• คุณสุรินทร์ ศรีสุข

เล่าเท่าที่รู้...

การมีสายดินที่ถูกต้องและการใช้สายดินที่คุ้มค่า

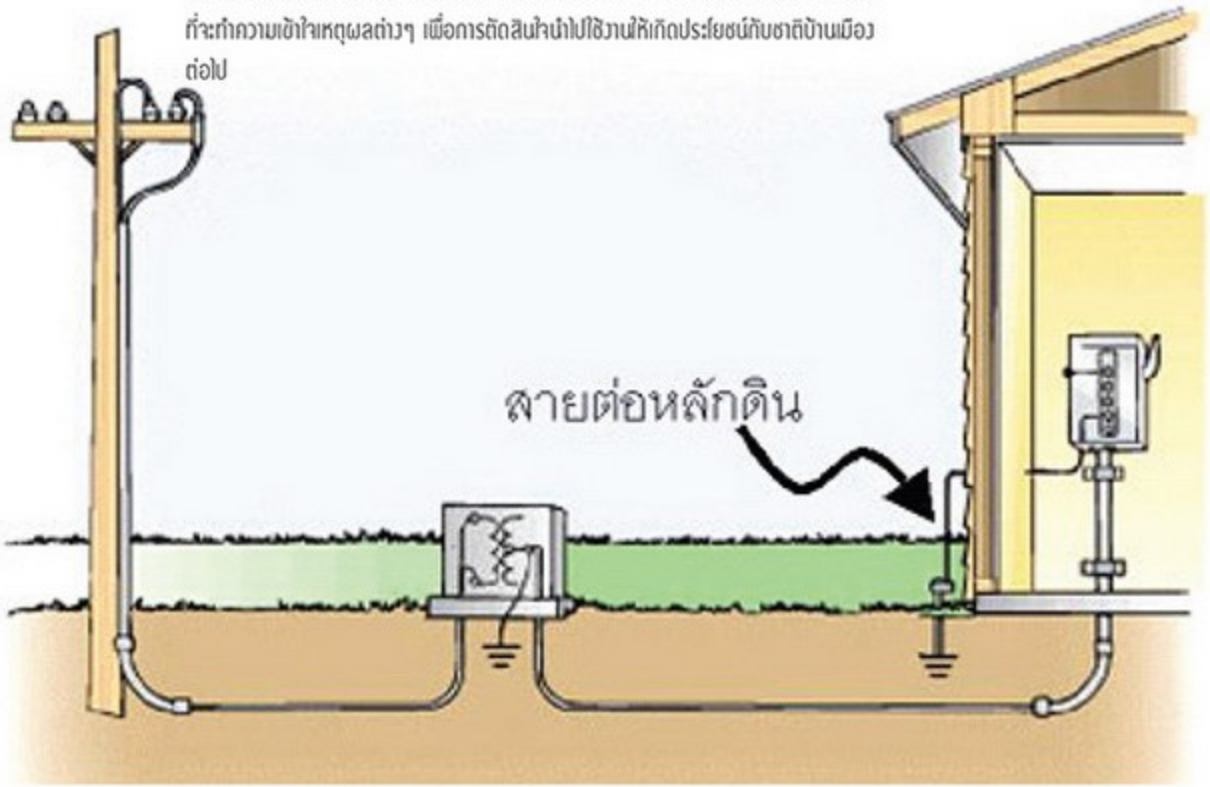
สายดิน มีความเกี่ยวข้องกับการใช้งานระบบไฟฟ้ามากมายไม่ว่าจะเป็นตัวระบบไฟฟ้าเอง เครื่องใช้ไฟฟ้าเกือบทุกชนิด และยังเกี่ยวข้องไปยังระบบป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่า บทความนี้จะลำดับเรื่องราวที่เกี่ยวข้องโดยรวมดังนี้ เริ่มด้วย

1. การสร้างระบบสายดินซึ่งจะได้ทราบว่าระบบสายดินทั่วๆ ไปทำอย่างได้บ้าง ทั้งนี้ไม่รวมถึงการสร้างระบบสายดินที่เป็นการจำเพาะ เช่นในสถานีจำหน่ายไฟฟ้าขนาดใหญ่ เป็นต้น

2. การใช้งานสายดินกับระบบไฟฟ้าไม่ว่าจะเป็นระบบที่เป็น TN-C และ TN-S เป็นอย่างไรแตกต่างกันอย่างไร รวมทั้งอธิบายถึงว่าทำไมสายที่ต่อไปยังหลักดินที่ตู้ไฟฟ้าหลักของอาคารจึงสามารถใช้สายขนาดไม่เกิน 95 ตารางมิลลิเมตรต่อไปยังหลักดินได้ทั้งๆ ที่ขนาดของหม้อแปลงอาจมีขนาดถึง 2,000 เควีเอ

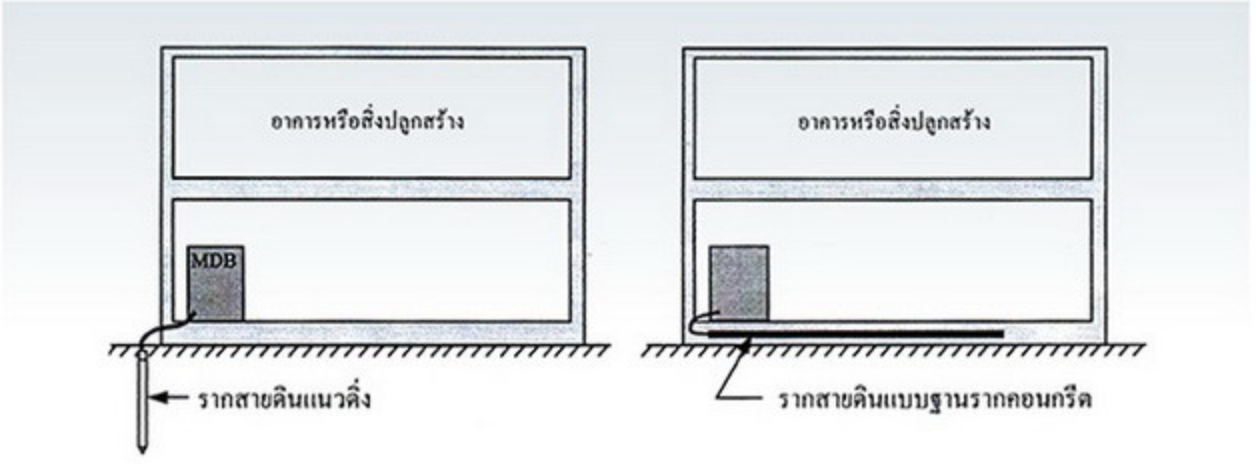
3. ตู้ไฟฟ้าหลักของอาคารที่ต้องมีแท่นคอนกรีตขอเสนอสมมติฐานประกอบเหตุผลเกี่ยวข้องกับระบบสายดินที่ต้องการให้ตัวตู้ต่อลงดินที่จุดเดียว รวมทั้งใช้หลักการเดียวกันกับการติดตั้งเครื่องไฟฟ้าอื่นๆ เช่น ปั๊มน้ำ เป็นต้น

4. ตัวนำลงดินของระบบป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่าจะต้องต่อตัวนำลงดินนี้เข้ากับส่วนของโลหะบนหลังคาให้กระทำเฉพาะที่มีส่วนที่เป็นโลหะมีระดับที่ต่ำกว่าตัวนำบนหลังคา หรือหัวล่อฟ้า หรือหากใช้หลักการของกรงกลมกลิ้งให้กลิ้งแล้ว ส่วนของโลหะนั้นต้องไม่สัมผัสผิวกรงกลมกลิ้งนั้นจึงจะต่อเข้าได้ หากว่าสัมผัสไม่ต่อเข้าตัวนำลงดิน กรณีที่ระยะไม่เกินระยะปลอดภัยให้ย้ายส่วนที่เป็นโลหะนั้นให้พ้นระยะปลอดภัยดังกล่าว การนำเสนอในบทความนี้ด้วยเจตนาหวังประโยชน์ความตื่นตัวที่จะทำความเข้าใจเหตุผลต่างๆ เพื่อการตัดสินใจนำไปใช้งานให้เกิดประโยชน์กับชาติบ้านเมืองต่อไป



การสร้างระบบสายดิน

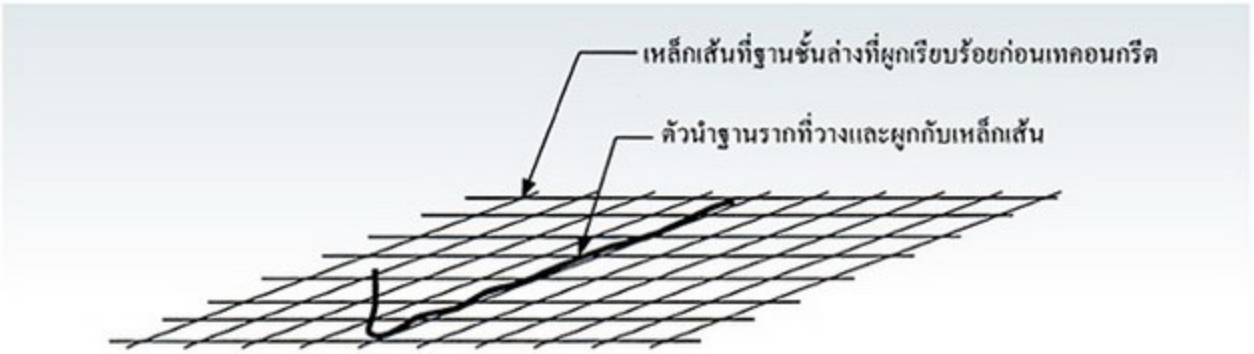
ระบบสายดินที่เราคุ้นเคยเป็นระบบที่ทำหน้าที่เป็นสายดิน หากจักมองในรูปอรรมน่าจักหมายถึงแท่งเหล็กหุ้มทองแดงหรือเป็นวัสดุอื่นๆ ตามที่การไฟฟ้าฯ เองใช้งานที่ยาวไม่น้อยกว่า 2.4 เมตรตอกลงไปในดินตรงๆ ในแนวดิ่งโดยที่หัวด้านบนของหลักดินรมลงไปในดินลึกไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร ทั่วไปเราจักใช้จำนวน 1 ชุดต่อรุด แต่สำหรับที่คุ้นเคยสำหรับระบบป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่ามักจักใช้จำนวน 3 ชุดต่อรุด หากจักลองแบ่งรูปแบบของระบบสายดินตามวิธีการติดตั้งแบ่งได้เป็น 2 แบบคือ ใช้แท่งหลักดินที่อธิบายข้างต้นที่เรียกว่า ***รากสายดินแนวดิ่ง*** ดังรูปที่ 1 ทางซ้ายมือ และอีกแบบคือเป็นตัวนำที่ใส่ลงไปในโครงสร้างพื้นชั้นล่างที่เรียกว่า ***รากสายดินแบบฐานรากคอนกรีต*** ดังรูปที่ 1 ทางขวามือ



รูปที่ 1 รากสายดินแบบฐานรากเปรียบเทียบกับรากสายดินแนวดิ่ง

รากสายดินแบบที่หนึ่ง คือ รากสายดินแนวดิ่ง พิจารณาการติดตั้งวิธีที่ 1 เป็นการติดตั้งที่ใช้แท่งหลักดินยาวไม่น้อยกว่า 2.4 เมตร นอกจากจะตอกในแนวดิ่งแล้วหากพบปัญหาตอกได้โดยยากก็สามารถตอกแท่งหลักดินเอียงได้ แต่ไม่เกิน 45 องศาอ้างอิงจากแนวดิ่ง กรณีที่การตอกแท่งหลักดินลงไปในดินที่แข็งมากๆ สามารถตอกเอียงมากกว่านี้ได้อีกแต่ต้องเพิ่มความยาวของหลักดินไม่น้อยกว่า 2 เท่าของความยาวปกติคือไม่น้อยกว่า 4.8 เมตร เหตุผลที่ต้องเป็นอย่างนี้เนื่องจากกรณีที่หลักดินอยู่ในแนวดิ่ง จะมีดินที่ทำหน้าที่ซึมซับประจุที่ออกจากหลักดินโดยรอบ ขอได้จินตนาการรูปทรงของดินที่ทำหน้าที่ซึมซับเป็นรูปทรงกระบอกรอบแท่งหลักดิน แต่กรณีที่หลักดินที่ตอกลงไปหรือฝังดินเอียงมากกว่า 45 องศากับแนวดิ่ง เหตุที่ความยาวของหลักดินยาวกว่า 2 เท่าของหลักดินแนวดิ่ง เพราะดินที่ทำหน้าที่ซึมซับประจุเป็นรูปครึ่งทรงกระบอกครึ่งล่างนับตั้งแต่แนวหลักดินใต้ลงไป วิธีการทำระบบสายดินวิธีนี้โดยเฉพาะที่เป็นแนวดิ่งกระทำกันเป็นการทั่วไปซึ่งใช้งานได้ผลสำเร็จคือเมื่อต้องตรวจสอบขนาดความต้านทานดิน

รากสายดินอีกรูปแบบหนึ่งคือ รากสายดินฐานรากคอนกรีต ต้องขออนุญาตนำความบางส่วนจากหนังสืออ้างอิงลำดับแรกดังนี้ รากสายดินฐานรากคอนกรีตที่สามารถทำได้จากตัวนำทองแดง หรือเหล็กชุบสังกะสีฝังในคอนกรีต ในการทำรากสายดินฐานรากคอนกรีตนี้ต้องติดตั้งในระหว่างการเริ่มก่อสร้าง หมายถึงการเตรียมงานก่อนเทพื้นโครงสร้าง การติดตั้งให้เดินตัวนำข้างต้นขนานไปกับเหล็กโครงสร้างที่พื้นคอนกรีตชั้นล่าง (อาจหมายถึงชั้นที่ติดแผ่นดินไม่มีชั้นใดอยู่ใต้ชั้นนี้) และผูกเข้าเหล็กโครงสร้าง (โดยไม่ให้มีการสัมผัสโดยตรง เช่นการคั่นด้วยวัสดุอโลหะหรืออื่นใดที่วิศวกรโครงสร้างอนุญาต เพื่อป้องกันการถ่ายเทอิเล็กตรอนชั้นนอกสุดซึ่งมีผลให้เกิดการกร่อนของเหล็กโครงสร้างที่กระทบความแข็งแรงของโครงสร้าง) ความยาวของตัวนำให้ยาวไม่น้อยกว่า 6 เมตร เพื่อให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับรากสายดินแนวดิ่งที่ยาว 3 เมตร แต่โดยทั่วไปก็ติดตั้งตัวนำดังกล่าวให้ยาวเท่ากับความกว้างหรือความยาวของอาคารตลอดแนว เพื่อความเข้าใจขอนำเสนอเป็นภาพประกอบรูปที่ 2



รูปที่ 2 การทำรากสายดินแบบฐานรากคอนกรีตก่อนเทคอนกรีต

การใช้งานสายดินกับระบบไฟฟ้า TN-C เป็นการใช้งานเริ่มต้นที่ขั้วหม้อแปลงไฟฟ้าแรงต่ำที่ประกอบด้วย ขั้วไฟฟ้า 3 เฟสและขั้วนิวทรอล ในการใช้งานระดับตั้งสายตามจำนวนขั้วซึ่งมิได้หมายถึงแต่ละขั้วจักเป็นขั้วเดียวที่อาจมีสายไฟฟ้าหลายเส้นได้ โดยที่สายที่ทำหน้าที่เป็นสายนิวทรอลจักทำหน้าที่ทั้งที่เป็นสายนิวทรอลและสายดินในสายเส้นเดียวกัน การรวมกันนี้แหละที่เรียกว่า TN-C (C มาจาก Common)

การใช้งานสายดินกับระบบไฟฟ้า TN-S เป็นการใช้งานที่เริ่มต้นที่ตู้เมนไฟฟ้าที่รับไฟฟ้าจากหม้อแปลงไฟฟ้าที่เป็นระบบจำหน่ายที่เรียกว่า TN-C เราขอสนใจจำเพาะสายนิวทรอลที่ทำหน้าที่ทั้งสายนิวทรอลและสายดินที่เป็นสาย common ในระบบไฟฟ้า TN-C เมื่อสายนิวทรอลเดินทางมาถึงตู้เมนไฟฟ้าต่อเข้า Neutral Bar จากนั้นทำการเชื่อมต่อสายระหว่าง Neutral Bar กับ Ground Bar ด้วยสายไฟฟ้าที่สามารถรองรับกระแสลัดวงจรสูงสุดที่จะสามารถให้อุปกรณ์ปลดวงจรสามารถทำงานได้ในกรณีที่เกิดการลัดวงจรลงดิน จาก Ground Bar จะมีการต่อสายไปยังหลักดินด้วยขนาดสายไม่ใหญ่กว่า 95 ตารางมิลลิเมตร ด้วยขนาดที่แสดงนี้จักได้อธิบายเพิ่มเติมในย่อหน้าต่อไป ในการใช้งานจำหน่ายระบบไฟฟ้าในช่วงนี้ กรณีที่เป็นวงจร 3 เฟสจะประกอบด้วย สายไฟฟ้า 3 เฟส สายนิวทรอล และสายดิน ช่วงนี้จักเห็นอย่างชัดเจนว่าสายนิวทรอลแยกจากสายดิน การแยกกันนี้แหละที่เรียกว่า TN-S (S มาจาก Separated)

อยากอธิบายว่า ทำไมสายที่ต่อไปยังหลักดินที่ตู้ไฟฟ้าหลักของอาคารจึงสามารถใช้สายขนาดไม่เกิน 95 ตารางมิลลิเมตรต่อไปยังหลักดิน ด้วยระบบจำหน่ายไฟฟ้าของเราเป็น TN-S ในการอธิบายเรื่องนี้ ต้องเริ่มด้วยการเกิดการลัดวงจรลงดิน แล้วกระแสลัดวงจรผ่านสามตัวนำลงดินจากจุดเกิดเหตุผ่านตู้ควบคุม มายังสายป้อน ตู้เมนย่อย มายังตู้เมนหลักของอาคาร ในตู้เมนไฟฟ้าหลักผ่านมาที่ Ground Bar ผ่านสายเชื่อม Ground Bar ไปยัง Neutral Bar จาก Neutral Bar กระแสลัดวงจรไหลผ่านสายนิวทรอลที่เป็นระบบ TN-C ไปยังขั้วนิวทรอลของหม้อแปลงครบวงจร หากออกแบบได้ถูกต้อง เซอร์กิตเบรกเกอร์จะปลดวงจรตามลำดับที่เลือกไว้ จากลำดับการไหลของกระแสไฟฟ้าลัดวงจรจนกระทั่งถึงขั้วนิวทรอลที่หม้อแปลงไฟฟ้า จะเห็นได้ว่าไม่มีกระแสลัดวงจรไหลผ่านสายไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ต่อจาก Ground Bar ของตู้เมนไฟฟ้าของอาคารไปยังหลักดิน ดังนั้นในการออกแบบสายตัวนำที่จักใช้ต่อกับหลักดินไม่มีความจำเป็นใดๆ ต้องสายที่ใหญ่กว่า 95 ตารางมิลลิเมตร และเป็นสายที่มีฉนวนได้ด้วยเป็นเพราะไม่มีกระแสไหลให้เกิดความร้อนที่ต้องทนเมื่อเทียบกับสานตัวนำลงดินของระบบป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่าที่มีกระแสไหล เคยเห็นข้อมูลจากการอ่านพบในหนังสือเล่มหนึ่งว่าในการนำกระแสฟ้าผ่ามีโอกาสที่จักทำให้อุณหภูมิของตัวนำลงดินมีอุณหภูมิสูงถึง 140 องศาเซลเซียสได้ ดังนั้นสายที่ใช้ทำสายไฟฟ้าตัวนำลงดินของระบบป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่าจึงเป็นสายเปลือย ไม่มีฉนวนด้วยฉนวนมีโอกาสที่จะเสียหายได้เมื่อเกิดฟ้าผ่า

ต่อไปอยากจะอธิบายว่า ทำไมตู้ไฟฟ้าหลักของอาคารจึงต้องมีแท่นคอนกรีต ต้องเริ่มอย่างนี้ครับด้วยระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่เราใช้งานอยู่เป็นระบบที่เรียกว่า TN-S ที่แยกระหว่างสายนิวทรอลและสายดิน ดังนั้นสายดินจึงมีหน้าที่สำคัญคือ นำกระแสลัดวงจรกลับไปยังขั้วนิวทรอลของหม้อแปลงให้มากพอจนเซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจรและเป็นเส้นทางเดียวเพื่อป้องการเกิดเพลิงไหม้ และในขณะที่การใช้งานปกติต้องไม่มีกระแสไหลในสายตัวนำลงดิน เรื่องนี้เกิดขึ้นได้ถ้ามีการต่อลงดินมากกว่า 1 จุดเพราะเกิดจากแต่ละจุดที่ลงดินมีศักย์ไฟฟ้าไม่เท่ากันเกิดการไหลของกระแสจากศักย์ไฟฟ้าที่สูงกว่าไปยังจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าที่ต่ำกว่า แล้วคำถามว่าเมื่อเข้าใจอย่างนี้แล้วไปเกี่ยวอะไรกับการมีแท่นคอนกรีตของตู้เมนไฟฟ้าหรือแม้แต่ปั๊มน้ำที่ต้องมีแท่นปูนเช่นกัน มีข้อสันนิษฐานไว้ว่าในการยึดอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่มีความจำเป็นต้องฝัง J-Bolt หรือ Bolt แบบอื่นๆ ในโครงสร้างที่เข้าใจได้ว่า หากไม่มีแท่นคอนกรีตอาจมีการจับยึด Bolt ดังกล่าวเข้ากับเหล็กโครงสร้างที่มีความแข็งแรงมั่นคง จากคำอธิบายเกี่ยวกับรากสายดินที่เป็นแบบฐานรากคอนกรีต

ได้แสดงให้เห็นว่ารากสายดินชนิดนี้สามารถทำหน้าที่เป็นรากสายดินได้นั่นก็เท่ากับว่าหาก Bolt ดังกล่าวมีความต่อเนื่องเข้ากับเหล็กโครงสร้างก็จักทำให้ตู้ชุดนี้หรืออุปกรณ์นี้มีการต่อลงดิน 2 จุดซึ่งในระบบจำหน่าย TN-S ไม่ต้องการให้เกิดขึ้นโดยเด็ดขาด อีกเหตุผลทางโครงสร้างคือ เหล็กโครงสร้างอาจไม่ต้องการให้โลหะประเภทอื่นมาสัมผัสที่จะส่งผลให้เกิดการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนในชั้นนอกสุดที่เรียกว่า ***วาเลนซ์อิเล็กตรอน*** หรือชั้นที่มีพลังงานมากที่สุดซึ่งอาจไม่ใช่ชั้นสุดท้ายได้ (เรื่องนี้ขออนุญาตเว้นไว้ก่อน หากสนใจลองอ่านแนวคิดการทำตารางธาตุและการเรียงจำนวนอิเล็กตรอนในแต่ละระดับชั้นพลังงานของ **เฮนรี จี.เจ.มอสลีย์**) โดยที่ต้องการจัดการไม่ให้มีการลงดิน 2 จุดจึงให้ทำแท่นคอนกรีตแยกต่างหาก และอาจจะมีเหตุผลอื่นร่วมด้วยเช่นในช่วงเวลาเตรียมเทพื้นยังไม่ทราบตำแหน่งที่จักฝัง Bolt ก็ได้ เรื่องนี้จึงขอเสนอไว้เป็นสมมติฐานที่จักได้ให้โอกาสได้หาข้อเท็จจริงที่มีน้ำหนักต่อไป

เรื่องที่เกี่ยวกับตัวนำลงดินของระบบป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่าจะต้องต่อตัวนำลงดินนี้เข้ากับส่วนของโลหะบนหลังคาหรือไม่นั้น มีหลักการในการพิจารณาดังนี้ เริ่มที่ต้องทำความเข้าใจให้ตรงกันก่อนว่าส่วนที่เป็นโลหะบนหลังคานั้นมีความสามารถที่จะเป็นตัวนำล่อฟ้าได้เช่นกันไม่ต้องคิดว่าโลหะนั้นมีความสามารถในการนำไฟฟ้าดีหรือด้อยกว่าอย่างไรกับตัวนำทองแดง แต่อยากให้เข้าใจตรงกันว่า การเกิดปรากฏการณ์ฟ้าผ่านั้น เป็นปรากฏการณ์ถ่ายเทประจุไฟฟ้าจากก้อนเมฆผ่านอากาศมายังตัวนำลงดิน เปรียบเทียบได้กับเป็นงานของการย้ายประจุในสนามไฟฟ้าด้วยระยะทางขนาดหนึ่ง ดังนั้นในการประสานศักย์เข้าตัวนำลงดินของระบบป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่านั้นให้กระทำเฉพาะที่มีส่วนที่เป็นโลหะมีระดับที่ต่ำกว่าตัวนำบนหลังคา หรือหลักล่อฟ้า หรือหากใช้หลักการของทรงกลมกลิ้งให้กลิ้งแล้วส่วนของโลหะนั้นต้องไม่สัมผัสผิวทรงกลมกลิ้งนั้นจึงจะต่อเข้าได้ หากว่าสัมผัสไม่ต่อเข้าตัวนำลงดิน กรณีที่ระยะไม่เกินระยะปลอดภัยให้ย้ายส่วนที่เป็นโลหะนั้นให้พ้นระยะปลอดภัยดังกล่าว

รวมความแล้วจะเห็นได้ว่าระบบสายดินที่นิยมยังเป็น**ระบบรากสายดินแนวดิ่ง** ในอนาคตเมื่อเรามีความเข้าใจในเรื่องรากสายดินมากขึ้นก็จักได้มีการนำรากสายดินแบบฐานรากคอนกรีตมาใช้งานสำหรับอาคารขนาดใหญ่ที่อาจเหมาะสมที่สามารถดำเนินการไปพร้อมกับงานโครงสร้างฐานรากอาคารที่จักมั่นใจได้ว่าระบบรากสายดินมั่นคงไม่กร่อนไปตามกาลเวลาดังเช่นโครงสร้างฐานราก อย่างไรก็ตามระบบรากสายดินที่เป็นแบบแนวดิ่งก็ยังจำเป็นต้องใช้สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าโดยเฉพาะที่ขั้วนิวทรอลของทางด้านแรงดันต่ำของหม้อแปลง โดยการที่จำนวนสายเมนแรงต่ำจากหม้อแปลงชนิด TN ใช้สายนิวทรอลลอยอย่างเดียวไม่มีสายดินจึงเรียกระบบนี้ว่า TN-C เมื่อมาถึงตู้เมนมีการแยกขั้วนิวทรอลกับขั้วสายดินแล้วจำหน่ายในอาคารหรือในโครงการที่มีสานไฟฟ้า 3 เฟส สายนิวทรอล และสายดินนี้จึงเรียกว่า **ระบบไฟฟ้า TN-S** เนื่องจากระบบ TN-S ต้องการเส้นทางควบคุมให้กระแสลัดวงจรลงดินเดินทางไปยังขั้วนิวทรอลที่หม้อแปลงเส้นทางเดียวเท่านั้นจึงต้องป้องกันไม่ให้มีการลงดินของอุปกรณ์ทุกตัวโดยเฉพาะตู้ไฟฟ้า จึงต้องมีแท่นคอนกรีตคั่นไว้ป้องกันไม่ให้น็อตยึดตู้ที่เป็นโลหะจักสัมผัสโดยตรงกับเหล็กโครงสร้างที่มีความยาวเพียงพอที่จักทำหน้าที่เป็นรากสายดินดังอธิบายข้างต้น เรื่องขนาดของสายไฟฟ้าที่ต่อไปยังหลักดินในตู้เมนไฟฟ้าแรงต่ำของอาคารไม่จำเป็นต้องมีขนาดใหญ่กว่า 95 ตารางมิลลิเมตรเพราะสายไฟฟ้าเส้นนี้ไม่ใช่เส้นทางเดินของกระแสไฟฟ้าลัดวงจรลงดินของอุปกรณ์ปลายทางผ่านสายดินกลับไปยังขั้วนิวทรอลของหม้อแปลง ที่สำคัญอยู่ที่สายที่เชื่อมบัสบาร์ที่เรียกว่า **Ground Bar** และ **Neutral Bar** สายที่เชื่อมบาร์ทั้งสองนี้ต้องรองรับกระแสไฟฟ้าลัดวงจรได้จนกระทั่งอุปกรณ์ปลดวงจรทำงานหรือเซอร์กิตเบรกเกอร์จักทำงาน ประเด็นสุดท้ายที่ตัวนำลงดินของระบบป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่าจะต้องต่อตัวนำลงดินนี้เข้ากับส่วนของโลหะบนหลังคาให้กระทำเฉพาะที่มีส่วนที่เป็นโลหะมีระดับที่ต่ำกว่าตัวนำบนหลังคา หรือหัวล่อฟ้า หรือหากใช้หลักการของทรงกลมกลิ้งให้กลิ้งแล้วส่วนของโลหะนั้นต้องไม่สัมผัสผิวทรงกลมกลิ้งนั้นจึงจะต่อเข้าได้ หากว่าสัมผัสจักไม่ต่อเข้าตัวนำลงดิน กรณีที่ระยะไม่เกินระยะปลอดภัยให้ย้ายส่วนที่เป็นโลหะนั้นให้พ้นระยะปลอดภัยดังกล่าว **ก่อนจากกันหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจักสามารถนำข้อมูลข้างต้นไปใช้ประโยชน์ได้ สำหรับท่านที่ทราบอยู่แล้ว ก็คิดเสียว่าทบทวนหรือจักช่วยทานความถูกต้อง พบข้อบกพร่องสามารถให้ข้อมูลแนะนำได้ครับ ที่สุดลืมไม่ได้ที่จักขอบคุณหนังสือตำราดีๆ ที่นำมาอ้างอิงซึ่งนอกเหนือหนังสือเล่มนี้ยังมีอีกหลายเล่มที่วิศวกรไฟฟ้าสมควรจักได้มีไว้เป็นสมบัติส่วนตัวคนละชุดตำรา(หลายเล่ม)เลยนะ ลองคิดต่อประสานไปที่ภาควิชา... กระซิบนิดเดียวได้ยินว่า...** ***ไปถึงที่ๆ ค้นแหล่งเลยมีลดราคาประเภทตกอกตกใจเลยทีเดียว ขอทุกท่านมีความสุขกับการดูแลอาชีพเพื่อความปลอดภัยสาธารณะครับ...***

เอกสารอ้างอิง

- *รศ.ดร.ชำนาญ ห่อเกียรติ, เทพกัญญา ชัดแสง. การต่อลงดิน Grounding. โครงการพัฒนาความชำนาญด้านไฟฟ้ากำลัง ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. พิมพ์ครั้งที่ 1 ตุลาคม 2549.*

ส่วนตัวผู้เขียน

นายสุวิทย์ ศรีสุข

วิศวกรไฟฟ้า-ที่ปรึกษาอิสระ

การศึกษา ปริญญาตรี-วิศวกรรมศาสตร์ ไฟฟ้ากำลัง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ปริญญาโท-วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม บางเขน

ประสบการณ์ ทำงานกว่า 29 ปี งานด้านไฟฟ้ากำลัง