การออกแบบและสร้างเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าชั้ำ

นายอานันทร์ หยงสตาร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-13-0307-6

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A MULTIPLE LIGHTNING CURRENT IMPULSE GENERATOR

Mr. Anan Yongstar

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering
Department of Electrical Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2000

ISBN 974-13-0307-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบและสร้างเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าชั้น
โดย	นายอานันทร์ หยงสตาร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. คมสัน เพ็ชรรักษ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผศ. ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. ดร. คมสัน เพ็ชรรักษ์)

.....กรรมการ

(อ. ดร. ชาญณรงค์ บาลมงคล)

นาย อานันทร์ หยงสตาร์ : การออกแบบและสร้างเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ (DESIGN AND CONSTRUCTION OF A MULTIPLE LIGHTNING CURRENT IMPULSE GENERATOR)
อ. ที่ปรึกษา : ดร. คมสัน เพ็ชรรักษ์, 83 หน้า. ISBN 974-13-0307-6

วิทยานิพนธ์นี้ เสนอการพัฒนาออกแบบและสร้างเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำที่สามารถสร้างอิมพัลส์ฟ้าผ่าเป็นลำดับต่อเนื่องกันได้ถึง 4 พัลส์ นอกจากนี้ยังสามารถเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของรูปคลื่นฟ้าผ่าได้เช่น ช่วงระยะเวลาห่างกันของแต่ละอิมพัลส์และค่ายอดของรูปคลื่นอิมพัลส์ กระแสอิมพัลส์สามารถสร้างได้โดยการเก็บพลังงานไว้ในตัวเก็บประจุซึ่งได้รับการอัดประจุจนถึงระดับแรงดันที่ต้องการและดีสชาร์จประจุผ่านวงจรอนุกรม R-L จ่ายให้อุปกรณ์ที่จะทดสอบ เนื้อหาของวิทยานิพนธ์จะกล่าวถึงการควบคุมการลั่นไกด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และการบันทึกรูปคลื่นอิมพัลส์ด้วยดิจิตอลออสซิลโลสโคป ผลการทดสอบโดยทำการวัดด้วยอุปกรณ์วัดรูปคลื่นกระแสแสดงให้เห็นว่าเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์สามารถสร้างรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำซึ่งเป็นอิมพัลส์มาตรฐานรูปคลื่น 8/20 μs โดยมีค่ายอดของรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์สูงสุดถึง 5 kA

ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า	ลายมือชื่อนิสิต อานันทร์ หยงสตาร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา	2543	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

4070569421 : ELECTRICAL ENGINEERING
KEY WORD : MULTIPLE LIGHTNING CURRENT / IMPULSE CURRENT GENERATOR / LIGHTNING CURRENT WAVEFORM
ANAN YONGSTAR : DESIGN AND CONSTRUCTION OF A MULTIPLE LIGHTNING CURRENT IMPULSE GENERATOR.
THESIS ADVISOR: KOMSON PETCHARAKS, Dr. Sc. Techn. 83 pp.
ISBN 974-13-0307-6

This thesis reports design and construction of a multiple lightning current impulse generator that can produce a sequence of up to four lightning current impulses. This generator can vary the lightning parameters such as time interval between successive impulses and peak magnitude of impulses. The current impulse is generated by storing energy in capacitors, which is charged to a required voltage and discharged through a series R-L circuit into the test object.

Information is provided for the controlling of triggering unit by using microcontroller MCS-51 system and the recording of impulses by using a Digital Storage Oscilloscope. The test results showed that the generator can generate multiple lightning current impulse which has a standard impulse waveform of 8/20 μs. The maximum amplitude of impulses current are 5 kA .

Department	Electrical Engineering	Student's signature	Anan Yongstar
Field of study	Electrical Engineering	Advisor's signature	K. Petcharaks
Academic year	2000	Co-advisor's signature	

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ อาจารย์ ดร. คมสัน เพ็ชรรักษ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา โดยได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ของการทำวิทยานิพนธ์มาด้วยดีตลอด รวมทั้งได้กรุณาตรวจสอบและแก้ไขจนสำเร็จเรียบร้อย

นอกจากนั้น ผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย ผศ. ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ และ ดร. ชาญณรงค์ บาลมงคล ที่ได้กรุณาตรวจสอบแก้ไขและให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งขอขอบคุณ ผศ. ดร. ธารา ชลปราณี ที่อนุญาตให้ใช้ห้องปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน และคุณถาวร สุวรรณกิจ ที่ช่วยให้คำแนะนำด้านวงจรอิเล็กทรอนิกส์เป็นอย่างดียิ่ง ตลอดจนเจ้าหน้าที่ตึกวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูงรวมทั้งบุคคลอีกหลายท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้

อนึ่ง เนื่องจากทุนการศึกษาในระดับปริญญามหาบัณฑิตนี้ ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์เชี่ยวชาญพิเศษเฉพาะด้านเทคโนโลยีไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณครอบครัวผู้วิจัย คุณฉันทนา ทองสหธรรม ที่ให้กำลังใจเสมอมา ตลอดจนทุกๆท่านที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

อานันทร์ หยงสตาร์

มีนาคม 2544

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญภาพ ..... ฏ
บทที่
1. บทนำ 1
1.1 บทนำทั่วไป 1
1.2 ที่มาของปัญหา 2
1.3 ขอบข่ายของวิทยานิพนธ์ 3
1.4 ผลงานการศึกษาที่เกี่ยวข้อง 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
1.6 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์ 4
2. ทฤษฎีการเกิดฟ้าผ่าและหลักการสร้างกระแสอิมพัลส์ 5
2.1 ลักษณะสำคัญของฟ้าผ่า 5
2.1.1 การเกิดฟ้าผ่า 5
2.1.2 ขั้วของกระแสฟ้าผ่า 8
2.1.3 รูปคลื่นกระแสฟ้าผ่า 8
2.1.4 ขนาดกระแสฟ้าผ่า 9
2.1.5 ฟ้าผ่าซ้ำ 9
2.2 หลักการสร้างกระแสอิมพัลส์ 14
2.2.1 รูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่า 14
2.2.2 วงจรพื้นฐานของการสร้างกระแสอิมพัลส์ 17
3. หลักการออกแบบและประกอบสร้างเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ 20
3.1 การออกแบบวงจรเบื้องต้นโดยใช้โปรแกรม PSPICE 20
3.1.1 วงจรที่ใช้จำลองรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ 21
3.1.2 ผลการ Simulation 21
3.2 วงจรเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ 22

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3.3	องค์ประกอบของเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ	23
3.3.1	วงจรควบคุม	24
3.3.1.1	คีย์บอร์ด	26
3.3.1.2	ส่วนแสดงผล	26
3.3.1.3	ส่วนแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล	27
3.3.1.4	วงจรควบคุมการอัดประจุ	27
3.3.1.5	วงจรควบคุมการลั่นไกตัวไทรีสเตอร์ (SCR)	28
3.3.1.6	วงจรแสดงสถานะการทำงานด้วย LED	30
3.3.2	แหล่งกำเนิดสวิตช์ชิ่งแรงดันกระแสตรง	31
3.3.3	แหล่งกำเนิดแรงดันกระแสตรงอัดประจุ	32
3.3.3.1	หม้อแปลงกระแสสลับ	33
3.3.3.2	ความต้านทานจำกัดกระแสอัดประจุ	33
3.3.3.3	ไดโอดแรงสูง	34
3.3.3.4	ตัวเก็บประจุกรองกระแส	34
3.3.3.5	โวลเตจดิไวเดอร์วัดแรงดันสูงกระแสตรง	35
3.3.4	ตัวเก็บประจุอิมพัลส์	35
3.3.5	ความต้านทานปรับรูปคลื่น	37
3.3.6	ตัวเหนี่ยวนำปรับรูปคลื่น	39
3.3.7	สวิตช์สารกึ่งตัวนำประเภทไทรีสเตอร์	39
3.3.8	การออกแบบโครงสร้างและการฉนวน	41
3.4	โปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์	41
3.4.1	ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมควบคุมเพื่อรับข้อมูล	43
3.4.2	ขั้นตอนการสั่งงานของโปรแกรมควบคุม	44
4.	การทดสอบและวิเคราะห์ผล	45
4.1	การทดสอบการสร้างกระแสอิมพัลส์เดี่ยวรูปคลื่นมาตรฐาน	45
4.2	การทดลองสร้างกระแสอิมพัลส์เดี่ยวที่พิกัดค่ายอดต่าง ๆที่กำหนด	48
4.3	การทดสอบการสร้างกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ	51
4.4	การทดสอบใช้งานจริงกับวาริสเตอร์ (MOV)	54
5.	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	56
5.1	สรุปผลการวิจัย	56
5.2	ข้อเสนอแนะ	58

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
รายการอ้างอิง	59
ภาคผนวก	60
ก. อุปกรณ์สะกัดเสิร์จ	61
ข. บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ CP-S8252 V1.0	65
ค. เอสซีอาร์ (Silicon Controlled Rectifier : SCR)	69
ง. การใช้งานเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ	74
ประวัติผู้เขียน	83

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 พารามิเตอร์ต่างๆของฟ้าผ่า..... 10

2.2 ชนิดของรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ตามมาตรฐาน IEC. Pucl. No 60-1..... 15

2.3 ค่าความคลาดเคลื่อนของรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ตามมาตรฐาน..... 16

3.1 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆของไทรีสเตอร์แบบควบคุมเฟสรุ่น ST 330C16L0..... 40

