

ฟ้าผ่า และการป้องกันอาคาร

ฟ้าผ่าเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นจากการปลดปล่อยประจุไฟฟ้าในอากาศจากเมฆฝนฟ้าคะนอง ฟ้าผ่าที่เกี่ยวข้องกับคนส่วนใหญ่เป็นการปลดปล่อยประจุออกจากเมฆฝนฟ้าคะนองหรือที่นักอุตุนิยมวิทยาเรียกว่า “เมฆคิวมูโลนิมบัส” (Cumulonimbus)

เมฆฝนฟ้าคะนอง มีลักษณะเป็นก้อนเมฆขนาดใหญุ่่มหึมา บริเวณฐานเมฆ (ขอบล่าง) สูงจากพื้นราว 2 กิโลเมตร ส่วนยอดเมฆ (ขอบบน) อาจสูงได้ถึง 20 กิโลเมตร ภายในก้อนเมฆมีการไหลเวียนของกระแสอากาศอย่างรวดเร็วและรุนแรง ทำให้หยดน้ำและก้อนน้ำแข็งในเมฆเสียดสีกันจนเกิดประจุไฟฟ้า

“ฟ้าผ่า” มีอย่างน้อย 4 แบบหลัก ได้แก่

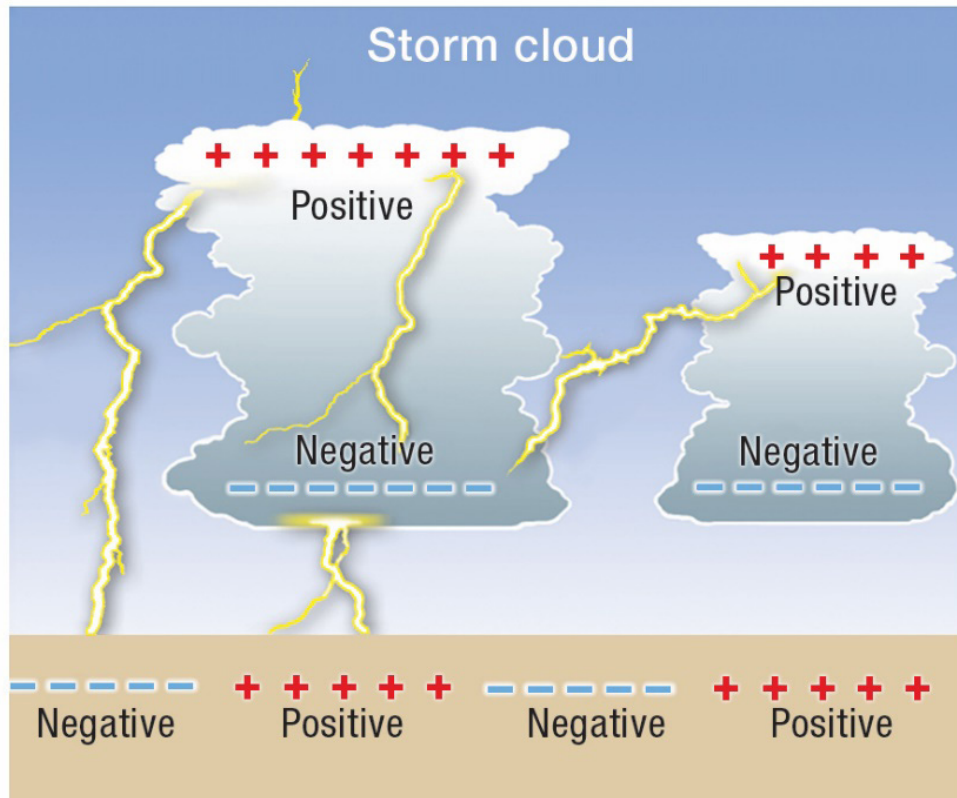
1. ฟ้าผ่าภายในก้อนเมฆ เกิดจากการเชื่อมต่อประจุบวกด้านบนกับประจุลบด้านล่างเข้าด้วยกัน ฟ้าผ่าแบบนี้เกิดมากที่สุด และทำให้เมฆเปล่งแสงวาบภายในที่เรียกว่า “ฟ้าแลบ” นั่นเอง

2. ฟ้าผ่าจากเมฆก้อนหนึ่งไปยังอีกก้อนหนึ่ง เกิดจากประจุลบในเมฆก้อนหนึ่งไปยังประจุบวกในเมฆอีกก้อนหนึ่ง

3. ฟ้าผ่าจากเมฆลงสู่พื้น เป็นการปลดปล่อยประจุออกจากก้อนเมฆจึงเรียกว่า ฟ้าผ่าแบบลบ (negative lightning) ซึ่งเป็นฟ้าผ่าที่อันตรายต่อคน สัตว์ และสิ่งต่างๆ ที่

อยู่บนพื้น โดยจะผ่าลงบริเวณ “ใต้เงา” ของเมฆฝนฟ้าคะนองเป็นหลัก

4. ฟ้าผ่าจากยอดเมฆลงสู่พื้น เป็นการปลดปล่อยประจุบวกจากก้อนเมฆจึงเรียกว่า ฟ้าผ่าแบบบวก (positive lightning) สามารถผ่าได้ไกลจากก้อนเมฆได้ถึง 30 กิโลเมตร นั่นคือ แม้ท้องฟ้าเหนือศีรษะของเราจะดูปลอดโปร่ง แต่เราอาจจะถูกฟ้าผ่า (แบบบวก) ได้หากมีเมฆฝนฟ้าคะนองอยู่ห่างไกลออกไปในระยะ 30 กิโลเมตร อันเป็นที่มาของคำว่า “ฟ้าผ่ากลางวันแสกๆ” ซึ่งเป็นฟ้าผ่าที่เกิดขึ้นโดยเราไม่ได้คาดคตินั่นเอง



ที่มา: Commonwealth of Australia, Bureau of Meteorology (2018)

รูปที่ 1. ลักษณะฟ้าผ่า 4 แบบ

ไฟฟ้าจากฟ้าผ่า มีแรงดันไฟฟ้าสูงถึง 100 ล้านโวลต์ (MV) มีกระแสไฟฟ้าประมาณ 25 กิโลแอมแปร์ ถึง 250 กิโลแอมแปร์ (kA) มีอุณหภูมิประมาณ 15,000 องศาเซลเซียส มีความเร็วประมาณ 1/10 ของความเร็วแสง สามารถวิ่งผ่านร่างกายคนด้วยเวลาเพียง 1/10,000 วินาที ถึง 1/1,000 วินาที จึงส่งผลกระทบอันตรายอย่างรุนแรงต่อการเต้นของหัวใจและการทำงานของระบบประสาทของสิ่งมีชีวิต

ผลของฟ้าผ่าที่ก่อให้เกิดความเสียหายหรืออันตราย

อาจแยกได้เป็น 3 ประเภท คือ

- 1) ความร้อนอันเป็นผลทำให้เกิดเพลิงไหม้แก่สิ่งมีชีวิต
- 2) แรงกลหรือแรงระเบิด ฟ้าผ่าอาจทำให้เกิดแรงระเบิดได้มากมายเป็นผลทำให้สิ่งที่ถูกฟ้าฟาดพังทลาย
- 3) ผลทางไฟฟ้าเป็นอันตรายต่อหัวใจ อวัยวะภายใน และระบบประสาทแก่สิ่งมีชีวิต

