ฟ้าผ่าและการป้องกัน (ตอนที่ ๒)

น.อ.เทอดศักดิ์ แท้เที่ยง

ตอนที่แล้วได้กล่าวถึงปรากฏการณ์เกิดฟ้าผ่าตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นผลให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า สิ่งก่อสร้าง และทำให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต นอกจากนั้นได้กล่าวถึงหลักการที่ฟ้าจะผ่าลงที่ใด และได้ทราบถึงย่านปลอดภัยจากฟ้าผ่าซึ่งเราสามารถหลบไปอยู่ในย่านนั้นได้ในขณะเกิดฝนฟ้าคะนอง ในตอนที่ ๒ นี้จะได้กล่าวถึง การป้องกันฟ้าผ่าแก่ระบบส่งจ่ายไฟฟ้ากำลังและการป้องกันฟ้าผ่า ต่ออาคารและสิ่งก่อสร้าง ส่วนการป้องกันฟ้าผ่าต่อสิ่งมีชีวิตจะได้กล่าวในตอนต่อไป

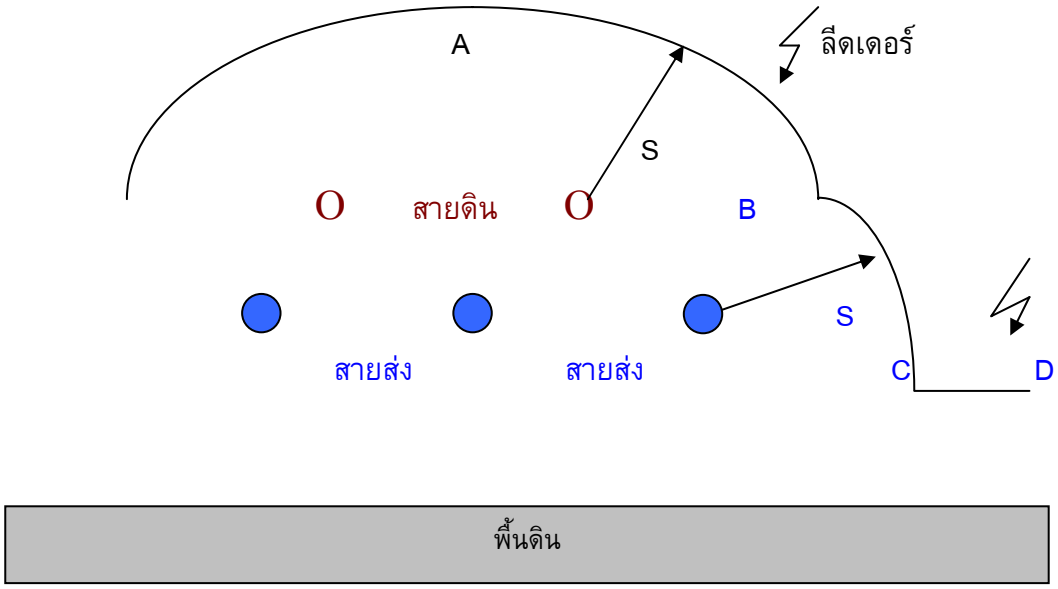
วิธีป้องกันฟ้าผ่า

การป้องกันฟ้าผ่าหมายถึง การป้องกันมิให้เกิดอันตรายอันเป็นผลจากฟ้าผ่า ซึ่งเป็นผลในรูปความร้อน แรงกลและผลทางไฟฟ้า ฟ้าผ่ามักก่อให้เกิดความเสียหายและเป็นอันตรายต่อชีวิต ถ้าหากไม่มีการป้องกัน หรือป้องกันไว้ไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ การศึกษาวิจัยและบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับฟ้าผ่า ทำให้มนุษย์รู้จักหาวิธีป้องกันอันตรายดังกล่าวได้ โดยจะได้กล่าวแยกออกเป็น ๓ ส่วน ดังนี้

๑. การป้องกันฟ้าผ่าแก่ระบบส่งจ่ายไฟฟ้ากำลัง
๒. การป้องกันฟ้าผ่าต่ออาคารและสิ่งก่อสร้าง
๓. การป้องกันฟ้าผ่าต่อสิ่งมีชีวิต

๑.การป้องกันฟ้าผ่าแก่ระบบส่งจ่ายไฟฟ้ากำลัง

ระบบส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าทั้งสายส่งและสถานีจ่ายไฟแบบกลางแจ้งจะมีโอกาสได้รับผลกระทบจากฟ้าผ่า ทั้งโดนฟ้าผ่าโดยตรงจากแรงดันเกินที่คลื่นจรมาและแรงดันเกินเพราะความต้านทานของรากสายดินกับแรงดันเหนี่ยวนำ ถ้าเป็นสายแบบเคเบิลฝังใต้ดินหรือ GIS จะไม่มีผลโดยตรงจากฟ้าผ่า แต่จะมีในรูปแรงดันเกินแบบคลื่นจร แรงดันเกินลักษณะนี้อาจป้องกันได้ด้วย **กับดักฟ้าผ่า (**LIGHTNING ARRESTER) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกินโดยมีความต้านทานไม่เป็นเชิงเส้นกล่าวคือ ค่าความต้านทานจะลดลงเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากขึ้น จึงทำให้แรงดันเกินนั้นถูกตัดทอนลงให้มีค่าต่ำลงมาก ๆ แต่ในยามปกติกับดักฟ้าผ่าจะมีลักษณะเป็นฉนวน อุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ ในระบบส่งจ่ายไฟฟ้ากำลังก็ใช้วิธีป้องกันแรงดันเกินจากฟ้าผ่าด้วยกับดักฟ้าผ่าเช่นกัน ส่วนการป้องกันฟ้าผ่าโดยตรงบนสายส่งไฟฟ้าแรงสูงและอุปกรณ์ในสถานีจ่ายไฟนั้น อาจป้องกันได้โดยใช้สายดินขึงอากาศ (OVERHEAD GROUND WIRE) ขึงไว้สูงกว่าสายส่งกำลัง ทำหน้าที่เป็นเกราะป้องกันมิให้ฟ้าผ่าโดยตรงลงบนสายส่งกำลัง



จากรูป ย่าน AB เป็นย่านที่ลีดเดอร์วิ่งเข้าหาสายดิน ดังนั้นฟ้าจะผ่าลงสายดิน
ย่าน BC เป็นย่านที่ลีดเดอร์วิ่งเข้าหาสายส่ง ดังนั้นฟ้าจะผ่าลงสายส่งได้
ย่าน CD เป็นย่านที่ลีดเดอร์วิ่งเข้าหาพื้นดิน ดังนั้นฟ้าจะผ่าลงดินได้
S หมายถึง ระยะฟ้าผ่า
● หมายถึง สายส่ง
O หมายถึง สายดิน

๒. การป้องกันฟ้าผ่าต่ออาคารและสิ่งก่อสร้าง

สิ่งก่อสร้างในที่โล่งแจ้งหรือสูงเด่นกว่าที่อื่น ๆ ในบริเวณใกล้เคียงมักจะเป็นเป้าอย่างดีหรือเสี่ยงต่อการถูกฟ้าผ่า จึงควรที่จะมีระบบป้องกัน อย่างไรก็ดีหลักเกณฑ์ในการตัดสินใจสร้างระบบป้องกัน สิ่งหนึ่งที่จะต้องพิจารณาคำนึงถึงคือ หลักการประหยัด สมมุติว่าเราทราบค่าเสียหายจากการเกิดฟ้าผ่า ค่าของระบบป้องกันจะต้องต่ำกว่าค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมความเสียหายจากฟ้าผ่า

เมื่อเราตัดสินใจจะทำระบบป้องกันฟ้าผ่าสำหรับอาคารหลังหนึ่ง หากได้มีการร่วมมือวางแผนระหว่างสถาปนิกกับวิศวกรออกแบบป้องกันฟ้าผ่าและเจ้าของอาคารก่อนที่จะลงมือสร้าง จะช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากทีเดียว ค่าใช้จ่ายจะสูงมากหากให้วิศวกรออกแบบป้องกันฟ้าผ่าหลังจากที่ได้สร้างอาคารไปแล้วหรือได้วางรากฐานไปเรียบร้อยแล้ว การออกแบบล่วงหน้าและมีแผนว่าจะใช้โครงสร้างหรือส่วนประกอบของอาคารให้เป็นประโยชน์ ค่าใช้จ่ายจะลดลง ความสวยงามของอาคารไม่เสียไปและความมั่นคงของระบบป้องกันก็จะสูงขึ้นด้วย

