# การพัฒนาเครื่องนับฟ้าผ่าแบบชีเกร

นายธวัชชัย พิชิตชัยกุล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2534

ISBN 974-579-190-3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

017558
1173238X1

# DEVELOPMENT OF THE CIGRE LIGHTNING FLASH COUNTER

Mr.Tavatchai Pichidchaikul

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Electrical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1991

ISBN 974-579-190-3

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | การพัฒนาเครื่องนับฟ้าผ่าแบบชีเกร |
| โดย | นายธวัชชัย พิชิตชัยกุล |
| ภาควิชา | วิศวกรรมไฟฟ้า |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | รองศาสตราจารย์ ดร.สำรวย สังข์สะอาด |
| | รองศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ อยู่ถนอม |

---

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สัณห์ ศิวารัตน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.สำรวย สังข์สะอาด)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ อยู่ถนอม)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต โรจนอารยานนท์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เอกชัย ลีลารัศมี)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ธวัชชัย พิชิตชัยกุล : การพัฒนาเครื่องนับฟ้าผ่าแบบซีเกร (DEVELOPMENT OF THE CIGRE LIGHTNING FLASH COUNTER) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.สำรวย สังข์สะอาด และ รศ.ดร.ณรงค์ อยู่ณอม, 109 หน้า. ISBN 974-190-3

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ รายงานถึงการศึกษาพัฒนาเครื่องนับฟ้าผ่าแบบซีเกร เพื่อเก็บข้อมูลการเกิดฟ้าผ่าลงดินในภูมิภาคนี้ เครื่องนับที่ออกแบบสร้างเป็นแบบซีเกร 10 กิโลเฮรตซ์ ประกอบด้วย 4 วงจรคือ วงจรสายอากาศ วงจรกรองผ่านแถบ วงจรตั้งความไวและวงจรนับจำนวน ตรวจสอบการทำงาน และวิเคราะห์ผลตอบสนองของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ สายอากาศ และวงจรกรองความถี่ ผลปรากฏว่า เครื่องที่สร้างมีผลการทำงาน และผลตอบสนองความถี่ได้ตามมาตรฐานซีเกร กำหนดระยะห่างรัศมีทำงานยังผลด้วยวิธีการตั้งความไวการทำงาน ด้วยคลื่นไซน์ตามมาตรฐานซีเกร ใช้เครื่องนับฟ้าผ่าจำนวน 10 เครื่อง เก็บข้อมูลการเกิดฟ้าผ่าในช่วงฤดูฝนของปี พ.ศ. 2533 บริเวณ จังหวัดชลบุรี และระยองเพื่อหาค่าความหนาแน่นฟ้าผ่าเปรียบเทียบกับธันเดอร์สตอร์มเดย์, ตำแหน่งเส้นรุ้งและปริมาณน้ำฝน ใช้เครื่องนับจำนวนหนึ่งเครื่องเปียบเทียบการนับกับเครื่องจากต่างประเทศโดยติดตั้งเครื่องนับทั้งสองบนดาดฟ้าชั้น 6 ของอาคารวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จากการเปรียบเทียบเป็นรายเดือน ได้ผลความแตกต่างจำนวนอัตราการนับสูงสุดประมาณ 1.8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต ธวัชชัย พิชิตชัยกุล

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2533 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

TAVATCHAI PICHIDCHAIKUL : DEVELOPMENT OF THE CIGRE LIGHTNING FLASH COUNTER. THESIS ADVISERS : ASSO.PROF.SAMRUAY SANGKASAAD, Dr. Sc.techn. AND ASSO.PROF.NARONG YOOTHANOM, Ph.D., 109 pp.

This thesis presents the study and development of a lightning flash counter for counting local ground flashes. The counter consists of four circuits, namely, antenna, band pass filter, threshold setting and register circuits. The counter was designed in accordance with the CIGRE 10 KHz lightning flash counter. The characteristics and performance of the counter were tested. The frequency response and sensitivity of the counter are compared with the CIGRE specifications. Fffective range of the counter is obtained by setting the threshold voltage of the counter in accordance with the CIGREs' recommendation. The average ground flash density was carried out by using 10 counters during the rainy season of 1990 in Chonburi and Rayong regions. The evaluated densities are compared with annual thunderstorm days, region of latitude and rainfall.

A comparison of the number of lightning flashes was made between the measured values obtained from the designed counter and the CIGRE counter by installing both counters on the top of sixth floor of the Electrical Engineering building at Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, it was found that the maximum counting ratio of those data from the CIGRE counter to those from the designed one was 1.8

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2533 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของรองศาสตราจารย์ ดร.สำรวย สังข์สะอาด และ รองศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ อยู่ถนอม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ของการวิจัยมาด้วยดีตลอด

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณ ฝ่ายวิจัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งสนับสนุนเงินทุน โครงการพัฒนาวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับการวิจัยครั้งนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญ


หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....จ
กิตติกรรมประกาศ .....ฉ
สารบัญตาราง .....ญ
สารบัญภาพ .....ฏ

บทที่

1. บทนำทั่วไป .....1
   1.1 อันตรายและความเสียหายจากฟ้าผ่าพื้นโลก .....1
   1.2 ข้อมูลฟ้าผ่าและประโยชน์ .....1
   1.3 ปัญหาและวัตถุประสงค์ .....2
   1.4 ประวัติการศึกษาวิจัยเครื่องนับฟ้าผ่า .....2
      1.4.1 การพัฒนาเครื่องนับฟ้าผ่า .....3
      1.4.2 มาตรฐานเครื่องนับฟ้าผ่า .....5
      1.4.3 เครื่องนับฟ้าผ่าในประเทศไทย .....6
   1.5 วิธีดำเนินการวิจัยโดยย่อ .....6
2. ฟ้าผ่าและเครื่องนับฟ้าผ่า .....7
   2.1 การเกิดฟ้าผ่าในธรรมชาติ .....7
      2.1.1 ฟ้าผ่าพื้นโลก .....10
      2.1.2 ฟ้าผ่าก้อนเมฆ .....15
   2.2 การเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้าและการเปลี่ยนแปลง เค. .15
      2.2.1 การใช้สายอากาศ
         วัดการเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้า .....17
      2.2.2 การเปลี่ยนแปลง เค. ในฟ้าผ่าก้อนเมฆ ....18
      2.2.3 เปรียบเทียบฟ้าผ่าพื้นโลกและฟ้าผ่าก้อนเมฆ ..19
      2.2.4 การเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้าเทียบกับระยะห่าง.20

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.3 ความสม่ำเสมอการเกิดฟ้าผ่า .....23
2.3.1 สถานที่ ที่ฟ้าชอบผ่า .....24
2.3.2 การเก็บข้อมูลฟ้าผ่าสู่ดินด้วยเครื่องนับฟ้าผ่า ..26
2.4 เครื่องนับฟ้าผ่า .....30
2.4.1 การทำงานพื้นฐาน .....31
2.4.2 การเกิดศักย์ไฟฟ้าในสายอากาศ .....31
2.4.3 วงจรกรองความถี่ .....39
2.4.4 วงจรหน่วงเวลา .....50
3. การออกแบบสร้างวงจรเครื่องนับฟ้าผ่า .....51
3.1 วงจรเครื่องนับฟ้าผ่า .....51
3.2 สายอากาศ .....51
3.3 การออกแบบสร้างเครื่องนับฟ้าผ่าตามวงจรชีเกร .....51
3.3.1 คุณลักษณะของสายอากาศ .....54
3.3.2 วงจรกรองผ่านแถบ .....54
3.3.3 วงจรหน่วงเวลา .....57
3.3.4 วงจรนับจำนวน .....58
3.4 เครื่องมือและวิธีการปรับเทียบความไวเครื่องนับฟ้าผ่า..59
3.5 รายการอุปกรณ์สำหรับเครื่องนับฟ้าผ่า .....60
4. การทดสอบและการวิเคราะห์ผลการทดสอบ .....61
4.1 บทนำ .....61
4.2 การทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ .....61
4.2.1 ทดสอบผลตอบสนองวงจรกรองผ่านแถบ .....61
4.2.2 การปรับเทียบความไวเครื่องนับฟ้าผ่า .....64
4.2.3 ทดสอบอุณหภูมิใช้งาน .....66
4.2.4 ทดสอบวงจรหน่วงเวลา .....67
4.3 ทดสอบการทำงานและการใช้งาน .....68
4.3.1 ทดสอบอายุการใช้งานแบตเตอรี่ .....68
4.3.2 ทดสอบการนับการเกิดสปาร์กในห้องปฏิบัติการ.68
4.3.3 ทดสอบสัญญาณรบกวนจากเครื่องยนต์ .....69

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.3.4 ทดสอบการลดทอนความไวเนื่องจาก
วัตถุข้างเคียง .....69
4.3.5 ทดสอบเครื่องนับฟ้าผ่าในธรรมชาติ .....72
4.4 ทดสอบการนับกับเครื่องจากต่างประเทศ .....74
4.5 ทดสอบรัศมีทำงานยังผล .....78
5. สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ .....80
เอกสารอ้างอิง .....82
ภาคผนวก .....85
ก. องค์ประกอบวงจรกรองผ่านแถบ
ของเครื่องนับฟ้าผ่าแบบต่างๆ .....86
ข. ตัวอย่างไปรษณียบัตรบันทึกข้อมูลจาก
เครื่องนับฟ้าผ่าเป็นรายสัปดาห์ส่งถึงผู้วิจัย .....87
ค. ปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ย บริเวณซึ่งติดตั้งเครื่องนับฟ้าผ่า
บางจุดและจำนวนฟ้าผ่าเทียบกับปริมาณน้ำฝน.....92
ง. รายละเอียดของตัวกับดักแรงดันเกิน .....96
จ. รายละเอียดวงจรสร้างสัญญาณรูปคลื่นขั้นบันได
และรูปคลื่นฟ้าผ่าจำลอง .....100
ฉ. รายละเอียดวงจรเครื่องนับฟ้าผ่าแบบต่างๆ .....102
ประวัติผู้เขียน .....109

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่


1.1 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้าระหว่างฟ้าผ่าสู่ดินและฟ้าผ่าก้อนเมฆ[3] .....4

1.2 แสดงรัศมีทำงานยังผลและตัวปรับค่าการนับ[3] .....5

2.1 แสดงข้อมูลความหนาแน่นฟ้าผ่าสู่ดินจากเครื่องนับฟ้าผ่าเปรียบเทียบกับการคำนวณที่ Td เดียวกันจากรูปที่ 2.16[26] .....25

2.2 ปริมาณน้ำฝน(mm)และจำนวนการเกิดฟ้าผ่าสู่ดินเฉลี่ยในปี ค.ศ.1958-60 ที่ออสเตรเลีย[3] .....26

4.1 ความถี่ตอบสนองของวงจรภาคอินพุตของเครื่องนับฟ้าผ่า..62

4.2 แสดงแรงดันทดสอบทำให้เครื่องนับทำงานที่ความถี่ต่างๆ .....65

4.3 ทดสอบความไวที่ 10 กิโลเฮิรตซ์ .....66

4.4 แสดงผลการทดสอบอุณหภูมิใช้งาน .....67

4.5 ผลการทดสอบการทำงานด้วยรูปคลื่นฟ้าผ่าจำลอง .....68

4.6 ผลการทดสอบสัญญาณรบกวนจากเครื่องยนต์ในระยะใกล้ .....69

4.7 แสดงให้เห็นว่าการทำงานของเครื่องนับฟ้าผ่าขึ้นอยู่กับลักษณะการติดตั้ง .....71

4.8 แสดงข้อมูลฟ้าผ่าในปี พ.ศ.2533 .....73

4.9 เปรียบเทียบการนับกับเครื่องจากต่างประเทศ .....75

4.10 เปรียบเทียบการนับกับเครื่องจากต่างประเทศเดือนเมษายน 2533 .....76

# สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่


2.1 ภาพถ่ายการเกิดดีสชาร์จของประจุไฟฟ้าเคลื่อนตัวสู่พื้นโลก[18] .....7

2.2 แสดงการก่อตัวของก้อนเมฆ[19] .....8

2.3 แสดงการกระจายและสะสมประจุไฟฟ้าในเมฆฝนฟ้าคะนอง[1] .....9

2.4 แสดงถึงการเกิดฟ้าผ่าลงสู่ดินซึ่งบันทึกจากกล้องถ่ายภาพฟิล์มเคลื่อนที่จากซ้ายไปขวา[3] .....10

2.5 ภาพถ่ายฟ้าผ่าขึ้น[18] .....11

2.6 แสดงลักษณะการดีสชาร์จของประจุในก้อนเมฆทำให้เกิดฟ้าผ่าซ้ำ[20] .....12

2.7 ฟ้าผ่าพื้นโลกช่วงที่สนามไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใดและมีค่าสูง คือช่วงลำฟ้าผ่าย้อนกลับ[3] .....13

2.8 องค์ประกอบทางเรขาคณิตใช้คำนวณความเข้มสนามไฟฟ้าของลำฟ้าผ่าย้อนกลับ[21] .....16

2.9 แสดงการวัดการเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้าเนื่องจากฟ้าผ่า[22] .....17

2.10 ผลการวัดสนามไฟฟ้าของฟ้าผ่าสู่ดินใช้วงจรสายอากาศมีค่าคงตัวเวลา 0.3 มิลลิวินาที และ 4 วินาทีตามลำดับ[23] .....17

2.11 แสดงขนาดความเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้าของฟ้าผ่าสู่ดินที่ระยะห่างประมาณ 50 กิโลเมตร[3] .....19

2.12 การเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้าที่ระยะห่างประมาณ 20 กิโลเมตร เปรียบเทียบความถี่ตอบสนองของวงจรสายอากาศโดยไม่ได้กำหนดมาตราส่วนไว้[24] .....20

2.13 การเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้าของฟ้าผ่าสู่ดินที่ระยะห่าง 3-20 กิโลเมตร[22] .....21

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่

2.14 (ก)องค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้าเนื่องจาก
ลำฟ้าผ่าย้อนกลับ(ข)การเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้าที่วัดได้
ตามสมการ 2.1 ที่ระยะห่างต่างๆกัน[24] .....22
2.15 ธันเดอร์ สตอร์มเดย์ รายงานโดย
Climatological Data of Thailand[25] .....23
2.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างธันเดอร์ สตอร์มเดย์กับสมการ
ความหนาแน่นฟ้าผ่าสู่ดินสำหรับสถานที่ต่างๆทั่วโลก
เทียบกับสมการที่ 2.3[26] .....25
2.17 แสดงการทำงานของเครื่องนับฟ้าผ่าในอุดมคติ
มีรัศมีทำงานคือ Rg กิโลเมตร .....28
2.18 แสดงเส้นการทำงานของเครื่องนับฟ้าผ่าในอุดมคติ
และเครื่องนับฟ้าผ่าจริง .....29
2.19 องค์ประกอบวงจรเครื่องนับฟ้าผ่าแยกเป็นส่วนๆ .....31
2.20 แสดงสายอากาศวางในสนามไฟฟ้า[15] .....32
2.21 แสดงประจุเหลือค้างบนสายอากาศ
เกิดศักย์ไฟฟ้า Ua ทันที[15] .....32
2.22 แสดงแรงดันเหนี่ยวนำในสายอากาศ
และวงจรสายอากาศ[24] .....33
2.23 แสดงวงจรสมมูลของสายอากาศ .....34
2.24 แสดงผลตอบสนองแรงดันของวงจรสายอากาศต่อการ
เปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้าแบบขั้นบันได[28] .....35
2.25 แสดงตัวอย่างการใช้งานสายอากาศวัดค่าความเปลี่ยนแปลง
สนามไฟฟ้าและแสดงวงจรสมมูลวงจรวัด .....36
2.26 ผลตอบสนองความถี่ผ่านสูงของสายอากาศ[28] .....37
2.27 ผลตอบสนองความถี่ผ่านต่ำของสายนำสัญญาณ[28] .....38
2.28 แสดงวงจรกรองผ่านแถบพื้นฐานประกอบด้วยวงจรกรอง
ผ่านสูง(Ca.R1) และวงจรกรองผ่านต่ำ(C2.R2)[29] ...39

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่

2.29 แสดงผลตอบสนองแรงดันและมุมต่างเฟส
ของความถี่คลื่นไซน์[30] .....40
2.30 แสดงผลตอบสนองความถี่คลื่นไซน์ของวงจรกรองผ่านแถบ
ตามมาตรฐานซีเกร 10 กิโลเฮิรตซ์[28] .....41
2.31 แสดงภาพแรงดันตกคร่อม R1 .....46
2.32 แสดงวงจรซึ่งให้แรงดันด้านออกเท่ากับในรูปที่ 2.31 .....46
3.33 แสดงวงจรสมมูลเพื่อปรับปรุงแรงดัน
ด้านเข้าวงจรในรูปที่ 2.28 .....47
2.34 แสดงลักษณะและระยะเวลาของฟ้าผ่าสู่ดิน[24ม26] .....50
3.1 แสดงรายละเอียดวงจรเครื่องนับฟ้าผ่าที่สร้าง[17] .....52
3.2 ลักษณะการติดตั้งสายอากาศในแนวดิ่ง
สำหรับเครื่องนับฟ้าผ่า .....53
3.3 แสดงวงจรสมมูลภาคอินพุตของเครื่องนับฟ้าผ่า .....55
3.4 แสดงวงจรหน่วงเวลาของวงจรในรูปที่ 3.1 .....57
3.5 แสดงวงจรนับจำนวนแบบกลไก .....58
3.6 แสดงส่วนสำคัญของวงจรเครื่องนับฟ้าผ่าซึ่งกำหนด
โดยมาตรฐานซีเกรคือ การเปลี่ยนแปลง E,
วงจรกรองและวงจรหน่วง .....59
4.1 แสดงวงจรสมมูลภาคอินพุตของเครื่องนับฟ้าผ่า .....61
4.2 แสดงความถี่ตอบสนองของวงจรภาคอินพุต
ของเครื่องนับฟ้าผ่า .....63
4.3 แสดงวงจรทดสอบเพื่อปรับค่าความไวตอบสนอง
ของเครื่องนับฟ้าผ่า ตามข้อกำหนดซีเกร .....64
4.4 แสดงตำแหน่ง x ที่เหมาะสมสำหรับ
ติดตั้งเครื่องนับฟ้าผ่า[31] .....70
4.5 แสดงตำแหน่งเครื่องนับฟ้าผ่าที่ติดตั้งในปี พ.ศ.2533 .....72

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่

4.6 แสดงภาพเครื่องนับฟ้าผ่าจากต่างประเทศและเครื่องที่สร้าง โดยติดตั้งเครื่องนับทั้งสองเครื่องห่างกันประมาณ 10 เมตร บนดาดฟ้าตึกไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .....73

4.7 ลักษณะโครงสร้างสายอากาศแผ่นจานกลม และสูตรการคำนวณความสูงประสิทธิผล .....77

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย