

การพัฒนาเครื่องนับฟ้าผ่าซ้ำ

นาย พงศ์ภัทร อะสีติรัตน์



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-637-603-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17865384

**DEVELOPMENT OF A MULTISTROKE
LIGHTNING COUNTER**



Mr. Pongpat Asitirat

**สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering**

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 1997

ISBN 974-637-603-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การพัฒนาเครื่องนับฟ้าผ่าซ้ำ

โดย

นาย พงศ์ภัทร อะสีติรัตน์

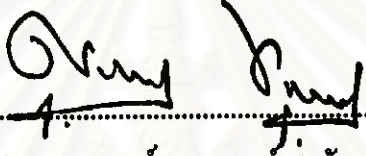
ภาควิชา

วิศวกรรมไฟฟ้า


อาจารย์ที่ปรึกษา

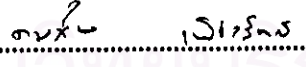
อาจารย์ ดร. คมสัน เพ็ชรรักษ์


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

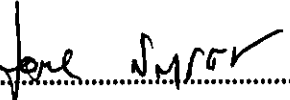

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ สุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ผนังค์ อยู่ถนอม)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. คมสัน เพ็ชรรักษ์)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สำรวย สังข์สะอาด)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. เอกชัย ทีถาวรค์)

พิมพ์ด้วยกระดาษพิมพ์ดีดที่วิทยาลัยเทคโนโลยีวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

พงศ์ภัทร อะติริวัฒน์ : การพัฒนาเครื่องนับฟ้าผ่าซ้ำ (DEVELOPMENT OF A MULTISTROKE LIGHTNING COUNTER) อ.ที่ปรึกษา : อ.ดร. คมตัน เทีชรวิทย์, 65 หน้า. ISBN 974-637-603-9

รายงานฉบับนี้กล่าวถึงผลการออกแบบและประกอบสร้างเครื่องนับฟ้าผ่า ซึ่งสามารถนับจำนวนฟ้าผ่าซ้ำได้ วงจรของเครื่องนับฟ้าผ่าสามารถแบ่งได้เป็น 6 ส่วน คือ สายอากาศ, วงจรกรองผ่านแถบ, วงจรจำนวนฟ้าผ่า, วงจรปรับความไว, วงจรนับ และวงจรบันทึกผล โดยมีคุณสมบัติตามข้อกำหนดของ CIGRE สำหรับเครื่องนับฟ้าผ่า 10 กิโลเฮิร์ตซ์ เครื่องนับฟ้าผ่าจะบันทึกจำนวนฟ้าผ่าซ้ำ และวันเวลาจริงที่เกิดฟ้าผ่า เมื่อเกิดฟ้าผ่าขึ้น ความไวในการนับของเครื่องนับฟ้าผ่าได้รับการออกแบบให้ปรับได้ตามข้อกำหนดของ CIGRE เมื่อใช้กับสายอากาศทั้ง 2 ชนิด คือสายอากาศแบบแท่งและสายอากาศแบบจานกลม จากการทดสอบใช้งานจริง เครื่องนับฟ้าผ่าที่ใช้สายอากาศแบบแท่งบันทึกปรากฏการณ์ฟ้าผ่าได้ยาก เพราะความไวของวงจรมีค่าสูงเกินไป ส่วนเครื่องนับฟ้าผ่าที่ใช้สายอากาศแบบจานกลมสามารถทำงานได้อย่างน่าพอใจ ผู้วิจัยได้ใช้สายอากาศแบบนี้เก็บข้อมูลฟ้าผ่าที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นเวลา 1 ฤดูฝน ในปี พ.ศ. 2540 พบว่าประมาณ 98% ของฟ้าผ่าเป็นฟ้าผ่าลบ และประมาณ 40% ของฟ้าผ่าเป็นฟ้าผ่าซ้ำ จำนวนฟ้าผ่าซ้ำสูงสุดที่บันทึกได้เท่ากับ 14 ครั้ง โดยค่าเฉลี่ยของจำนวนฟ้าผ่าซ้ำในฟ้าผ่าแต่ละครั้งมีค่าเท่ากับ 2 ครั้ง ข้อมูลฟ้าผ่าข้างต้นท้องถิ่นกับข้อมูลฟ้าผ่าที่บันทึก โดยใช้ออสซิลโลสโคป



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรม ฟ้าผ่า
สาขาวิชา ฟ้าผ่ากำลัง
ปีการศึกษา 2540

ลายมือชื่อนิติกร พงศ์ภัทร อะติริวัฒน์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา K. Patcharavit
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม -

C715653 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEY WORD:

MULTISTROKE LIGHTNING COUNTER / CIGRE

PONGPAT ASITIRAT : DEVELOPMENT OF A MULTISTROKE LIGHTNING COUNTER. THESIS ADVISOR : DR. KOMSON PETCHARAKS, Dr. Sc.Techn. 65 pp.

ISBN 974-637-603-9

This report presents the result of design and construction of a lightning flash counter which has an ability to count multistrokes. The design of this counter can be divided into 6 parts: antenna, band pass filter circuit, positive/negative lightning detection circuit, sensitivity setting circuit, counter circuit and memory circuit. The characteristics of this counter meet the requirement of CIGRE for a 10-kHz lightning counter. This counter records polarity of the lightning, number of multistrokes and real-time date when lightning occurs. The sensitivity of this counter was designed for adjustment according to the recommendation of CIGRE to match 2 types of antennas (rod antenna and plate antenna). The field test showed that the counter which uses a rod antenna has a difficulty in recording a lightning phenomenon because its sensitivity is too high. However, the performance of the counter which uses a plate antenna is quite good. The lightning flash data recorded at the Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, for a rainy season in 1997 show that almost 98% of lightning flashes has a negative polarity and almost 40% of lightning flashes are multistroke lightning flashes. The maximum number of strokes in lightning flash is 14 strokes when the average number of strokes for each flash is 2 strokes. The above data are consistent with the data recorded by using an oscilloscope as a lightning detector.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า.....

สาขาวิชา.....ไฟฟ้ากำลัง.....

ปีการศึกษา..... 2540.....

ลายมือชื่อนิสิต พงศ์ภัทร อ.โพธิ์วิบูลย์.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา K. Petcharakas.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... -.....



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จจุดมุ่งไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร. ตำราย สังข์สะอาด ผู้อำนวยการศูนย์เชี่ยวชาญพิเศษเฉพาะด้านเทคโนโลยี ไฟฟ้ากำลัง ผู้ประสิทธิประสาทความรู้ทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูงให้กับผู้วิจัย รวมทั้งได้ให้คำแนะนำในการวิจัยเป็นอย่างดีมาโดยตลอด อาจารย์คมสัน เพ็ชรรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และข้อคิดเห็นต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยด้วยดีมาโดยตลอด ของขอบพระคุณ นาย ณรงค์ ทองฉิม นักวิจัยประจำศูนย์เชี่ยวชาญพิเศษเฉพาะด้านเทคโนโลยีไฟฟ้า กำลัง ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านการออกแบบวงจรเครื่องนับฟ้าผ่า ของขอบพระคุณ นาย กิตติชาติ รัตนโกมุท นิสิตปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ช่วยเหลือและให้คำปรึกษาในการเขียนโปรแกรมของเครื่องนับ ฟ้าผ่าเป็นอย่างดี รวมทั้งขอบพระคุณเจ้าหน้าที่คณาจารย์วิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูงทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จได้ด้วยดี

อนึ่ง วิทยานิพนธ์นี้ได้รับความสนับสนุนเงินทุนจากศูนย์เชี่ยวชาญพิเศษเฉพาะด้าน เทคโนโลยีไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบพระคุณ มา ณ โอกาสนี้

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงิน และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป.....	ฉุ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 บทนำทั่วไป.....	1
1.2 ที่มาของปัญหา.....	1
1.3 ขอบข่ายของวิทยานิพนธ์.....	3
1.4 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์.....	3
2. ฟีดแบคและปรากฏการณ์หลังจากการเกิดฟ้าผ่า.....	4
2.1 การเกิดฟ้าผ่า.....	4
2.2 ผลของฟ้าผ่า.....	10
2.3 การวัดสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กจากฟ้าผ่า.....	12
2.3.1 สายอากาศและความสูงประสิทธิผลของสายอากาศ.....	12
2.3.2 การวัดสนามไฟฟ้าจากกระแสฟ้าผ่า.....	14
2.3.3 การวัดสนามแม่เหล็กจากกระแสฟ้าผ่า.....	15
3. การออกแบบและประกอบสร้างเครื่องนับฟ้าผ่าซ้ำ.....	17
3.1 ข้อกำหนดของเครื่องนับฟ้าผ่า.....	17
3.2 การออกแบบวงจรส่วนต่างๆของเครื่องนับฟ้าผ่าซ้ำ.....	18
3.2.1 สายอากาศ.....	18
3.2.2 วงจรกรองผ่านแถบ.....	23
3.2.3 วงจรจำแนกฟ้าผ่าลบและฟ้าผ่าบวก.....	32
3.2.4 วงจรปรับความไว.....	33
3.2.5 วงจรนับ.....	36
3.2.6 วงจรบันทึกผล.....	36