การป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่ามิให้เกิดความเสียหายแก่สิ่งก่อสร้างหรืออาคาร วิธีที่ดีและปลอดภัยที่สุดเท่าที่มนุษย์รู้จักในปัจจุบันนี้ก็คือ **วิธีของฟาราเดย์**

ส่วนประกอบของระบบป้องกันฟ้าผ่าแบบฟาราเดย์

ระบบป้องกันฟ้าผ่าแบบฟาราเดย์ประกอบด้วยส่วนสำคัญ ๓ ส่วน คือ

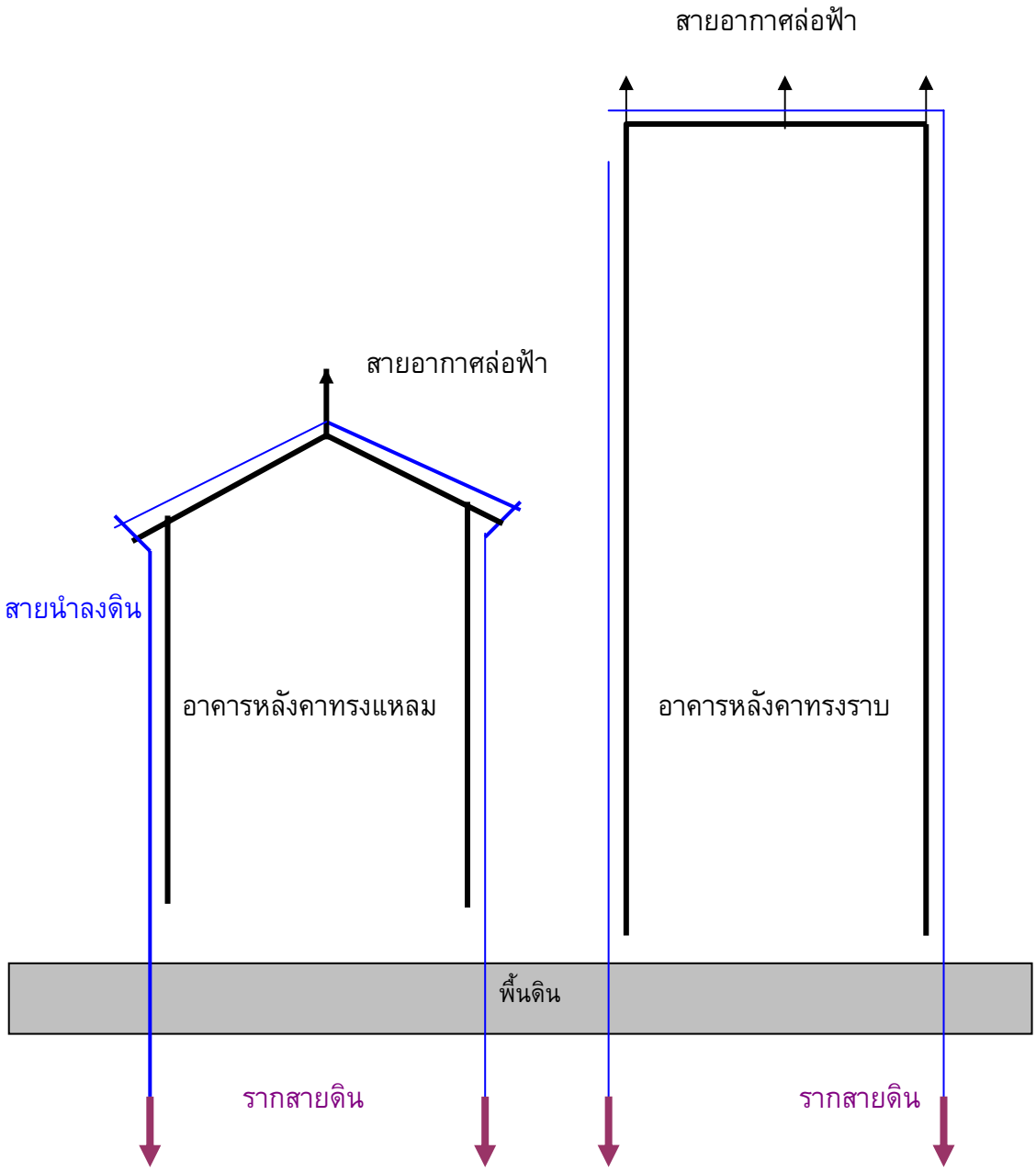
๑. สายอากาศล่อฟ้า (AIR TERMINAL)

