

# การประเมินความเสี่ยงต่อความเสียหายสำหรับบริภัณฑ์ภายในอาคาร Risk Assessment of Damages for Equipments in the Building

ประมุข อุณหเลขกะ<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จังหวัดนนทบุรี 11000

## บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการประเมินความเสี่ยงต่อความเสียหายของรูปแบบหนึ่งของบริภัณฑ์ภายในอาคาร การประเมินความเสี่ยงต่อความเสียหายทำการศึกษาตามมาตรฐาน IEC และคำแนะนำของ ITU-T ในการศึกษาการประเมินความเสี่ยงต่อความเสียหายสำหรับบริภัณฑ์ภายในอาคาร ประกอบด้วยหกหัวข้อหลัก ได้แก่ การคำนวณอัตราการชำรุดเสียหายเนื่องจากการคายประจุฟ้าผ่า การคำนวณความเสี่ยงต่อความเสียหาย การคำนวณพื้นที่เสี่ยง การประมาณค่าของส่วนประกอบความน่าจะเป็น ส่วนประกอบความเสียหาย ระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ และวิธีการบรรเทาโดยการลดอิทธิพลการเหนี่ยวนำจากไฟฟ้ากำลังที่ส่งผลกระทบต่อบริภัณฑ์ นอกจากนี้การปรับปรุงอุปกรณ์ป้องกันเส้นรั้งทางด้านทางเข้าของสายกำลังไฟฟ้าภายในอาคารจะช่วยให้การลดความเสียหายได้มากขึ้นอีกด้วย

## Abstract

This paper presents risk assessment of damages for equipments in the building based on IEC standards and ITU-T recommendations. The study of risk assessment of damages for equipment in the building includes of 6 main topics: calculation of frequency of damages due to lightning discharges, calculation of risk of damage, calculation of risk areas, estimation of probability factors, consequential damage factor, acceptable risk levels and mitigation methods to reduce the influence of power line induction affecting to equipment. Also, the implementations of surge protective devices (SPDs) at the entrance of power lines into the building contribute to a further decrement of damage.

**คำสำคัญ** : การคายประจุฟ้าผ่า การประเมินความเสี่ยงต่อความเสียหาย อัตราการชำรุดเสียหาย และพื้นที่เสี่ยง

**Key words** : Lightning Discharge, Risk Assessment of Damages, Frequency of Damages and Risk Areas

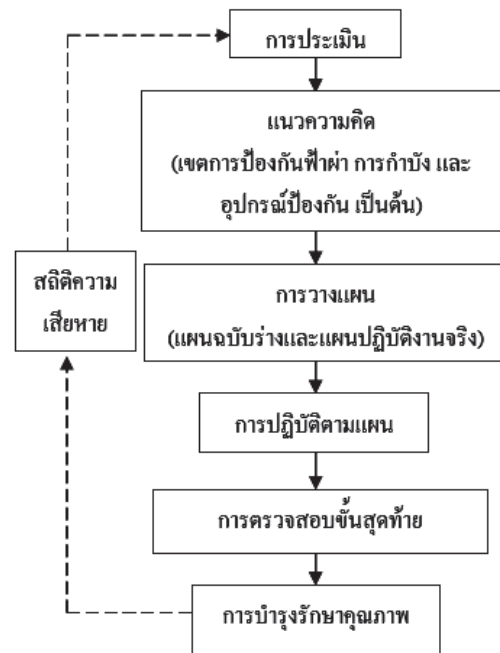
\* ผู้นิพนธ์ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ [Pramuk@rmutsb.ac.th](mailto:Pramuk@rmutsb.ac.th) โทร. 0-2969-1369-74 ต่อ 2352

## 1. บทนำ

ปัจจุบันอาคารภายในประเทศไทย ได้ประสบปัญหาเกี่ยวกับแรงดันเกิน ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบไฟฟ้าและระบบการสื่อสารภายในอาคาร โดยมีสาเหตุอันเนื่องมาจากปรากฏการณ์การเกิดฟ้าผ่า ซึ่งเหตุการณ์ดังกล่าวนี้เป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินต่างๆ ภายในอาคารได้ และเนื่องจากปัจจุบันทรัพย์สินภายในอาคารมีอุปกรณ์ที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความไวในการทำงานมาควบคุมหรือนำมาใช้งานเป็นจำนวนมาก จึงทำให้ทรัพย์สินดังกล่าวได้ผลกระทบโดยตรง และทำให้ทรัพย์สินเกิดความเสียหายได้ง่าย ความเสียหายที่เกิดขึ้นอาจมีแหล่งกำเนิดที่ก่อให้เกิดแรงดันเกินเนื่องจากฟ้าผ่าที่มีอิทธิพลต่อทรัพย์สินต่างๆ ภายในอาคารซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นสี่ส่วนด้วยกันดังนี้

1. ฟ้าผ่าลงอาคารโดยตรง
2. ฟ้าผ่าลงบริเวณใกล้เคียงอาคาร
3. ฟ้าผ่าลงจุดเชื่อมต่อสายบริการจ่ายไฟฟ้าหรือสายบริการสื่อสารโดยตรงที่มีการเชื่อมต่อกับทรัพย์สินภายในอาคาร
4. ฟ้าผ่าลงบริเวณใกล้เคียง สายบริการจ่ายไฟฟ้าหรือสายบริการสื่อสารที่มีการเชื่อมต่อกับทรัพย์สินภายในอาคาร