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.3 การประกอบสร้างวงจรส่วนต่างๆของเครื่องนับฟ้าม้าช้า.....	38
3.3.1 สายอากาศและสายเคเบิล.....	38
3.3.2 วงจรกรองผ่านแถบ , วงจรจำแนกฟ้าม้าลบและฟ้าม้าบวก , วงจรปรับความไว และวงจรมับ.....	39
3.3.3 วงจรบันทึกผล.....	39
3.4 การปรับเทียบเครื่องนับฟ้าม้าช้า.....	42
4. การทดสอบและการวิเคราะห์ผลการทดสอบ.....	43
4.1 การทดสอบการนับของเครื่องนับฟ้าม้าช้าที่ออกแบบสร้างในห้องปฏิบัติการ.....	43
4.1.1 การทดสอบการนับ โดยการใช้ Unit Step Generator ป้อนสัญญาณแรงดันรูป ขั้นเข้าเครื่องนับฟ้าม้า.....	43
4.1.2 การทดสอบโดยการใช้ Recurrent Generator ป้อนสัญญาณเข้าเครื่องนับฟ้าม้า	44
4.2 การทดสอบเครื่องนับฟ้าม้าช้าที่ออกแบบสร้าง โดยการนับฟ้าม้าจริง.....	47
4.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลการนับฟ้าม้าจากการทดสอบเครื่องนับฟ้าม้าช้าโดยการนับ ฟ้าม้าจริง.....	52
5. สรุปและข้อเสนอแนะ.....	60
รายการอ้างอิง.....	61
ภาคผนวก.....	63
ประวัติผู้วิจัย.....	65

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 พารามิเตอร์ของฟ้าผ่า.....	8
4.1 เปอร์เซนต์การเกิดฟ้าผ่าซ้ำจากฟ้าผ่าพื้น โลกขั้วลบในรูปที่ 4.7.....	49
4.2 เปอร์เซนต์การเกิดฟ้าผ่าซ้ำจากฟ้าผ่าพื้น โลกขั้วบวกในรูปที่ 4.8.....	50
4.3 ตารางที่ 4.3 จำนวนฟ้าผ่าพื้น โลกขั้วลบและฟ้าผ่าพื้น โลกขั้วบวก เก็บข้อมูลระหว่างวันที่ 19 กันยายน 2540 ถึง 27 ตุลาคม 2540 (39 วัน).....	51
4.4 เหตุการณ์ฝนฟ้าคะนองที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ.....	55



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะของฟ้าผ่า	
(ก) ฟ้าผ่าลง.....	5
(ข) ฟ้าผ่าขึ้น.....	6
2.1 กระบวนการเกิดฟ้าผ่าซ้ำ.....	7
2.2 ฟ้าผ่าซ้ำหลายครั้ง.....	7
2.3 ไคโพลโมเมนต์เนื่องจากประจุในลำฟ้าผ่า.....	10
2.4 (ก) เทอมต่างๆของสนามไฟฟ้าตามสมการ (2.2).....	11
(ข) รูปคลื่นสนามไฟฟ้าที่ระยะทางต่างๆ.....	11
2.6 ตัวนำโลหะภายใต้สนามไฟฟ้า.....	12
2.7 ตัวนำโลหะหลังจากสนามไฟฟ้าหายไปอย่างทันทีทันใด.....	13
2.8 สายอากาศแบบแท่งและค่าความสูงประสิทธิผล.....	13
2.9 สายอากาศแบบจานกลมและค่าความสูงประสิทธิผล.....	14
2.10 การวัดสนามไฟฟ้าจากฟ้าผ่า	
(ก) กรณีไม่โหลดสายอากาศ.....	14
(ข) กรณีโหลดสายอากาศ.....	14
3.1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องนับฟ้าผ่า.....	17
3.2 สายอากาศแบบแท่งซึ่งวางอยู่เหนือพื้นกราวด์.....	18
3.3 แท่งโลหะทรงกระบอกที่ลอยอยู่เหนือพื้นกราวด์.....	19
3.4 สายอากาศแบบแท่งในระบบ Prolate Spheroidal Coordinate.....	20
3.5 สายอากาศแบบจานกลมที่ใช้กับเครื่องนับฟ้าผ่า.....	22
3.6 วงจรสมมูลของวงจรกรองผ่านความถี่ต่ำ.....	24
3.7 วงจรกรองผ่านความถี่ต่ำเมื่อใช้โอปแอมป์ในการออกแบบ.....	25
3.8 วงจรกรองผ่านความถี่ต่ำที่ออกแบบ.....	26
3.9 วงจรสมมูลของวงจรกรองผ่านความถี่สูง.....	26
3.10 วงจรกรองผ่านความถี่สูงเมื่อใช้โอปแอมป์ในการออกแบบ.....	27
3.11 วงจรกรองผ่านความถี่สูงที่ออกแบบ.....	27
3.12 วงจรกรองผ่านแถบที่ได้ออกแบบสร้าง.....	28
3.13 ขั้นตอนการออกแบบวงจรกรองผ่านแถบ อันดับ 4 บัตเตอร์เวิร์ด.....	28

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.14 วงจรบัฟเฟอร์ก่อนเข้าวงจรกรองผ่านแถบ.....	29
3.15 ผลตอบเชิงความถี่ของวงจรกรองผ่านแถบในข้อ (1) เมื่อคิดรวมวงจรบัฟเฟอร์.....	31
3.16 ผลตอบเชิงเวลาของวงจรกรองผ่านแถบในข้อ (1) เมื่อคิดรวมวงจรบัฟเฟอร์โดยป้อน สัญญาณเข้าเป็นแรงดันรูปขั้น.....	31
3.17 วงจรจำแนกประเภทฟ้าผ่า.....	32
3.18 สัญญาณออกจากวงจรในรูปที่ 3.17	
(ก) กรณีฟ้าผ่าลบ.....	33
(ข) กรณีฟ้าผ่าบวก.....	33
3.19 รูปแบบของวงจรปรับความไว.....	33
3.20 วงจรปรับความไวที่ออกแบบ.....	34
3.21 เงื่อนไขการทำงานของวงจรปรับความไว.....	34
3.22 การทำงานของวงจรปรับความไว.....	35
3.23 ไฟล์ชาร์ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	37
3.24 การติดตั้งสายอากาศแบบแท่งที่ใช้กับเครื่องนับฟ้าผ่าซ้ำ.....	38
3.25 การติดตั้งสายอากาศแบบจานกลมที่ใช้กับเครื่องนับฟ้าผ่าซ้ำ.....	39
3.26 แผ่นวงจรในข้อ 3.3.2 และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สำเร็จรูปในข้อ 3.3.3 ในกล่อง โลหะ.....	40
3.27 เครื่องนับฟ้าผ่าซ้ำที่ออกแบบให้ใช้กับสายอากาศแบบแท่ง.....	41
3.28 เครื่องนับฟ้าผ่าซ้ำที่ออกแบบให้ใช้กับสายอากาศแบบจานกลม.....	41
3.29 การปรับเทียบเครื่องนับฟ้าผ่าซ้ำ.....	42
4.1 การทดสอบการนับด้วย Unit Step Generator.....	44
4.2 การวัดแรงดันเหนี่ยวนำที่สายอากาศแบบจานกลมเนื่องจากฟ้าผ่า.....	45
4.3 รูปคลื่นอิมพัลส์ที่วัดได้ที่สายอากาศในรูปที่ 4.2 กรณีที่เป็นสัญญาณจากฟ้าผ่าเดี่ยว.....	45
4.4 รูปคลื่นอิมพัลส์ที่วัดได้ที่สายอากาศในรูปที่ 4.2 กรณีที่เป็นสัญญาณจากฟ้าผ่าซ้ำ.....	46
4.5 การทดสอบการนับด้วย Recurrent Generator.....	46
4.6 รูปคลื่นอิมพัลส์ที่สร้างจาก Recurrent Genetator.....	47
4.7 ฮิสโตแกรมจำนวนฟ้าผ่าซ้ำของฟ้าผ่าพื้นโลกชั่วพล จำนวน 2,721 ครั้ง เก็บข้อมูล ระหว่างวันที่ 19 กันยายน 2540 ถึง 27 ตุลาคม 2540 (39 วัน).....	49

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า	
4.8	ฮิสโตแกรมจำนวนฟ้าผ่าซ้ำของฟ้าผ่าพื้นโลกทั่วโลกจำนวน 68 ครั้ง เก็บข้อมูลระหว่างวันที่ 19 กันยายน 2540 ถึง 27 ตุลาคม 2540 (39 วัน).....	50
4.9	แนวโน้มของจำนวนฟ้าผ่าพื้นโลก (Flashes) และจำนวนฟ้าผ่าซ้ำ (Strokes) ในเหตุการณ์ฝนฟ้าคะนอง 13 เหตุการณ์ เมื่อ Normalize เวลาในเหตุการณ์เป็น 60 นาที.....	56
4.10	กราฟแสดงจำนวนฟ้าผ่าพื้นโลกและจำนวนฟ้าผ่าซ้ำทั้งหมดในเหตุการณ์ฝนฟ้าคะนอง 13 เหตุการณ์ เมื่อ Normalize เวลาในเหตุการณ์เป็น 60 นาที.....	57
4.11	(ก) อัตราการเกิดฟ้าผ่าพื้นโลก (ครั้ง/นาที) จากเหตุการณ์ฝนฟ้าคะนอง 13 เหตุการณ์ (100% = 70 ครั้ง/นาที).....	58
	(ข) แนวโน้มการเกิดฟ้าผ่าในเหตุการณ์ฝนฟ้าคะนอง 13 เหตุการณ์ (100% = 2,116 ครั้ง).....	58