๒. สายนำลงดิน (DOWN CONDUCTER)

๓. รากสายดิน (EARTH ELECTRODE)

๑. สายอากาศล่อฟ้า (AIR TERMINAL)

อาจเป็นเสาโลหะ หรือสายตัวนำยึดไว้บนยอดสูงสุดของสิ่งก่อสร้างหรืออาคารหรือสิ่งที่ต้องการป้องกัน สายอากาศล่อฟ้านี้มักจะนิยมทำปลายยอดให้แหลม เพื่อให้เกิดความเข้มสนามไฟฟ้า ณ จุดนั้นมีค่าสูงกว่าที่อื่นในบริเวณใกล้เคียง ซึ่งจะส่งผลให้ฟ้าผ่าลงที่สายอากาศล่อฟ้าถ้าหากเกิดฟ้าผ่าขึ้นในย่านนั้น ตำแหน่งที่ติดเสาหรือสายอากาศล่อฟ้าขึ้นอยู่กับลักษณะสิ่งก่อสร้างส่วนบนสุด เช่น หลังคาทรงแหลม หรือหลังคาแบนราบ มีปล่องไฟหรือมีโครงสร้างอื่น ๆ ดังแสดงในรูป



๒. สายนำลงดิน (DOWN CONDUCTER)

เป็นสายตัวนำไฟฟ้าซึ่งต่อกับสายอากาศล่อฟ้า เมื่อฟ้าผ่าลงบนสายอากาศล่อฟ้าแล้ว กระแสจะไหลลงสู่พื้นดินผ่านสายนำลงดิน แล้วกระจายลงไปในดินอย่างรวดเร็วผ่านทางรากสายดิน สายนำลงดินซึ่งต่ออยู่ระหว่างสายอากาศล่อฟ้ากับรากสายดิน จะต้องมีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำและมีค่าความเหนี่ยวนำน้อย ดังนั้นในบางกรณีอาจจำเป็นต้องใช้สายนำลงดินหลาย ๆเส้นขนานกัน โดยขึ้นอยู่กับขนาดความกว้างยาวของตัวอาคาร ถ้าตัวอาคารยิ่งกว้างยาวมากก็ต้องใช้สายตัวนำลงดินมากขึ้น และจะต้องต่อเชื่อมโยงถึงกันในช่วงกลางของความสูงด้วย ถ้าตัวอาคารนั้นสูงมาก ๆ เพื่อกันมิให้เกิดการสปาร์คด้านข้าง

อันเนื่องจากแรงดันเหนี่ยวนำ ความยาวโดยประมาณของสายตัวนำลงดินจะต้องมีการเชื่อมโยงต่อถึงกัน โดยมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$L \leq 20\ D$$

L คือความยาวของสายนำลงดินหน่วยเป็นเมตร

D คือระยะช่องว่างในอากาศระหว่างสายนำลงดิน กับส่วนที่เป็นโลหะอื่นที่ต่อลงดินหน่วยเป็นเมตร

โดยทั่วไปจะเชื่อมโยงส่วนที่เป็นโลหะ เช่น ถังโลหะ ฝาผนังเหล็ก บันไดเหล็ก สายพานโลหะ สายเคเบิล ท่อแก๊ส ท่อน้ำประปา เข้ากับสายนำลงดินหรือระบบป้องกันฟ้าผ่า

๓. รากสายดิน (EARTH ELECTRODE)

