickel

Brasses

Bronzes

Monel

Copper

Chromium iron (passive)

Chromium-Nickel-Iron (passive)

Silver solder

Silver

Gold

Platinum

Protected End (cathodic)

ในการต่อสายจึงควรเลือกใช้ตัวต่อสายที่เป็นโลหะชนิดเดียวกันกับสาย (หรือบัสบาร์) ที่นำมาต่อเช่นเป็นการต่อระหว่างอะลูมิเนียม-อะลูมิเนียม ก็ใช้ตัวต่อที่ทำด้วยอะลูมิเนียม หรือการต่อระหว่างสายทองแดง-ทองแดง ก็ใช้ตัวต่อที่ทำด้วยทองแดง เป็นต้น เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาอันเกิดจาก Galvanic Action ส่วนการต่อสายอะลูมิเนียม-ทองแดง นั้นโดยมากจะใช้ตัวต่อสายที่ทำด้วย Copper-Alloy โดยที่ผิวสัมผัสจะมีการชุบดีบุก (tin-plated) ซึ่งช่วยลดการกัดกร่อนลงไปได้มากแต่ก็ไม่ 100% และที่สำคัญจะต้องแยกไม่ให้โลหะทั้งสองนั้นสัมผัสกันโดยตรง ดังนั้นในการต่อบัสบาร์หรือบัสเวย์ (บัสดัก) ซึ่งมีใช้งานทั้งชนิดตัวนำทองแดงและอะลูมิเนียม จึงต้องระมัดระวังเรื่องการต่อทั้งการต่อระหว่างบัสบาร์ด้วยกัน กับการต่อระหว่างบัสบาร์กับสายไฟฟ้าหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้าด้วย

4. เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเนื่องจากสภาพการใช้งาน (Thermal Effect) ตามสภาพที่เป็นจริงของการใช้งานนั้น สายตัวนำและจุดต่อจะต้องทนต่อสภาวะการไหลของกระแสไฟฟ้าค่าต่าง ๆ ไม่ว่าจะน้อยหรือมากหรือเกินกำลัง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าจะเป็นผลทำให้อุณหภูมิของสายหรือตัวนำ

เปลี่ยนแปลง และอีกประการหนึ่งก็คืออุณหภูมิของสภาพแวดล้อมก็เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาและฤดูกาล ซึ่งสิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดลักษณะของ Heat Cycle

ผลอันเกิดจาก Heat Cycle การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิซึ่งอาจเกิดจากสภาพโหลดที่เปลี่ยนแปลงหรืออุณหภูมิโดยรอบ มีผลทำให้เนื้อโลหะเปลี่ยนแปลงในทางขยายตัวหรือหดตัวตามอุณหภูมิที่สูงขึ้นหรือลดลง ถ้าเป็นโลหะชนิดเดียวกันก็จะมีผลมานัก แต่ถ้าเป็นโลหะต่างชนิดกันจะมีผลมากเนื่องจากโลหะแต่ละชนิดมีสัมประสิทธิ์การขยายตัว (temperature coefficient) ไม่เท่ากันแม้แต่ในโลหะชนิดเดียวกัน ถ้าอุณหภูมิกระจายไม่เท่ากันก็จะเกิดการขยายตัวไม่เท่ากันได้ เช่น บริเวณผิวของตัวต่อสายจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าภายใน เป็นต้น

จุดที่มีการขยายตัวมากคือบริเวณที่เป็นจุดสัมผัสในตัวต่อสายเนื่องจากกระแสที่ผ่านจุดนี้มีค่าสูงทำให้เกิดความร้อนสูงกว่าบริเวณอื่น การขยายตัวและหดตัวของโลหะนี้มีแนวโน้มที่จะทำให้เกิดความต้านทานที่ผิวสัมผัสมีค่ามากขึ้นตรงจุดสัมผัส เมื่อเกิดการขยายตัวสลับกับหดตัวอาจทำให้เกิดระยะห่างขึ้น และเกิดออกไซด์ในบริเวณที่ห่างกันนั้น เมื่อโลหะกลับสู่สภาพเดิมหน้าสัมผัสจะไม่ติดกันเหมือนตอนแรกเนื่องจากมีฟิล์มของออกไซด์คั่นอยู่ การเพิ่มขึ้นของความต้านทานผิวสัมผัสในลักษณะนี้จะเกิดขึ้นเรื่อย ๆ ในแต่ละ heat cycle

สภาพดังกล่าวนี้จะยิ่งเป็นมากขึ้นเมื่อเกิดการเคลื่อนตัว (creep) ด้วย เพราะการเคลื่อนตัวจะทำให้แรงบีบอัดมีค่าลดลง ดังนั้นถ้าตัวต่อสายออกแบบมาไม่ดีแล้วความต้านทานจะเลวลงเรื่อย ๆ เมื่อเกิด Heat Cycle เมื่อปล่อยไปนาน ๆ จุดต่อก็จะชำรุดตัวต่อสายจึงต้องออกแบบให้สามารถทนสภาพทางไฟฟ้าได้ แม้ว่าจะใช้งานในสภาพของ Heat Cycle โดยการเลือกเนื้อโลหะที่เหมาะสม ใช้ขนาดหน้าสัมผัสและแรงบีบที่เพียงพอ และเพื่อความมั่นใจ ตัวต่อสายจึงต้องผ่านการทดสอบการทนสภาพ Heat Cycle ด้วยการทดสอบทำโดยการใส่โหลดให้ตัวต่อสายจนอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงจุดที่กำหนดในมาตรฐานการทดสอบและปล่อยให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้อง เป็นอันครบ 1 cycle แล้วทำซ้ำอีกเรื่อยๆ จนครบ cycle ที่กำหนดในมาตรฐานการทดสอบ หลังจากนั้นทำการวัดค่าต่างๆ ตามที่กำหนด ดังนั้นในการเลือกตัวต่อสายมาใช้งานจึงจำเป็นต้องควรมีมาตรฐานการทดสอบรองรับหรือไม่

4. การต่อสายตามที่กำหนดในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย

มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย ได้กำหนดเรื่องการสายหรือตัวนำไว้ในข้อ 1.101 มีสาระสำคัญสรุปได้ว่า การต่อสายตัวนำที่เป็นการต่อระหว่างสายไฟฟ้าด้วยกันต้องใช้อุปกรณ์ต่อสายและวิธีการต่อสายที่เหมาะสม โดยเฉพาะการต่อตัวนำที่เป็นโลหะต่างชนิดกันจะต้องใช้อุปกรณ์ต่อสายที่สามารถต่อตัวนำต่างชนิดกันได้ เช่นการต่อสายทองแดงกับสายอะลูมิเนียมจะต้องใช้ตัวต่อสายชนิด Universal เป็นต้น ในการต่อสายทุกชนิดทุกขนาดต้องใช้อุปกรณ์สำหรับการต่อสายเช่น ตัวต่อสาย ไวร์นัท หรือสปลิตโบลต์ เป็นต้น และปัจจุบันมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยยอมให้สายไฟฟ้าขนาดเล็กคือขนาดใหญ่ไม่เกิน 2.5 ตร.มม. สามารถต่อกันได้โดยใช้วิธีต่อสายโดยตรงด้วยการพันเกลียว สายขนาดใหญ่กว่านี้ต้องต่อกันด้วยอุปกรณ์ต่อสายเท่านั้น

การต่อปลายสายเข้ากับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า สามารถต่อโดยใช้วิธีพันปลายสายเข้ากับสกรูแล้วขันให้แน่นได้ ขนาดสายไฟฟ้าที่อนุญาตให้ใช้ได้ต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า 6 ตร.มม. ในการต่อด้วยวิธีนี้ถึงแม้ว่ามาตรฐานยอมให้ใช้ได้ แต่ในการปฏิบัติงานต้องทำให้ถูกต้องด้วย เพราะถ้าทำไม่ถูกต้องอาจทำให้การต่อ

ไม่แน่นและใช้งานได้ไม่นาน โดยเฉพาะสายไฟฟ้าชนิดที่ตัวนำเป็นฝอยเส้นเล็ก ๆ เช่นสายชนิด VCT เมื่อชั้นสกรูที่ปลงบนตัวนำ สกรูจะกดตัวนำจนขาดทำให้การต่อสายไม่แน่นพอและหลุดหรือขาดในที่สุด

ข้อกำหนดตามที่ระบุในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้านั้น เป็นเพียงข้อกำหนดกว้าง ๆ ที่ผู้ออกแบบและติดตั้งจะต้องทราบถึงวิธีการและรายละเอียดทั้งหมดจึงจะสามารถปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง

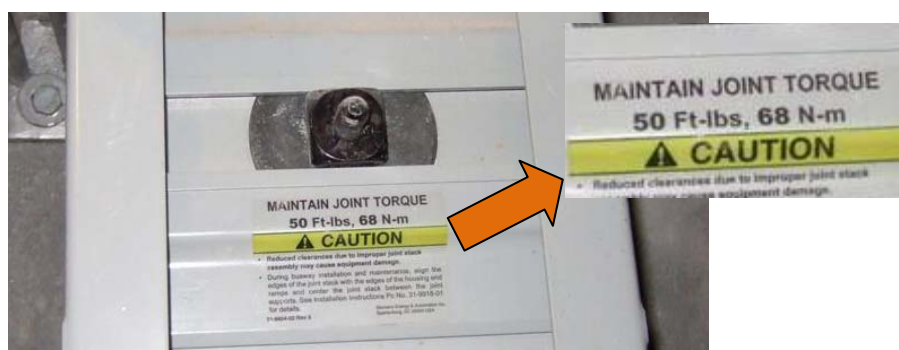
5. ปัญหาที่มักพบในทางปฏิบัติ

มีหลายสาเหตุที่ทำให้จุดต่อหลวมซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความร้อนสูงเกินที่มีผลกับเครื่องป้องกันกระแสเกิน ขั้วต่อสาย บริภัณฑ์ไฟฟ้า และระบบการเดินสาย การทราบสาเหตุที่แท้จริงจะสามารถป้องกันและแก้ไขได้อย่างถูกต้อง

1. ชนิดและขนาดของสายไฟฟ้าไม่เหมาะสมกับตัวต่อสายหรือขั้วต่อสายของบริภัณฑ์ตัวต่อสายและขั้วต่อสายต้องเหมาะสมกันทั้งชนิดและขนาด ผู้ปฏิบัติงานจะต้องเลือกให้เหมาะสมด้วย สำหรับบริภัณฑ์ไฟฟ้า เช่น ฟิวส์ เซอร์กิตเบรกเกอร์ และสวิตช์ เป็นต้น ถ้าสายไฟฟ้ามีขนาดใหญ่หรือเล็กเกินไปก็จะเป็นผลให้จุดต่อสายเป็นปัญหาได้เช่นกันบริภัณฑ์ไฟฟ้าส่วนใหญ่จะระบุขนาดสายไฟฟ้าที่เหมาะสมมาให้ด้วยการใช้ตัวต่อสายหรือขั้วต่อสายต้องเป็นชนิดที่เหมาะสมกับชนิดของสายไฟฟ้า (ทองแดงหรืออะลูมิเนียม) ขนาดของตัวต่อสายก็ต้องเหมาะสมกับขนาดสายไฟฟ้าด้วยเช่นกัน บริภัณฑ์ไฟฟ้าบางชนิดออกแบบสำหรับต่อด้วยบัสบาร์ก็จะต้องใช้ให้เหมาะสมด้วยเช่นกัน

เมื่อโลหะต่างชนิดสัมผัสกันและมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน จะเกิดการกัดกร่อนของโลหะจากการถ่ายเทประจุ สำหรับการสัมผัสกันระหว่างตัวนำทองแดงกับอะลูมิเนียม อะลูมิเนียมจะถูกกัดกร่อนและหลวมในที่สุด ดังนั้นถ้าจำเป็นต้องมีการต่อระหว่างโลหะที่เป็นทองแดงกับอะลูมิเนียม จะต้องไม่ให้โลหะทั้งสองชนิดนี้สัมผัสถึงกันโดยตรง ตัวต่อสายก็ต้องออกแบบให้ใช้ได้กับโลหะทั้งสองชนิดเรียกว่า Universal ซึ่งปกติจะเคลือบด้วยดีบุก

2. ขันขั้วต่อสายไม่แน่นตามทอร์กที่กำหนดโดยผู้ผลิต การขยายตัวของสายไฟฟ้าเมื่อมีกระแสไหลมากและหดตัวเมื่อกระแสลดลง ทำให้จุดต่อสายหลวมได้ถ้าขั้วต่อสายขันไม่ได้ทอร์กตามที่กำหนดซึ่งอาจมากเกินไปหรือน้อยเกินไป ทอร์กนี้อาจระบุมากับตัวอุปกรณ์นั้นเลย หรือมากับเอกสารของผู้ผลิตซึ่งผู้ติดตั้งจำนวนไม่น้อยที่ละเลยโดยเฉพาะการต่อสายเข้าขั้วเซอร์กิตเบรกเกอร์ เป็นต้น สำหรับการต่อระหว่างบัสบาร์ด้วยกันและการต่อหางปลาเข้าบัสบาร์ซึ่งหม้อแปลงก็ต้องขันด้วยทอร์กตามที่กำหนดด้วยเช่นกัน ข้อมูลดังกล่าวนี้สามารถหาได้จากผู้ผลิตบริภัณฑ์ไฟฟ้า



รูปที่ 3 ตัวอย่างการแสดงทอร์กของการต่อบัสเวย์ (หรือบัสดัก)

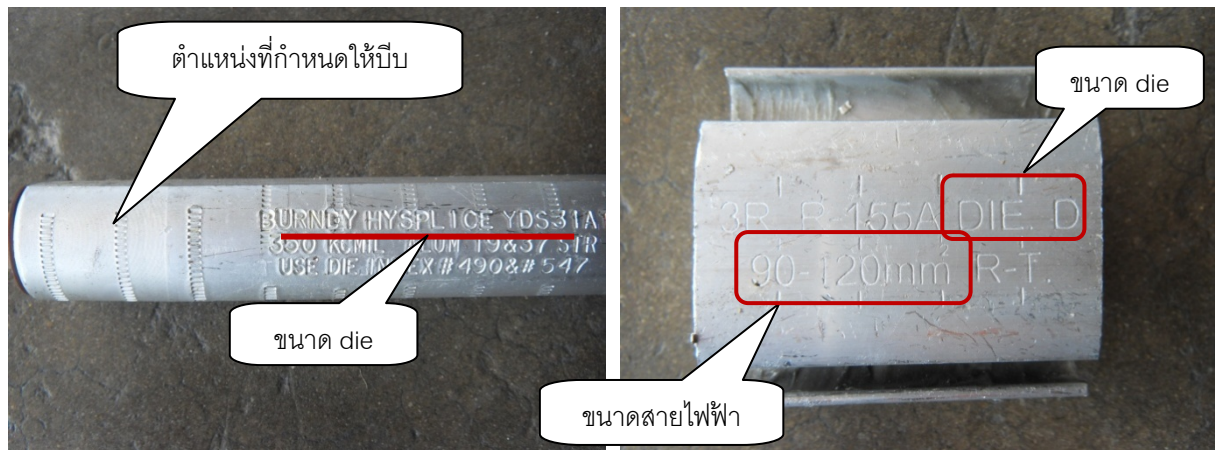


รูปที่ 4 บัสเวย์ชำรุดจากรจุดต่อหลวมจนเกิดความร้อนสูง (ใช้ทอร์กไม่เหมาะสม)



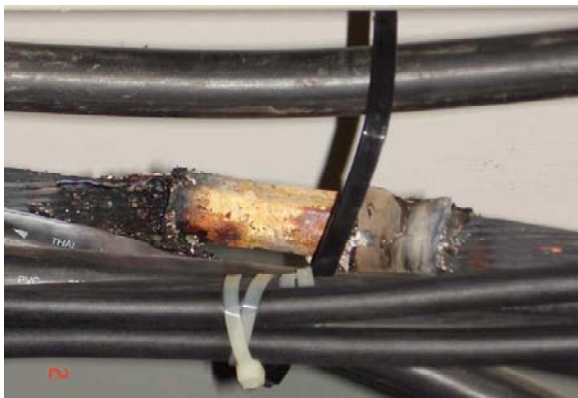
รูปที่ 5 ตัวอย่างข้อต่อสายเข้าเซอร์กิตเบรกเกอร์ชำรุด เนื่องจากหลวม

3. การบีบสายไม่เหมาะสม เกิดกับตัวต่อสายที่ต้องใช้วิธีบีบให้แน่นด้วยคีม (ตัวบีบ) ทั้งชนิดที่ทำงานด้วยมือและชนิดที่ทำงานด้วยระบบไฮดรอลิก อาจเนื่องจากการเลือกขนาดตัวบีบ (die) ไม่ถูกต้อง หรือจำนวนรอยที่บีบไม่ตรงตามที่คุณผลิตกำหนด เป็นผลให้แรงบีบที่ตัวต่อสายหลวมหรือแน่นเกินไป เมื่อใช้งานเป็นเวลานานก็จะหลวมและเกิดความร้อนสูงจนสายหรือข้อต่อสายชำรุด และสายที่รับแรงดึงอาจหลุดจนเป็นอันตรายได้



รูปที่ 6 ตัวอย่างรายละเอียดที่กำหนดบนตัวต่อสาย

โดยปกติตัวต่อสายจะระบุขนาดของสายไฟฟ้าและขนาด die ที่ต้องใช้ รวมถึงกำหนดตำแหน่งที่ต้องบีบมาให้ด้วย ตัวต่อสายขนาดเดียวกันแต่คนละผู้ผลิตก็อาจใช้ die คนละเบอร์กันก็ได้ ดังนั้นในการทำงานจะต้องเลือกให้ตรงกับที่ระบุมาด้วย



รูปที่ 7 ตัวอย่างจุดต่อสายหลวมจนเกิดความร้อนสูง

4. สายไม่เข้าที่มักเกิดกับตัวต่อสายชนิดเสียบแน่น (quick connection terminal) เมื่อเสียบสายแล้วสายอาจไม่ลงพอดีตรงตำแหน่งที่ต้องการ (ไม่ลงล็อก) ทำให้หน้าสัมผัสร้อนและเกิดความร้อนสูงได้ ปัญหาอีกอย่างหนึ่งของการใช้หัวต่อสายแบบนี้คือพิกัดกระแสไม่เหมาะสม ปกติหัวต่อสายแบบนี้จะออกแบบให้ใช้งานกับกระแสไม่มากเช่น 16 หรือ 20 แอมแปร์ หรืออาจน้อยกว่า ซึ่งก็ต้องเป็นไปตามขนาดของสายไฟฟ้าด้วยเช่นกัน ถ้ากระแสมากเกินไปจะเกิดความร้อนสูงเกิน เสื่อมสภาพและชำรุดได้

ใช้สายหลายเส้นกับตัวต่อสายที่ออกแบบสำหรับสายเส้นเดียว ในการต่อสายจะต้องตรวจสอบให้ชัดเจนก่อนว่าตัวต่อสายนั้นออกแบบสำหรับสายเส้นเดียว สองเส้น หรือมากกว่า ซึ่งต้องใช้ให้ถูกต้องด้วยเช่นกัน

6. การต่อสายด้วย Cable Lugs หรือ Terminal Lugs

การต่อสายด้วยหางปลาซึ่งปกติจะเป็นการต่อเข้าบริเวณตู้ไฟฟ้าหรือบัสบาร์ นอกจากจะต้องเลือกอุปกรณ์ให้เหมาะสมตามที่กล่าวแล้วข้างต้น ยังจำเป็นต้องปฏิบัติงานให้ถูกต้องด้วย การปฏิบัติงานที่ถูกต้องนี้ไม่ใช่จำเป็นเฉพาะการต่อสายด้วยหางปลาเท่านั้น แต่จำเป็นสำหรับการต่อสายทุกแบบ ปัจจุบันมีการใช้หางปลากันมากทั้งสายขนาดเล็กและขนาดใหญ่

โดยทั่วไปเรามักพบว่า 10-30% ของการเข้าหัวสายมักมีปัญหาของความร้อนเกิดขึ้นเมื่อใช้งาน ซึ่งส่วนมาก มาจากการที่เราเข้าหัวสายไม่แน่น ใช้หางปลาผิดและหางไปไม่ได้ขนาด ทั้งนี้เพราะผู้ปฏิบัติงานไม่ค่อยมีความรู้ ความเข้าใจในวิธีการทำงานที่ถูกต้อง และโดยทั่วไปมักจะขาดความสนใจต่อการเข้าหัวสายให้ถูกต้องนั่นเอง

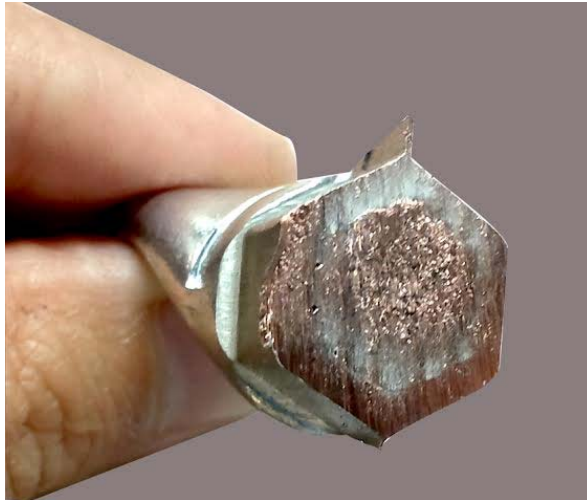


รูปที่ 8 ตัวอย่างการต่อสายด้วยหางปลา (terminal lugs)

การเข้าหัวสายไม่แน่น จะก่อให้เกิดปัญหาตามมาหลายอย่าง เช่น หัวสายร้อน หัวสายไหม้ เครื่องป้องกันกระแสเกินหรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจรก่อนกำหนด หรือในกรณีที่รุนแรงเซอร์กิตเบรกเกอร์อาจจะไหม้ได้ เป็นต้น เป็นสาเหตุที่ทำให้เราไม่สามารถใช้พลังงานได้เต็มที่ หรือการใช้ไฟฟ้าต้องหยุดชะงักลง

ดังนั้น การเข้าหัวสายที่ดีจึงต้องมีการเลือกอุปกรณ์ต่อสาย เครื่องมือ รวมถึงการทำงานที่ถูกต้องอีกด้วย หัวข้อที่ควรพิจารณาในการทำงาน มีดังนี้

1. ชนิดของหางปลาที่จะใช้งาน รวมถึงวัสดุที่นำมาใช้ทำหางปลา
2. ชนิดของการเข้า
3. คุณสมบัติทางกลของหางปลา
4. วิธีการเลือกใช้เครื่องมืออย่างถูกต้อง
5. การปฏิบัติงานที่ถูกต้องเหมาะสม



รูปที่ 9 การต่อสายที่ดี ตัวต่อสายกับสายไฟฟ้าต้องติดเป็นเนื้อเดียวกัน

7. การต่อสายไฟฟ้าเข้ากับหลักดิน

ในระบบการต่อลงดินจะมีจุดที่ต้องทำการต่อสายไฟฟ้าเข้ากับหลักดิน (ground rod) ซึ่งทำได้ 2 วิธี ดังนี้

1. การต่อด้วยClamp หรือตัวต่อ จะต้องเป็นชนิดที่ออกแบบสำหรับการต่อระหว่างสายไฟฟ้ากับหลักดินเท่านั้น ปัญหาที่มักเกิดคือ Clamp ไม่ได้มาตรฐาน หรือผู้ปฏิบัติงานต่อไม่ถูกต้อง เช่น ทอร์กไม่เหมาะสม หรือไม่ทำความสะอาดผิวสัมผัสก่อน เมื่อใช้งานไประยะหนึ่งตัวต่อจะหลวมหรือเป็นออกไซด์ หรือแม้ว่าจะต่ออย่างถูกต้องก็ยังคงต้องทำการตรวจสอบและบำรุงรักษาตามคาบเวลา อีกด้วย



รูปที่ 10 การต่อสายต่อหลักดินเข้ากับดินด้วยแคลมป์

2. การต่อด้วยวิธีหลอมละลายด้วยความร้อน เป็นการต่อที่ให้ความคงทนถาวร ในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าฯ จึงกำหนดให้ใช้วิธีนี้กับการติดตั้งในบางสถานที่ที่พิจารณาแล้วมีความจำเป็นเนื่องจากเสี่ยงต่อการเกิดอันตรายหรือมีบุคคลใช้งานร่วมกันจำนวนมาก เช่น อาคารชุด อาคารสูง อาคารขนาดใหญ่พิเศษ และโรงแรมหรู เป็นต้น วิธีนี้ต้องการการบำรุงรักษาน้อย แต่อย่างไรก็ตาม การต่อจะต้องทำโดยผู้ที่มีความรู้ความชำนาญ และใช้อุปกรณ์ที่ถูกต้องเหมาะสมด้วยเช่นกัน

การต่อด้วยวิธีหลอมละลายด้วยความร้อนเป็นวิธีที่ให้ความมั่นใจเรื่องความมั่นคงและคงทน ลดภาระการบำรุงรักษาได้มาก แต่ต้องเลือกใช้กับจุดต่อที่เรามั่นใจว่าจะไม่มีการถอดออกอีกในภายหลัง เป็นวิธีที่ต้องการการบำรุงรักษาน้อยเช่นกัน ส่วนใหญ่นิยมใช้กับระบบตัวนำล่อฟ้า หรือตัวนำลงดิน ในระบบป้องกันฟ้าผ่า



รูปที่ 11 ตัวอย่างการต่อสายต่อหลักดินเข้ากับหลักดินด้วยวิธีหลอมละลายด้วยความร้อน

8. การต่อบัสบาร์

การต่อบัสบาร์จะพบปัญหาล้ำยากับการต่อสายไฟฟ้าเช่นกัน แต่วิธีที่ใช้ต่อจะต่างกัน การต่อระหว่างบัสบาร์จะยึดด้วยโบลต์และนัตเป็นหลัก บัสบาร์ที่ใช้งานจะมีทั้งชนิดอะลูมิเนียมและทองแดง แนวทางป้องกันการกัดกร่อนจึงเหมือนกับของสายไฟฟ้าตามที่กล่าวข้างต้น ขั้นตอนการต่อพอสรุปได้ดังนี้

การต่อระหว่างบัสบาร์ชนิดอะลูมิเนียม มีขั้นตอนดังนี้

- ทำความสะอาดผิวสัมผัสด้วยแปรงหรือกระดาษทราย
- ทาคอมปาวด์ที่ผิวสัมผัสทันทีหลังจากที่ทำความสะอาด เพื่อป้องกันการเกิดออกไซด์
- ประกอบจุดต่อ ซึ่งจะต้องใช้ Flat washer (แหวนแบน) และ Belleville washer (แหวนฉิ่ง)
- ทำการต่อและขันโบลต์และนัตให้แน่น ด้วยทอร์กที่เหมาะสม (ค่าทอร์กที่เหมาะสมเป็นไปตามคำแนะนำของผู้ผลิต)

การต่อระหว่างบัสบาร์ชนิดทองแดง การต่อไม่ต้องใช้คอมปาวด์และแหวนฉิ่งมีขั้นตอนดังนี้

- ทำความสะอาดผิวสัมผัสด้วยผ้า (ไม่จำเป็นต้องใช้แปรงหรือกระดาษทราย)
- ประกอบจุดต่อ ซึ่งจะต้องใช้ Flat washer (แหวนแบน) และ ไม่ต้องใช้ Belleville washer
- ทำการต่อและขันโบลต์และนัตให้แน่น ด้วยทอร์กที่เหมาะสม (ค่าทอร์กที่เหมาะสมเป็นไปตามคำแนะนำของผู้ผลิต)

การต่อระหว่างบัสบาร์ชนิดทองแดงกับอะลูมิเนียม บัสบาร์ทองแดงจะต้องเคลือบดีบุกด้วย (tin plated) ขั้นตอนการต่อเหมือนกับการต่อบัสบาร์อะลูมิเนียม ดังนี้

- ทำความสะอาดผิวสัมผัสบัสบาร์อะลูมิเนียม สำหรับบัสบาร์ทองแดงไม่ต้องขัดด้วยกระดาษทรายหรือแปรง เพียงแต่เช็ดทำความสะอาดก็พอ

- ทาคอมปาวด์ที่ผิวสัมผัสของบัสบาร์อะลูมิเนียมทันทีหลังจากที่ทำความสะอาด เพื่อป้องกันการเกิดออกไซด์
- ประกอบจุดต่อ ซึ่งจะต้องใช้ Flat washer (แหวนแบน) และ Belleville washer (แหวนฉิ่ง)
- ทำการต่อและขันโบลต์และนัตให้แน่น ด้วยทอร์กที่เหมาะสม (ค่าทอร์กที่เหมาะสมเป็นไปตามคำแนะนำของผู้ผลิต)

หมายเหตุ

1. แหวนฉิ่ง (belleville washer) เป็นแหวนชนิดหนึ่งมีลักษณะโค้งงอเหมือนฉิ่ง เมื่อถูกบีบจนแน่นด้วยโบลต์และนัตจะแบนราบลงแต่มีความเป็นปริงอยู่ เพื่อรักษาแรงกดให้คงที่เมื่อเกิดการขยายตัวหรือหดตัวของบัสบาร์ จึงทำหน้าที่เหมือนแหวนสปริง
2. หลีกเลี่ยงการต่อระหว่างบัสบาร์ทองแดงเปลือย (ไม่เคลือบดีบุก) กับบัสบาร์อะลูมิเนียม เนื่องจากจะเกิดการกัดกร่อนที่รุนแรง



รูปที่ 12 ตัวอย่างจุดต่อบัสบาร์ที่หลวมและเกิดความร้อน

ตารางที่ 1 ตัวอย่างค่าทอร์กการขันโบลต์และนัตสำหรับการต่อบัสบาร์ ของผู้ผลิตรายหนึ่ง

ขนาดโบลต์	ทอร์ก (Nm)
M4	3.15-3.85
M6	11.7-14.3
M10	45-55
M12	67.5-82.5
M14	108-132
M16	166.5-203.5

หมายเหตุ ค่าในตารางนี้ใช้สำหรับโบลต์เหล็ก Grade 8.8 สำหรับวัสดุ Grade อื่นค่าจะเปลี่ยนไป (แนะนำให้ใช้ค่าที่กำหนดโดยผู้ผลิต ถ้ามี)

9. ความจำเป็นในการตรวจสอบและซ่อมบำรุง

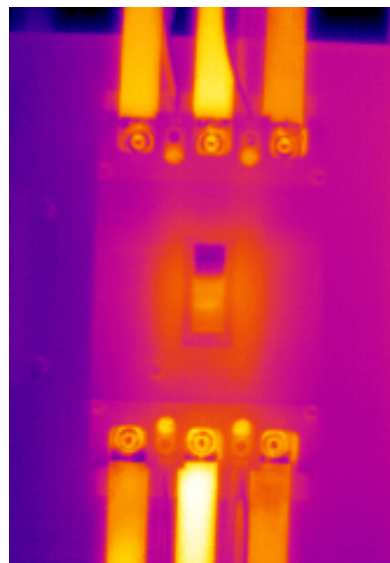
ถึงแม้ในการต่อสายไฟฟ้าในตอนติดตั้งใหม่ ๆ จะทำได้ดีและถูกต้องแล้วก็ตาม แต่เมื่อใช้งานไประยะหนึ่งจะพบว่ามีปัญหาจุดต่อสายหลวม มีความต้านทานสูง ความร้อนที่เกิดขึ้นสามารถทำให้อนุของสายไฟฟ้าชำรุด หรือถ้าเป็นการต่อเข้าอุปกรณ์ อุปกรณ์ที่สายไฟฟ้าต่ออยู่จะเกิดความร้อนสูงจนชำรุดหรือทำงานผิดพลาดได้ จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบตามระยะเวลาที่เหมาะสม การตรวจสอบจะทำให้สามารถแก้ไขหรือปรับปรุงให้การต่อสายมีคุณภาพดีเหมือนเดิมได้ การตรวจสอบการต่อสายไฟฟ้าหลังการใช้งานไประยะหนึ่งสามารถทำได้หลายวิธี การตรวจสอบวิธีหนึ่งที่ได้ผลคือการตรวจสอบด้วยเครื่องมือวัดความร้อนของจุดต่อสาย เครื่องมือนี้อาศัยหลักการที่ว่าเมื่อจุดต่อสายหลวมจะมีความต้านทานสูงและเกิดความร้อนสูงด้วย การวัดความร้อนจึงเป็นวิธีที่ได้ผลและสามารถตรวจได้ขณะที่วงจรไฟฟ้ายังใช้งานอยู่ อุปกรณ์ตรวจวัดความร้อนนี้มีหลายแบบ มีความละเอียดที่แตกต่างกันไป การวัดความร้อนของจุดต่อสายอาจไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดความร้อนที่มีความละเอียดสูงนัก เครื่องวัดที่ดีมีคุณภาพสูงจะสามารถวัดความร้อนในลักษณะของการถ่ายภาพความร้อน สามารถบอกความร้อนที่แต่ละจุดบนภาพได้ แต่จะมีราคาแพง การวัดความร้อนจากจุดต่อสายอาจใช้อุปกรณ์ที่วัดความร้อนเป็นจุดก็ได้ซึ่งมีราคาไม่แพง



รูปที่ 13 เครื่องมือวัดความร้อนแบบต่าง ๆ



รูปที่ 14 ตัวอย่างความร้อนที่เกิดที่จุดต่อสายเมื่อวัดด้วยเครื่องมือวัดความร้อน



รูปที่ 15 ตัวอย่างความร้อนสูงที่ขั้วเซอร์กิตเบรกเกอร์

การวัดความร้อนด้วยเครื่องมือวัด ปกติจะบอกอุณหภูมิเป็นองศา ค่าที่ได้นี้ต้องนำมาวิเคราะห์ต่อ การวิเคราะห์ทำได้หลายวิธีตามสถานการณ์เช่นจากการเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของสายไฟฟ้าที่อุปกรณ์นั้นต่ออยู่ โดยมีปริมาณกระแสไฟฟ้าเป็นข้อมูลประกอบ หรือโดยการเปรียบเทียบกับจุดต่อสายอื่น ๆ ที่ต่อใช้งานลักษณะเดียวกัน เช่นที่ขั้วต่อสายของหม้อแปลงก็จะทำการเปรียบเทียบความร้อนในแต่ละเฟส ที่สำคัญคือจะต้องมีการบันทึกค่าที่ได้รวมทั้งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อเป็นประโยชน์ในการตรวจสอบครั้งต่อ ๆ ไป โดยทำการเปรียบเทียบผลที่วัดได้ในแต่ละครั้งจะวิเคราะห์แนวโน้มการเกิดความเสียหายของจุดต่อสายได้ แต่เนื่องจากการวัดความร้อนด้วยวิธีถ่ายภาพความร้อนนั้นมีรายละเอียดมากจึงจะไม่กล่าวในที่นี้

10. บทสรุป

การต่อตัวนำไฟฟ้าเป็นงานที่ต้องปฏิบัติเป็นประจำและเป็นจำนวนมากในงานติดตั้งทางไฟฟ้า และถ้าในการติดตั้งทำไว้ไม่ดีจะเกิดปัญหาตามมาในอนาคตอีกมาก ผู้ที่เกี่ยวข้องจึงควรให้ความสำคัญโดยการเลือกใช้อุปกรณ์ที่และเครื่องมือให้ถูกต้อง และต้องใช้วิธีการต่อที่ถูกต้องด้วย ดังนั้นผู้ควบคุมงานและปฏิบัติงานจึงต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ ความชำนาญ ในเรื่องนี้อย่างแท้จริง รวมทั้งต้องปฏิบัติงานด้วยความรับผิดชอบที่ดีด้วย

ผู้เขียน

- นายลือชัย ทองนิล
- กรรมการสภาวิศวกร (สมัยที่ 5)
- ประธานสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า วสท. (พ.ศ. 254-2556)
- ประธานคณะกรรมการทดสอบความรู้ความชำนาญการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมระดับวุฒิวิศวกร สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สภาวิศวกร
- อนุกรรมการทดสอบความรู้ความชำนาญการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมระดับสามัญวิศวกร สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สภาวิศวกร

บรรณานุกรม

1. การไฟฟ้านครหลวง. คู่มือการฝึกอบรมพนักงานสำนักงานเขต, พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ.
2. ลือชัย ทองนิล. การตรวจสอบความปลอดภัยระบบไฟฟ้า, พิมพ์ครั้งที่ 13, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ : 2556.
3. ลือชัย ทองนิล. การตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าอย่างมืออาชีพ, เอกสารประกอบการบรรยาย, 2557.