

ระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกสิ่งปลูกสร้าง External Lightning Protection Systems

มงคล ปุษยตานนท์ * บงกช สุขอนันต์ *

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190

Mongkol Pusayatanont Bongkoj Sookananta *

Department of Electrical and Electronic Engineering, Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani

University, Warinchamrap, Ubon Ratchathani 34190

E-mail: enbongso@ubu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้ทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกสิ่งก่อสร้าง โดยเน้นที่แท่งตัวนำอากาศ ซึ่งติดตั้งบนส่วนยอดของสิ่งปลูกสร้างและมีหลายชนิดแตกต่างกัน ได้แก่ แท่งแฟรงกลิน กรงฟาราเดย์ แท่งอีเอสอี แท่งดีเอส และแท่งเซมิคอนดักเตอร์ เพื่อให้เข้าใจหลักการทำงานของระบบป้องกันฟ้าผ่า บทความนี้จะอธิบายการเกิดฟ้าผ่า หลักการทำงานพื้นฐานและข้อมูลประสิทธิภาพของระบบป้องกันแต่ละประเภทรวมถึงการรับรองจากมาตรฐานต่างๆ เพื่อประโยชน์ในการเลือกใช้ระบบป้องกันฟ้าผ่า เนื่องจากระบบป้องกันฟ้าผ่าหลายประเภทไม่ได้รับการยอมรับจากมาตรฐานสากลและมาตรฐานประเทศไทย แต่มีการใช้อย่างแพร่หลาย ทำให้มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดความเสียหาย เนื่องจากป้องกันสิ่งปลูกสร้างจากฟ้าผ่าไม่ได้จริง คำหลัก การเกิดฟ้าผ่า ระบบป้องกันฟ้าผ่า แท่งแฟรงกลิน กรงฟาราเดย์ แท่งอีเอสอี

Abstract

This article reviews lightning protection system outside structures, especially the air terminal which is installed at the top of the protected structure. There are several types of lightning air terminal including Franklin rod, Faraday cage, Early Streamer Emission (ESE), Dissipation Array System (DAS) and Semi-conductor Lightning Eliminator (SLE). Lightning occurrence is given for better

understanding of the protection system. Information on their operations, effectiveness and standards are provided for benefit in selection of further use of the lightning protection system. Although, many types of lightning protection system are not accepted by Thai and international standards, they are utilized worldwide and give high risk of losses to the sites of installation.

Keywords: Lightning occurrence, lightning protection system, franklin rod, faraday cage, early steamer emission

1. บทนำ

ฟ้าผ่า เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไม่แน่นอน มีความซับซ้อน และทำนายไม่ได้ [1] จึงเป็นการยากที่จะป้องกันไม่ให้เกิดขึ้น อีกทั้งในปัจจุบันตึกสูงมีจำนวนเพิ่มขึ้น อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าในตึกหรือที่อยู่อาศัยมีมูลค่าเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นระบบป้องกันอันตรายที่เกิดจากฟ้าผ่าจึงมีความสำคัญมากขึ้นด้วย ความเสี่ยงต่อการถูกฟ้าผ่า หมายถึงความเสี่ยงต่อการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สิน ทั้งนี้อันตรายจากฟ้าผ่าเกิดจาก 3 สาเหตุ ได้แก่ ความร้อน แรงกลและกระแสไฟฟ้า โดยความร้อนเป็นเหตุให้เกิดเพลิงไหม้ แรงกลเป็นเหตุให้เกิดระเบิดได้ และกระแสไฟฟ้าเป็นอันตรายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าและชีวิต ตัวอย่างความสูญเสียเนื่องจากการถูกฟ้าผ่าเห็นได้ชัดเจน เช่น กรณีคนไทยถูกฟ้าผ่าถึงแก่ชีวิตที่แกรนด์แคนยอน [2] และกรณีบ้านหุราคาหลายล้านปอนด์ของเซอร์

ริชาร์ด แบรินสัน มหาเศรษฐีชาวอังกฤษ ที่สร้างอยู่บนเกาะส่วนตัวกลางทะเลแคริบเบียน ดังเห็นจากรูปที่ 1 ในระหว่างที่เกิดพายุรุนแรง มีฟ้าผ่าลงมาที่บ้านทำให้เกิดไฟไหม้ลูกหลานจนเสียชีวิตหมดทั้งหลัง ดังเห็นจากรูปที่ 2 ทั้งนี้เหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ยังเสี่ยงต่อการสูญเสียถึงชีวิตเนื่องจากเกิดเหตุในช่วงเวลากลางวัน และมีผู้สูงอายุอยู่ในบ้านด้วย



รูปที่ 1 บ้านของเซอร์ริชาร์ด แบรินสัน ก่อนถูกฟ้าผ่า [3]



รูปที่ 2 บ้านของเซอร์ริชาร์ด แบรินสัน ขณะเกิดเพลิงไหม้เนื่องจากถูกฟ้าผ่า [3]

ระบบป้องกันฟ้าผ่าได้ถูกพัฒนาขึ้นตั้งแต่ช่วงปลายคริสต์ศตวรรษที่ 18 และพัฒนาต่อมาจนถึงปัจจุบัน มีการออกแบบติดตั้งที่เป็นมาตรฐาน โดยการป้องกันฟ้าผ่าสิ่งปลูกสร้าง แบ่งออกได้เป็นสองส่วน คือระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอก ซึ่งมีไว้เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายต่อสิ่งปลูกสร้างจากการถูกฟ้าผ่าลงโดยตรง และระบบป้องกันฟ้าผ่าภายใน ซึ่งมีไว้เพื่อป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์ที่อยู่ภายในสิ่งปลูกสร้างอันเป็นผลเนื่องจากการเกิดฟ้าผ่าภายนอก โดยการป้องกันฟ้าผ่าภายในสามารถทำได้โดยใช้อุปกรณ์ป้องกันลเอร์จ (surge protection) และต่อระบบกราวด์ให้ครบถ้วน ถูกต้อง ตามคำแนะนำในมาตรฐาน “การป้องกันบ้านและองค์กรประกอบจากฟ้าผ่า” [4] ของสมาคมวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (IEEE)

บทความนี้ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวกับการป้องกันฟ้าผ่าภายนอกสิ่งปลูกสร้าง ซึ่งมีส่วนประกอบหลักของระบบป้องกันได้แก่ แท่งตัวนำอากาศ (air terminal) สายตัวนำและแท่งอิเล็กทรอนิกส์ โดยแท่งตัวนำ

อากาศหรือที่นิยมเรียกว่า แท่งล่อฟ้าเป็นแท่งตัวนำที่ติดตั้งอยู่ส่วนบนของสิ่งก่อสร้าง ส่วนใหญ่ทำหน้าที่ล่อให้เกิดฟ้าผ่าลงมาที่แท่งตัวนำ แทนที่จะผ่าลงที่สิ่งปลูกสร้างที่ต้องการป้องกัน สายตัวนำทำหน้าที่เชื่อมต่อแท่งล่อฟ้าและแท่งอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งฝังลงดิน เพื่อนำกระแสไฟฟ้าจากฟ้าผ่าลงไปที่ดิน โดยไม่ทำความเสียหายต่อสิ่งปลูกสร้าง

ความหลากหลายของระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกสิ่งปลูกสร้างนี้ อยู่ที่แท่งตัวนำอากาศ ซึ่งมีหลายแบบ ได้แก่ แท่งแฟรงกลิน (franklin rod) กรงฟาราเดย์ (faraday cage) แท่งอีเอสอี (early steamer emission-enhanced ionizing air terminal) แท่งเซมิคอนดักเตอร์ (semi-conductor lightning eliminator) และแท่งดีเอสเอส (dissipation array system) เป็นต้น โดยความรู้ในเรื่องเกี่ยวกับระบบป้องกันแต่ละชนิดมีความสำคัญมากเนื่องจากบางชนิดไม่ได้รับการรับรองจากมาตรฐานให้ใช้งานตามที่ผู้ผลิตกำหนด ซึ่งพบว่าการเลือกใช้อุปกรณ์ของเจ้าของสิ่งปลูกสร้างหรือผู้ออกแบบ มีแนวโน้มเลือกตามคำแนะนำของผู้ขายที่มีเทคนิคต่างๆ ในการนำเสนอและสร้างความเชื่อมั่น [5] ในประเทศไทย พบว่ามีการใช้อุปกรณ์ที่ไม่ได้รับการรับรองมาตรฐานอย่างแพร่หลาย และการใช้งานอุปกรณ์เหล่านั้นก็เป็นเหตุให้มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดความไม่สะดวกและสูญเสียถึงชีวิตได้

บทความนี้อธิบายการเกิดฟ้าผ่าเพื่อเป็นพื้นฐานความเข้าใจแนวทางการทำงานของระบบป้องกันฟ้าผ่า ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวกับระบบซึ่งมีความแตกต่างกันที่แท่งตัวนำอากาศ ประสิทธิภาพการทำงานระบบแต่ละชนิด และข้อแนะนำจากมาตรฐานต่างๆ ทั่วโลก รวมถึงมาตรฐานที่ใช้ในประเทศไทยด้วย เพื่อเป็นข้อมูลความรู้แก่ผู้สนใจและวิศวกรในการเลือกใช้ระบบการป้องกันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

2. การเกิดฟ้าผ่า

ฟ้าผ่ามักเกิดขึ้นในเวลาที่มีพายุฟ้าคะนอง ฝนตก และลมแรง ฟ้าผ่าก่อให้เกิดเสียงดังกึกก้อง และบางครั้งจะเห็นฟ้าแลบเกิดขึ้นก่อนฟ้าผ่า เนื่องจากฟ้าผ้านั้นเกิดจากความต่างศักย์ระหว่างเมฆและพื้นดินที่มีมากพอทำให้เกิดเบรกดาวน์ไต้ในที่สด

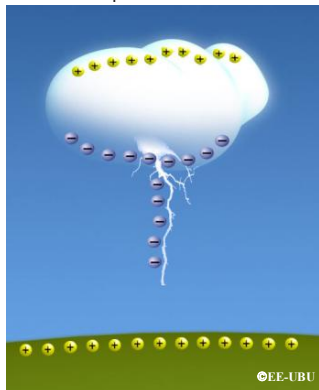
การเกิดฟ้าผ่า มีสี่แบบคือ

- เกิดภายในก้อนเมฆ
- เกิดระหว่างก้อนเมฆ

- เกิดระหว่างก้อนเมฆและอากาศ
- เกิดระหว่างก้อนเมฆและพื้นดิน

การเกิดฟ้าผ่าภายในก้อนเมฆเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นมากที่สุด เป็นสัดส่วนมากกว่า 50% ของการเกิดทั้งหมด แต่ฟ้าผ่าแบบที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินและชีวิตของมนุษย์ เป็นการเกิดระหว่างก้อนเมฆและพื้นดิน มีสัดส่วนการเกิดขึ้นประมาณ 45% โดยก้อนเมฆที่ทำให้เกิดฟ้าผ่าได้จะต้องมีขนาดความลึก 3 ถึง 4 กิโลเมตร ยิ่งมีขนาดใหญ่มากก็จะสามารถเกิดฟ้าผ่าได้บ่อยมากขึ้น ลักษณะการเกิดลำประจุเริ่ม (step-leader) ของการเกิดฟ้าผ่า ในแบบที่เกิดขึ้นบ่อยที่สุดคือ ลำประจุลบที่ก้อนเมฆเคลื่อนที่ลงสู่พื้นดินซึ่งมีประจุเป็นบวก ดังรูปที่ 3 เมื่อประจุลบนั้นอยู่เหนือพื้นดินประมาณ 45.7 เมตร หรือ 150 ฟุต จึงจะทำให้เกิดฟ้าผ่าลงที่วัตถุ [6-7]

ลำประจุการเริ่มของการเกิดฟ้าผ่า อาจเกิดได้ในลักษณะอื่นอีก ได้แก่ การเคลื่อนที่ของลำประจุบวกจากเมฆลงมา การเคลื่อนที่ของลำประจุลบขึ้นจากพื้นโลก และการเคลื่อนที่ของลำประจุบวกขึ้นจากพื้นโลก ซึ่งการเคลื่อนที่ขึ้นของลำประจุเป็นกรณีที่เกิดขึ้นน้อยมาก



รูปที่ 3 การคายประจุจากเมฆลงสู่พื้นดิน

วัตถุปลายแหลมหรือสิ่งที่อยู่สูงขึ้นมาจากพื้นโลก และสิ่งอื่นรอบข้าง จะเริ่มคายประจุทำให้อากาศแตกตัวเป็นไอออน เมื่อความเข้มสนามไฟฟ้ามีค่าเกิน 1.5 – 2 กิโลโวลต์ต่อเมตร [6] เรียกว่าเกิดจุดคายประจุ (point discharge)

ฟ้าผ่าเกิดขึ้นเมื่อมีความต่างศักย์ ระหว่างจุดเริ่มกับพื้นโลก มากกว่า 10 เมกะโวลต์ ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าได้ระหว่าง 20 – 400 กิโลแอมแปร์ และอุณหภูมิมากถึง 30,000 เคลวิน [4, 6]

3. หลักการทำงานของระบบป้องกันฟ้าผ่า

ระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกสิ่งปลูกสร้างสามารถแยกออกเป็นสองประเภทใหญ่ได้แก่

- แบบดั้งเดิม (conventional system) หมายถึง ระบบที่ใช้แท่งแฟรงกลิน และกรงฟาราเดย์
- ไม่ใช่แบบดั้งเดิม (unconventional system) หมายถึง ระบบทั้งหมดที่ไม่ใช่แท่งแฟรงกลินหรือกรงฟาราเดย์ เช่น ระบบที่ใช้แท่งไอเอสอี แท่งเซมิคอนดักเตอร์ และแท่งดีเอส แต่ละชนิดมีลักษณะและการทำงานดังต่อไปนี้

3.1 แท่งแฟรงกลิน

แท่งแฟรงกลินเป็นแท่งตัวนำที่ทำหน้าที่สกัดจับฟ้าที่ผ่าลงมา จากนั้นประจุไฟฟ้าจะถูกส่งผ่านลงไปที่ดินโดยผ่านสายตัวนำและแท่งอิเล็กโทรดซึ่งฝังอยู่ในดิน แท่งแฟรงกลินเป็นส่วนหนึ่งของระบบป้องกันไฟฟ้า ซึ่งถูกติดตั้งอยู่ส่วนบนสุดของสิ่งก่อสร้างที่ต้องการป้องกัน โดยแท่งตัวนำนี้มีปลายแหลมดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แท่งแฟรงกลินปลายแหลม

ภายหลังมีการค้นพบว่า แท่งตัวนำปลายทู่ ดังรูปที่ 5 สามารถมีประสิทธิภาพในการสกัดจับฟ้าผ่าได้ดีกว่าแท่งปลายแหลม [8- 9] จากการทดลองฟ้าผ่าในธรรมชาติบนยอดเขาในนิวเม็กซิโก [10-11] พบว่าแท่งแฟรงกลินปลายทู่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.7 – 25.4 มิลลิเมตรถูกฟ้าผ่าในช่วงเวลาเจ็ดปีของการทดลอง แต่แท่งแฟรงกลินปลายแหลมและแท่งไอเอสอีไม่ถูกฟ้าผ่าเลย



รูปที่ 5 แท่งแฟรงกลินปลายทู่

จากการศึกษาจำลองการทำงาน ของแท่งแฟรงกลิน

ที่มีวงแหวนล้อมรอบ ตามระบุในมาตรฐานของเซอร์เบีย JUS N. B4. 811 ดังรูปที่ 6 พบว่ามีประสิทธิภาพการทำงานได้ดีกว่าแท่งแฟรงกลินธรรมดา ที่ระยะความสูงจากพื้นดินเท่ากัน โดยเฉพาะกับตึกที่มีความกว้างแคบๆ เมื่อเทียบกับความสูงของตึก [12]



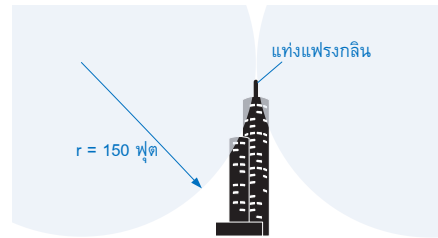
รูปที่ 6 แท่งแฟรงกลินที่มีวงแหวนล้อมรอบ[12]

ในช่วงก่อนปลายคริสต์ทศวรรษที่ 1970 เชื่อว่าพื้นที่ป้องกันหลังติดตั้ง มีลักษณะเป็นรูปกรวยคว่ำทำมุม 45 องศา จากยอดของแท่งแฟรงกลินลงมาถึงพื้นดิน ดังรูปที่ 7 โดยเรียกพื้นที่ป้องกันนี้ว่า zone หรือ cone of protection [6]



รูปที่ 7 พื้นที่การป้องกันรูปกรวย

ภายหลังพบว่า สิ่งปลูกสร้างมักถูกฟ้าผ่าลงด้านข้าง แทนที่จะผ่าลงส่วนยอด แนวความคิดเรื่องพื้นที่ป้องกัน หลังการติดตั้ง จึงได้ถูกอธิบายใหม่ในแบบ ลูกบอลกลิ้ง (rolling ball) หรือทรงกลมกลิ้ง (rolling sphere) ซึ่งหากนึกภาพลูกบอลขนาดใหญ่ พิงอยู่กับสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่ป้องกันอยู่ใต้ลูกบอลนั้น ดังรูปที่ 8 คาร์รั้มของลูกบอลที่นิยมใช้คือ 150 ฟุต ซึ่งพื้นที่ป้องกันตามแนวคิดนี้ เล็กกว่าแนวความคิดรูปกรวยแบบเดิม จะเห็นว่าขอบตึกบริเวณคาดฟ้าของตึกสูงที่อยู่ในเงาของวงกลมในรูปที่ 8 ไม่อยู่ในพื้นที่ป้องกัน เป็นจุดเสี่ยงถูกฟ้าผ่าได้มากกว่าบริเวณอื่น



รูปที่ 8 พื้นที่การป้องกันแบบทรงกลมกลิ้ง

จุดที่ฟ้าผ่าลงมา ขึ้นอยู่กับระยะห่างของลำประจุเริ่มต้น และวัตถุ ดังเห็นได้จากผลการทดลองใน [13] โดยการแปรผันความสูงของแท่งล่อฟ้า ระยะของแท่งตัวนำที่มีแรงดันสูง (ใช้แทนลำประจุเริ่มต้นในธรรมชาติ) เหนือพื้นดิน และระยะห่างในแนวก้นนอน ของแท่งล่อฟ้าและแท่งตัวนำที่มีแรงดัน ซึ่งการแปรผันระยะนี้เป็นผลทำให้เกิดฟ้าผ่าแตกต่างกันสามลักษณะคือ ผ่าลงพื้น ผ่าลงแท่งล่อฟ้า และผ่าลงทั้งพื้นและแท่งล่อฟ้า การเคลื่อนที่ของประจุลงที่จุดต่างๆ กันสามารถอธิบายได้โดยใช้โมเดลเรขาคณิตไฟฟ้า (electrogeometric model) [14] และความสัมพันธ์ของระยะห่างระหว่างลำประจุเริ่มต้นกับวัตถุที่ฟ้าผ่าลงสามารถคำนวณได้จาก [14-15]

$$D = kI^m \quad (1)$$

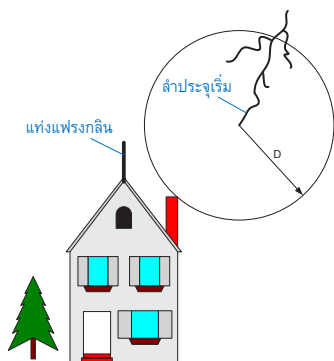
เมื่อ D เป็นระยะห่างระหว่างลำประจุเริ่มต้นและวัตถุ มีหน่วยเป็นเมตร

I เป็นค่ากระแสที่เกิดจากฟ้าผ่า มีหน่วยเป็น กิโลแอมแปร์ k และ m เป็นค่าคงที่ ซึ่งมีค่าต่างกันไปตามผลการวิจัยของนักวิจัยหลายท่าน ตัวอย่างเช่น สมการของ E. R. Love [14, 16] ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย

$$D = 10I^{0.65} \quad (2)$$

จากสมการที่ (2) เมื่อกระแสมีค่า 10 กิโลแอมแปร์ D มีค่าประมาณ 150 ฟุต

จากแนวคิดที่ฟ้าผ่าลงวัตถุที่อยู่ในแนวรัศมี D ของทรงกลมกลิ้ง จึงมีความเป็นไปได้ที่ฟ้าผ่าลงบนสิ่งก่อสร้างที่มีล่อฟ้าปกอยู่ ดังรูปที่ 9 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของการเกิดลำประจุเริ่มต้นด้วย



รูปที่ 9 การเกิดฟ้าผ่าลงสิ่งก่อสร้างตามหลักคิดแบบทรงกลมกลิ้ง

3.2 กรงฟาราเดย์

กรงฟาราเดย์เป็นแท่งตัวนำหรือโลหะต่อเชื่อมกันเป็นตาข่าย ล้อมรอบวัตถุหรือสิ่งก่อสร้าง เป็นผลทำให้เกิดฉนวนไฟฟ้าสถิต การป้องกันโดยใช้กรงฟาราเดย์เรียกอีกชื่อหนึ่งว่าเป็นวิธีตาข่าย (mesh method)

โดยทั่วไปอาคารที่มีโครงสร้างเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กก็เข้าข่ายกรงฟาราเดย์ แต่ความถี่ห่างของโครงเหล็กก็มีผลต่อการป้องกัน มีข้อมูลวิจัยเรื่องการลดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าว่าขนาดช่องตาข่ายของกรงควรมีขนาดเล็กกว่าหนึ่งในแปดของความยาวคลื่น ของสัญญาณกระแสที่เกิดจากฟ้าผ่า [17] จะทำให้การเปลี่ยนของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าภายนอกกรงไม่มีผลต่อสิ่งที่อยู่ในกรงตาข่าย ดังนั้นการใช้กรงฟาราเดย์ขนาดเท่านี้จะปลอดภัยต่ออุปกรณ์ภายในสิ่งปลูกสร้างด้วย

จากการศึกษาพบความยาวคลื่นของสัญญาณกระแสจากฟ้าผ่าแปรผันตั้งแต่ 3.2 ถึง 195 เซนติเมตร แต่สัญญาณที่มีความยาวคลื่นน้อยกว่า 5 เซนติเมตร พบได้น้อยมาก สัญญาณส่วนมากที่พบมีความยาวคลื่นประมาณ 11 เซนติเมตร [18]

โดยทั่วไปขนาดช่องตาข่ายของกรงฟาราเดย์ เพื่อการป้องกันฟ้าผ่าด้านนอกสิ่งปลูกสร้าง กำหนดจากการใช้ประสบการณ์มากกว่าการคำนวณที่แน่นอน อย่างไรก็ตาม มาตรฐานสากล IEC61024 และมาตรฐานไทย EIT2009-53 ระบุว่า ตาข่ายป้องกันขนาด 5×5 ตารางเมตร มีประสิทธิภาพป้องกันร้อยละ 98 สามารถป้องกันฟ้าผ่าที่มีรัศมีทรงกลมกลิ้ง 20 เมตรได้ และตาข่ายป้องกันขนาด 15×15 ตารางเมตร มีประสิทธิภาพป้องกันร้อยละ 90 สามารถป้องกันฟ้าผ่าที่มีรัศมีทรงกลมกลิ้ง 45 เมตร [19-20]

โครงสร้างกรงฟาราเดย์ตามคำแนะนำในข้างต้น มีค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นจึงนิยมใช้แท่งแฟรงกลินร่วมด้วย เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการป้องกัน

แต่หากสิ่งก่อสร้างนั้น สร้างจากวัสดุที่เป็นฉนวน เช่น พลาสติก แต่ไม่หนาหรือมีความเป็นฉนวนดีมากพอ ฟ้าผ่าจะผ่าลงจุดที่ลงดินได้ง่ายที่สุดภายในสิ่งก่อสร้าง [15]

3.3 แท่งล่อฟ้าอีเอสอี

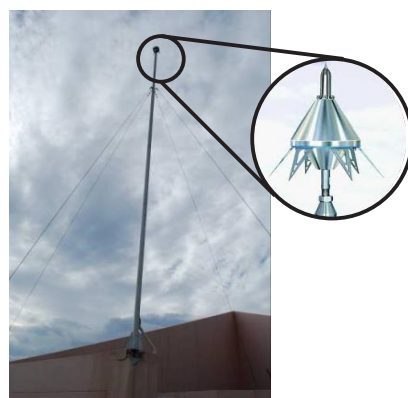
แท่งล่อฟ้าอีเอสอี เป็นแท่งล่อฟ้าแบบเริ่มปล่อยประจุก่อน มีราคาตามท้องตลาดสูงกว่าแท่งแฟรงกลินได้มากถึงกว่าร้อยละ 10 โดยผู้ผลิตอ้างว่าแท่งล่อฟ้าชนิดนี้มีประสิทธิภาพการป้องกันมากกว่าแท่งแฟรงกลิน แต่อย่างไรก็ตามไม่มีข้อมูลหรือทฤษฎีใดๆ สนับสนุนว่าเป็นเช่นนั้นจริงตามอ้าง [21]

หลักการทำงานของแท่งอีเอสอีคือ เมื่อมีลำประจุเริ่มจากก้อนเมฆลงมา ทำให้สนามไฟฟ้ามีค่าสูงเพิ่มขึ้น แท่งอีเอสอี จะปล่อยประจุออกมาและสร้างลำประจุขึ้นมาได้อย่างรวดเร็วทำให้เกิดฟ้าผ่าลงที่แท่งอีเอสอีแทนการลงที่จุดอื่นซึ่งไม่มีประจุล่อ

แท่งอีเอสอีมีอยู่ 3 ชนิด [1] คือ

- แท่งที่มีสารกัมมันตรังสีที่บรรจุไว้ที่ส่วนปลายของแท่งล่อฟ้า
- แท่งที่มีอุปกรณ์ไฟฟ้าปล่อยแรงดันอิมพัลส์เพื่อสร้างประจุ
- แท่งที่ปล่อยลำแสงเลเซอร์

แท่งอีเอสอีที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือ ชนิดที่มีสารกัมมันตรังสีบรรจุไว้ที่ส่วนปลายของแท่งล่อฟ้า ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 แท่งล่อฟ้าอีเอสอี

สารกัมมันตรังสีที่สามารถใช้บรรจุไว้ที่ส่วนปลายของแท่งล่อฟ้าได้แก่ เรเดียม 226 โคบอลต์ 60 อเมรีเซียม 241 คริปทอน 85 และโพโลเนียม 210 โดยสารที่มีความแรงจำกัดที่ 1 มิลลิคูรี ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ [6] ในสภาวะปกติสารที่ใช้กับแท่งอีเอสอีทำให้ออออนในอากาศแตกตัวได้ในรัศมี 1 – 3 เซนติเมตร [1]

แท่งล่อฟ้าชนิดนี้ถูกออกแบบและเริ่มผลิตในประเทศฝรั่งเศส จากนั้นได้ถูกผลิตในประเทศสเปนและออสเตรเลียด้วย โดยจากร่างที่ยื่นขอรับรองมาตรฐาน NFPA ระบุว่า แท่งอีเอสอีมีรัศมีการป้องกันมากกว่าแท่งแฟรงกลิน [22] เป็นระยะ

$$\Delta L = 10^6 \Delta T \quad (3)$$

เมื่อ ΔL คือระยะที่แท่งล่อฟ้าแบบเริ่มปล่อยประจุก่อน และเป็นระยะป้องกันที่ครอบคลุมพื้นที่มากกว่าพื้นที่ป้องกันของแท่งแฟรงกลิน

ΔT คือความต่างของเวลาที่แท่งแฟรงกลินและแท่งอีเอสอีเริ่มปล่อยประจุ มีหน่วยเป็นวินาที

ตัวอย่างการทดสอบในห้องปฏิบัติการโดยใช้แท่งอีเอสอี Helita Pulsar และแท่งแฟรงกลิน พบแท่งอีเอสอีปล่อยประจุเร็วกว่า 10 – 50 ไมโครวินาที [23]

ดังนั้นระยะที่แท่งอีเอสอีสามารถล่อให้ฟ้าผ่าลงที่มันได้ มีค่าเท่ากับ $D + \Delta L$ โดย D เป็นค่ารัศมีที่แท่งแฟรงกลินล่อให้ฟ้าผ่าลงได้และคำนวณได้จากสมการที่ (1) ทั้งนี้มีข้อมูลและความเห็นแย้งเรื่องประสิทธิภาพการทำงานของแท่งอีเอสอีเป็นจำนวนมาก นักวิทยาศาสตร์ที่ค้นคว้าเรื่องระบบป้องกันฟ้าผ่าหลายท่าน ไม่สามารถระบุได้ว่า แท่งอีเอสอี ทำงานได้อย่างที่ผู้ผลิตกล่าวอ้างไว้จริง [24-25] มีผลจากการทดลองพบว่า ความสามารถในการล่อฟ้าผ่าของแท่งอีเอสอีไม่แตกต่างจากแท่งแฟรงกลิน [26] และจากการทดลองกับแท่งอีเอสอีแบบที่ปล่อยแรงดันอิมพัลส์พบว่าเวลาที่ทำให้เกิดการเบรกดาวนด์ดีกว่าแท่งแฟรงกลิน เพียงเล็กน้อยเท่านั้น [27] แต่ภายหลังมีการค้นพบจากการทดลองที่คล้ายกัน ว่ามันทำงานได้ใกล้เคียงกันเมื่อประจุเริ่มก่อตัวอย่างช้าๆ แต่ทำงานได้ดีขึ้นหลังจากที่เกิดล่อประจุเริ่มมากขึ้นโดยสนามไฟฟ้าโดยรอบ [28]

อย่างไรก็ตามการก่อตัวของประจุในธรรมชาติเกิดขึ้นในอัตราเร็วแตกต่างกันออกไป ซึ่งคาดเดาไม่ได้ มีข้อสรุปจากการทดลองหนึ่งว่า แท่งอีเอสอีทำงานได้ดีตามอ้างในห้องปฏิบัติการแต่ไม่สามารถทำงานตามอ้าง

ได้จริงในธรรมชาติ เนื่องจากเวลาในการเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการและในธรรมชาติมีความแตกต่างกัน และการจำลองการเพิ่มขึ้นของสนามไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการไม่ตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงในธรรมชาติ [29]

นอกจากนั้น มีการพบว่าเกิดฟ้าผ่าลงบนสิ่งปลูกสร้างที่อยู่ภายในพื้นที่ป้องกันของแท่งอีเอสอีหลายแห่งด้วยกัน เช่น เหตุฟ้าผ่าลงที่ ฝัาสัญลักษณ์ของพระสันตปาปา (papal crest) ในกรุงโรม เมื่อปี ค.ศ. 1976 ทั้งที่มีการป้องกันจากแท่งล่อฟ้าที่มีสารกัมมันตรังสีสูง 22 เมตรสองแท่งติดตั้งอยู่ [30] เหตุการณ์ฟ้าผ่าในบริเวณโรงไฟฟ้าก๊าซชีวมวล ในปี ค.ศ. 2011 [31] ฟ้าผ่าลงบนหลังคาอพาร์ทเมนต์หลายแห่งในมาเลเซีย ในช่วงปี ค.ศ. 1997 – 2003 [32] ฟ้าผ่าลงหลังคาของรอยัลลิ่งจอกคลับ ในปี ค.ศ. 2001 อาคารในโรงเรียนสอนศาสนาในมาเลเซียในปี ค.ศ. 2002 [5] ฟ้าผ่ามัลติตูปตราจายา ในปี ค.ศ. 2005 [33] ศูนย์กีฬามหาวิทยาลัยอิสลามเมละกา ปี ค.ศ. 2012 [34] และอาคารอีกกว่า 20 แห่งในมาเลเซีย [5, 32, 33, 35]

ผู้ผลิตแท่งอีเอสอีของฝรั่งเศสได้ออกมาตรฐาน NFC 17-102 แต่องค์กรทางวิทยาศาสตร์ (INERIS) ของฝรั่งเศส เองได้แนะนำว่าไม่ควรนำมาตรฐานนี้ไปใช้ โดยเอกสารนี้ได้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไปขอมาตรฐานสากลและมาตรฐานที่ใช้ในประเทศใหญ่ๆ อีกหลายมาตรฐาน แต่ไม่ผ่านการรับรอง [33] ผู้ผลิตแท่งอีเอสอีในออสเตรเลียได้นำเอาวิธีซีวีเอ็ม (CVM, Collection Volume Method) มาใช้ในการคำนวณพื้นที่ป้องกันของแท่งอีเอสอี แทนการใช้วิธีที่ปรากฏอยู่ในมาตรฐานสากล (วิธี Air Terminal Placement method) โดยการออกแบบจากการคำนวณด้วยวิธีซีวีเอ็ม ทำให้เกิดความไม่ปลอดภัย เนื่องจากการประมาณค่าและสมมติฐานที่ใช้ในวิธีดังกล่าวไม่ถูกต้อง [36]

สภาระบบไฟฟ้าขนาดใหญ่ระหว่างประเทศ CIGRE (international council on large electric systems) [37] ซึ่งมีสำนักงานกลางอยู่ในประเทศฝรั่งเศส ได้ให้เหตุผลในการไม่สนับสนุนการใช้แท่งอีเอสอี เนื่องจากทฤษฎีพื้นฐานการทำงานของอีเอสอีไม่ถูกต้องในทางเทคนิค ด้วยเหตุผล 2 ประการคือ [23]

- ถึงแม้อีเอสอีจะสร้างประจุได้เร็วกว่าแท่งแฟรงกลิน แต่การเกิดเบรกดาวนด์ต้องมีสนามไฟฟ้าเท่านั้น

- การสมมติว่าประจุที่สร้างขึ้นจากอีเอสอีมีความเร็ว 10^6 เมตรต่อวินาที ชัดกับข้อมูลที่ได้จากการเกิดฟ้าผ่าจริงและจากในห้องปฏิบัติการ

3.4 แท่งดีเอส

Dissipation Array System (DAS) เป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบมาเพื่อป้องกันไม่ให้ฟ้าผ่าลง ณ จุดที่มันติดตั้งอยู่ ประกอบขึ้นจากแถวตัวนำปลายแหลมหลายๆ แถวทั่วไปตัวนำปลายแหลมมีลักษณะเหมือนหลอดแหลม ประกอบรวมกันมีลักษณะเหมือนโครงร่มดังรูปที่ 11 ใช้ติดตั้งอยู่เหนือหรือใกล้จุดที่ไม่ต้องการให้เกิดฟ้าผ่าลง โดยออกแบบจากหลักการที่ว่า การเกิดโคโรนาจะลดความแรงของสนามไฟฟ้าในบริเวณใกล้เคียง เมื่อความแรงของสนามไฟฟ้าลดลงจึงทำให้ไม่เกิดลำประจุเริ่มต้นและเบรกดาว์นจากก้อนเมฆ [21-22] โดยดีเอสต้องสามารถสร้างประจุออกมาให้ได้มากและเร็วเท่ากับที่เกิดลำประจุเริ่มจากก้อนเมฆ คือ 5 คูลอมบ์ใน 10 วินาที ซึ่งต้องใช้ตัวนำที่มีปลายแหลม 5000 จุด แต่ไม่มีหลักฐานว่าดีเอสปล่อยประจุออกมาได้มากเพียงพอในเวลาเร็วขนาดนั้น

คุณสมบัติการทำงานของดีเอสที่ผู้ผลิตอ้างไว้ไม่เป็นจริง เนื่องจากมีช่างภาพสามารถจับภาพฟ้าผ่าลงที่แท่งดีเอส ได้หลายครั้ง ภายหลังจึงใช้ชื่อเรียกว่าซีทีเอส (CTS, Charge Transfer System) [5] การศึกษาและรายงานที่ว่า ซีทีเอสทำงานได้มีประสิทธิภาพกว่าแท่งแฟรงกลิน ก็เกิดจากการวิเคราะห์ที่ผิดพลาด โดยร่างมาตรฐาน PAR1576 ที่เสนอเข้ารับรองมาตรฐานกับ IEEE ไม่ได้รับการรับรอง ในปี ค.ศ. 2004 [38]

ในช่วงปี ค.ศ. 1989 ถึง 2005 มีการยื่นขอให้รวมซีทีเอสในมาตรฐาน NFPA780 ถึงห้าครั้ง แต่ได้รับการปฏิเสธ [33]



รูปที่ 11 แท่งป้องกันฟ้าผ่าแบบกระจายประจุ

นอกจากนี้ยังมีความเห็นและเหตุผลแย้งในทางวิทยาศาสตร์ว่า แท่งดีเอสไม่สามารถป้องกันไม่ให้

ฟ้าผ่าลงตัวมันเองหรืออุปกรณ์ภายใต้มันได้ [26] แต่อย่างไรก็ตามการต่อลงดินอย่างดี ก็ทำให้มันสามารถป้องกันหรือลดอันตรายจากการเกิดฟ้าผ่าได้ ในหลักการเดียวกันกับระบบที่ใช้แท่งแฟรงกลิน

3.5 แท่งเซมิคอนดักเตอร์

ความหมายตามชื่อในภาษาอังกฤษ (semi-conductor lightning eliminator) คือ ตัวลดฟ้าผ่าแบบเซมิคอนดักเตอร์ มีลักษณะดังรูปที่ 12 ถูกคิดค้นขึ้นในประเทศจีน เชื่อว่าสามารถลดกระแสจากฟ้าผ่าลงได้ถึงร้อยละ 99 แต่จากการศึกษาทดลองของนักวิทยาศาสตร์ไม่พบว่า กระแสจากฟ้าผ่าลดลงและเคยวัดกระแสได้มากกว่า 6 กิโลแอมแปร์ในการทดลองครั้งหนึ่ง [39] จากผลการทดลองจึงชัดเจนว่า แท่งป้องกันนี้ไม่สามารถลดกระแสจากฟ้าผ่าลงจนถึงระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งปลูกสร้างและชีวิตได้

ทั้งนี้หลักฐาน ความล้มเหลวในการใช้แท่งเซมิคอนดักเตอร์ ที่ติดตั้งอยู่บนอาคารโอเรียนทัลเพิร์ลที่วิทวเวอร์ในเซี่ยงไฮ้ ซึ่งถูกฟ้าผ่าจนเกิดไฟไหม้เสียหายในปี ค.ศ. 2006 [40]



รูปที่ 12 แท่งป้องกันฟ้าผ่าแบบเซมิคอนดักเตอร์ [5]

4. มาตรฐานและการรับรองระบบป้องกันแบบต่างๆ

มาตรฐานที่กล่าวถึงระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกสิ่งปลูกสร้างกำหนดโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง สำหรับในแต่ละประเทศ

มาตรฐานสากลของยุโรป ซึ่งกำหนดโดย The International Electrotechnical Commission (IEC) [41] มาตรฐานนี้มีขึ้นครั้งแรกที่กรุงลอนดอน ประเทศสหราชอาณาจักร ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1906 จนถึงปัจจุบันได้ให้มาตรฐานเกี่ยวกับไฟฟ้ามากกว่า 100 มาตรฐาน ที่ได้รับการยอมรับจากทั่วโลก IEC ได้กำหนดมาตรฐาน IEC