เป็นโลหะฝังอยู่ในดิน เช่นแท่งเหล็กชุบสังกะสี หรือเหล็กหุ้มทองแดง เพื่อช่วยให้ความต้านทานของระบบสายดินหรือของระบบป้องกันฟ้าผ่ามีค่าต่ำ กระแสฟ้าผ่าจะได้ไหลกระจายออกไปได้สะดวกและรวดเร็ว ในบางกรณีต้องใช้รากสายดินจำนวนหลายอัน และฝังให้ลึกลงไปในดินให้มาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้านทานจำเพาะของดิน ขนาดของสิ่งก่อสร้างที่ต้องการติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่า โดยคำนึงถึงหลักสองประการคือ ความต้านทานของระบบสายดินจะต้องไม่ทำให้เกิดการสปาร์คด้านข้างในอาคารอันเนื่องจากแรงดันตกคร่อมความต้านทานดังกล่าว และจะต้องไม่ทำให้เกิดความต่างศักย์ระหว่างช่วงก้าวบนพื้นดินรอบ ๆอาคาร เกินกว่าที่กำหนด เพราะจะทำให้เกิดอันตรายแก่สิ่งมีชีวิตที่เดินอยู่ในบริเวณนั้นเมื่อเกิดฟ้าผ่า

เพื่อมิให้เกิดการสปาร์คด้านข้างภายในอาคารอันเนื่องมาจากแรงดันตกคร่อมความต้านทานของรากสายดิน ค่าความต้านทานดังกล่าวจะต้องมีค่าความสัมพันธ์ดังนี้

$$R_E \leq 5\ D$$

R_E คือความต้านทานของรากสายดิน

D คือระยะช่องว่างในอากาศระหว่างสายนำลงดินกับส่วนที่เป็นโลหะอื่นที่ต่อลงดินหน่วยเป็นเมตร

๓. การป้องกันฟ้าผ่าต่อสิ่งมีชีวิต

อันตรายจากฟ้าผ่าที่เกิดต่อสิ่งมีชีวิต เกิดขึ้นได้ ๒ แบบคือ

๑. เกิดจากถูกลำฟ้าผ่าโดยตรง เมื่อคนหรือสิ่งมีชีวิตอื่นใดอยู่ในที่โล่งแจ้งและเป็นจุดเด่น หรือเกิดจากการสปาร์คด้านข้างโดยที่ฟ้าผ่าลงต้นไม้หรือสิ่งอื่นที่มีความต้านทานสูง ทำให้คนและสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในระยะใกล้พอที่จะทำให้เกิดการสปาร์คข้ามได้ เช่นคนเราอยู่ใกล้โคนต้นไม้ที่ถูกฟ้าผ่า

๒. เกิดจากกระแสฟ้าผ่าไหลกระจายลงไปในดินที่มีความต้านทานสูง ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่มีค่าสูงพอที่จะทำให้เกิดอันตรายแก่คนหรือสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงได้

การป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่าโดยตรงก็คือ

๑. อย่าไปอยู่ในที่โล่งแจ้งในขณะที่มีฝนฟ้าคะนอง

๒. การพายเรือ ว่ายน้ำในทะเลหรือในแม่น้ำ ขณะที่มีฝนฟ้าคะนองควรหลีกเลี่ยง เพราะคนที่อยู่ในเรือ หรือศีรษะคนในขณะว่ายน้ำ จะเป็นจุดเด่นล่อให้เกิดฟ้าผ่าได้ง่าย

๓. การหลบฝนใต้ต้นไม้สูงเด่นที่อาจจะถูกฟ้าผ่าได้ ควรอยู่ให้ห่างจากโคนต้นไม้พอสมควรประมาณ ๒ - ๓ เมตร เพื่อป้องกันการสปาร์คด้านข้าง โดยทำตัวเราให้ราบ ติดดินให้มากที่สุด นอนให้ลำตัวตั้งฉากกับแนวรัศมีของต้นไม้ นั่นก็คือการนอนไปตามแนวเส้นที่มีศักย์ไฟฟ้าเท่า

๔. การหลบหรือกำบังในยามที่มีฝนฟ้าคะนอง ควรหลบในที่ที่มีระบบป้องกันฟ้าผ่า เช่น อาคารที่มีสายล่อฟ้า หรือโครงสร้างโลหะที่มีลักษณะเป็นลูกกรงฟาราเดย์ หรือที่มีตัวถังโลหะห่อหุ้ม เช่นรถยนต์

เอกสารอ้างอิง

๑. Naidu, M. & Kamaraju,V, Hjgh Voltage Engineering , Tata Mc Graw Hill

๒. Khalifa, M., Hjgh Voltage Engineering , Mareel Dekker , New York

๓. ดร. สำรวย สังข์สะอาด , วิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง