บทที่ 1

บทนำทั่วไป

1.1 อันตรายและความเสียหายจากฟ้าผ่าพื้นโลก

การเกิดฟ้าผ่าเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติ ที่ยังไม่มีใครสามารถควบคุมได้ ความเสียหายที่เกิดขึ้น ต่อชีวิตและทรัพย์สินมากมายมีต้นเหตุมาจากฟ้าผ่า มีคนถูกฟ้าผ่าตายทุกปี ทำให้สิ่งก่อสร้างเสียหาย ทำให้ระบบส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าหรือระบบการสื่อสารต้องหยุดชะงัก จึงจำเป็นจะต้องมีการจัดทำระบบป้องกันอันตรายที่เกิดจากฟ้าผ่า และหลีกเลี่ยงช่วงเวลาทำงานที่มีโอกาสเกิดฟ้าผ่ามากๆ การที่จะป้องกันให้ได้ผลและมีประสิทธิภาพจำเป็นจะต้องทราบข้อมูลเกี่ยวกับฟ้าผ่า เพื่อนำไปออกแบบระบบป้องกันและวางแผนการทำงานซึ่งเสี่ยงต่อการถูกฟ้าผ่าได้ง่าย

1.2 ข้อมูลฟ้าผ่าและประโยชน์

เบนจามิน แฟรนกลิน ได้อธิบายและแสดงให้เห็นว่าการเกิดฟ้าผ่ามีลักษณะเหมือนกับการเกิดไฟฟ้าเนื่องจากการเสียดสี และประดิษฐ์สายล่อฟ้าได้สำเร็จในปี ค.ศ.1753[1] ปัจจุบันถึงแม้ว่าเราจะมีระบบป้องกันฟ้าผ่า คือสายล่อฟ้าและอุปกรณ์อื่นๆ แต่เราไม่เคยทราบถึงข้อมูลความหนาแน่นของการเกิดฟ้าผ่าลงสู่ดิน สถานที่หรือย่านที่ฟ้าชอบผ่า และสถิติการเกิดฟ้าผ่าในช่วงฤดูกาลต่างๆ ในต่างประเทศเช่น ในทวีปยุโรป ออสเตรเลียและประเทศญี่ปุ่น มีสถาบันที่ทำการบันทึกข้อมูลเหล่านี้เป็นเชิงวิทยาศาสตร์และต่อเนื่อง และได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อหาทางใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด ประโยชน์ที่เห็นได้ชัดในปัจจุบันคือการเลือกเส้นทางระบบส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า ระบบสื่อสาร และการออกแบบระบบป้องกันฟ้าผ่าอาคารสูง เป็นต้น อุปกรณ์เบื้องต้นที่ต้องใช้สำรวจเพื่อหาเส้นขอบเขตของความหนาแน่นการเกิดฟ้าผ่าก็คือเครื่องนับฟ้าผ่า การใช้เครื่องนับฟ้าผ่าตรวจนับจำนวนครั้งของการเกิดฟ้าผ่า จะทำให้ทราบได้ว่าย่านนั้นมีความหนาแน่นของฟ้าผ่ามากน้อยเพียงใด จะเป็นการนำไปสู่การทำเส้นขอบเขตความหนาแน่นการเกิดฟ้าผ่าสู่ดินของประเทศไทย

1.3 ปัญหาและวัตถุประสงค์

สิ่งประดิษฐ์เกี่ยวกับเครื่องนับฟ้าผ่า ซึ่งสั่งซื้อจากต่างประเทศนั้น ออกแบบมาพร้อมกับระบบป้องกันฟ้าผ่า ใช้สำหรับนับจำนวนฟ้าผ่าลงที่ระบบป้องกันโดยตรง มีหลักการทำงานแตกต่างจากเครื่องนับฟ้าผ่าแบบซีเกร จึงไม่สามารถใช้ข้อมูลฟ้าผ่าจากเครื่องนับฟ้าผ่าเหล่านี้ ซึ่งติดตั้งบนอาคารสูงหลายแห่งมาใช้ประโยชน์ได้

ข้อมูลฟ้าผ่าสำหรับการวิจัยหมายถึง จำนวนฟ้าผ่าที่เกิดขึ้นจริงในบริเวณพื้นที่โดยรอบเครื่องนับฟ้าผ่ามีขนาดพื้นที่ตั้งแต่ 1000 ถึง 8000 ตารางกิโลเมตร การเก็บข้อมูลฟ้าผ่าเป็นเชิงวิทยาศาสตร์นั้นจำเป็นต้องใช้เครื่องนับฟ้าผ่าแบบซีเกร ซึ่งต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ การวิจัยพัฒนาและสร้างเครื่องนับฟ้าผ่าได้เอง จะทำให้สามารถทำการวิจัยเก็บข้อมูลเกี่ยวกับ ความหนาแน่นของการเกิดฟ้าผ่าในประเทศไทยอย่างมีประสิทธิผลและประสิทธิภาพ

จากการที่มาตรฐานสากลได้กำหนดค่า ความไวการทำงานของเครื่องนับฟ้าผ่าไว้ที่ค่าความเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้าต่ำสุด 20 โวลต์/เมตร ที่ความถี่ 10 กิโลเฮิรตซ์ เพื่อให้การออกแบบและสร้างเครื่องนับฟ้าผ่าเป็นไปตามมาตรฐานคือมีรัศมีทำงานยังผล 19.9 กิโลเมตรและมีตัวปรับค่าฟ้าผ่าสู่ดินจากตัวเลขเครื่องนับเท่ากับ 0.93(ดังตารางที่ 1.2) จึงต้องมีการทดสอบวงจรเครื่องนับฟ้าผ่าและทดลองใช้งานตรวจจับนับจำนวนการเกิดฟ้าผ่าลงสู่ดินเปรียบเทียบกับมาตรฐาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาเครื่องนับฟ้าผ่าตามมาตรฐานซีเกร ทดสอบสมรรถนะของเครื่องนับฟ้าผ่าที่สร้างขึ้น และทดสอบใช้เครื่องนับฟ้าผ่าหาความหนาแน่นการเกิดฟ้าผ่าในพื้นที่ที่กำหนด

1.4 ประวัติการศึกษาวิจัยเครื่องนับฟ้าผ่า

เมื่อเกิดฟ้าผ่า นอกจากจะมีความร้อน แรงกลบิดแล้ว ยังมีกระแสฟ้าผ่าและสนามไฟฟ้าแผ่กระจายออกไปโดยรอบลำฟ้าผ่า[1] และโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้า ซึ่งเป็นคุณลักษณะเฉพาะของฟ้าผ่านี้เอง จึงทำให้สามารถตรวจจับได้ว่ามีฟ้าผ่าเกิดขึ้น การเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้าเนื่องจากฟ้าผ่าสามารถวัดได้โดยใช้ฟิลด์มิลล์หรือมาตรวัดเส้นแรงไฟฟ้า ซึ่งให้กระแสไฟฟ้าตามการเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้า[2] หรือใช้สายอากาศเป็นตัวรับสัญญาณซึ่งได้แรงดันไฟฟ้าตามการเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้า[3] เครื่องนับฟ้าผ่าที่ศึกษาพัฒนาออกแบบสร้างนี้ ใช้สายอากาศเป็นตัวรับสัญญาณการเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้านั่นเอง เครื่องนับฟ้าผ่าโดยทั่วไปใช้นับการเกิดฟ้าผ่าในบริเวณพื้นที่เฉพาะเจาะจง จำนวนตัวเลขการนับจะถูกต้องตามการเกิดฟ้าผ่าในบริเวณนั้น

เครื่องนับฟ้าผ่าที่นิยมใช้มากที่สุดในต่างประเทศ คือมาตรฐานซีเกรกำหนดโดยสถาบันวิจัยไฟฟ้าแรงสูงนานาชาติ(ซีเกร) ประเทศฝรั่งเศส

1.4.1 <u>การพัฒนาเครื่องนับฟ้าผ่า</u> การนับฟ้าผ่าในสมัยแรกๆดัดแปลงจากเครื่องรับวิทยุโดยฟอร์เรส ในปี ค.ศ.1943 โดยปรับคลื่นเครื่องนับให้มีความถี่ในช่วง 100 ถึง 150 กิโลเฮิรตซ์ ต่อสัญญาณด้านออกกับตัวนับจำนวน

ปี ค.ศ.1948 ได้มีการออกแบบสร้างเครื่องนับฟ้าผ่าสู่ดิน ครั้งแรกโดยเกนและชนแลนด์ทำงานโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้าสถิตย์

ปี ค.ศ.1956 ปิแอร์ส สร้างเครื่องนับฟ้าผ่าสู่ดินอาศัยขนาดความเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้าสถิตย์ และแสดงวิธีการหาค่ารัศมีทำงานยังผลของเครื่องนับฟ้าผ่าด้วยสถิติการเกิดฟ้าผ่าจริง ทำให้การวัดค่าความหนาแน่นของจำนวนการเกิดฟ้าผ่าสู่ดินถูกต้องดีมากและได้ใช้เป็นข้อกำหนดมาตรฐานสำหรับสร้างเครื่องนับฟ้าผ่าแบบซีเกร[4]

ปี ค.ศ.1958 กิตาจาวาและโกบายาชิ ใช้มาตรวัดเส้นแรงไฟฟ้าสถิตย์และหลอดทวีพลังแสง วัดการเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้าพบพัลส์เล็กๆ เรียกการเปลี่ยนแปลงเค เกิดทั้งในฟ้าผ่าสู่ดินและฟ้าผ่าก้อนเมฆ มีขนาดประมาณ 0.05 ถึง 0.2 เท่าของค่าลำฟ้าผ่าย้อนกลับ เมื่อวิเคราะห์ความถี่พบว่ามีส่วนประกอบความถี่การเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้าใกล้เคียงกับฟ้าผ่าสู่ดิน[5] ฟ้าผ่าก้อนเมฆระยะใกล้และมีขนาดความเปลี่ยนแปลงเค สูงๆ จะสามารถกระตุ้นเครื่องนับฟ้าผ่าทำงานได้ ดังนั้นรัศมีรับฟ้าผ่าของเครื่องนับมีมากฟ้าผ่าก้อนเมฆจะปนเข้ามามากด้วย

ปี ค.ศ.1962 แมแลน ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้าและการเปลี่ยนแปลงความถี่ พบว่าฟ้าผ่าสู่ดินมีขนาดสูงมากในช่วงความถี่ 3 ถึง 10 กิโลเฮิรตซ์ และลดลงเมื่อความถี่สูงขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 1.1[3]

ปี ค.ศ.1968 คอนเนอร์ส[6] แสดงให้เห็นว่าค่าความจุไฟฟ้าของสายนำสัญญาณ มีผลทำให้ความไวของเครื่องนับฟ้าผ่าลดลง ประมาณ 20 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ และค่าความจุไฟฟ้าของสายนำสัญญาณนี้จะแปรตามความยาว ลักษณะการติดตั้ง และค่าความชื้นในบรรยากาศ

ปี ค.ศ.1969 เพร็นทิซและแมคเคอรัส[7] สร้างเครื่องนับฟ้าผ่าใช้วงจรทรานซิสเตอร์ตามข้อกำหนดของซีเกร ทดสอบหารัศมีทำงานยังผลฟ้าผ่าสู่ดินและฟ้าผ่าก้อนเมฆ กำหนดให้เป็นมาตรฐานซีเกรในปี ค.ศ.1972

ตารางที่ 1.1 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้าระหว่างฟ้าผ่าสู่ดินและฟ้าผ่าก้อนเมฆ[3]

ความถี่	อัตราส่วนความเปลี่ยนแปลง (ลำฟ้าผ่าสู่ดิน/การเปลี่ยนแปลงเค)
3 KHz	20/1 ถึง 40/1
6 KHz	10/1 ถึง 20/1
10 KHz	10/1
20 KHz	5/1
30 KHz	2/1 ถึง 3/1
50-100 KHz	1/1 ถึง 1.5/1
1.5-12 MHz	1/1

แม้ว่าเครื่องนับฟ้าผ่าตามแนวความคิดของปิแอร์ส เป็นที่ยอมรับและสร้างใช้งานนานกว่า 20 ปี เนื่องจากวัดความหนาแน่นการเกิดฟ้าผ่าพื้นโลกได้ถูกต้องมาก แต่หากนำเครื่องนับฟ้าผ่านี้ไปใช้งานตามจุดต่างๆ ทั่วโลก รัศมีทำงานของเครื่องนับจะไม่เท่ากันทุกแห่ง ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องทำการทดสอบคุณลักษณะของเครื่องนับด้วย ปัญหาที่เกิดขึ้นคือ การทดสอบหารัศมีทำงานของเครื่องนับฟ้าผ่าทำได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากมีฟ้าผ่าก้อนเมฆปนเข้ามามาก

ปี ค.ศ.1973 แอนเดอร์สันและคณะ[8] เปลี่ยนความถี่ตอบสนองวงจรกรองเป็น 10 กิโลเฮิรตซ์ และทำให้ความไวการทำงานต่ำลงเพื่อจำกัดสัญญาณการเปลี่ยนแปลงเค ในฟ้าผ่าก้อนเมฆ เมื่อทดสอบกับมาตรฐานซีเกรสามารถวัดหาค่าความหนาแน่นฟ้าผ่าสู่ดินได้ถูกต้อง ขณะเดียวกัน บาร์แฮมและแมคเคอรัส[9] ออกแบบสายอากาศในแนวดิ่งใช้กับเครื่องนับฟ้าผ่าซีเกร

ปี ค.ศ.1974 แมคเคอรัส[10] ปรับตั้งความไวเครื่องนับฟ้าผ่าด้วยแรงดันรูปคลื่นแบบขั้นบันได ซึ่งมีลักษณะคล้ายสัญญาณของลำฟ้าผ่าย้อนกลับ

ปี ค.ศ.1975 เพร็นทิซและคณะ[11] ได้อธิบายว่าความถูกต้องในการหาค่าความหนาแน่นฟ้าผ่าสู่ดินขึ้นอยู่กับ อัตราส่วนการเกิดฟ้าผ่าก้อนเมฆต่อฟ้าผ่าสู่ดิน และรัศมีทำงานยังผลของเครื่องนับฟ้าผ่า

ปี ค.ศ.1978 ซีเกร[12] ได้กำหนดเครื่องนับฟ้าผ่าสู่ดิน ให้เป็นมาตรฐาน 2 ชนิดคือ เครื่องนับฟ้าผ่ามาตรฐานซีเกร 500 เฮิรตซ์ และเครื่องนับฟ้าผ่ามาตรฐานซีเกร 10 กิโลเฮิรตซ์

ปี ค.ศ.1984 แอนเดอสันและคณะ[13] ได้สรุปการทดสอบรัศมีทำงานยังผลและตัวปรับค่าการนับฟ้าผ่าสู่ดินของเครื่องนับฟ้าผ่าแบบซีเกรได้ผลเฉลี่ยดังแสดงในตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 แสดงรัศมีทำงานยังผลและตัวปรับค่าการนับ[13]

มาตรฐานซีเกร	CIGRE 500 Hz	CIGRE 10 KHz
รัศมีทำงานยังผล(เมตร)	36.8	19.9
ตัวปรับค่าการนับ	0.80	0.93

ปี ค.ศ.1988 ออลาดิรานและคณะ[14] ออกแบบสร้างเครื่องนับฟ้าผ่ามีวงจรกรองแถบแคบ ปรับตั้งความไวการทำงานด้วยรูปคลื่นฟ้าผ่าจำลอง

ปี ค.ศ.1989 ปีสเลอร์[15] แนะนำสายอากาศแบบแผ่นจานกลมใช้กับเครื่องนับฟ้าผ่า

1.4.2 <u>มาตรฐานเครื่องนับฟ้าผ่า</u> เครื่องนับฟ้าผ่าสู่ดินแบ่งตามการออกแบบวงจรกรองความถี่และการตั้งความไวได้เป็น 2 ชนิด[12] คือ

1) มาตรฐานซีเกร 500 เฮิรตซ์

สายอากาศในแนวดิ่งยาว 3.3 เมตร
ติดตั้งสูงจากพื้นดิน 1.75 เมตร
ความไวคลื่นไซน์ 100 เฮิรตซ์ ที่ 18.0 ±2.1 โวลต์
ความไวคลื่นไซน์ 500 เฮิรตซ์ ที่ 10.6 ±0.4 โวลต์
ความไวคลื่นไซน์ 2500 เฮิรตซ์ ที่ 18.0 ±2.1 โวลต์
อัตราการนับ 60 ±3 ครั้งต่อนาที
รัศมีทำงานยังผล 36.8 กิโลเมตร
ตัวปรับค่าการนับ 0.80

2) มาตรฐานซีเกร 10 กิโลเฮิรตซ์

สายอากาศในแนวดิ่งยาว 4 เมตร
ติดตั้งสูงจากพื้นดิน 1 เมตร
ความไวคลื่นไซน์ 2 กิโลเฮิรตซ์ ที่ 63.5 ±5.0 โวลต์
ความไวคลื่นไซน์ 10 กิโลเฮิรตซ์ ที่ 30.0 ±1.5 โวลต์
ความไวคลื่นไซน์ 50 กิโลเฮิรตซ์ ที่ 43.5 ±5.0 โวลต์
อัตราการนับ 60 ±3 ครั้งต่อนาที
รัศมีทำงานยังผลฟ้าผ่าสู่ดิน 19.9 กิโลเมตร
ตัวปรับค่าการนับ 0.93

1.4.3 <u>เครื่องนับฟ้าผ่าในประเทศไทย</u> ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้เริ่มต้นพัฒนาเครื่องนับฟ้าผ่าและศึกษาผลตอบสนองวงจรกรองต่อแรงดันรูปคลื่นฟ้าผ่าจำลอง[16] และออกแบบสร้างเครื่องนับฟ้าผ่าตามวงจรเครื่องนับฟ้าผ่ามาตรฐานซีเกร ทดสอบการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์[17]

1.5 <u>วิธีดำเนินการวิจัยโดยย่อ</u>

ศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติของฟ้าผ่าและวงจรของเครื่องนับฟ้าผ่าแบบต่างๆ โดยเลือกเครื่องนับฟ้าผ่าแบบซีเกร เป็นแบบสำหรับพัฒนาและสร้าง กำหนดรัศมีทำงานยังผลฟ้าผ่าสู่ดินของเครื่องนับฟ้าผ่าด้วยวิธี ประมาณจากค่าความไวการทำงานตอบสนองสัญญาณฟ้าผ่า ทดสอบการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์และทดสอบการทำงานในธรรมชาติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย