

การป้องกันแรงดันเกินเนื่องจากฟ้าผ่าในระบบสื่อสาร  
ของการรถไฟแห่งประเทศไทย  
**Lightning Protection for Communication of  
State Railway of Thailand**

โสภา แซ่เฮ้ง<sup>1</sup> วินัย พุกกะวัน<sup>2</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี

<sup>2</sup>ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail: [sopa\\_heng@hotmail.com](mailto:sopa_heng@hotmail.com)<sup>1</sup> [fengwnp@ku.ac.th](mailto:fengwnp@ku.ac.th)<sup>2</sup>

**บทคัดย่อ**

ระบบสื่อสารของการรถไฟแห่งประเทศไทย ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่มีความไวต่อแรงดันเกินจำพวกอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และไอซีชนิดต่างๆ เป็นจำนวนมาก ประกอบกับประเทศไทยตั้งอยู่ในโซนที่มีฝนฟ้าคะนองมาก จึงทำให้ระบบสื่อสารของการรถไฟแห่งประเทศไทยได้รับความเสียหายจากแรงดันเกินเนื่องจากฟ้าผ่าในแต่ละปีเป็นจำนวนมากทั้งที่มีการติดตั้งระบบป้องกันแรงดันเกินอยู่แล้ว บทความนี้นำเสนอสถิติความเสียหายของอุปกรณ์ระบบสื่อสาร และการวิเคราะห์เส้นทางที่แรงดันเกินเข้าสู่ระบบสื่อสาร พร้อมทั้งเสนอแนวทางการป้องกันเพื่อพัฒนาระบบป้องกันเดิมให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

**คำสำคัญ:** ระบบสื่อสาร, อุปกรณ์ที่มีความไว, แรงดันเกินเนื่องจากฟ้าผ่า

**Abstract**

*The communication system of State Railway of Thailand consists of many overvoltage sensitive equipment such as electronics and integrated circuit (IC) devices. Although their system has already installed the overvoltage protection, the amount of communication equipment failures from lightning overvoltage is increased due to the location of Thailand is in tropical zone and has highly lightning flash density.*

*This paper presents the failure statistic and lightning overvoltage root analysis of the communication system of State Railway of Thailand. In addition, this paper also presents the guidance to improve the old protection system.*

**Keyword:** *Communication System, Sensitive Equipment, Lightning Overvoltage*

## 1. บทนำ

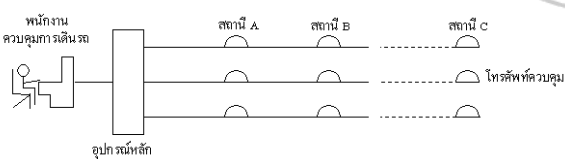
ระบบสื่อสารของการรถไฟแห่งประเทศไทยเป็นระบบที่เปิดโล่ง คือ ขึงสายโคงหรือสายเปลือยพาดไปตามเสาตลอดตามแนวทางการรถไฟ โดยไม่มีสายกราวนด์เหนือดิน (Overhead ground wire) ขึงอยู่ด้านบนเพื่อป้องกันฟ้าผ่า เหมือนกับระบบการเดินสายของการไฟฟ้าจึงทำให้มีโอกาสเกิดฟ้าผ่าโดยตรงที่สายนี้มาก ทำให้พบว่าในแต่ละปีมีอุปกรณ์ซึ่งส่วนใหญ่เป็นอิเล็กทรอนิกส์เสียหายจำนวนมาก

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเสนอการวิเคราะห์หาสาเหตุหลักที่ทำให้ อุปกรณ์ระบบโทรศัพท์ควบคุมการเดินรถเสียหาย ประสิทธิภาพของระบบป้องกันฟ้าผ่าในระบบโทรคมนาคมที่ใช้อยู่เพื่อตรวจสอบว่าระบบป้องกันมีประสิทธิภาพเพียงใด โดยมีข้อมูล และขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

## 2. ระบบโทรศัพท์ควบคุมการเดินรถของการรถไฟ

### แห่งประเทศไทย

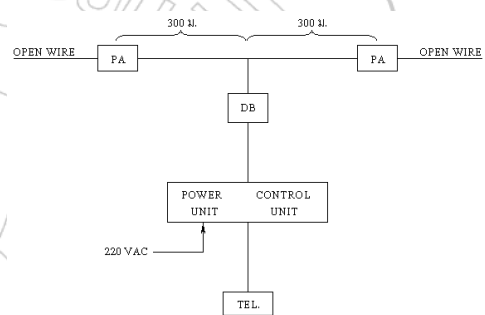
ระบบสื่อสารของการรถไฟแห่งประเทศไทยมีชื่อเรียกว่า ระบบโทรศัพท์ควบคุมการเดินรถใช้ติดต่อระหว่างพนักงานควบคุมการเดินรถกับสถานีต่างๆ เพื่อควบคุมการเดินรถให้เร็ว และราบรื่นขึ้น รวมทั้งใช้ในกิจการรถสินค้า และสับเปลี่ยนภายในย่านสับเปลี่ยนด้วย ระบบนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์แม่ข่ายเป็น โทรศัพท์ควบคุมเดินรถอยู่ที่พนักงานควบคุมการเดินรถใช้ติดต่อกับสถานีต่างๆ ที่ต่อขนานบนคู่สายเดียวกัน เพื่อให้พนักงานควบคุมการเดินรถสามารถเรียกแต่ละสถานี หรือเรียกพร้อมกันเป็นกลุ่มก็ได้ และโทรศัพท์ลูกข่ายยังสามารถเรียกตัวแม่ได้ด้วย



รูปที่ 1 โทรศัพท์ควบคุมการเดินรถ

โทรศัพท์ควบคุมการเดินรถใช้ในการติดต่อซึ่งกันและกันระหว่างฝั่งบังคับการเดินรถ (ผคร.) กับสถานีปลายทางในแขนง และระหว่างแขนงกับแขนง ผ่านอุปกรณ์โทรศัพท์ควบคุมที่ออกแบบการใช้งานที่เหมาะสม โดยอาศัยสายโคง (Open wire) เป็นตัวนำพาหะ นำสัญญาณความถี่ต่างๆ ที่ใช้ในการติดต่อกัน

โทรศัพท์ควบคุมการเดินรถที่ติดตั้งใช้งานตามสถานีปลายทาง แบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ ดังแสดงในรูป 2 มีดังนี้

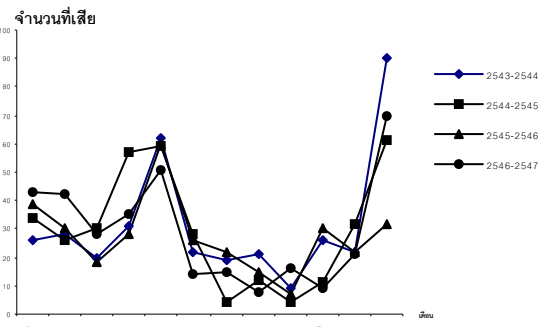


รูปที่ 2 ฟังโทรศัพท์ควบคุมการเดินรถที่สถานีปลายทาง

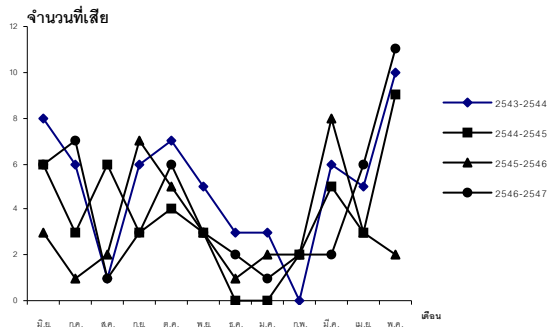
## 3. ข้อมูลสถิติความเสียหายของอุปกรณ์ระบบโทรศัพท์ควบคุม

ข้อมูลสถิติจำนวนอุปกรณ์โทรศัพท์ควบคุมที่ส่งซ่อมทั่วประเทศ ตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2543 ถึง 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2547

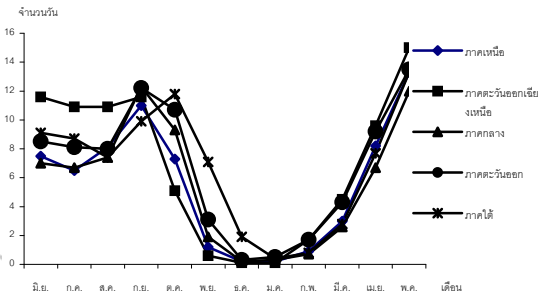
จำนวน 4 ปีเต็ม ที่มีการลงบันทึกไว้แบ่งออกเป็น 4 รายการ รายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 3 ถึง 6



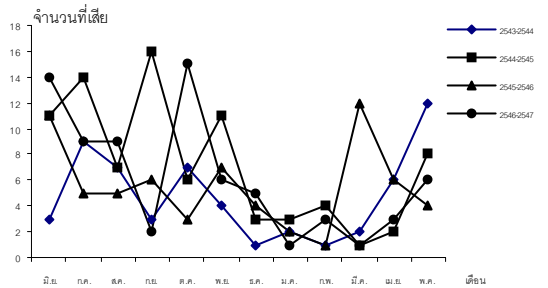
รูปที่ 3 จำนวน Control Unit ที่เสียช่วงเวลา 4 ปี



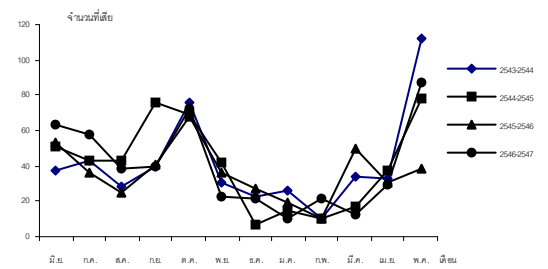
รูปที่ 4 จำนวน Power Supply Unit ที่เสียช่วงเวลา 4 ปี



ภาพที่ 7 จำนวนวันที่เกิดฝนฟ้าคะนองต่อเดือนแยกรายภาคของประเทศไทยในรอบ 30 ปี



รูปที่ 5 จำนวน Distribution Box ที่เสียช่วงเวลา 4 ปี



รูปที่ 6 จำนวนอุปกรณ์รวม 3 ประเภทที่เสียในช่วง 4 ปี

จากสถิติอุปกรณ์ที่เสียหายในรูปที่ 6 เทียบกับจำนวนวันที่เกิดฝนฟ้าคะนองต่อเดือนในรอบ 30 ปีที่ผ่านมาของประเทศไทยรายภาค ในรูปที่ 7 พบว่าอัตราการเสียหายจะมากในช่วงเดือนพฤษภาคม และช่วงเดือนกันยายนถึงตุลาคม ซึ่งตรงกับเดือนที่มีจำนวนวันที่เกิดฝนฟ้าคะนองมาก ดังนั้นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการเสียหายของอุปกรณ์ระบบสื่อสารเกิดจากแรงดันเกินเนื่องจากฟ้าผ่า

#### 4. การวิเคราะห์ความเสียหายของระบบโทรศัพท์

##### ควบคุม

ในการออกแบบระบบป้องกันฟ้าผ่าจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์เส้นทางที่แรงดันเกินเนื่องจากฟ้าผ่าจะเข้ามาในระบบโทรศัพท์ควบคุมได้ เพื่อสามารถหาทางป้องกันในแต่ละเส้นทางได้อย่างถูกต้อง และเหมาะสม แรงดันเกินเนื่องจากฟ้าผ่าสามารถเข้าสู่ระบบโทรศัพท์ควบคุมได้หลายทางดังนี้

4.1 เข้ามาตามสายส่งกำลังไฟฟ้า (AC Power) แรงดันเกินเนื่องจากฟ้าผ่าสามารถเข้าสู่ระบบโทรศัพท์ควบคุมได้ทางสายส่งกำลังไฟฟ้าที่จ่ายไฟให้กับหน่วยควบคุม (Control Unit) ดังรูปที่ 2 ซึ่งรับไฟจากการไฟฟ้า เนื่องจากการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าไปสู่ผู้ใช้ไฟนั้น มีการส่งผ่านสายส่งเหนือดิน ซึ่งไม่เพียงแต่มีเส้นทางการส่งที่ยาวมาก แต่ยังมี การส่งเป็นเครือข่ายพื้นที่บริเวณกว้างอีกด้วย ดังนั้นจึงมี โอกาสที่ฟ้าผ่าลงสายส่งของการไฟฟ้ามาก เกิดเป็นคลื่นจรรี งมาตามสายส่งกำลังเข้าสู่ระบบโทรศัพท์ควบคุมได้

4.2 เข้ามาตามสายส่งข้อมูลของระบบโทรศัพท์ควบคุม ซึ่งเป็นสายเหนือดินเดินขนานไปกับทางรถไฟ เป็น ทองแดงเปลือยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.2 มม. เดินขนาน กัน 2 เส้น ระยะห่างระหว่างสายเท่ากับ 20 ซม. เนื่องจาก ไม่มีสายกราวด์เหนือดินอยู่ด้านบนเพื่อป้องกันฟ้าผ่า เหมือนกับระบบสายส่งของการไฟฟ้า อีกทั้งเดินขนานไป ตามทางรถไฟ ซึ่งมีความยาวมากจึงมีโอกาสเกิดฟ้าผ่าลง

บนสายส่งข้อมูลโดยตรงสูงทำให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์โทรศัพท์ควบคุมมาก โดยความสูงของเสาประมาณ 5.5 ม. แต่ในบางพื้นที่ที่ไม่สามารถใช้ความสูงนี้ได้เช่น บริเวณที่ต้องลากสายผ่านถนนก็อาจใช้ความสูงเสาถึง 8 ม.

การหาจำนวนครั้งที่เกิดฟ้าผ่าลงบนสายส่งข้อมูลจะใช้วิธีเดียวกับการหาจำนวนครั้งที่เกิดฟ้าผ่าลงบนสายกราวด์เหนือดิน (Number of flashes to the ground wire) โดยใช้สมการโดยประมาณของจำนวนฟ้าผ่าลงสายส่งตามสมการที่ (1) [3] ดังนี้

$$N(G) = Ng(28h_T^{0.6} + Sg)/10 \quad (1)$$

เมื่อ  $N(G)$  = จำนวนฟ้าผ่า/100 กม.-ปี

$Ng$  = ความหนาแน่นวาบฟ้าผ่าลงดินเฉลี่ย/ตร.กม.-ปี

$Sg$  = ระยะห่างระหว่างสายส่ง(m)

$h_T$  = ความสูงของเสา (m)

โดยที่ค่า  $Ng$  หาได้จากสมการที่ (2) [8] ดังนี้

$$Ng = 6.5 \times 10^{-5} T_d^{2.277} \quad (2)$$

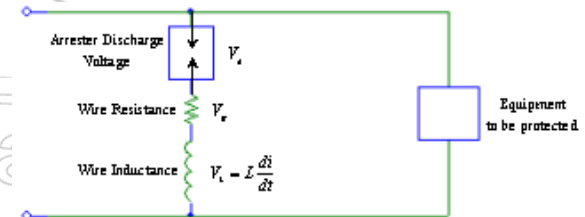
เมื่อ  $T_d$  = จำนวนวันที่เกิดฝนฟ้าคะนองต่อปี

โดยใช้ค่าเฉลี่ย  $T_d$  ของทั้งประเทศเท่ากับ 75.4 วัน ดังนั้นค่า  $Ng$  มีค่าเท่ากับ 1.224 ครั้ง/ตร.กม.-ปี และ  $N(G)$  มีค่าเท่ากับ 9.554 ครั้ง/100 กม.-ปี สายส่งข้อมูลของระบบโทรศัพท์ควบคุมมีความยาวเท่ากับ 4030.16 กม. เพราะฉะนั้น จำนวนฟ้าผ่าลงสายส่งระบบโทรศัพท์เท่ากับ 385.04 ครั้ง/ปี ซึ่งเมื่อเทียบกับข้อมูลจำนวนอุปกรณ์ที่เสียหายในรูปที่ 6 พบว่ามีอัตราการเสียหายสูงเมื่อเทียบกับจำนวนครั้งที่ฟ้าผ่าลงสายส่ง จึงอาจจะกล่าวได้ว่าระบบป้องกันฟ้าผ่าที่มีอยู่เดิมมีประสิทธิภาพในการป้องกันแรงดันเกินฟ้าผ่าได้ไม่ดีพอ

4.3 เกิดจากความยาวของสายต่อระหว่างสายที่ต่อจากระบบส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ป้องกัน และสายระหว่างอุปกรณ์ป้องกันกับจุดต่อลงดิน เนื่องจากสายตัวนำมีค่าความเหนี่ยวนำซึ่งขึ้นกับความยาวของสายตัวนำ และ

กระแสฟ้าผ่ามีความถี่สูงประมาณ 1kHz – 10 kHz ทำให้เกิดค่า  $X_L$  สูง อีกทั้งค่าความชันหน้าคลื่นของกระแสฟ้าผ่ามีค่าสูงจากสมการ (3) จึงทำให้เกิดแรงดันเหนี่ยวนำตกคร่อมที่อุปกรณ์ที่ถูกป้องกันสูง

$$V_L = L \frac{di}{dt} \quad (3)$$



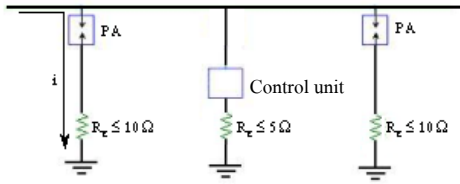
รูปที่ 8 วงจรสมมูลย์การต่อกับดักเสิร์จกับสายตัวนำลงดิน

แรงดันที่คร่อมอุปกรณ์ที่ต้องการป้องกันมีค่าดังนี้

$$V_T = V_A + V_R + V_L$$

เมื่อคิดว่าความต้านทานของสายตัวนำมีค่าน้อยมาก ดังนั้น  $V_R$  มีค่าประมาณศูนย์ พบว่าขนาดแรงดันเหนี่ยวนำแปรผันกับความยาวของสายเกิดแรงดันตกคร่อมอุปกรณ์โทรศัพท์ควบคุมมีค่าสูง แม้ว่าความยาวของสายส่งจะมีค่าไม่มาก (สาย #6AWG ยาว 3 ฟุต กระแสฟ้าผ่า 10 kA/8/20  $\mu$ S เกิดแรงดันเหนี่ยวนำ 1250 V)

4.4 ระบบรากสายดินมีค่าความต้านทานสูง และไม่มี การประสานศักย์เท่ากันที่จุดต่อลงดินของ PA กับที่ control unit เมื่อเกิดฟ้าผ่าและอุปกรณ์ป้องกันที่ PA ทำงาน โดยนำกระแสฟ้าผ่าลงดิน ถ้าระบบรากสายดินมีความต้านทานดินที่ PA มีค่าสูงก็จะทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมความต้านทานดินรวมกับแรงดันตกคร่อมค่าความเหนี่ยวนำในสายตัวนำลงดินมาก และที่ control unit ไม่มี กระแสไหลผ่านจึงมีแรงดันเท่ากับศูนย์เทียบกับที่ PA ถ้าแรงดันค่านี้นี้สูงก็จะทำให้อุปกรณ์ที่สถานีเสียหายได้ ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 ระบบรากสายดินมีความต้านทานดินสูง

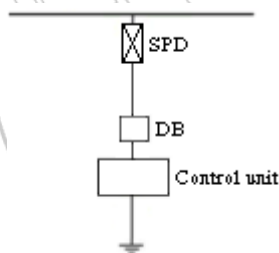
4.5 กระแสฟ้าผ่าที่มีความชันไม่สูงมากทำให้เกิดแรงดันเหนี่ยวนำที่สายส่งมีค่าต่ำอาจส่งผลให้ไม่เกิดการประสานสัมพันธ์จนทำให้กับดักเสิร์จไม่ทำงานทำให้มีพลังงานจำนวนมากไหลเข้าสู่ระบบได้

## 5. แนวทางการปรับปรุงระบบป้องกันแรงดันเกิน

5.1 เพิ่มกับดักเสิร์จ (Surge protection device; SPD) ขนาด 1.5 kV, 10 kA, 10/350 μS 1 ตัว ที่ตำแหน่งหัวเสาของระบบโทรศัพท์ควบคุมการเดินรถ

5.2 ย้ายตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ป้องกัน Gas tube arrester ที่ตำแหน่ง PA ทั้งสองด้านมาติดตั้งที่ตำแหน่งถัดจากกับดักเสิร์จตัวบน โดยติด Gas tube arrester เพียงตัวเดียว ซึ่งสามารถช่วยลดโอกาสเสี่ยงที่ฟ้าจะผ่าลงในระยะ 300 ม. ทั้งด้านเหนือ และด้านใต้ได้

5.3 ทำการประสานสัณยศาสตร์ของสายตัวนำลงดินทุกจุดก่อนต่อลงแท่งหลักดิน (Ground rod)



รูปที่ 10 ระบบป้องกันแรงดันเกินเนื่องจากฟ้าผ่าที่ปรับปรุงแล้ว

## 6. สรุป

บทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์หาสาเหตุที่อุปกรณ์ระบบโทรศัพท์ควบคุมเสียหายจากสถิติความเสียหายที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ พบว่าสาเหตุหลักที่ทำให้อุปกรณ์โทรศัพท์ควบคุมเสียหายเกิดจากแรงดันเกินเนื่องจากฟ้าผ่า พร้อมทั้งกำหนดหาจำนวนครั้งที่ฟ้าผ่าลงสายส่งข้อมูลต่อ 100 กม.

ต่อปี พบว่าอัตราการเสียหายของอุปกรณ์มีค่าสูงเมื่อเทียบกับจำนวนครั้งฟ้าผ่าที่คำนวณได้ จึงกล่าวได้ว่าระบบป้องกันฟ้าผ่าของเดิมมีประสิทธิภาพในการป้องกันไม่ดีพอ และได้นำเสนอแนวทางปรับปรุงระบบป้องกันแรงดันเกินเกินให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

## 7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่การรถไฟแห่งประเทศไทยทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้านเป็นอย่างดี ขอขอบคุณ คุณอรุโร หนูหอม คุณนาคยา คล้ายเรือนักวิจัย โครงการพัฒนาความชำนาญทางระบบไฟฟ้ากำลัง ที่ให้คำปรึกษา และความช่วยเหลือในการทำงานวิจัยนี้ และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยธนบุรีที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำงานวิจัยนี้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Peter Hasse, 2000, "Overvoltage protection of low voltage systems", The Institution of Electrical Engineers, United Kingdom , 358p.
- [2] ดร.สำราญ สังข์สะอาด, 2547, "วิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง"
- [3] Andrew R. Hileman, 1999, "Insulation Coordination for Power Systems", Marcel Dekker, Inc., 767p.
- [4] Furse, "ELECTRONIC SYSTEMS PROTECTION HANDBOOK A guide to protecting electronic equipment from lightning and transient overvoltages", W J Furse & Co Ltd., 108p.
- [5] AN, Qian-Dong, WANG, Ju-Zhen, "Lightning Protection in Chinese Railway Traffic Control System", IEEE, pp. 484-488.
- [6] ERICO, "Lightning Protection For Railway Electrical Equipment", [www.erico.com](http://www.erico.com), 7p.
- [7] Doug Haluza, "LIGHTNING, GROUND PROTECTION RISE, AND ELECTRICAL DAMAGE", IEEE, 1996, pp. 111-135.
- [8] B. Smitthileela, S. Bhumiwat, "SOME EXPERIENCES OF LIGHTNING IN THAILAND", Transmission System Maintenance Dept., Electricity Generating Authority of Thailand, pp. 246-251.