

การประเมินความเสี่ยงต่อฟ้าผ่าในสถานีรถไฟแบบโครงสร้างยกระดับเพื่อการป้องกันฟ้าผ่า อย่างมีประสิทธิภาพ

Risk Assessment of the Elevated Train Station Against Lightning

คณิต เตโชชาลัย¹ และวินัย พุกกะวัน²

การรถไฟฟ้ามหานครแห่งประเทศไทย 175 ถ.พระราม 9 แขวงห้วยขวาง เขตห้วยขวาง กทม. 10320

¹ นิสิตปริญญาโท สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

² อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการประเมินความเสี่ยงเนื่องจากเหตุการณ์ฟ้าผ่าที่อาจเกิดขึ้นกับสถานีรถไฟแบบโครงสร้างยกระดับ มีผลให้เกิดการสูญเสียชีวิตคนหรือบาดเจ็บแบบถาวร สิ่งปลูกสร้างและระบบสาธารณูปโภคเกิดความเสียหายในโครงการรถไฟฟ้าสายสีม่วง (ช่วงบางใหญ่-บางซื่อ) โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลคุณลักษณะของสิ่งปลูกสร้าง ข้อมูลของสายไฟฟ้าแรงต่ำและระบบภายในที่ต่ออยู่ ข้อมูลของสายโทรคมนาคมและระบบภายในที่ต่ออยู่ คุณลักษณะภายในอาคาร และจำนวนวันที่เกิดฝนฟ้าคะนองต่อปี ในบทความนี้จะใช้วิธีการตัดสินใจจำแนกของการป้องกัน ตามมาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่าของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ พ.ศ. 2553 โดยใช้ข้อมูลจากเอกสารสัญญาของสิ่งปลูกสร้าง และเหตุการณ์ต่างๆเนื่องจากฟ้าผ่าในระบบรถไฟฟ้าแบบโครงสร้างยกระดับมาพิจารณาเป็นหลัก เพื่อหาแนวทางการป้องกันฟ้าผ่าอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ผู้โดยสารเกิดความมั่นใจในความปลอดภัยในการใช้บริการรถไฟฟ้า

คำสำคัญ: การประเมินความเสี่ยง ฟ้าผ่า สถานีรถไฟแบบโครงสร้างยกระดับ ร่าง อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จ

Abstract

This article aimed to present a risk assessment from the lightning to the elevated train station. This might cause death and permanent injury. The structures and public services had been consequently damaged in the Purple Line (Bang Yai-Bang Sue). The study was done through consideration of the correlation between structural characters, the data of low voltage power lines, which connected to the internal system, the data of internal telecommunication lines, and the data of

frequency of thunderstorm per year. In this article, the method of the Necessity for Protection Considerations from the Engineering Institute of Thailand under His Majesty the King's Patronage Criteria (B.E.2553) was applied by using all necessary documents gathered from the structural contracts and the summary of the lightning to the elevated train stations. This was to ensure and prevent passengers from the lightning to the elevated train stations, which, in turn would lead to safe services.

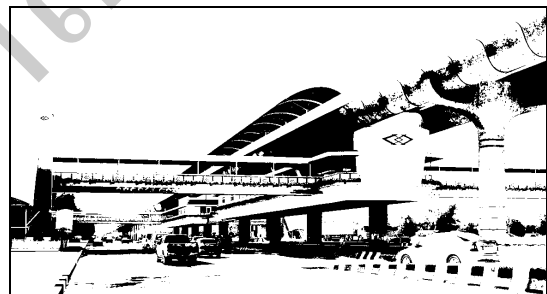
Keywords : risk assessment, lightning, elevated train station, track, surge protection device

1. บทนำ

วาวไฟฟ้าลงสิ่งปลูกสร้างหรือระบบสาธารณูปโภคที่ต่ออยู่ อาจก่อให้เกิดความเสียหายทางกายภาพและอันตรายต่อชีวิต วาวไฟฟ้าใกล้สิ่งปลูกสร้างหรือระบบสาธารณูปโภคเช่นเดียวกับวาวไฟฟ้าลงสิ่งปลูกสร้างหรือระบบสาธารณูปโภคอาจก่อให้เกิดความล้มเหลวของระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เนื่องจากแรงดันเกินที่เกิดจากการคาบเกี่ยวทางความต้านทานและการคาบเกี่ยวทางความเหนี่ยวนำของระบบดังกล่าวด้วยกระแสฟ้าผ่า ดังนั้นการประเมินว่าจำเป็นต้องมีระบบป้องกันฟ้าผ่าหรือไม่ ค่าความเสี่ยงสูงสุดที่ยอมรับได้นับว่าเป็นค่าที่สำคัญที่ใช้ชี้วัดแนวทางการป้องกันฟ้าผ่าของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ พ.ศ. 2553

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่สำคัญของโครงการรถไฟฟ้าสายสีม่วง (ช่วงบางใหญ่-บางซื่อ) มีสถานีทั้งหมด 16 สถานีใช้รถไฟฟ้าขนาดใหญ่ (HEAVY RAIL) เป็นทางวิ่งยกระดับตลอดสาย ระยะทางประมาณ 23 กิโลเมตร โดยมีระยะห่างระหว่างสถานีประมาณ 1.5 กิโลเมตร ชันขานชาลายาว 200-250 เมตร และกว้าง 20 เมตร ความสูงจากพื้นถนนถึงหลังคาชันขานชาลาประมาณ 26 เมตร ความกว้างทางวิ่ง 10-20 เมตร ความสูงจากพื้นถนนถึงแผงกัน

(Parapet) ของทางวิ่ง 17-19 เมตร (การรถไฟฟ้ามหานครแห่งประเทศไทย, 2552 ; การรถไฟฟ้ามหานครแห่งประเทศไทย, 2554)



รูปภาพที่ 1 ลักษณะโครงสร้างของโครงการรถไฟฟ้าสายสีม่วง ช่วงบางใหญ่-บางซื่อ

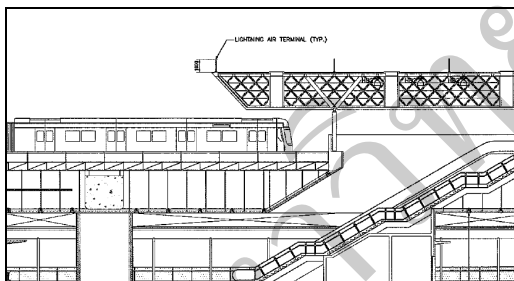
ระบบการจ่ายไฟ

โครงการจะรับไฟจากการไฟฟ้านครหลวงจากสองแหล่งคือจากสถานีไฟฟ้าไทรน้อยที่ระดับแรงดัน 115kV และสถานีไฟฟ้าพระนครเหนือที่ระดับแรงดัน 69kV โดยสถานีไฟฟ้าอยู่ที่ศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot) และลดระดับแรงดันลงมาเป็น 24kV สองแหล่งจ่ายนี้จะวางสายเดินตลอดแนวสายทางของรถไฟฟ้าเพื่อควมมีเสถียรภาพของระบบและยังมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองกำลังขับ

เครื่องชนิดดีเซลเพื่อสนับสนุนระบบอีกส่วนหนึ่ง เมื่อกระแสไฟฟ้า 24 kV ถึงแต่ละสถานีจะถูกแยกใช้สำหรับงานบริการอาคาร และสำหรับงานขับเคลื่อนรถไฟฟ้าโดยใช้แรงดัน 750 VDC ในส่วนงานบริการอาคารแรงดันจะถูกแปลงที่ 380V เพื่อเข้าสู่ MDB และต่อใช้งานต่อไป

ระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกสถานีรถไฟแบบโครงสร้างยกระดับ

ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ Air Terminal ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 16 มิลลิเมตร ยาว 0.6 เมตร ติดตั้งบนหลังคาเชื่อมด้วยสายทองแดงขนาด 50 ตารางมิลลิเมตร เดินสายลงไปโครงสร้างของชั้นชานชาลา ชั้นจำหน่ายตั๋ว และชั้นกราวด์ ก่อนเชื่อมต่อแท่งกราวด์ด้วยฝังกัลกไปดิน

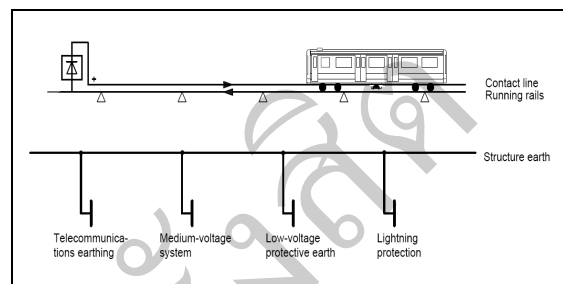


รูปภาพที่ 2 ระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกของสถานีรถไฟแบบโครงสร้างยกระดับ

ระบบป้องกันฟ้าผ่าภายในบริเวณรางรถไฟแบบโครงสร้างยกระดับ (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2553)

ประกอบไปด้วย Earthing point อยู่บริเวณขอบบนของ Parapet ด้านข้างรางรถไฟ โดยแต่ละตำแหน่งห่างกันไม่เกิน 100 เมตรเชื่อมด้วย Earth wire ซึ่งต่อถึงกัน

ระหว่างสองสถานี และเชื่อม Earth wire เข้ากับเหล็กเส้นในโครงสร้างทางวิ่งรถไฟ



รูปภาพที่ 3 ระบบป้องกันฟ้าผ่าภายในบริเวณรางรถไฟ

ระบบป้องกันฟ้าผ่าภายในสถานีรถไฟแบบโครงสร้างยกระดับ

อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จ (Surge Protection Device : SPD) จะแบ่งเป็น 2 ประเภท ตามลักษณะการใช้งาน คือ อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จทางด้าน Power และด้าน Communication และแบ่งตามย่านการติดตั้งใช้งานได้เป็น 2 ชนิด คือ

1) Lightning Current Arrester คุณสมบัติมีความสามารถ Discharge กระแสฟ้าผ่าที่มีขนาด

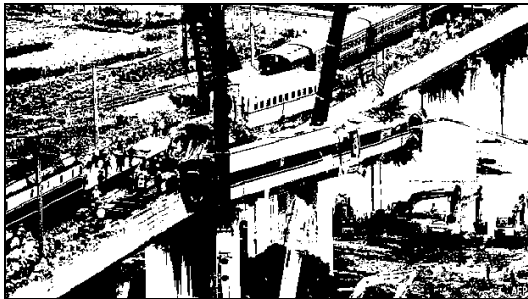
พลังงานมากโดยที่ตัวมันเองหรืออุปกรณ์ป้องกันเสิร์จตัวอื่น ๆ ไม่ได้รับความเสียหาย

2) Surge Arrester คุณสมบัติเพื่อจำกัดแรงดันไฟฟ้าเกิน เพื่อให้ไม่เกินค่าที่จะทำความเสียหายกับอุปกรณ์ในอาคาร

เหตุการณ์ตัวอย่างเนื่องจากฟ้าผ่าในระบบรถไฟแบบโครงสร้างยกระดับ (IEC 62305-1, 2553)

เกิดขึ้นบริเวณระหว่างเมืองหางโจว-เหวินโจวในมณฑลเจ้อเจียง ทางตะวันออกของประเทศจีน เมื่อ 23 กรกฎาคม พ.ศ. 2554 เกิดขึ้นจากรถขบวนแรกวิ่งจากทาง

ตอนใต้ของมณฑลเจ้อเจียง ขาดการควบคุมเพราะไฟฟ้า ลัดวงจรหลังถูกฟ้าผ่า ทำให้ขบวนถัดมาพุ่งชนด้านหลัง ของขบวนแรกเป็นเหตุให้ตู้ที่บรรทุก ผู้โดยสารจำนวน 6 ตู้ตกราง โดย 4 ตู้ตกจากทางวิ่งยกระดับที่มีความสูง 15 เมตร มีผู้เสียชีวิต 39 รายและบาดเจ็บอีกกว่า 192 ราย



รูปภาพที่ 4 แสดงภาพหลังอุบัติเหตุรถไฟแบบโครงสร้าง ยกระดับชนกันที่ ระหว่างเมืองหางโจว-เหวินโจวในมณฑลเจ้อเจียง ทางตะวันออกของประเทศจีน เพราะไฟฟ้าลัดวงจรหลังถูกฟ้าผ่า

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการประเมินความเสี่ยงเนื่องจาก เหตุการณ์ฟ้าผ่าที่อาจเกิดขึ้นกับสถานีรถไฟแบบ โครงสร้างยกระดับในส่วน of สถานีรถไฟและทางวิ่ง ยกระดับ

2. ศึกษาวิธีการตัดสินใจจำเป็นของการ ป้องกัน ตามมาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่าของวิศวกรรม สถานแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2553 ได้

3. อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการประเมินค่าความเสี่ยงตามมาตรฐานการ ป้องกันฟ้าผ่าของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ใน พระบรมราชูปถัมภ์ พ.ศ. 2553 ภาคที่ 2 การบริหารความ เสี่ยง วิธีการตัดสินใจจำเป็นของการป้องกัน โดยการนำ

ข้อมูลจากเอกสารสัญญาของสิ่งปลูกสร้างบริเวณสถานี รถไฟฟ้าแบบ โครงสร้างยกระดับและบริเวณทางวิ่ง ยกระดับมาพิจารณา (IEC 62305-2, 2553)

- ข้อมูลและคุณลักษณะของสิ่งปลูกสร้าง (ภายนอก อาคาร)
- ข้อมูลของสายไฟฟ้ากำลังแรงต่ำและระบบภายในที่ต่อ อยู่ (ภายนอกอาคาร)
- ข้อมูลของสายโทรคมนาคมและระบบภายในที่ต่ออยู่ (ภายนอกอาคาร)
- ข้อมูลและคุณลักษณะ (ภายในอาคาร)
- จำนวนวันที่มีพายุฝนฟ้าคะนองต่อปี (โดยเฉลี่ยในเขต กทม.)

ทำการคำนวณตามขั้นตอนดังนี้

1) หาพื้นที่รับฟ้าผ่าที่คาดว่าจะเกิดขึ้นบริเวณสิ่งปลูกสร้าง และสายที่เกี่ยวข้องได้แก่

- ลงสิ่งปลูกสร้าง
- ลงสายไฟฟ้ากำลัง
- ลงโถงสายไฟฟ้ากำลัง
- ลงสายโทรคมนาคม
- ลงโถงสายโทรคมนาคม

2) หาจำนวนเหตุการณ์อันตรายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นรายปี ได้แก่

- ลงสิ่งปลูกสร้าง
- ลงสายไฟฟ้ากำลัง
- ลงโถงสายไฟฟ้ากำลัง
- ลงสายโทรคมนาคม
- ลงโถงสายโทรคมนาคม
- ลงสิ่งปลูกสร้างใกล้เคียง

3) หากองค์ประกอบความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องทั้งหมดได้แก่

- ลงสิ่งปลูกสร้าง เป็นผลให้เกิดความเสียหายทางกายภาพ

- ลงสายไฟฟ้ากำลัง เป็นผลให้ช้อก
- ลงใกล้สายไฟฟ้ากำลัง เป็นผลให้เกิดความเสียหายทางกายภาพ
- ลงสายโทรคมนาคม เป็นผลให้ช้อก
- ลงใกล้สายโทรคมนาคม เป็นผลให้เกิดความเสียหายทางกายภาพ

ทำการหาค่าการประเมินค่าความเสี่ยง (R_p) ที่ได้ คือ การนำเอาค่าองค์ประกอบความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องทั้งหมดมารวมกัน แล้วพิจารณาว่าค่าความเสี่ยงสูงสุดที่ยอมรับได้ (R_T) ตามมาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่าของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2553 หรือไม่

ถ้าใช่ แสดงว่า ต้องติดตั้งมาตรการป้องกันที่เหมาะสมให้เพียงพอเพื่อลดความเสี่ยง (R_p)

ถ้าไม่ แสดงว่า สิ่งปลูกสร้างหรือระบบสาธารณูปโภคได้มีการป้องกันแล้วสำหรับการสูญเสียชนิดแบบนี้แล้ว

4. ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์

ผลการประเมินค่าความเสี่ยงบริเวณสถานีรถไฟแบบโครงสร้างยกระดับ (1) และบริเวณทางวิ่งยกระดับ (2) กรณีไม่มีการป้องกันและกรณีมีการป้องกันโดยเฉลี่ยแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการคำนวณค่าการประเมินค่าความเสี่ยง

กรณีศึกษา	การประเมินค่าความเสี่ยง (R_p)	ความเสี่ยงสูงสุดที่ยอมรับได้ (R_T)
กรณีไม่มีการป้องกัน		
1. บริเวณสถานีรถไฟแบบโครงสร้างยกระดับ	2.825×10^{-5}	การสูญเสียชีวิตคนหรือบาดเจ็บแบบถาวร (10^{-5})
2. บริเวณทางวิ่งยกระดับ	4.240×10^{-5}	การสูญเสียการบริการต่อสาธารณะ (10^{-3})
กรณีมีการป้องกัน		
1. บริเวณสถานีรถไฟแบบโครงสร้างยกระดับ	5.671×10^{-9}	การสูญเสีย مردمทางวัฒนธรรม (10^{-3})
2. บริเวณทางวิ่งยกระดับ	4.240×10^{-8}	

จากผลการศึกษาพบว่า กรณีไม่มีการป้องกัน ฟ้าผ่าบริเวณสถานีรถไฟแบบโครงสร้างยกระดับและบริเวณทางวิ่งยกระดับ ค่าการประเมินค่าความเสี่ยง (R_p) มีค่ามากกว่าค่าความเสี่ยงสูงสุดที่ยอมรับได้ (R_T) ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของการสูญเสียชีวิตคนหรือบาดเจ็บแบบถาวรตามมาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่าของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2553 แต่กรณีมีการป้องกันฟ้าผ่าบริเวณสถานีรถไฟแบบโครงสร้างยกระดับและบริเวณทางวิ่งยกระดับ โดยมีการติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่าได้แก่ อุปกรณ์ Air terminal ระบบ Structure earth ระบบ Grounding อุปกรณ์ป้องกันลัดวงจร (Lightning Current Arrester และ Surge Arrester) และระบบป้องกันเพลิงไหม้ที่บริเวณสถานีรถไฟแบบโครงสร้างยกระดับและบริเวณทางวิ่งยกระดับแล้ว ค่าการประเมินค่าความเสี่ยง (R_p) มีค่าน้อยกว่าค่าความเสี่ยงสูงสุดที่ยอมรับได้ (R_T) จึงเป็นที่ยอมรับของการสูญเสียชีวิตคนหรือบาดเจ็บแบบ

ถาวรตามมาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่าของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2553

ผลการศึกษาทำให้เกิดความมั่นใจได้ถึงความปลอดภัยของระบบป้องกันฟ้าผ่าในบริเวณสถานีรถไฟฟ้าแบบโครงสร้างยกระดับ และบริเวณทางวิ่งยกระดับโครงการรถไฟฟ้าสายสีม่วง (ช่วงบางใหญ่-บางซื่อ) ในระดับหนึ่งของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย พ.ศ.2553 ก่อนที่จะเปิดบริการประมาณปี 2558

5. บทสรุป

การประเมินค่าความเสี่ยง (R_p) ที่คำนวณได้จากข้อมูลของแบบและรายละเอียดการก่อสร้างสถานีรถไฟฟ้าและทางวิ่งรถไฟฟ้าโครงการรถไฟฟ้าสายสีม่วง (ช่วงบางใหญ่-บางซื่อ) มีค่าน้อยกว่าค่าความเสี่ยงสูงสุดที่ยอมรับได้ (R_p) จึงเป็นที่ยอมรับของการสูญเสียชีวิตคนหรือบาดเจ็บแบบถาวรตามมาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่าของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2553 (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2553) แต่ในการทำวิจัยครั้งต่อไปควรทำในช่วงหลังการก่อสร้างแล้วเสร็จและช่วงการทดสอบระบบ เพื่อจะได้รับข้อมูลที่ถูกต้องจากของจริง ไม่ว่าจะเป็นระบบป้องกันฟ้าผ่าของตัวรถไฟฟ้า ระบบป้องกันฟ้าผ่าของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และโครงสร้างของสถานีรถไฟฟ้าและทางวิ่งยกระดับว่ามีประสิทธิภาพเพียงพอหรือไม่

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณะทำงานวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สนับสนุนโดยการรถไฟฟ้า

ขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย ที่เอื้อเพื่อข้อมูลประกอบการวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย. (2554).

โครงการรถไฟฟ้าสายสีม่วง ช่วงบางใหญ่ – บางซื่อ. (ออนไลน์).

www.mrta.co.th/project/project_new.htm,6,

มิถุนายน 2554.

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

(2553). มาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่า ภาที่ 2 การบริหารความเสี่ยง. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์: กรุงเทพฯ.

การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย. (2552).

Contract Document for Mass Transit System

Project in Bangkok Bang Yai to Rat Burana , Bang Yai to Bang Sue Section.

IEC 62305-1 (2553), *Protection against lightning – Part 1: General principles*. The Engineering Institute of Thailand under H.M. The King's Patronage.

IEC 62305-2 (2553), *Protection against lightning – Part 2: Risk management*. The Engineering Institute of Thailand under H.M. The King's Patronage.