การประเมินค่าความเสี่ยงจะพิจารณาจากจำนวนครั้งของความเสียหายที่เกิดขึ้นในแต่ละปี ปัจจัยที่ใช้ในการประเมินความเสี่ยงได้แก่ ปัจจัยที่เสี่ยงต่อการก่อให้เกิดอันตรายต่อชีวิตของบุคคล การเสี่ยงต่อความเสียหายทางกายภาพของทรัพย์สินที่ใช้งาน ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อระบบหรือทรัพย์สินภายในอาคารได้ สำหรับความต้องการในการป้องกันความเสียหายอาจเกิดขึ้นได้ ควรขึ้นอยู่กับประเมินค่าความเสี่ยงที่เกิดขึ้น ซึ่งขั้นตอนในการประเมินความเสี่ยงสามารถแสดงกระบวนการของการประเมินความเสี่ยงได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กระบวนการของการประเมินความเสี่ยง

## 2. วิธีการศึกษา

การประเมินความเสี่ยงต่อความเสียหายของทรัพย์สินภายในอาคารควรจะปฏิบัติใน 2 ขั้นตอน ดังนี้คือ

1. การประเมินขั้นพื้นฐานเพื่อที่จะตัดสินใจว่าจำเป็นจะต้องจัดให้มีการป้องกันฟ้าผ่าต่อตัวอาคารหรือไม่
2. การตัดสินใจเลือกวิธีการป้องกันต่างๆ และเลือกค่าความทนทานต่อพลังงานของชิ้นส่วนการป้องกัน หรืออุปกรณ์ป้องกันเสร็จ (SPD) ที่จะนำมาติดตั้งในสายบริการจ่ายไฟฟ้า และสายบริการสื่อสารที่เข้ามาในตัวอาคาร

### 2.1 การคำนวณอัตราการชำรุดเสียหาย (F)

ในการคำนวณหาค่าอัตราการชำรุดเสียหายที่มีโอกาสเกิดขึ้น กระทำโดยการกำหนดกรอบในแต่ละพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับการพ่วงเข้ามาของเส้นแรงแม่เหล็กไฟฟ้าแต่ละชนิด (รูปที่ 2) ขณะมีการคาย

ประจุฟ้าผ่าต่อพื้นที่ต่างๆ เหล่านี้ จะมีโอกาสสร้างความเสียหายต่อตัวอาคาร หรืออย่างน้อยก็มีโอกาสทำให้บริภัณฑ์ที่ติดตั้งใช้งานภายในอาคารเกิดการชำรุดได้

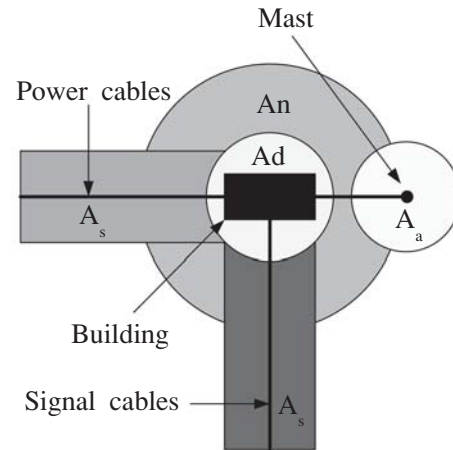
$A_d$  คือ พื้นที่เสี่ยงสำหรับการเกิดฟ้าผ่าโดยตรงลงอาคาร

$A_n$  คือ พื้นที่เสี่ยงสำหรับการคายประจุฟ้าผ่าลงสู่ดินที่อยู่บริเวณใกล้เคียงอาคารแล้วส่งผลกระทบต่ออาคารโดยการพ่วงเชิงความต้านทาน (resistive coupling) หรือการพ่วงเชิงเหนี่ยวนำ (inductive coupling)

$A_s$  คือ พื้นที่เสี่ยงสำหรับสายบริการทางด้านทางเข้า (สายบริการจ่ายไฟฟ้า สายบริการสื่อสาร เป็นต้น)

$A_a$  คือ พื้นที่เสี่ยงสำหรับฟ้าผ่าโดยตรงลงวัตถุบริเวณใกล้เคียง เช่น เสาสายอากาศที่มีสายตัวนำโลหะเชื่อมถึงอาคาร

ควรสังเกตว่าพื้นที่เสี่ยงบางพื้นที่อาจจะครอบคลุมพื้นที่อื่นด้วยก็ได้ ซึ่งควรจะพิจารณาเมื่อต้องการคำนวณพื้นที่เสี่ยงทั้งหมด ส่วนของโครงสร้างที่สูงกว่าจะมีการกำบังส่วนของอาคารที่อยู่ต่ำกว่าบริเวณใกล้เคียงอาคาร หรือพื้นที่อื่นจากการเกิดฟ้าผ่าโดยตรง โดยปกติฟ้าผ่าโดยตรงจะสร้างความเสียหายที่รุนแรงต่ออาคารมากกว่าฟ้าผ่าที่เกิดขึ้นในบริเวณใกล้เคียง เช่นเดียวกันสมมติให้พื้นที่เสี่ยงสำหรับการเกิดฟ้าผ่าลงบนสายบริการที่เดินเข้ามายังอาคาร  $A_s$  มีโอกาสถูกฟ้าผ่ามากกว่าพื้นที่เสี่ยง  $A_n$  สำหรับการเกิดฟ้าผ่าลงสู่ดินในบริเวณใกล้เคียงอาคารที่ต้องการป้องกัน



รูปที่ 2 พื้นที่เสี่ยงต่อการคายประจุฟ้าผ่า

ผลรวมของขนาดพื้นที่เสี่ยงแต่ละพื้นที่ในรูปที่ 2 รวมกันได้เท่ากับขนาดพื้นที่เสี่ยงรวมทั้งหมด ซึ่งนำมาใช้ในการคำนวณค่าเฉลี่ยจำนวนอัตราความเสียหายของแต่ละปี (F) ภายใต้เงื่อนไขการทำค่าให้เป็น 1 โดยมีค่าความหนาแน่นฟ้าผ่าลงดิน ( $N_g$ ) 1 ครั้งต่อตารางกิโลเมตรต่อปี และภายใต้ข้อสมมติที่ว่าบริภัณฑ์ต่างๆ ภายในอาคารมีค่าความคงทนต่อสภาวะปรับตัวชั่วคราวฟ้าผ่า (lightning transient) ตามคำแนะนำในมาตรฐาน ITU ที่ K.20 K.21 และ K.22 และบริภัณฑ์การจ่ายไฟตามมาตรฐานสากลอื่นๆ คุณลักษณะที่ต้องการควรจะประกอบด้วยค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับสภาวะปรับตัวชั่วคราว ได้แก่ ค่าสูงสุดของแรงดัน กระแส ประจุ ความชัน และพลังงานจำเพาะ เป็นต้น

พื้นที่เสี่ยงจะถูกกำหนดบนเงื่อนไขที่อาคารที่ไม่มีการเตรียมการในมาตรการป้องกันโดยเฉพาะ หรือการป้องกันนั้นอาจจะรวมถึงส่วนในการป้องกันตามธรรมชาติของโครงสร้างของอาคาร หรือในสายบริการภายนอกอาคาร ในความเป็นจริงบ่อยครั้งมีบางคุณสมบัติของอาคารที่ลดทอนการทะลุผ่านของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า อิทธิพลจาก

มาตรการการป้องกันที่พึงติมาและมาตรการการป้องกันเพิ่มเติมจะนำมาพิจารณาอยู่ในรูปของการประเมินค่าของปัจจัยความน่าจะเป็น

พิจารณาปริมาณความหนาแน่นในการเกิดฟ้าผ่าในบริเวณอาคาร อัตราความเสียหาย (F) แสดงด้วยสมการที่ 1

$$F \approx N_g (A_{P_d} + A_{P_n} + A_{P_s} + A_{P_a}) \quad (1)$$

ค่าของ P ที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับมาตรการป้องกันเดิมหรือขึ้นอยู่กับมาตรการการป้องกันที่มีการวางแผนไว้ ซึ่งอธิบายในหัวข้อที่ 2.4 ต่อไป ทั้งหมดนี้จะลดความน่าจะเป็นของความเสียหายได้

$$F \approx F_d + F_n + F_s + F_a \quad (2)$$

รหัสอักษรที่กำกับเป็นตัวห้อยทั้งสี่เทอมในสมการ (2) มีความหมายดังต่อไปนี้

d คือ ฟ้าผ่าโดยตรงลงอาคาร

n คือ ฟ้าผ่าบริเวณใกล้เคียงลงดิน

s คือ การคายประจุฟ้าผ่าลงบนสายบริการหรือในบริเวณใกล้เคียงที่ตั้งของสายบริการที่เดินเข้ามายังอาคาร

a คือ การคายประจุฟ้าผ่าโดยตรงต่อวัตถุที่ติดกับตัวอาคาร เช่น เสาสายอากาศ การเชื่อมโลหะกับอาคาร

กรณีส่วนใหญ่ในเทอมที่สาม ( $F_s$ ) จะมีอิทธิพลมากกว่าเทอมอื่นๆ ทั้งหมด แต่สำหรับอาคารที่มีขนาดใหญ่ หรืออาคารที่มีเสาสายอากาศสูงๆ เทอมอื่นๆ ก็มีอิทธิพลมากพอกันกับเทอมที่สาม ในการคำนวณให้เขียนค่าตัวเลขของแต่ละเทอมแยกกันให้เห็นชัดเจน เพื่อที่ว่าในระหว่างการคำนวณแต่ละครั้งจะสามารถเห็นได้ว่าอัตราความเสียหายของเทอมใดบ่งบอกสาเหตุความล้มเหลวได้มากกว่า

เทอมอื่น ซึ่งจะช่วยให้สามารถระบุวิธีการป้องกันที่ดีที่สุดได้

ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณความหนาแน่นการเกิดฟ้าผ่าลงดิน บ่อยครั้งสามารถหาได้จากรายละเอียดของแผนที่ keraunic หรือมีฉะนั้นอาจใช้ได้ดังสมการที่ 3 ตามคำแนะนำมาตรฐาน ITU ที่ K39 โดย  $T_d$  เป็นจำนวนวันที่เกิดฝนตกฟ้าร้องฟ้าคะนองเฉลี่ยต่อปี

$$N_g = 0.04 T_d^{1.25} \text{ ครั้ง/ตารางกิโลเมตร/ปี} \quad (3)$$

สำหรับในประเทศไทย การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (EGAT) ได้รวบรวมข้อมูลฟ้าผ่า โดยมีจำนวนของความหนาแน่นฟ้าผ่าลงดินกับจำนวนวันที่เกิดฝนตกฟ้าร้องฟ้าคะนองเฉลี่ยต่อปีตามสมการที่ 4

$$N_g = 6.5 \times 10^{-5} T_d^{2.277} \text{ ครั้ง/ตารางกิโลเมตร/ปี} \quad (4)$$

จำนวนวันที่เกิดฝนตกฟ้าร้องฟ้าคะนองเฉลี่ยต่อปีในประเทศไทยประมาณ 50-120 วันต่อปี ดังนั้นจำนวนของความหนาแน่นฟ้าผ่าลงดิน มีค่าอยู่ระหว่าง 0.5-3.5 ตารางกิโลเมตรต่อปี

## 2.2 ความเสี่ยงต่อความเสียหาย (R)

ความเสี่ยงต่อความเสียหายที่อาคาร อาจประเมินได้โดยใช้สมการ (4)

$$R = (1 - e^{-F \cdot t}) \cdot \delta \quad (5)$$

ซึ่งส่วนมากจะสามารถประมาณค่าโดยใช้สมการง่ายๆ ดังสมการ (6)

$$R = F \cdot \delta = \sum F_i \cdot \delta_i \quad (6)$$

สำหรับ  $t = 1$  ปี และ  $F \ll 1$

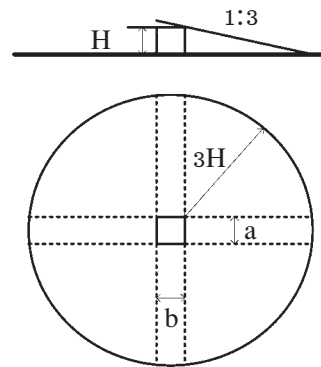
$\delta$  หามาได้คือส่วนประกอบความเสียหายซึ่งทำการอธิบายในหัวข้อที่ 2.5 ต่อไป ดังนั้นการพิจารณาว่ามูลค่าความเสียหายที่คาดหวังมีความสัมพันธ์กับมูลค่าของฮาร์ดแวร์ของบริษัท

### 2.3 การคำนวณพื้นที่เสี่ยง

การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับในการวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อความเสียหายมักยอมให้นำมาใช้ในการคำนวณที่มีความซับซ้อนมากๆ อย่างไรก็ตามสำหรับการประมาณค่าด้วยมือในการคำนวณมักจะเป็นการคำนวณแบบง่ายๆ เพื่อที่จะให้มีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการปฏิบัติ พื้นที่เสี่ยงสมมูลสำหรับการเกิดฟ้าผ่าโดยตรงต่ออาคาร ( $A_d$ ) มีนิยามว่าตามพื้นที่ราบกับจำนวนความถี่ในการเกิดฟ้าผ่าที่มีความคล้ายคลึงกันตามโครงสร้างที่สนใจในกรณีที่ย่างอาคารจะถูกแยกออกจากโครงสร้างสูงและอื่นๆ ตั้งอยู่บนพื้นเรียบ  $A_d$  คือพื้นที่หนึ่งซึ่งเมื่อลากเส้นจากขอบของพื้นที่นี้ไปถึงส่วนบนของอาคารจะเป็นเส้นลาดเอียงที่มีความชัน 1:3 ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยที่พื้นที่เสี่ยงสมมูลสำหรับกรณีฟ้าผ่าโดยตรงต่ออาคาร ( $A_d$ ) มีนิยามว่าเป็นพื้นที่ของระนาบหนึ่งซึ่งมีค่าความถี่ของฟ้าผ่าลงบนพื้นที่นี้เท่ากับฟ้าผ่าโดยตรงต่ออาคารที่สนใจ

$$A_d = ab + 2(3ha) + 2(3hb) + \pi(3h)^2 \quad (7)$$

$A_n$  เป็นพื้นที่เสี่ยงสำหรับบริเวณพื้นดินโดยรอบที่เกิดฟ้าผ่าซึ่งส่งผลให้เกิดศักย์ไฟฟ้าที่สูงขึ้น ซึ่งอาจมีอิทธิพลต่ออาคาร  $A_n$  สามารถได้จากพื้นที่ในบริเวณของเส้นขอบที่อยู่ห่างจากขอบอาคารเป็นระยะทาง  $d$  หักลบออกด้วยพื้นที่เสี่ยงจากฟ้าผ่าโดยตรง ( $A_d$ ) ในกรณีที่มิวัดลู่ขึ้นอยู่ใกล้เคียงหรือมีสายบริการที่ด้านทางเข้าอาคารจะทำให้  $A_n$  จะต้องนำค่าพื้นที่เสี่ยงของวัตถุใกล้เคียงและพื้นที่เสี่ยงของสายบริการมาหักออกด้วยเช่นเดียวกัน