61024 ในปี ค.ศ.1993 สำหรับใช้ในประเทศที่ไม่ได้กำหนดมาตรฐานของตนเอง และเป็นแนวทางในการทบทวนมาตรฐานในประเทศที่กำหนดมาตรฐานเองด้วย [22] หลังจากนั้นมีการทบทวนและออกมาตรฐาน IEC 62305 [33] เพื่อใช้แทน IEC 61024 ในปี ค.ศ. 2006 ครอบคลุมการใช้ตัวนำอากาศแบบดั้งเดิม และวิธีการคำนวณการติดตั้ง (air terminal placement method) และระบุให้ติดตั้งแท่งล่อฟ้าในจุดเสี่ยงดังหลักฐานที่บันทึกได้ในประเทศมาเลเซีย คือ

- ยอดแหลมของหลังคา หรือจุดยอดแหลมที่ยื่นขึ้นมาจากหลังคา
- จุดปลายสันหลังคา
- มุมหลังคาด้านนอก

ในประเทศสหรัฐอเมริกา ใช้มาตรฐาน NFPA780 ซึ่งกำหนดโดย National Fire Protection Association (NFPA) มีเนื้อหาครอบคลุมการใช้ระบบป้องกันแบบดั้งเดิม โดยผู้ผลิตแท่งอีเอสอี ได้เสนอ ร่างมาตรฐาน NFPA781 สำหรับการใชแท่งอีเอสอีในระบบป้องกันฟ้าผ่า ทั้งนี้รายงานการวิจัยภายใต้กองทุนของ NFPA ในปี ค.ศ. 1995 มีข้อสรุปว่าไม่มีข้อมูลเพียงพอในการเปรียบเทียบการทำงานของอีเอสอีและแท่งแฟรงกลินในการทำงานจริงในธรรมชาติ จึงต้องมีการศึกษาอีก [42] และ NFPA มีผลการพิจารณา ไม่รับรองร่างมาตรฐาน NFPA781 [43]

ในปี ค.ศ. 1995 นักวิทยาศาสตร์จำนวน 17 คนซึ่งเป็นสมาชิกของคณะกรรมการ การประชุมระบบป้องกันฟ้าผ่าสากล (international conference on lightning protection) จาก 15 ประเทศทั่วโลก รวมถึงประเทศสหรัฐอเมริกา อังกฤษ ญี่ปุ่นและอีก 12 ประเทศในสหภาพยุโรป โดย 14 คนในนี้เป็นศาสตราจารย์จากมหาวิทยาลัยที่มีชื่อเสียง มีหนังสือไม่เห็นด้วยกับหลักการทำงานของแท่งอีเอสอี และ ในปี ค.ศ. 2011 มาตรฐาน NFPA ก็ยังไม่ครอบคลุมการใช้งานแท่งอีเอสอี [44]

ในประเทศออสเตรเลีย ออกกำหนดมาตรฐาน AS/NZS1768 ในปี ค.ศ. 1991 ครอบคลุมการใช้แท่งล่อฟ้าแบบดั้งเดิม โดยรวมข้อมูลวิธีการคำนวณแบบซีวีเอ็มไว้ในภาคผนวกด้วย แต่หลังจากออกฉบับทบทวนในปลายปี ค.ศ. 2003 วิธีซีวีเอ็มได้ถูกลบออกไป [45] และ

ให้ติดตั้งแท่งล่อฟ้าในจุดเสี่ยงเช่นเดียวกับที่ระบุรวมในมาตรฐาน IEC ด้วย ปี 2007

ในประเทศอังกฤษ ใช้มาตรฐาน BS6651 ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1985 มาจนถึงปี ค.ศ. 2008 ได้เริ่มใช้มาตรฐาน BS62305 [46] ซึ่งแบ่งออกเป็นสี่ส่วนเหมือนกับมาตรฐาน IEC ได้แก่

ส่วนที่ 1: ข้อกำหนดทั่วไป (part 1: general principles) เป็นบทนำเข้าสู่ส่วนอื่นๆ ของมาตรฐาน

ส่วนที่ 2: การบริหารความเสี่ยง (Part 2: risk management) เป็นวิธีการจัดการความเสี่ยง ซึ่งในส่วนนี้ไม่ได้เน้นที่ความเสียหายต่อสิ่งปลูกสร้าง แต่เน้นที่ความเสี่ยงต่อการเสียชีวิต การสูญเสียการบริการสาธารณะ มรดกทางวัฒนธรรมและ ความสูญเสียด้านเศรษฐศาสตร์

ส่วนที่ 3: ความเสียหายทางกายภาพต่อสิ่งปลูกสร้าง และอันตรายต่อชีวิต (part 3: physical damage to structures and life hazard) กล่าวถึงระดับของการป้องกันฟ้าผ่า สี่ระดับ และวิธีการคำนวณตำแหน่งที่วางแท่งตัวนำอากาศแบบดั้งเดิม

ส่วนที่ 4: ระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ภายในสิ่งปลูกสร้าง (part 4: electrical and electronic systems within structures) ครอบคลุมการป้องกันอุปกรณ์และระบบไฟฟ้าภายในสิ่งปลูกสร้าง

ในประเทศมาเลเซีย เดิมใช้มาตรฐาน MS939 ภายหลังเปลี่ยนมาใช้มาตรฐานที่อิงตาม IEC เรียกว่า MS-IEC61024 [5]

ในประเทศสิงคโปร์ ใช้มาตรฐาน CP33 ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1985 มีการทบทวนออกมาตรฐานในปี ค.ศ. 1996 [47]

ในประเทศไทย ใช้มาตรฐานที่ประกาศใช้โดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย [48] โดยมาตรฐานที่ใช้ในประเทศไทย อ้างอิงมาจากมาตรฐาน IEC ซึ่งแบ่งเนื้อหาเป็นส่วนเช่นกัน คือ

- EIT2007-53 มาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่า ภาคที่ 1 ข้อกำหนดทั่วไป [49]
- EIT2008-53 มาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่า ภาคที่ 2 การบริหารความเสี่ยง [50]
- EIT2009-53 มาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่า ภาคที่ 3 ความเสียหายทางกายภาพต่อสิ่งปลูกสร้าง และอันตรายต่อชีวิต [20]

- EIT2010-53 มาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่า ภาคที่ 4 ระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ภายในสิ่งปลูกสร้าง [51]

โดยในหน้าที่ 5-2 บทที่ 5 ของมาตรฐานภาคที่ 3 ระบุไว้ว่า “ตัวนำล่อฟ้าชนิดกัมมันตรังสีไม่ได้รับอนุญาตให้ใช้”

5. กรณีศึกษา

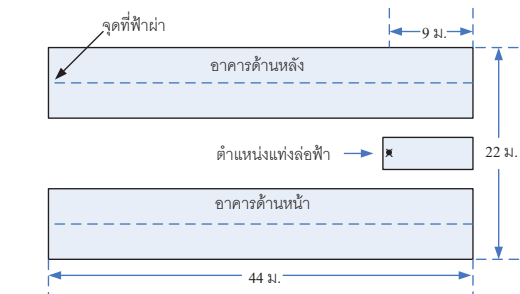
ดังที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้นว่า ตัวนำล่อฟ้าหลายชนิดไม่ได้รับการรับรองจากมาตรฐานสากลและมาตรฐานของประเทศไทย แต่บางชนิดถูกใช้อย่างแพร่หลาย อย่างเช่นภายในมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ซึ่งมีจำนวนอาคารสิ่งปลูกสร้างทั้งหมดประมาณ 60 หลัง อาคารจำนวนมากกว่า 20 หลัง ติดตั้งระบบล่อฟ้าแบบอีเอสอี

ในวันที่ 13 สิงหาคม พ.ศ. 2556 อาคารหอพักอาจารย์และบุคลากร วิทยาลัยแพทยศาสตร์และสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่มีระบบล่อฟ้าแบบอีเอสอีติดตั้งอยู่ ได้ถูกฟ้าผ่า จนหลังคาของอาคารได้รับความเสียหาย ดังรูปที่ 13



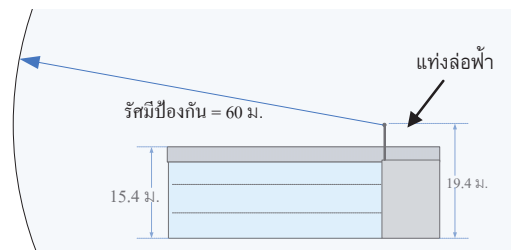
รูปที่ 13 อาคารหอพักอาจารย์และบุคลากร วิทยาลัยแพทยศาสตร์และสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

อาคารมีลักษณะเป็นอาคารประกอบสองหลัง และเชื่อมต่อกันด้วยบันไดตรงกลางระหว่างสองอาคาร อาคารแต่ละหลังกว้าง 7 เมตร ยาว 44 เมตร โดยตำแหน่งที่ติดตั้งล่อฟ้า และตำแหน่งที่ถูกฟ้าผ่า แสดงไว้ในรูปที่ 14



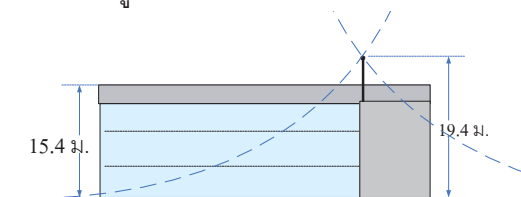
รูปที่ 14 ตำแหน่งที่ติดตั้งล่อฟ้า และตำแหน่งที่ถูกฟ้าผ่า อาคารหอพักอาจารย์และบุคลากร วิทยาลัยแพทยฯ ม.อ.

ระบบล่อฟ้าแบบอีเอสอีที่ใช้ ระบุมาตรฐาน NFC 17-102 ซึ่งเป็นมาตรฐานของผู้ผลิต มีคุณสมบัติป้องกันฟ้าผ่าได้ในรัศมี 60 เมตร ซึ่งมีพื้นที่ป้องกันอาคารดังรูปที่ 15



รูปที่ 15 พื้นที่ป้องกันฟ้าผ่า โดยระบบป้องกันแบบอีเอสอีที่ติดตั้งไว้ที่ อาคารหอพักอาจารย์และบุคลากร วิทยาลัยแพทยฯ ม.อ. ตามมาตรฐานผู้ผลิต

จากรูปที่ 15 จะเห็นได้ว่า ตามที่ผู้ผลิตได้อ้างไว้ ระบบล่อฟ้านี้มีพื้นที่ป้องกันครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของอาคารประกอบทั้งสองหลัง แต่ในสภาพการทำงานจริง ระบบล่อฟ้าไม่สามารถทำการป้องกันฟ้าผ่าได้ในพื้นที่ป้องกันที่ออกแบบไว้ตามมาตรฐานของผู้ผลิต โดยจากการศึกษาเกี่ยวกับระบบล่อฟ้าอีเอสอี ที่ได้นำเสนอไว้ในข้างต้น พื้นที่การป้องกันในการใช้งานจริง ไม่แตกต่างกับแท่งแฟรงกลินซึ่งวิเคราะห์พื้นที่ป้องกันได้โดยใช้หลักการทรงกลมกลิ้ง จะพบว่าพื้นที่ป้องกันอาคารในกรณีศึกษานี้ อยู่ภายใต้เส้นประที่แสดงไว้ดังรูปที่ 16 ซึ่งไม่ครอบคลุมพื้นที่ส่วนที่ถูกฟ้าผ่า



รูปที่ 16 พื้นที่ป้องกันฟ้าผ่า โดยระบบป้องกันแบบอีเอสอีที่ติดตั้งไว้ที่ อาคารหอพักอาจารย์และบุคลากร วิทยาลัยแพทยฯ ม.อ. ตามหลักการทรงกลมกลิ้ง

6. สรุป

ระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกสิ่งปลูกสร้าง ที่นิยมใช้สำหรับตึกสูงโดยทั่วไป คือ ระบบที่มีแท่งตัวนำอากาศเป็นแท่งแฟรงกลิน และแท่งอีเอสอีแบบที่มีสารกัมมันตรังสีบรรจุได้เป็นส่วนบน แต่แท่งอีเอสอีไม่ได้รับการรับรองจากมาตรฐานสากล รวมถึงมาตรฐานของ วสท. ที่ใช้ในประเทศไทยด้วย เนื่องจากพื้นที่ป้องกันไม่เป็นไปตามที่ผู้ผลิตแท่งอีเอสอีอ้างไว้ว่า มีพื้นที่ป้องกันมากกว่าแท่งแฟรงกลิน โดยจากการศึกษาและสังเกตจากการติดตั้งจริง พบว่าประสิทธิภาพในการทำงานใกล้เคียงกับแท่งแฟรงกลิน อย่างไรก็ตามมีบันทึกการถูกฟ้าผ่าลงบนสิ่งก่อสร้าง ซึ่งมีแท่งตัวนำอากาศทั้งสองแบบติดตั้งอยู่ มาตรฐานจึงระบุให้ติดตั้งแท่งตัวนำอากาศที่จุดเสี่ยงซึ่งพบการถูกฟ้าผ่าลงบ่อยด้วย

ระบบป้องกันแบบอื่นๆ ที่แท่งตัวนำอากาศไม่ใช่แบบดั้งเดิม ก็ไม่ได้รับการรับรองจากมาตรฐานสากล และไม่สามารถทำงานตามที่ผู้ผลิตอ้างไว้ แต่เนื่องจากระบบเหล่านั้น ประกอบด้วยสายตัวนำและแท่งอิเล็กโทรดเพื่อนำไฟฟ้าลงดิน มันจึงสามารถทำงานได้เหมือนกับการใช้แท่งแฟรงกลินเท่านั้น การใช้งานระบบล่อฟ้าที่ไม่ได้รับการรับรองจากมาตรฐานเหล่านี้ จึงทำให้เกิดความเสี่ยงต่อชีวิตและทรัพย์สิน เพราะมีพื้นที่ป้องกัน น้อยกว่าที่ได้คำนวณออกแบบไว้ และยังทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการซื้ออุปกรณ์ล่อฟ้ามากขึ้น ดังนั้นจึงควรใช้ระบบล่อฟ้าที่ใช้แท่งแฟรงกลินร่วมกับกรงฟาราเดย์ ตามกำหนดในมาตรฐานสากลหรือมาตรฐานของประเทศไทยที่เผยแพร่โดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Brunt, R. J. V. Nelson, T. L. and Klett, K. L. S. 2000. Early streamer Emission Lightning Protection Systems: An Overview. DEIS Future article, 16(1).
- [2] สื่อนอกตีข่าว “คูอันนี่มุนชาวไทย” ถูกฟ้าผ่าเสียชีวิตใกล้ “แกรนด์แคนยอน” [Online] 2013. Available from: <http://www.manager.co.th/around/viewnews.aspx?NewsID=9560000092345>. Access 27 กรกฎาคม พ.ศ. 2556.

- [3] English, R. and Gardner, D. 'I ran naked to rescue Kate Winslet and my mother': Sir Richard Branson tells of terrifying inferno on his £60m paradise island. Dailymail. 2011.
- [4] IEEE. 2005. How to protect your house and its contents from lightning: surge protection: IEEE guide for surge protection of equipment connected to AC power and communication circuits. Standard information network, IEEE Press.
- [5] Hartono, Z. A. and Robiah, I. 2004. Conventional and unconventional lightning air terminal: An overview. Forum on lightning protection; Hilton Petaling Jaya, Malaysia.
- [6] Zipse, D. W. 1994. Lightning Protection Systems: Advantages and Disadvantages. IEEE Transactions on Industry Applications, 30(5):1351 - 1361.
- [7] Zipse, D. W. 2001. Lightning protection methods: An update and a discredited system vindicated. IEEE Transactions on Industry Applications, 37(2):407 - 414.
- [8] Rison, W. Moore, C. B. and Aulich, G. D. 2004. Lightning air terminals - is shape important? International Symposium on Electromagnetic Compatibility, EMC 2004, 2004.
- [9] Ahmad, H. and Ong, L. M. 2005. An Account of A Modified Lightning Protection System For Power Stations. The 7th International Power Engineering Conference, IPEC 2005, 2005.
- [10] Moore, C. B. Aulich, G. D. and Rison, W. 2000. Measurements of lightning rod responses to nearby strikes. Geophysical Research Letters, 27(10):1487 - 1490.
- [11] Lightning protection principle and applications part I [Online]. Available from: <http://www.costp18->

- lightning.org/Courses/Kiten_Bulgaria/Docu/Lightning%20Protection%20Principles%20and%20Applications%20I.pdf. Access November 3, 2012.
- [12] Ilic, S. S. and Aleksic, S. R. 2009. Comparison of results for the effective height and atmospheric electric field distribution surrounding a parallelepiped building with Franklin's rod and lightning protection rod JUS N. B4. 811. Journal of Electrostatics, 67:616-624.
- [13] Agoris, D. P. Charalambakos, V. P. Pyrgloti, E. and Grzybowski, S. 2004. A computational approach on the study of Franklin rod height impact on striking distance using a stochastic model. Journal of Electrostatics, 60:175 - 181.
- [14] Okyere, P. Y. and Eduful, G. 2006. Evaluation of Rolling Sphere Method Using Leader Potential Concept: A Case Study. The 2006 IJME – INTERTECH Conference, 2006
- [15] Szczerbinski, M. 2000. A discussion of 'Faraday cage' lightning protection and application to real building structures. Journal of Electrostatics, 48:145 - 154.
- [16] Hasbrouck, R. T. Determining the probability of lightning striking the device assembly facility: Lawrence Livermore National Laboratory 1996 Contract No.: UCRL-ID-123334.
- [17] Metwally, I. A. and Heidler, F. H. 2008. Reduction of Lightning-Induced Magnetic Fields and Voltages Inside Struck Double-Layer Grid-Like Shields. IEEE TRANSACTIONS ON ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY, 50(4):905 - 912.
- [18] Williams, E. R. and Geotis, S. G. 1989. A radar study of the plasma and geometry of lightning. Journal of Atmospheric sciences, 46(9):1173 - 1185.
- [19] Szczerbinski, M. 2006. Lightning protection with the mesh method: Some models for the effectiveness analysis. Journal of Electrostatics, 64:283-288.
- [20] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. 2553. มาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่าภาคที่ 3 ความเสียหายทางกายภาพต่อสิ่งปลูกสร้าง และอันตรายต่อชีวิต (Thai Standard : Protection Against Lightning Part 3 Physical Damage to Structures and Life Hazard).
- [21] Uman, M. A. and Rakov, V. A. 2002. A critical review of nonconventional approaches to lightning protection. American meteorological society, 83(12):1809-1820.
- [22] Mackerras, D. Darveniza, M. and Liew, A. C. 1997. Review of claimed enhanced lightning protection of buildings by early streamer emission air terminals. IEE Proceedings Science and Measurement Technology, 144(1):1-10.
- [23] Evaluation of Early Streamer Emission Air Terminals [Online]. Available from: <http://www.deville.net/Infos/Electricite/foudre/ESE-paper.pdf>. Access November 1, 2010.
- [24] Cooray, V. and Theethayi, N. 2007 The striking distance of lightning flashes and the early streamer emission (ESE) hypothesis. Journal of Electrostatics, 65:336-341.
- [25] I.D.Chalmers J.C.Evans and W.H.Siew. 1999. Considerations for the assessment of early streamer emission lightning protection. IEE Proceedings- Science Measurement and Technology, 146(2):57-63.
- [26] Cooray, V. 2010. Non conventional lightning protection systems. 30th International conference on Lightning protection, ICLP2010; Cagliari, Italy.

- [27] Allen, N. L. Cornick, K. J. Faircloth, D. C. and Kouzis, C. M. 1998. Tests of the 'early streamer emission' principle for protection against lightning. IEE Proceedings Science and Measurement Technology, 145(5):200-206.
- [28] Allen, N. L. and Evans, J. C. 2000. New investigations of the 'early streamer emission' principle. IEE Proceedings Science and Measurement Technology, 147(5):243 - 248.
- [29] Becerra, M. and Cooray, V. 2007. The early streamer emission principle does not work under natural lightning!! IX International symposium on lightning protection; Foz do Iguaçu, Brazil.
- [30] Rakov, V. A. and Uman, M. A. 2003. Lightning: Physics and Effects Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- [31] Mikeš, J. Kutác, J. Martínek, Z. and Petrák, M. 2011. Biogas plant explosion protected early streamer emission (ESE) air terminal. Elektro, 21(11):23-26.
- [32] Hartono, Z. A. and Robiah, I. 2003. A Long Term Study on the Performance of Early Streamer Emission Air Terminals in a High Keraunic Region. Asia-Pacific Conference on Applied Electromagnetics (APACE 2003)146 - 150
- [33] Conventional and Unconventional Lightning Air Terminals: An Update [Online] 2007. Available from: www.lightningsafety.com/nlsi_lhm/ACEM_Journal_Q1_2007.pdf. Access November 25, 2010.
- [34] Death at the stadium: Report on the fatal use of an early streamer emission lightning rod in Malaysia [Online] 2012. Available from: www.lightningsafetyalliance.com/. Access November 1, 2012.
- [35] Adventure island lightning incident: Report on the deadly failure of an early streamer emission lightning rod (Revision 1) [Online] 2012. Available from: <http://www.lightningsafetyalliance.com/documents/Adventure%20Island%20Lightning%20Incident.pdf>. Access November 1, 2012.
- [36] Mousa, A. M. 2012. Failure of the Collection Volume Method and Attempts of the ESE Lightning ROD Industry to Resurrect it. Journal of Lightning Research, 4:118-128.
- [37] CIGRE; [November 9, 2012]; Available from: <http://www.cigre.org/>.
- [38] Hartono, Z. A. and Robiah, I. 2006. A review of studies on Early Streamer Emission and Charge Transfer System conducted in Malaysia. 17th International Zurich Symposium on Electromagnetic Compatibility.
- [39] Zhang, Y. and Liu, X. 2004. Experiment of artificially triggered lightning to lightning rod and semiconductor lightning eliminator Asia-Pacific Radio Science Conference, 2004
- [40] Shanghai Pearl of the Orient, such as matches, fire lightning [Online] 2006. Available from: <http://www.dab9.com/tag/lightning-eliminator/>. Access November 6, 2012.
- [41] International Electrotechnical Commission; Available from: <http://www.iec.ch>.
- [42] Brunt, R. J. V. Nelson, T. L. and Firebaugh, S. L. Early streamer emission air terminals lightning protection systems: literature review and technical analysis. Massachusetts, USA.: National Fire Protection Research Foundation 1995.
- [43] Scientists Oppose Early Streamer Air Terminals [Online]. Available from: http://www.lightningsafety.com/nlsi_lhm/char

- [ge_transfer_opp.html](#). Access 3 November 2010.
- [44] Association, N. F. P. 2011. NFPA standard directory 2011. 87.
- [45] Case studies on the Collection Volume Method including comparisons with the ESE standard, NF C 17-102 [Online] 2010. Available from: <http://www.lightning-risk.org/pdfs/CASESTUDIES.pdf>. Access November 3, 2012.
- [46] A summary of the key differences between BS 6651:1999 and BS EN 62305 Protection against Lightning and the new standard's key requirements [Online]. English Heritage. Available from: <http://www.english-heritage.org.uk/publications/protection-against-lightning/lightningbsen62305web.pdf>. Access November 3, 2012.
- [47] SINGAPORE STANDARD CP 33 : 1996 - Code of Practice for Lightning protection (Incorporating Amendment No. 1, February 1999).
- [48] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. [November 10, 2012]; Available from: www.eit.or.th/.
- [49] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. 2553. มาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่า ภาคที่ 1 ข้อกำหนดทั่วไป (Thai Standard: Protection against lightning Part 1 General Principles).
- [50] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. 2553. มาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่า ภาคที่ 2 การบริหารความเสี่ยง (Thai Standard : Protection Against Lightning Part 2 Risk Management).
- [51] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. 2553. มาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่า ภาคที่ 4 ระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ภายในสิ่งปลูกสร้าง (Thai Standard : Protection Against Lightning Part 4 Electrical and Electronic Systems within Structures).