ทำไมจึงห้ามหลบใต้ต้นไม้ใหญ่ในระหว่างที่เกิดฝนฟ้าคะนอง

- เมื่ออวัยวะส่วนใดส่วนหนึ่งไปแตะโดยต้นไม้ จะทำให้กระแสไฟฟ้าวิ่งเข้า ณ จุดสัมผัสโดยตรง
- หากอยู่ใต้ต้นไม้ กระแสไฟฟ้าอาจ “กระโดด” เข้าสู่ตัวคุณทางด้านข้างได้ เรียกว่า ไซด์แฟลช (side flash) หรือกระแสไฟฟ้าแลบจากด้านข้าง
- แม้จะยืนห่างจากต้นไม้พอสมควร ก็ยังมีโอกาสที่กระแสไฟฟ้าซึ่งวิ่งลงมาตามลำต้นจะไหลลงมาที่โคนต้นไม้แล้วกระจายออกไปตามพื้นโดยรอบ กระแสไฟฟ้าไหลตามพื้น (ground current) นี้ เกิดจาก แรงดันไฟฟ้าช่วงก้าว (step voltage) และสามารถทำอันตรายคนและสัตว์ที่อยู่ในบริเวณที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ (คน หรือสัตว์ ส่วนใหญ่ที่เสียชีวิตใกล้ต้นไม้ที่ถูกฟ้าผ่าจะเกิดจากสาเหตุนี้)

โทรศัพท์มือถือ อุปกรณ์พกพาอิเล็กทรอนิกส์ ตะกรุด สร้อย แหวน ฯลฯ เป็นสื่อล่อ “ฟ้าผ่า” หรือไม่?

ข่าวกรณีฟ้าผ่าจนทำให้มีผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บทั้งในไทยและต่างประเทศ มักถูกระบุว่าโทรศัพท์มือถืออุปกรณ์พกพาอิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องประดับที่ทำจากโลหะเป็นสื่อล่อให้เกิดฟ้าผ่าแต่ความจริงแล้วชิ้นส่วนโลหะขนาดเล็กไม่ใช่ตัวล่อฟ้าผ่าแต่อาจจะมีผลกระทบข้างเคียงได้หากคุณถูกฟ้าผ่า หรืออยู่ใกล้บริเวณที่ถูกฟ้าผ่า ทั้งนี้ เนื่องจากฟ้าผ่าทำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กแผ่ออกโดยรอบ ซึ่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้สามารถทำให้เกิดกระแสเหนี่ยวนำ (induced current) ขึ้นในโลหะ ส่งผลให้โลหะร้อนขึ้น และทำให้เกิดรอยไหม้บนผิวหนังที่โลหะนั้นสัมผัสอยู่ (ในสหรัฐอเมริกา มีกรณีที่เกิดฟ้าผ่าลงบนต้นไม้ใกล้ๆ บ้าน และทำให้เด็กที่ใส่ชุดจัดฟันได้รับอันตราย เนื่องจากลวดจัดฟันร้อนขึ้น และในรัสเซีย มีกรณีที่โทรศัพท์มือถือละลายคามือหญิงที่ถูกฟ้าผ่า) ในกรณีที่โชคร้ายกว่านั้นหากกระแสไฟฟ้าไหลเข้าสู่ร่างกาย ก็เป็นไปได้ว่ากระแสส่วนหนึ่งจะไหลเข้าสู่เส้นลวดหรือโลหะ ทำให้โลหะร้อนขึ้น เกิดเป็นรอยไหม้ ที่ผิวหนัง และทำให้เกิดการบาดเจ็บมากยิ่งขึ้น

ข้อเท็จจริงและคำแนะนำ

โทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์พกพาอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ไม่ใช่สาเหตุของการถูกฟ้าผ่า ในปัจจุบันยังไม่มีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ยืนยันว่าเป็นตัวล่อฟ้าผ่า แต่หากเกิดฟ้าผ่าในบริเวณใกล้ๆ กับผู้ที่มีอุปกรณ์เหล่านี้ก็จะทำให้ผู้นั้นเสี่ยงต่อการได้รับบาดเจ็บมากยิ่งขึ้น เพราะอุปกรณ์ดังกล่าวอาจจะร้อนหรือระเบิดได้ จึงมีข้อแนะนำว่า ควรเลี่ยงการใช้โทรศัพท์มือถือ อุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ขณะเกิดฝนฟ้าคะนอง

สัญญาณเตือนว่าจะเกิดฟ้าผ่ากับร่างกายของเราคือเมื่อรู้สึกว่เส้นขนบนผิวหนังลุกขึ้น หรือเส้นผมศีรษะลุกตั้งขึ้นแสดงว่า คุณกำลังเสี่ยงต่อการถูกฟ้าผ่าเนื่องจากเส้นขนและเส้นผมของคุณกำลังถูกเหนี่ยวนำจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าอย่างแรง

สัญญาณเตือน 30/30 กฎง่ายๆ ที่เรียกว่า 30/30 ดังนี้ เลข 30 ตัวแรก มีหน่วยเป็นวินาที หมายถึง หากเห็นฟ้าแลบแล้วได้เสียงฟ้าร้องตามมาภายในเวลาไม่เกิน 30 วินาที ก็แสดงว่า เมฆฝนฟ้าคะนองอยู่ใกล้เพียงพอที่ฟ้าผ่าจะทำอันตรายคุณได้ ให้หาที่หลบที่ปลอดภัยทันที เลข 30 ตัวหลัง มีหน่วยเป็นนาที หมายถึงว่า หลังจากที่ถูกฟ้าผ่าฝนฟ้าคะนองหยุดลงแล้ว (ฝนหยุดและไม่มีเสียงฟ้าร้อง) คุณควรจะรออยู่ในที่หลบอีกอย่าง

น้อย 30 นาที เพื่อให้มั่นใจว่าเมฆฝนฟ้าคะนองได้ผ่านไป หรือสลายตัวไปแล้ว อย่าลืมว่า ฟ้าผ่าแบบঝักมักจะเกิดในช่วงท้ายของพายุฟ้าคะนอง แม้อยู่ห่างในระยะ 30 กิโลเมตร ก็ยังอาจเกิดฟ้าผ่าได้

นอกจากนี้ จากการศึกษาพบว่าฟ้าผ่าในระยะไกลจากก้อนเมฆได้ถึง 40 กิโลเมตร หากฟ้าผ่าลงโครงสร้างอาคารที่ไม่มีระบบป้องกันฟ้าผ่าหรือเสาต่อฟ้า จะทำให้เกิดประกายไฟกระเด็นได้ไกลถึง 3 เมตร ในขณะที่สายฟ้าผ่า ฝ่าลงมาเป็นเส้นทางไฟฟ้า อาจยาวได้ถึง 50 เมตร ดังนั้นโลหะหรือวัตถุเหนี่ยวนำไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กกว่า จึงไม่สามารถล่อฟ้าผ่าได้

คำแนะนำเพื่อความปลอดภัยจากฟ้าผ่า

หลีกเลี่ยงการอยู่ที่โล่งแจ้ง เช่นทุ่งนา สนามฟุตบอล สระน้ำ สนามกอล์ฟ ฯลฯ หากเลี่ยงไม่ได้ให้ปฏิบัติดังนี้

- อย่าอยู่รวมกลุ่ม
- อย่าอยู่ใต้ต้นไม้ (โดยเฉพาะต้นไม้ใหญ่ที่อยู่โดดเดี่ยวในที่โล่ง หากมีต้นไม้เป็นกลุ่มให้เลือกต้นไม้เดี่ยว)
- อย่าอยู่ในที่สูง หรือถึงวัตถุที่สูงขึ้นไป เช่น รั้ว เบ็ดตกปลา
- ถอดวัตถุ หรือเครื่องประดับที่เป็นโลหะออกจากร่างกาย
- อย่าอยู่ในสระน้ำ หรือแหล่งน้ำ
- อย่าอยู่ในตู้โทรศัพท์สาธารณะ
- หลีกเลี่ยงวัตถุที่เป็นโลหะ
- นั่งยองๆ เท้าชิด เขย่งปลายเท้า มือปิดหู เพื่อลดอันตรายและป้องกันเสียง
- ห้ามนอนราบ เพื่อลดความเสี่ยงกรณีกระแสไหลมาตามพื้น

กรณีอยู่ในรถที่จอดอยู่ อย่าสัมผัสส่วนที่เป็นโลหะ (ให้นั่งกดดอกหรือวางมือบนดก) ปิดหน้าต่างทุกบาน อย่าจอดใต้ต้นไม้ใหญ่ อย่าใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่หรืออุปกรณ์แฮนด์ฟรี รถเปิดประทุน หรือรถที่หลังคาไม่ใช่โลหะไม่ปลอดภัย

กรณีอยู่ในอาคาร ปิดประตูและหน้าต่าง ห้องชั้นใน ปลอดภัยกว่าห้องที่มีทางออกภายนอก อาคารที่มีสายล่อฟ้า ปลอดภัยกว่าอาคารที่ไม่มี

- หลีกเลี่ยงจุดที่ไฟฟ้าจากฟ้าผ่าสามารถวิ่งเข้าถึงได้ผ่านทางสายไฟ สายอากาศ สายโทรศัพท์ และท่อน้ำ เช่น อ่างล้างหน้า ฝักบัว

- ถอดสายไฟ สายอากาศ สายโทรศัพท์ สายโมเด็ม ก่อนเกิดฝนฟ้าคะนอง อย่าทำการถอดขณะเกิดฝนฟ้าคะนอง
- อยู่ห่างจากเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่ถอดสาย
- อย่าใช้โทรศัพท์ จะทำให้กระแสไฟฟ้าวิ่งมาตามสายโทรศัพท์ทำอันตรายผู้ใช้โทรศัพท์ได้โดยตรง
- ควรติดตั้งสายดิน (ground) อุปกรณ์เชื่อมต่อไฟฟ้าเข้าในบ้านเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน เพื่อความปลอดภัยทั้งชีวิตและทรัพย์สินในบ้าน

การป้องกันฟ้าผ่าอาคารและสิ่งก่อสร้างสูงเด่น

สิ่งก่อสร้างในที่โล่งหรือสูงเด่นกว่าสิ่งอื่นๆ ในบริเวณเดียวกันมักเป็นเป้าหมายอย่างดี การป้องกันอันตรายที่เกิดจากฟ้าผ่า มิให้เกิดความเสียหายต่อสิ่งก่อสร้าง “สายล่อฟ้า” เป็นอุปกรณ์ที่คิดประดิษฐ์ขึ้นโดย เบนจามิน แฟรงคลิน เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่ายเทประจุไฟฟ้าจากก้อนเมฆ โดยตรงปลายแหลมของสายล่อฟ้าจะมีสนามไฟฟ้าที่ค่อนข้างแรงกว่าที่อื่น สนามไฟฟ้านี้จะเหนี่ยวนำโมเลกุลของอากาศให้เข้ามาใกล้ๆ แล้วรับประจุไฟฟ้าส่วนเกินไป ทำให้ลดความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นระหว่างก้อนเมฆและหลังคาถลง โดยการนำผ่านสายตัวนำลงสู่พื้นดิน คุณสมบัติที่ดีของหัวล่อฟ้ามีดังนี้

เป็นโลหะที่มีค่าความนำไฟฟ้าที่ดี เนื่องจากมีกระแสไฟฟ้าจำนวนมากไหลผ่านในขณะเกิดฟ้าผ่า มีความคงทนสูงต่อการกัดกร่อนต่อสภาพสิ่งแวดล้อม สารเคมี เพื่ออายุการใช้งานที่ยาวนาน และไม่ยุ่งยากในการดูแลรักษาเนื่องจากอุปกรณ์ถูกติดตั้งอยู่บนที่สูง มีพื้นผิวที่ลื่น และเป็นมันวาวเนื่องจากประจุไฟฟ้าจากฟ้าผ่าเป็นพลังงานไฟฟ้าที่มีความถี่สูง การไหลพลังงานจะเกิดขึ้นบริเวณพื้นผิวของตัวนำมากกว่าภายในของวัสดุ

วิธีที่ปลอดภัยที่สุดเท่าที่คนรู้จักในปัจจุบัน คือ ระบบป้องกันฟ้าผ่าแบบฟาราเดย์ มีส่วนประกอบ ดังนี้

1. ติดตั้ง หัวล่อฟ้า (lightning air terminals) เพื่อป้องกันความเสียหายจากฟ้าผ่าโดยตรงต่อ ชีวิต ทรัพย์สิน อาคารสถานที่ โดย หัวล่อฟ้า ทำหน้าที่ ดักจับ และรับพลังงานของประจุฟ้าผ่าไม่ให้เกิดความเสียหายต่อสิ่งที่เราต้องการป้องกัน และนำส่งพลังงานประจุฟ้าผ่าส่งต่อให้ตัวนำลงดินต่อไป หัวล่อฟ้ามีอยู่ 2 ประเภท คือ

- a) ระบบหัวล่อฟ้าในรูปแบบพื้นฐาน (ชนิด Franklin) ที่ใช้หลักการออกแบบโดยใช้ มุมแหลม มุมป้องกัน



ที่มา: Uman (2001)

รูปที่ 2. หัวล่อฟ้า ชนิด Franklin

- b) ระบบหัวล่อฟ้าปล่อยประจุเร็ว รัศมีทำการไกลที่บ้านเรา เรียกว่า ระบบ Early Streamer Emission (ESE) ดังแสดงในรูปที่ 3



ที่มา: Aconplus (2020)

รูปที่ 3. หัวล่อฟ้าชนิด Early Streamer Emission (ESE)

เป็นหัวล่อฟ้าแบบเริ่มปล่อยประจุก่อน (Early Streamer Emission (ESE)) มีราคาตามท้องตลาดสูงกว่า หัวล่อฟ้าชนิด Franklin โดยผู้ผลิตอ้างว่าหัวล่อฟ้าชนิดนี้มีประสิทธิภาพการป้องกันมากกว่าหัวล่อฟ้าชนิด Franklin แต่อย่างไรก็ตามไม่มีข้อมูลหรือทฤษฎีใดๆ สนับสนุนว่าเป็นเช่นนั้นจริง

หลักการทำงานของหัวล่อฟ้าชนิด ESE คือ เมื่อมีลำประจุเริ่มจากก้อนเมฆลงมา ทำให้สนามไฟฟ้ามีค่าสูงเพิ่มขึ้น หัวล่อฟ้าชนิด ESE จะปล่อยประจุออกมาและสร้างลำประจุขึ้นมาได้อย่างรวดเร็วทำให้เกิดฟ้าผ่าลงที่หัวล่อฟ้าชนิด ESE แทนการลงที่จุดอื่นซึ่งไม่มีประจุล่อ หัวล่อฟ้าชนิด ESE มีอยู่ 3 ชนิด คือ

- หัวล่อฟ้าที่มีสารกัมมันตรังสีที่บรรจุไว้ที่ส่วนปลายของหัวล่อฟ้า
- หัวล่อฟ้าที่มีอุปกรณ์ไฟฟ้าปล่อยแรงดันอิมพัลส์เพื่อสร้างประจุ
- หัวล่อฟ้าที่ปล่อยลำแสงเลเซอร์

หัวล่อฟ้าชนิด ESE ที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือ ชนิดที่มีสารกัมมันตรังสีบรรจุไว้ที่ส่วนปลายของหัวล่อฟ้า ซึ่งได้แก่ เรเดียม-226 โคบอลต์-60 อเมอริเซียม-241 คริบตอน-85 และ โพโลเนียม-210 โดย สารที่มีความแรงจำกัดที่ 1 มิลลิวรี ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ ในสภาวะปกติสารที่ใช้กับหัวล่อฟ้าชนิด ESE ทำให้ออมนในอากาศแตกตัวได้ในรัศมี 1 ถึง 3 เซนติเมตร

แต่มีอุปกรณ์อีกแบบหนึ่ง ที่ตามบ้านไม่ได้ใช้กัน คือแบบ Dissipation array ซึ่งเรียกว่า สายไล่ฟ้า เพราะอุปกรณ์นี้จะทำหน้าที่ค่อยๆ กระจายประจุไฟฟ้าในอากาศให้ลงกราวด์ไปเรื่อยๆ ทำให้บริเวณนั้นมีประจุไฟฟ้าต่ำ ลดโอกาสฟ้าผ่าบริเวณนั้นลง อุปกรณ์ Dissipation array นี้ จะนิยมติดตั้งอยู่กับสถานที่ซึ่งฟ้าผ่าส่งผลกระทบสูง เช่น เสาส่งสัญญาณสื่อสาร แทงค์น้ำมัน และยอดตึกบางแห่ง

2. หัวล่อฟ้าจะต่อกับ ตัวนำลงดิน สายนำลงดิน (down conductor) ทำหน้าที่รับพลังงานไฟฟ้าสูงต่อจากหัวล่อฟ้าส่งผ่านลงดินได้อย่างปลอดภัยควรคำนึงถึง

- ขนาด และชนิดของสายตัวนำลงดินให้เหมาะสมกับชนิด และปริมาณของระบบป้องกันฟ้าผ่า
- มีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าควรมีจุดต่อเนื่องที่น้อยที่สุด ระยะสายสั้นที่สุด
- จุดโค้งจะต้องมีรัศมีในมุมป้านไม่น้อยกว่า 50 เซนติเมตร อยู่ห่างจากระบบไฟฟ้าหรือโครงสร้าง

อย่างน้อย 20 เซนติเมตร เพื่อป้องกันปัญหาการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า

- ในบริเวณที่คนสามารถจับสัมผัสได้จะต้องมีฉนวนไฟฟ้าห่อหุ้มสายนำลงดินเพื่อป้องกันอันตรายในกรณีระบบกราวด์ชำรุด

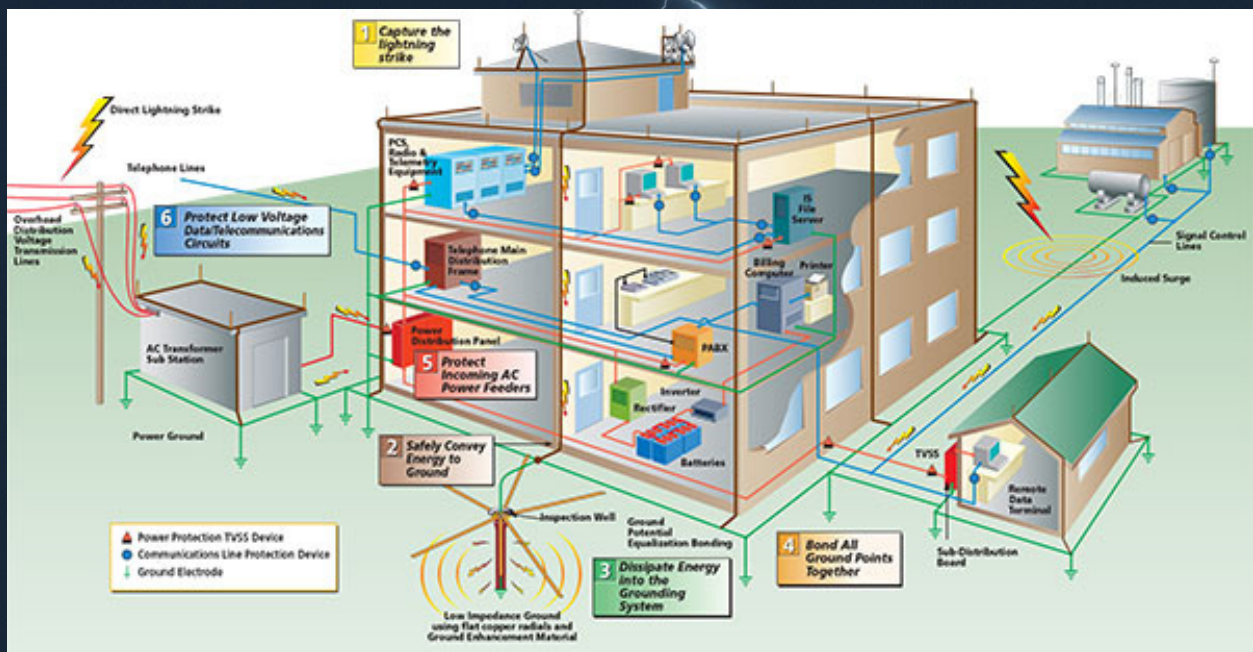
3. ติดตั้งระบบกราวด์ไฟฟ้า Grounding system หรือระบบกราวด์ดิน หรือสายกราวด์ หรือสายดิน มีชื่อเรียกได้หลากหลายซึ่งเข้าใจตรงกันว่าเป็นสายไฟฟ้าที่ต่อลงดินผ่านหลักดิน หรือแท่งกราวด์ ตาข่าย แผ่นโลหะ ที่เรานำมาใช้เป็นตัวอิเล็กโทรด เพื่อตัวกระจายพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินให้ลงดินไปไม่มีโอกาสย้อนกลับมาสร้างความเสียหายต่อระบบไฟฟ้า โดยจะพิจารณากันที่ค่ากราวด์ หรือค่าความต้านทานดินต่อกระแสไฟฟ้าสลับ ที่ต้องการจะต้องวัดแล้วอ่านค่าได้ไม่เกิน 5 Ω โดยเป็นที่ยอมรับกัน แต่ทั้งนี้ค่าความต้านทานที่ควรจะเป็นขึ้นกับระบบไฟฟ้าที่ใช้กันว่า เป็นระบบอะไร สภาพสิ่งแวดล้อมบริเวณนั้นเป็นอย่างไร เป็นต้น ระบบกราวด์ไฟฟ้า หน้าที่หลักคือกระจายพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากฟ้าผ่าลงดินให้มาก และเร็วที่สุด กราวด์ที่ดีควรมีคุณสมบัติดังนี้

- ค่าความต้านทานทางไฟฟ้าที่ต่ำ
 - 10 Ω ในงานระบบไฟฟ้า
 - 5 Ω ในงานป้องกันฟ้าผ่า
 - 0.5 Ω ในงานระบบสื่อสาร

ซึ่งค่าความต้านทานดังกล่าวเป็นเพียงค่าแนะนำทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพสิ่งแวดล้อม และลักษณะของงานที่ใช้

- มีค่าความต้านทานคงที่แม้จะผ่านช่วงฤดูที่แตกต่างกัน
- วัสดุที่นำมาทำระบบกราวด์จะต้องมีความคงทน แข็งแรงต่อการกัดกร่อนสูง และมีช่องเปิดหรือจุดทดสอบวัดค่าความต้านทานได้โดยง่าย

ในกรณีมีระบบกราวด์อยู่หลายตำแหน่งในระบบเดียวกัน หรือต่างกันจะต้องมีการจัดการ โดยเชื่อมโยงทางไฟฟ้ากัน หรือ แยกกัน ให้เป็นไปตามทฤษฎีระบบกราวด์ตามหลักวิศวกรรมเพื่อประสิทธิภาพการทำงานสูงสุด



ที่มา: Electrical Knowhow (2014)

รูปที่ 4. ระบบป้องกันฟ้าผ่าโดยรวมของอาคาร

เอกสารอ้างอิง

- บัญชา ธนบุญสมบัติ. 2019. รู้เรื่องฟ้าผ่ากับ ดร.บัญชา ธนบุญสมบัติ [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://oer.learn.in.th/search_detail/result/105261/, [เข้าถึงเมื่อ 1 เมษายน 2563].
- Aconplus, 2020. Lightning protection. [online]. Available at: <http://www.aconplus.co.th/>, [accessed 1 April 2020].
- Commonwealth of Australia, Bureau of Meteorology, 2018. Explainer: what is thunder?. [online]. Available at: <http://media.bom.gov.au/social/blog/1750/explainer-what-is-thunder/>, [accessed 1 April 2020].
- Electrical Knowhow, 2014. Introduction to lightning protection system design. [online]. Available at: <http://www.electrical-knowhow.com/2014/05/introduction-to-Lightning-Protection-System-Design-course.html/>, [accessed 1 April 2020].
- NASAfacts, 2006. Lightning and the space program. [online]. Available at: https://www.nasa.gov/sites/default/files/167417main_Lightning08.pdf/, [accessed 1 April 2020].
- The Physics Classroom, 2019. Static Electricity - Lesson 4 - Electric fields, Lightning. [online]. Available at: <https://www.physicsclassroom.com/class/estatics/Lesson-4/Lightning/>, [accessed 1 April 2020].
- Uman, Martin, A., 2001. The lightning discharge. Dover: Dover Publications.
- Zavisa, John, 2018. How lightning works. [online]. Available at: <https://science.howstuffworks.com/nature/natural-disasters/lightning.htm/>, [accessed 1 April 2020].