รูปที่ 3 พื้นที่เสี่ยง  $A_d$  สำหรับกรณีการเกิดฟ้าผ่าโดยตรงต่อโครงสร้าง

การคายประจุฟ้าผ่าอาจเหนี่ยวนำโดยตรงต่อบริษัทที่ตั้งอยู่ในอาคาร อย่างไรก็ตามการพ่วงแบบเหนี่ยวนำจากล้าฟ้าผ่าภายในพื้นที่  $A_n$  โดยปกติสามารถไม่นำมาพิจารณาเนื่องจากระยะ และขนาดที่ถูกจำกัดของวงรอบของสายภายในอาคารโดยทั่วไปจะน้อยมาก ผลกระทบจากการเหนี่ยวนำมีต้นเหตุมาจากฟ้าผ่าภายในพื้นที่เสี่ยง  $A_n$  จะมีอิทธิพลหลักต่อการติดตั้งอุปกรณ์ในอาคารที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ที่มีความสูงไม่มาก และยกเว้นสำหรับระยะที่ยาวกว่า 50 เมตรจากจุดที่เกิดฟ้าผ่า อิทธิพลจากการพ่วงแบบความต้านทานบ่อยครั้งอาจยกเว้นด้วย ในส่วนที่สำคัญของพื้นที่เสี่ยง  $A_n$  จะถูกรวมโดยพื้นที่  $A_s$  สำหรับด้านทางเข้าของสาย  $A_s$  เป็นพื้นที่ซึ่งฟ้าผ่ากำเนิดทรานเซียนต์มายังระบบบริการจ่ายไฟฟ้าหรือระบบบริการสื่อสารที่เชื่อมต่อกับอาคาร แม้ว่าสายแบบฝังดินและสายเคเบิลมักมีความเสี่ยงต่ำกว่าสายเหนือดิน แต่ถ้าเกิดฟ้าผ่าในบริเวณใกล้เคียงกับสายแบบฝังดินก็อาจเป็นสาเหตุให้เกิดแรงดันเกินได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินที่มีค่าความต้านทานจำเพาะสูงระยะทางสูงสุด  $d_1$  ตามรูปที่ 2 จากสายเคเบิลซึ่งฟ้าผ่าส่งผลต่อสายเคเบิล สำหรับเหตุผลอย่างง่ายแทนโดยสมการที่ 8

$$A_s = 2d_1 \cdot L \quad (8)$$

โดยที่  $L$  คือค่าความยาวของสายเคเบิล และ  $d_1$  สำหรับสายแบบฝังดินมีความยาว 250 เมตร และสำหรับระบบสายเหนือดินมีความยาว 1,000 เมตร  $A_a$  เป็นพื้นที่การแทนด้วยการเกิดฟ้าผ่าโดยตรงต่อวัตถุบริเวณใกล้เคียงและสามารถคำนวณได้ตาม  $A_d$

**2.4 การประมาณค่าของส่วนประกอบความน่าจะเป็น**

ตามสมการที่ 1 ส่วนประกอบความน่าจะเป็น (P) สามารถแบ่งได้หนึ่งการแทนคุณลักษณะการป้องกันตามธรรมชาติของการติดตั้งอุปกรณ์ (วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างอาคาร เครื่องข่าย สายเหนือดินหรือสายแบบฝังดิน) โดยขึ้นอยู่กับมาตรการการป้องกันเฉพาะแบบของอาคารหรืออุปกรณ์เชื่อมต่อ ที่มีการติดตั้งเครื่องข่ายทั้งภายในและภายนอก (อุปกรณ์การป้องกันเสิร์จ สายเคเบิลแบบมีการกำบังและเทคนิคการแยก) ในกรณีต่างๆ มีมาตรการที่ถูกนำค่าตัวประกอบความน่าจะเป็นอย่างมีประสิทธิภาพอาจจะ มีค่าดังสมการต่อไปนี้

$$P_{eff} = \prod P_i, (P_i \leq 1) \tag{9}$$

ตารางที่ 1-2 และ 3 แทนผลกระทบตามธรรมชาติและการเตรียมมาตรการการป้องกันโดยเฉพาะต่อการบรรเทาการเกิดฟุ้ง เนื่องจากฟ้าผ่าลงอาคาร เสาอากาศบริเวณใกล้เคียงหรือบริเวณรอบๆ อาคาร

**ตารางที่ 1 ค่าความน่าจะเป็นของความเสียหาย สำหรับวัสดุบางชนิดที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารที่แตกต่างกัน**

วัสดุที่ใช้ก่อสร้างอาคาร	$P_d P_a P_n$
Non-screening (wood, bricks, concrete without steel reinforcement)	1
Steel reinforced concrete with a standard mesh size	0.1
Metal container	0.01

**ตารางที่ 2 ค่าความน่าจะเป็นของความเสียหาย สำหรับมาตรการการป้องกันโดยเฉพาะบางอย่างของอาคาร**

มาตรการป้องกันภายนอกของอาคาร	$P_d P_{inj}$
No external or internal lightning protection	1
External lightning protection according to IEC 1024-1 with Application Guides	0.1

ตารางที่ 4 แทนมาตรการการป้องกันทางด้านทางเข้าของสายบริการจ่ายไฟฟ้าและสายบริการสื่อสารโดยรวมถึงบริเวณภายนอกอาคารที่มีการเชื่อมต่อกับอาคาร

ตารางที่ 5 เป็นการประมาณตัวประกอบความน่าจะเป็นสำหรับวัสดุที่มีความแตกต่างกัน โดยค่าตัวประกอบความน่าจะเป็นสำหรับอันตรายที่อาจส่งผลกระทบต่อบุคคล ให้นำค่าในตารางที่ 5 นี้คูณกับค่าความสัมพัทธ์ในตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 3 ค่าความน่าจะเป็นสำหรับมาตรการป้องกันภายในอาคาร

มาตรการป้องกันภายในของอาคาร	$p_d$ $p_a$ $p_n$ $p_{inj}$
Internal EMC measures according to Recommendation K.27	0.5
Application of internal installation techniques in IEC 1312-1	0.1

## 2.5 ส่วนประกอบความเสียหาย ( $\delta$ )

จากสมการที่ 5 และ 6 การให้น้ำหนักส่วนประกอบความเสียหายแทนด้วยผลกระทบที่ตามมาของความเสียหายเนื่องจากการเกิดฟ้าผ่าโดยตรงหรือการเกิดฟ้าผ่าใกล้เคียงอาคาร หรือด้านทางเข้าของสายบริการ เป็นการแทนด้วยความสัมพัทธ์ระหว่างการประเมินความเสียหายประจำปีต่ออาคารที่ไม่มีการป้องกันกับค่าทั้งหมดของวัตถุที่ถูกป้องกันการให้น้ำหนักส่วนประกอบความเสียหายอาจใช้ค่าที่แตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับประเภทของความเสียหายดังนี้คือ

1. การเกิดอันตรายต่อคนคือความปลอดภัยต่อบุคคลเป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับผู้ออกแบบการป้องกัน หรือผู้ติดตั้ง โดยทั่วไปความเสี่ยงควรมีค่าเท่ากับ 1 ในกรณีของความเสี่ยงที่มีอันตรายรุนแรงต่อคน

2. ความเสียหายทางกายภาพคือความเสียหายต่อทรัพย์สินภายในอาคารพบไม่บ่อยนัก แม้ว่าเมื่อไม่มีการจัดเตรียมการป้องกัน สำหรับความเสียหายต่อทรัพย์สินค่าของส่วนประกอบความเสียหายจะมีค่าเท่ากับ 0.2 สำหรับค่าส่วนประกอบความเสียหายมีค่าสูงเท่ากับ 0.8 เมื่ออาคารนั้นไม่มีการจัดเตรียมการป้องกัน

ตารางที่ 4 ค่าความน่าจะเป็นสำหรับมาตรการป้องกันด้านทางเข้าของสาย

มาตรการป้องกันทรานเซียนต์ฟ้าผ่า	$p_s$ $p_n$
Unshielded external cables without SPDs	1
Shielded external communication cables with maximum transfer impedance $20 \Omega/\text{km}$ ( $f < 1 \text{ MHz}$ )	0.5
Shielded external communication cables with maximum transfer impedance $5 \Omega/\text{km}$ ( $f < 1 \text{ MHz}$ )	0.1
Shielded external communication cables with maximum transfer impedance $1 \Omega/\text{km}$ ( $f < 1 \text{ MHz}$ )	0.01
Isolation transformers at the low-voltage network interface, (breakdown voltage $> 20 \text{ kV}$ )	0.1
Standard SPDs at cable entrances and normal installation technique	0.1
Selected SPDs, good coordination with equipment resistibility, qualified installation technique	0.01

ตารางที่ 5 ค่าความน่าจะเป็นสำหรับชั้นของพื้นผิวที่แตกต่างกันต่อการลดทอนแรงดันช่วงกาวและแรงดันสัมผัส

ประเภทพื้นผิวของดินหรือส่วนที่เป็นตัวนำพากระแสไฟฟ้า	$P_{inj}$
Wet concrete, humus	$10^{-2}$
Dry concrete	$10^{-3}$
Asphalt, wood	$10^{-5}$
Insulation layer with material of high breakdown voltage (cable plastic jacket, etc.)	$10^{-6}$

### 2.6 ระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ ( $R_a$ )

วัตถุประสงค์ของมาตรการการป้องกันเป็นการลดอัตราความเสียหาย และจำกัดผลกระทบที่ตามมาของความเสียหายต่อระดับความคงทน ระดับความเสียหายที่ยอมรับได้เมื่อตั้งระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ผลที่ตามมาของการเสื่อมควรรักษาปัจจัยมาพิจารณา เป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายโดยตรงสำหรับการใช้การไม่ได้ของบริภัณฑ์ คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ การหยุดชะงักอาจส่งผลกระทบต่อธุรกิจและรายได้

การตัดสินใจของระดับความเสี่ยงที่เหมาะสมควรจะขึ้นอยู่กับค่าใช้จ่ายสำหรับมาตรการการป้องกันที่เปรียบเทียบกับความเสียหายทางกายภาพที่อาจจะมีโอกาสเกิดขึ้นได้ ทั้งหมดนี้เป็นพื้นฐานต่อปีระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดอันตรายต่อคนควรจะประเมินโดยผู้ที่รับรองทางด้านความปลอดภัย ระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ควรจะตัดสินใจจากผู้ปฏิบัติงาน แสดงดังตารางที่ 6 เป็นการแสดงระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ ต่ออันตรายต่อชีวิตบุคคล และการเกิดอัคคีภัยหรือความเสียหายทางกายภาพ

ตารางที่ 6 ระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้  $R_a$

ความเสี่ยง	$R_a$
อันตรายต่อชีวิตบุคคล	$10^{-5}$
การเกิดอัคคีภัยหรือความเสียหายทางกายภาพ	$10^{-3}$

### 3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

จากการวิเคราะห์จำนวนครั้งของความเสียหายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นต่อปี ( $F$ ) ซึ่งสามารถนำมาหาค่าระดับความเสี่ยงต่อความเสียหาย ( $R$ ) ได้ โดยจะศึกษาผลกระทบจากการคายประจุฟ้าผ่าซึ่งส่งผลให้เกิดความเสียหายกับบริภัณฑ์ต่างๆ ภายในอาคารแห่งหนึ่งโดยมีข้อมูลเบื้องต้นดังตารางที่ 7

การวิเคราะห์จะทำการคำนวณจำนวนครั้งของความเสียหายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นต่อปีของพื้นที่ความเสี่ยงทั้งหมด ( $F_{total}$ ) ซึ่งสามารถคำนวณเท่ากับ 5.958 ครั้งต่อปี ซึ่งเมื่อพิจารณาจากจำนวนครั้งของความเสียหายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นต่อปีของพื้นที่ความเสี่ยงทั้งหมดสามารถคำนวณค่าระดับความเสี่ยงต่อความเสียหายต่อปีทั้งทางด้านอันตรายต่อชีวิตบุคคล และการเกิดอัคคีภัยหรือความเสียหายทางกายภาพได้ดังตารางที่ 8

จากผลการคำนวณระดับความเสี่ยงทั้งสองด้าน แสดงให้เห็นว่าระดับความเสี่ยงทางด้าน การเกิดอัคคีภัยหรือความเสียหายทางกายภาพ มีระดับความเสี่ยงสูงกว่ามาตรฐาน ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อ การเกิดความเสียหายต่อบริภัณฑ์ภายในอาคารเป็นอย่างมาก แต่สำหรับระดับความเสี่ยงทางด้านอันตรายต่อชีวิตบุคคลมีระดับอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

ดังนั้นแนวทางในการลดทอนระดับความเสี่ยงสามารถดำเนินการได้ 2 แนวทางด้วยกันคือ

1. แนวทางในการลดทอนโดยวิธีการลดทอนระยะความยาวของสายบริการจ่ายไฟฟ้าหรือสายบริการสื่อสาร



2. แนวทางในการลดทอนโดยวิธีการปรับปรุงระบบป้องกันลัดวงจรของอาคาร

ตารางที่ 7 ข้อมูลเบื้องต้น

คุณลักษณะทั่วไป	รายละเอียด
อาคาร	- 5 × 3 × 3 ม. - คอนกรีตแบบเสริมเหล็ก
เสาสาวยอากาศ	- ความสูง 80 ม. - ห่างจากอาคาร 4 ม.
สายบริการ	- สายเคเบิลไฟฟ้ายาว 1,000 ม. ไม่มีการกำบังเดินสายแบบฝังดิน - สายเคเบิลสื่อสารยาว 1,000 ม. ไม่มีการกำบังเดินสายแบบเหนือดิน
ค่าความต้านทานดิน	- น้อยกว่า 500 โอห์มเมตรในบริเวณพื้นที่พิจารณา
จำนวนวันที่เกิดฝนตกฟ้าร้องฟ้าคะนองเฉลี่ยต่อปี	- 24 วันต่อปี โดย $N_{\xi} = 0.04 T_d^{1.25}$
ระบบป้องกัน	- สายเคเบิลไฟฟ้า ไม่มีระบบป้องกัน (SPD) - สายเคเบิลสื่อสาร มีระบบป้องกัน (SPD)

แนวทางในการลดทอนระดับความเสี่ยงต่อความเสียหายของอาคาร ซึ่งเราสามารถลดทอนระยะความยาวของสายบริการจ่ายไฟฟ้าหรือสายบริการสื่อสารได้ โดยทั่วไปแล้วในการลดระยะสายกำลังไฟฟ้าที่เกินความจำเป็นมีขีดจำกัด เนื่องจากสายกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับอาคารได้ดำเนินการติดตั้ง

ตั้งแต่แรกเริ่มการก่อสร้างอาคาร แต่ก็สามารถดำเนินการได้ ถ้าบริเวณใกล้เคียงอาคารมีวงจรไฟฟ้าของการไฟฟ้าให้เลือกหลายวงจร จะสามารถเลือกวงจรไฟฟ้าที่มีความเสี่ยงน้อยที่สุดได้ โดยคำนึงถึงค่าใช้จ่ายว่ามีความคุ้มค่าตามหลักเศรษฐศาสตร์

ตารางที่ 8 ค่าความเสี่ยงต่อความเสียหายต่อปี

ระดับความเสี่ยง	$R_a$
อันตรายต่อชีวิตบุคคล	$0.596 \times 10^{-5}$
การเกิดอัคคีภัยหรือความเสียหายทางกายภาพ	1.188

สำหรับการพิจารณาการปรับปรุงระบบป้องกันลัดวงจรโดยการติดตั้งกับดักกระแสฟ้าผ่าทางด้านทางเข้าของระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำของอาคารจากหลักการดังกล่าวจะสามารถลดจำนวนครั้งของความเสียหายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นต่อปีของพื้นที่ความเสี่ยงทั้งหมดได้จาก 5.958 ครั้งต่อปี ลดลงเหลือ 0.326 ครั้งต่อปี (5.5%)

ความเสี่ยงต่อความเสียหายต่อปีและจำนวนครั้งของความเสียหายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นต่อปีได้จากการพิจารณาการลดระดับความเสี่ยงต่อความเสียหายดังที่กล่าวมาแล้วนั้น ทำการศึกษาถึงการปรับปรุงระบบการป้องกันแรงดันเกินในระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำ ทำการวิเคราะห์โดยการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกินที่ทางด้านทางเข้าของระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำให้จำนวนความเสียหายทั้งหมดลดลงเป็นอย่างมาก แสดงดังตารางที่ 9

ดังนั้นจากแนวทางในการปรับปรุงระบบป้องกันแรงดันเกินในระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำดังกล่าวจึงสามารถลดจำนวนครั้งของความเสียหายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นต่อปี และระดับความเสี่ยงจนเป็นที่ยอมรับได้เป็นอย่างมาก และถ้าสามารถลดทอนระยะความยาวของสายบริการจ่ายไฟฟ้าหรือสายบริการสื่อสารได้ ก็จะมีส่งผลให้ระดับความเสี่ยงลดต่ำลงมากขึ้นด้วย

ตารางที่ 9 ค่าความเสี่ยงต่อความเสียหายต่อปี  
หลังการปรับปรุงระบบการป้องกัน  
แรงดันเกินในระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำ

ระดับความเสี่ยง	$R_a$
อันตรายต่อชีวิตบุคคล	$3.26 \times 10^{-7}$
การเกิดอัคคีภัยหรือความเสียหายทางกายภาพ	$6.18 \times 10^{-2}$

#### 4. สรุป

บทความนี้กล่าวถึงหลักการขั้นตอนและรายละเอียดในการวิเคราะห์ระดับความเสี่ยงต่อความเสียหาย หรือจำนวนครั้งของความเสียหายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นต่อปีตามมาตรฐาน IEC และ ITU-T ในกรณีศึกษาที่กำหนดระดับความเสี่ยงของบริภัณฑ์ต่างๆ ในอาคาร ซึ่งสามารถนำไปหาแนวทางในการป้องกันและปรับปรุง เพื่อลดจำนวนครั้งของความเสียหายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นต่อปีหรือระดับความเสี่ยงได้

ดังนั้นถ้าเราหาแนวทางในการปรับปรุงที่สามารถลดทอนระดับความเสี่ยงได้นั้นก็จะแสดงถึงต้นเหตุของจำนวนครั้งของความเสียหายต่อปีที่เกิดขึ้นจริง และนำผลลัพธ์การวิเคราะห์ไปแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ เพื่อลดจำนวนครั้งของความเสียหายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นต่อปีของบริภัณฑ์ต่างๆ ในอาคารได้ต่อไป

#### 5. เอกสารอ้างอิง

IEC 62305-2, "Protection against lightning - Part 2: Risk management".

IEC 61643-22, 2004. "Low-voltage surge protective devices - Part 22: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling

networks-Selection and application principles", Reference number CEI/IEC 61643-22.

IEC 1662 Technical Report, "Assessment of the risk of damage due to lightning".

ITU-T Recommendation K.20, "Resistibility of telecommunication switching equipment to overvoltages and overcurrents".

ITU-T Recommendation K.21, "Resistibility of subscriber's terminal to overvoltages and overcurrents".

ITU-T Recommendation K.22, "overvoltage resistibility of equipment connected to an ISDN T/S bus".

ITU-T Recommendation K.39, "Risk assessment of damages to telecommunication sites due to lightning discharges".

P.Unahalekhaka and S.Asawasripongtorn. 2007. Risk Assessment for an Existing Telephone Exchange Installation in a Rural Area. WSEAS Transactions on Circuit and System, Issue 2, Volume 6, February, 2007.

Klairuang, N., Pobporn, W., Hokierti, J. 2004. Effects of electric fields generated by direct lightning strikes on ground to underground cables. PowerCon 2004 (Volume 2): 1117-1121.