4.1 ค่าขององค์ประกอบต่างๆที่ได้จากการวัดค่าจริง..... 46

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2-1	ภาพถ่ายฟ้าผ่าลงและฟ้าผ่าขึ้น	7
2-2	กระบวนการเกิดฟ้าผ่าซ้ำ	11
2-3	ฟ้าผ่าซ้ำหลายครั้ง	12
2-4	ฮีสโตแกรมจำนวนฟ้าผ่าซ้ำสู่พื้นโลกของประเทศไทยในปี 2539 แยกเป็นขั้วลบและขั้วบวก	13
2-5	จำนวนฟ้าผ่าซ้ำขั้วลบขั้วบวกซึ่งนับด้วยเครื่องนับฟ้าผ่าซ้ำ	14
2-6	รูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ตามมาตรฐาน IEC 60-1	15
2-7	วงจรพื้นฐานในการสร้างกระแสอิมพัลส์	17
3-1	วงจรที่ใช้จำลองรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์	21
3-2	ผลจำลองรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ 8/20 μs	21
3-3	วงจรเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ	22
3-4	รูปวงจรเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ 1 ขั้น	23
3-5	แผนผังวงจรรวมโครงสร้างหลักและการทำงานของเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ	24
3-6	โมดูลแบบ DIP 40 ขา ของ AT 89S8252	25
3-7	วงจรการเชื่อมต่อคีย์บอร์ดกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์	26
3-8	วงจรการเชื่อมต่อ LCD กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์	26
3-9	วงจรการเชื่อมต่อ LTC 1298 กับบอร์ด CP-S8252	27
3-10	วงจรการควบคุมการอัดประจุ	27
3-11	วงจรควบคุมการลั่นไกตัวไทรีสเตอร์ (SCR)	28
3-12	ออสซิโลแกรมของสัญญาณควบคุมการลั่นไกตัวไทรีสเตอร์ (SCR1-SCR4)	29
3-13 ก)	วงจรแสดงสถานะขณะเครื่องทำการอัดประจุ	30
3-13 ข)	วงจรแสดงสถานะการสั่นไกตัวไทรีสเตอร์ (SCR_1-SCR_4)	31
3-14	วงจรแหล่งกำเนิดแรงดันกระแสตรงอัดประจุ	32
3-15 ก)	โครงสร้างตัวเก็บประจุอิมพัลส์แบบโมดูล	36
3-15 ข)	โครงสร้างการเชื่อมโมดูลตัวเก็บประจุอิมพัลส์	36
3-16	แผนภาพโปรแกรมหลักควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์	42
3-17	แผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมควบคุมเพื่อรับข้อมูล	43
3-18	แผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนการสั่งงานของโปรแกรมควบคุม	44

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4-1 รูปคลื่นกระแสอิมพัลส์เดี่ยว 1 kA ที่ได้จากเครื่องกำเนิดที่ออกแบบสร้าง..... 46
4-2 รูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ซ้ำ 2 kA จำนวน 4 ชุด..... 47
4-3 รูปคลื่นกระแสอิมพัลส์เดี่ยว 8/20 μs 2 kA..... 48
4-4 รูปคลื่นกระแสอิมพัลส์เดี่ยว 8/20 μs 3 kA..... 49
4-5 รูปคลื่นกระแสอิมพัลส์เดี่ยว 8/20 μs 4 kA..... 49
4-6 รูปคลื่นกระแสอิมพัลส์เดี่ยว 8/20 μs 5 kA..... 50
4-7 รูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ 1 kA จำนวน 4 อิมพัลส์..... 51
4-8 รูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ 2 kA จำนวน 4 อิมพัลส์..... 52
4-9 รูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ 3 kA จำนวน 4 อิมพัลส์..... 53
4-10 รูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ 4 kA จำนวน 4 อิมพัลส์..... 53
4-11 รูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ 5 kA จำนวน 4 อิมพัลส์..... 53
4-12 เปรียบเทียบรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ 3 kA ที่จ่ายให้แก่วาริสเตอร์..... 54
4-13 รูปขยายของรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ 3 kA ที่จ่าย
ให้แก่วาริสเตอร์ (MOV)..... 55
ก-1 วงจรสมมูลของแผ่นบล็อกสารออกไซด์โลหะ..... 62
ก-2 ตัวสะกัดเสิร์จชนิดออกไซด์โลหะ (MOV)..... 63
ก-3 ตัวอย่างลักษณะภายนอกของตัวสะกัดเสิร์จชนิดออกไซด์โลหะ (MOV)..... 64
ข-1 ภาพถ่ายของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ CP-S8252 V1.0..... 66
ข-2 วงจรของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ CP-S8252 V1.0..... 68
ค-1 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของ SCR..... 70
ค-2 ลักษณะสมบัติกระแส-แรงดัน ของ SCR..... 70
ง-1 แผนผังด้านหน้าของเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ..... 74
ง-2 ภาพถ่ายด้านหน้าของเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ..... 75
ง-3 แผนผังด้านหลังของเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ..... 76
ง-4 ภาพถ่ายด้านหลังของเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ..... 76
ง-5 ภาพถ่ายด้านในของเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ..... 77
ง-6 ภาพถ่ายการติดตั้งอุปกรณ์วัดกระแสเพื่อบันทึกรูปคลื่น
กระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำทางด้านหลังของเครื่องกำเนิด..... 78
ง-7 ภาพถ่ายการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อบันทึกรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ..... 79
ง-8 ภาพถ่ายการยึด MOV ที่ขั้วต่อทางด้านหลังของเครื่องกำเนิด..... 79