



ตัวทดสอบแรงดันอิมพัลส์

Impulse Voltage Tester

นายธราพงษ์ บำรุง รหัส 46363255

นายวิศวะ หล่อวงศ์ รหัส 46363404

15081221 0.2

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ..... ๕/๗/๒๕๕๐ /.....
เลขทะเบียน..... 5000098
เลขเรียกหนังสือ.....
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ป.ร.

๕๖๘๘๗

๒๕๔๙

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2549



ใบรับรองโครงการวิศวกรรม

หัวข้อโครงการ	ตัวทดสอบแรงคั้นอิมพัลส์		
ผู้ดำเนินโครงการ	นายธราพงษ์ บำรุง	รหัส	46363255
	นายวิศวะ หล่อวงศ์	รหัส	46363404
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.สมยศ เกียรติวนิชวิไล		
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2549		

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ อนุมัติให้โครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะกรรมการสอบโครงการวิศวกรรม

.....ประธานกรรมการ
(ดร.สมยศ เกียรติวนิชวิไล)

.....กรรมการ
(ดร.ชัยรัตน์ ฟินทอง)

.....กรรมการ
(อาจารย์ปิยนัย ภาชนะพรรณม์)

หัวข้อโครงการ	ตัวทดสอบแรงดันอิมพัลส์
ผู้ดำเนินโครงการ	นายธราพงษ์ บำรุง รหัส 46363255 นายวิศวะ หล่องวงค์ รหัส 46363404
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. สมยศ เกียรติวนิชวิไล
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2549

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาและออกแบบเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์โดยแบ่งการค้นคว้าออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนแรก เป็นการศึกษาและออกแบบการสร้างวงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ ทั้งแบบคลื่นฟ้าผ่า และแบบสวิตซ์ซิ่ง และการหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในวงจร ในส่วนที่สองของการค้นคว้า คือการจำลองรูปคลื่นของวงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์โดยใช้โปรแกรม Pspice และการสร้างและติดตั้งอุปกรณ์ตัววงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ขึ้น และในส่วนสุดท้าย คือแสดงการเปรียบเทียบการจำลองผลรูปคลื่นเปรียบเทียบกับผลการทดลองจริง โดยแสดงผลรูปคลื่นที่เกิดขึ้นจากการทดลองจริงและผลการจำลองจากโปรแกรม สอดคล้องกับรูปคลื่นตามทฤษฎี

Project Title	Impulse Voltage Tester		
Name	Mr. Tharapong	Bumrung	ID. 46363255
	Mr. Wissawa	Hlowong	ID. 46363404
Project Advisor	Dr. Somyot	Kiattivanichvilai	
Major	Electrical Engineering		
Department	Electrical and Computer Engineering		
Academic Year	2006		

ABSTRACT

This project studies and designs impulse voltage generator. This research work is composed of three parts. In the first part, impulse voltage generator circuit in both lightning and switching pattern are studied, designed and calculated parameter of this circuit. The second part, is the simulation of impulse voltage generator circuit by using Pspice. The construction and design of impulse voltage generator and its equipment are described. Finally, the comparison between simulation and experimental results are shown. By the results, it is clearly shown that the simulation, experimental results and theory are accordingly.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เกิดขึ้นได้เนื่องจากการทำงานร่วมกันในหลายๆ ส่วน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงคือ คร. สมยศ เกียรติวนิชวิไล อาจารย์ที่ปรึกษา คร. ชัยรัตน์ พินทอง และอาจารย์ปิยคนัย ภาชนะพรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอ รวมถึงอาจารย์ท่านอื่นๆ ที่มีได้กล่าวถึงที่ได้คอยแนะนำ และให้คำปรึกษาจนคลายความข้องใจ ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมากที่ให้การสนับสนุนผู้จัดทำโครงการให้สามารถทำโครงการชิ้นนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ต้องขอขอบใจเพื่อนๆ ในสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกคน ที่คอยให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำดีๆ และต้องขอขอบพระคุณบุคคลที่สำคัญที่สุดที่ทำให้พวกข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดามารดา อันเป็นที่เคารพรักรยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูพวกข้าพเจ้ามาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ ในทุกๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ พวกข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณและขอกราบขอบคุณมา ณ ที่นี้

ธราพงษ์
วิศว

บำรุง
หล่อวงศ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูปภาพ	ช

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบข่ายของโครงการ	2
1.4 ขั้นตอนของการดำเนินงาน	2
1.5 แผนการดำเนินงาน	3
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.7 งบประมาณของโครงการ	4

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่นำมาใช้

2.1 เครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์	7
2.2 วงจรพื้นฐานของเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์	7
2.3 การสร้างแรงดันอิมพัลส์สวิตซ์ซิ่ง	9
2.4 การออกแบบวงจรแรงดันอิมพัลส์	10

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ

3.1 การคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ตามทฤษฎี	12
3.2 การจำลองผลของวงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์โดยโปรแกรม PSpice	15
3.3 การสร้างตัววงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์	17

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์รูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์	
4.1 การจำลองผลของวงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์โดยโปรแกรม PSpice	20
4.2 ผลการวิเคราะห์รูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์	22
4.3 การเปรียบเทียบรูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์จากการทดลองกับการจำลองผล ด้วยโปรแกรม Pspice	43
บทที่ 5 สรุปการวิเคราะห์รูปคลื่น	
5.1 สรุปผล	46
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	47
5.3 ข้อเสนอแนะ	47
เอกสารอ้างอิง	48
ประวัติผู้เขียนโครงการ	49

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ความสัมพันธ์ของค่า T_1/T_2 กับค่า $1/\alpha_1, 1/\alpha_2$	10
4.1 ผลการทดลองกับการจำลองผลจาก Pspice เปรียบเทียบกับทฤษฎี	45



สารบัญญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 รูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า	6
2.2 รูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตซ์ซิ่ง	6
2.3 วงจรพื้นฐานของเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์	7
2.4 วงจรสร้างแรงดันอิมพัลส์สวิตซ์ซิ่งด้วยหม้อแปลงทดสอบ	9
2.5 กราฟความสัมพันธ์ของสัมประสิทธิ์และอัตราส่วนของตัวเก็บประจุ	10
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจร	15
3.2 การวางอุปกรณ์และการบัดกรีอุปกรณ์ลงในแผ่นปริ้น	16
3.3 ตัววงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่าที่สร้างเสร็จแล้ว	16
3.4 ตัววงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นแบบสวิตซ์ซิ่งที่สร้างเสร็จแล้ว	17
3.5 ขั้นตอนการสับสวิตซ์เพื่อจับรูปคลื่นนำไปวิเคราะห์	18
3.6 การขยายรูปคลื่นเพื่อดูช่วงเวลาหน้าคลื่น	18
3.7 การขยายรูปคลื่นเพื่อดูช่วงเวลาหลังคลื่น	19
4.1 วงจรจำลองเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า	20
4.2 ผลการจำลองรูปคลื่นฟ้าผ่า	20
4.3 วงจรจำลองเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตซ์ซิ่ง	21
4.4 ผลการจำลองรูปคลื่นสวิตซ์ซิ่ง	21
4.5 รูปคลื่นฟ้าผ่าการทดลองครั้งที่ 1	23
4.6 ช่วงหน้าคลื่นการทดลองครั้งที่ 1 แบบขยาย	23
4.7 ช่วงหลังคลื่นการทดลองครั้งที่ 1 แบบขยาย	24
4.8 รูปคลื่นฟ้าผ่าการทดลองครั้งที่ 2	25
4.9 ช่วงหน้าคลื่นการทดลองครั้งที่ 2 แบบขยาย	25
4.10 ช่วงหลังคลื่นการทดลองครั้งที่ 2 แบบขยาย	26
4.11 รูปคลื่นฟ้าผ่าการทดลองครั้งที่ 3	27
4.12 ช่วงหน้าคลื่นการทดลองครั้งที่ 3 แบบขยาย	27
4.13 ช่วงหลังคลื่นการทดลองครั้งที่ 3 แบบขยาย	28
4.14 รูปคลื่นฟ้าผ่าการทดลองครั้งที่ 4	29
4.15 ช่วงหน้าคลื่นการทดลองครั้งที่ 4 แบบขยาย	29
4.16 ช่วงหลังคลื่นการทดลองครั้งที่ 4 แบบขยาย	30

สารบัญญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.17	รูปคลื่นฟ้าผ่าการทดลองครั้งที่ 5	31
4.18	ช่วงหน้าคลื่นการทดลองครั้งที่ 5 แบบขยาย	31
4.19	ช่วงหลังคลื่นการทดลองครั้งที่ 5 แบบขยาย	32
4.20	รูปคลื่นสวิตซ์ซึ่งการทดลองครั้งที่ 1	33
4.21	ช่วงหน้าคลื่นการทดลองครั้งที่ 1 แบบขยาย	34
4.22	ช่วงหลังคลื่นการทดลองครั้งที่ 1 แบบขยาย	34
4.23	รูปคลื่นสวิตซ์ซึ่งการทดลองครั้งที่ 2	35
4.24	ช่วงหน้าคลื่นการทดลองครั้งที่ 2 แบบขยาย	36
4.25	ช่วงหลังคลื่นการทดลองครั้งที่ 2 แบบขยาย	36
4.26	รูปคลื่นสวิตซ์ซึ่งการทดลองครั้งที่ 3	37
4.27	ช่วงหน้าคลื่นการทดลองครั้งที่ 3 แบบขยาย	38
4.28	ช่วงหลังคลื่นการทดลองครั้งที่ 3 แบบขยาย	38
4.29	รูปคลื่นสวิตซ์ซึ่งการทดลองครั้งที่ 4	39
4.30	ช่วงหน้าคลื่นการทดลองครั้งที่ 4 แบบขยาย	40
4.31	ช่วงหลังคลื่นการทดลองครั้งที่ 4 แบบขยาย	40
4.32	รูปคลื่นสวิตซ์ซึ่งการทดลองครั้งที่ 5	41
4.33	ช่วงหน้าคลื่นการทดลองครั้งที่ 5 แบบขยาย	42
4.34	ช่วงหลังคลื่นการทดลองครั้งที่ 5 แบบขยาย	42
4.35	การเปรียบเทียบของรูปคลื่นฟ้าผ่า	43
4.36	กราฟเปรียบเทียบแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่าระหว่างการทดลองกับการจำลองผล	44
4.37	การเปรียบเทียบของรูปคลื่นสวิตซ์ซึ่ง	44
4.38	กราฟเปรียบเทียบแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตซ์ซึ่งระหว่างการทดลองกับการจำลองผล	45

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

แรงดันอิมพัลส์เป็นแรงดันสูง (High Voltage) ชนิดหนึ่งที่มีลักษณะของรูปคลื่นเลียนแบบมาจากแรงดันเกิน ซึ่งแรงดันเกินดังกล่าวนี้โดยทั่วไปเกิดขึ้นได้ 2 ลักษณะ คือ ลักษณะแรกเป็นแรงดันเกินที่เกิดจากฟ้าผ่า เรียกว่าแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า (Lightning Impulse-Voltage) และลักษณะที่สองเป็นแรงดันเกินที่เกิดจากการทำงานของสวิตช์ หรือความบกพร่องของฉนวน รวมถึงการเกิดการลัดวงจรเนื่องจากสิ่งแปลกปลอมต่างๆ ขึ้นภายในระบบสายส่ง เรียกว่าแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตช์ซิ่ง (Switching Impulse Voltage) จุดมุ่งหมายโดยทั่วไปนั้นก็เพื่อที่จะศึกษาและออกแบบเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์เพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์รูปคลื่นและแรงดันที่เกิดขึ้น ไปใช้ในการทดสอบอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบสายส่งก่อนนำไปใช้งานว่าอุปกรณ์เหล่านั้นสามารถที่จะทนกับแรงดันเกินนี้ได้หรือไม่ อย่างไรก็ตามเนื่องจากในปัจจุบันชุดปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูงมีราคาแพง และมีการเรียนทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูงหลายที่ และหลายที่ก็ไม่ได้ทำการทดสอบจริง ทำให้บางครั้งเกิดความไม่เข้าใจในทฤษฎีต่างๆ ซึ่งการเรียนรู้ทฤษฎีและมีการปฏิบัติจริงไปพร้อมกันนั้น จะทำให้ผู้เรียนรู้เกิดความเข้าใจในหลักการ และทฤษฎีได้ดียิ่งขึ้นใน โครงการนี้เป็น การศึกษาและออกแบบเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์เพื่ออาจใช้ในรายวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง (High Voltage Engineering) เกี่ยวกับการวิเคราะห์รูปคลื่นที่เกิดจากแรงดันอิมพัลส์

เทคนิคการวัดแรงดันสูง (High Voltage) ในที่นี้คือแรงดันอิมพัลส์นั้น มีข้อแตกต่างจากการวัดแรงดันต่ำทั่วไปและที่สำคัญก็คือ ตัวอุปกรณ์วัด หรือผู้วัดจะต้องอยู่ห่างจากจุดที่ต้องการวัดมากพอที่จะไม่เกิดอันตราย และต้องอาศัยการฉนวนที่ถูกต้องเหมาะสม ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดแรงดันที่จะวัด คือถ้าแรงดันสูงมากขึ้นระยะการฉนวน และระยะห่างของผู้วัดจะต้องมากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้น การวัดแรงดันอิมพัลส์จึงต้องใช้เทคนิคพิเศษบางประการ โดยอาศัยอุปกรณ์และเครื่องวัดช่วย ซึ่งลักษณะของคุณสมบัติที่ต้องการของอุปกรณ์และเครื่องมือวัดที่สำคัญ ได้แก่ ความถูกต้องเที่ยงตรง ความไวต่อสัญญาณที่ต้องการวัด ความเชื่อถือได้ ชีตความสามารถของเครื่องมือวัด ความเร็วของเครื่องมือวัดที่จะใช้วัดแรงดัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวัดแรงดันที่เกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาสั้นอย่างแรงดันอิมพัลส์ เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อศึกษาและออกแบบวงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า (Lightning Impulse Voltage) และแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตช์ซิ่ง (Switching Impulse Voltage)

1.2.2 เพื่อศึกษารูปคลื่นของแรงดันอิมพัลส์แบบรูปคลื่นฟ้าผ่า (Lightning Impulse Voltage) และแบบสวิตช์ซิ่ง (Switching Impulse Voltage)

1.2.3 เพื่ออาจจะใช้เป็นสื่อการเรียนรู้ในรายวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง (High Voltage Engineering)

1.3 ขอบข่ายของโครงการ

1.3.1 สร้างวงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์แบบรูปคลื่นฟ้าผ่าและแบบสวิตช์ซิ่ง

1.3.2 ทำการวัดค่าแรงดัน รูปคลื่นที่เกิดขึ้น และนำมาวิเคราะห์

1.3.3 เปรียบเทียบรูปคลื่นที่ได้จากการทดลองกับผลการจำลองรูปคลื่นเพื่อให้สอดคล้องกับทฤษฎี

1.4 ขั้นตอนของการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับวงจรพื้นฐานของเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า (Lightning Impulse Voltage) และวงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตช์ซิ่ง (Switching Impulse Voltage)

1.4.2 สร้างวงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า (Lightning Impulse Voltage) และวงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตช์ซิ่ง (Switching Impulse Voltage)

1.4.3 ทำการทดสอบแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า (Lightning Impulse Voltage) และแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตช์ซิ่ง (Switching Impulse Voltage)

1.4.4 สรุปผลการทดลองและจัดทำรูปเล่มโครงการ

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 สามารถเข้าใจหลักการของวงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า (Lightning Impulse Voltage) และแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตซ์ซิ่ง (Switching Impulse Voltage)

1.6.2 สามารถวิเคราะห์รูปคลื่นของแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า (Lightning Impulse Voltage) และแบบสวิตซ์ซิ่ง (Switching Impulse Voltage) ได้

1.6.3 อาจสามารถนำโครงการนี้ไปใช้ป็นสื่อในการเรียนรู้และการพัฒนาทางวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง (High Voltage Engineering) ได้

1.7 งบประมาณของโครงการ

1.7.1 ค่าวัสดุอุปกรณ์	เป็นเงิน	1,000 บาท
1.7.2 ค่าถ่ายเอกสารพร้อมเข้าเล่ม	เป็นเงิน	1,000 บาท
1.7.3 ค่าวัสดุอื่น ๆ	เป็นเงิน	- บาท
	รวมเป็นเงินทั้งสิ้น	2,000 บาท
		(สองพันบาทถ้วน)

หมายเหตุ (ถ้าเฉลี่ยทุกรายการ)



บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐานที่นำมาใช้

แรงดันอิมพัลส์เป็นแรงดันที่มีรูปคลื่นเลียนแบบมาจากแรงดันที่เกิดจากเหตุภายนอก คือ เกี่ยวข้องกับฟ้าผ่า เรียกว่าแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า และแรงดันที่เกิดขึ้นจากสาเหตุภายในระบบส่งจ่ายเอง คือ เกิดจากการทำงานของสวิตช์หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์เมื่อมีความผิดปกติเกิดขึ้นในระบบ เรียกว่าแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตช์ซึ่ง ความมุ่งหมายของการสร้างแรงดันอิมพัลส์ขึ้นในห้องทดลองก็เพื่อที่จะนำไปทดสอบอุปกรณ์ต่าง ๆ ก่อนที่จะนำไปใช้งานเพื่อดูว่าทนต่อแรงดันเกินเหล่านี้ได้ไหม ความคงทนต่อแรงดันหรือความเครียดสนามไฟฟ้าอิมพัลส์ของฉนวนมิใช่ขึ้นอยู่กับขนาดแรงดันสูงสุดเท่านั้น หากแต่ยังขึ้นอยู่กับการแปรของแรงดัน ไปตามเวลาอีกด้วย ฉะนั้นเพื่อสะดวกต่อการเปรียบเทียบผลการทดสอบ จึงมีการนำรูปคลื่นอิมพัลส์ให้เป็นมาตรฐานขึ้น โดยยึดถือเอารูปคลื่นที่เกิดขึ้นจริงตามธรรมชาติเป็นเกณฑ์

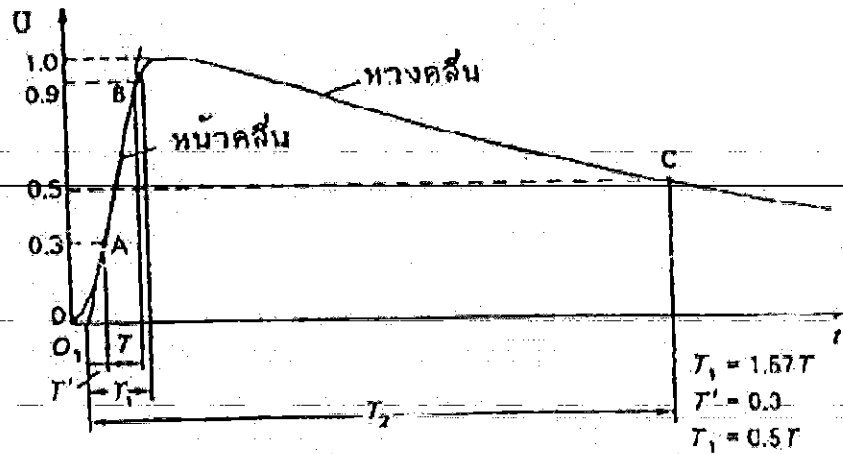
รูปลักษณะของคลื่นอิมพัลส์อาจกำหนดด้วย

1. ขนาดแรงดัน
2. ขั้วแรงของแรงดันอาจจะเป็นบวกหรือเป็นลบก็ได้เมื่อเทียบกับดิน
3. เวลาช่วงคลื่น T_1 หมายถึงช่วงเวลาที่แรงดันเริ่มเพิ่มขึ้นจากศูนย์จนถึงค่ายอด
4. เวลาช่วงหางคลื่น T_2 หมายถึงช่วงเวลาดังแต่แรงดันเริ่มเพิ่มขึ้นจากศูนย์ผ่านค่ายอดจนกระทั่งขนาดลดลงเหลือครึ่งหนึ่งของค่ายอด

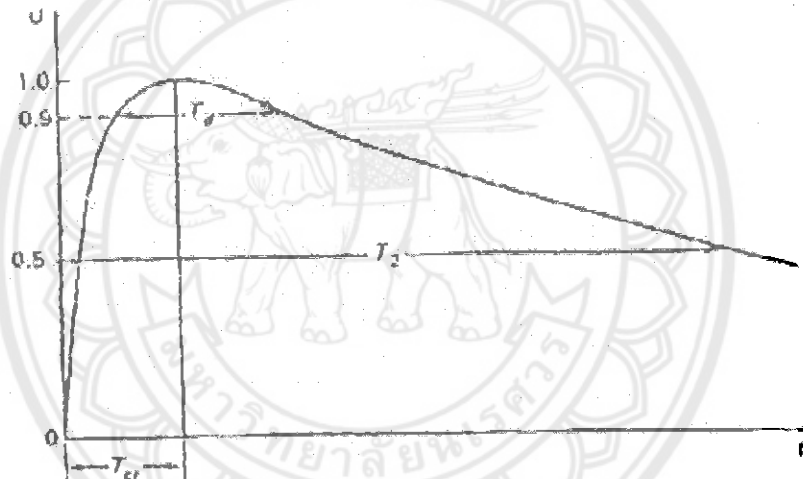
ถ้าต้องการทราบว่าแรงดันอิมพัลส์ที่สร้างขึ้นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานกำหนดหรือไม่ ให้หาค่า T_1 , T_2 หรือ T_c โดยวิธีที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.1 ว่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดต่อไปนี้หรือไม่ คือ

$$\text{เวลาช่วงหน้าคลื่น } T_1 = 1.2 \mu\text{Sec} \pm 30 \%$$

$$\text{เวลาช่วงหางคลื่น } T_2 = 50 \mu\text{Sec} \pm 20 \%$$



รูปที่ 2.1 รูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า



รูปที่ 2.2 รูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตซ์ซิ่ง

ในรูปที่ 2.2 แสดงถึงรูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตซ์ซิ่ง ซึ่งแตกต่างไปจากแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่าก็คือ ช่วงหน้าคลื่นจะยาวกว่า ความหมายของเวลาช่วงหางคลื่น T_2 จะมีนิยามเหมือนแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า ส่วนเวลาของช่วงหน้าคลื่นจะกำหนดเป็น T_{cr} ซึ่งหมายถึง ช่วงเวลาที่นับจากจุดที่แรงดันเริ่มจากศูนย์จริงไปจนถึงเวลาที่แรงดันเพิ่มขึ้นถึงค่ายอด รูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตซ์ซิ่ง โดยทั่วไปจะมีรูปคลื่น 250/2500 μSec และกำหนดให้มีความคลาดเคลื่อนได้อยู่ในเกณฑ์ดังนี้

$$T_{cr} = 250 \mu\text{sec} \pm 20\%$$

$$T_2 = 2500 \mu\text{sec} \pm 60\%$$

2.1 เครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์

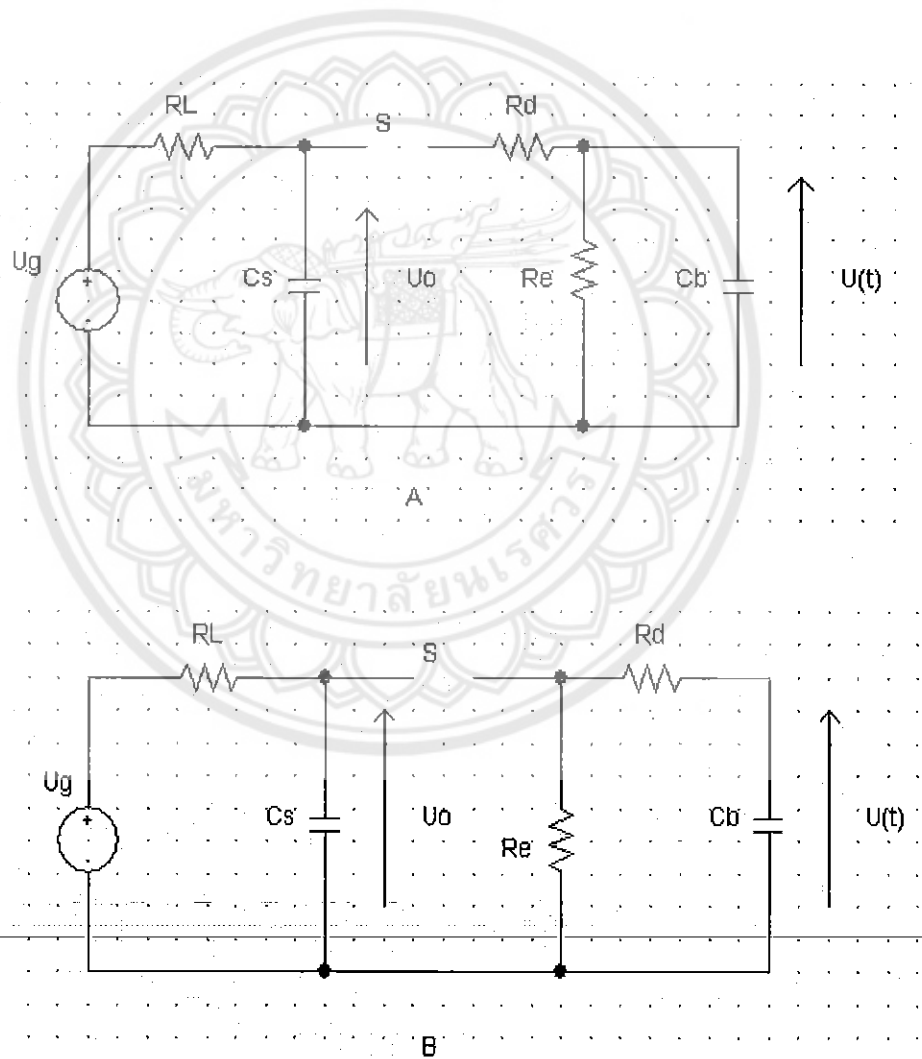
แรงดันอิมพัลส์อาจสร้างขึ้นโดยอาศัยวงจรทรานเซียน RC หรือวงจรทรานเซียน RLC โดยทั่วไปแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟาด่าที่สร้างขึ้นใช้กันมากมักได้จากวงจร RC โดยอาศัยหลักการ

อัดประจุให้กับตัวเก็บประจุถึงค่าแรงดันที่ต้องการ ($U = \frac{Q}{C}$) แล้วปล่อยให้คายประจุหรือดีสชาร์จผ่านวงจร RC ที่สามารถปรับค่าคงตัวเวลาให้ได้รูปคลื่นตามต้องการได้

2.2 วงจรพื้นฐานของเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์

วงจรพื้นฐานที่ใช้สร้างแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟาด่ามี 2 แบบดังแสดงในรูปที่ 2.3 (A และ

B)



รูปที่ 2.3 วงจรพื้นฐานของเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์

ความหมายในรูปวงจร A และ B

U_g = แรงดันกระแสตรงของตัวจ่าย

U_o = แรงดันอัดประจุกระแสตรง

C_s = ตัวเก็บประจุอิมพัลส์เป็นตัวเก็บพลังงาน

C_b = โหลดตัวเก็บประจุ (รวมทั้งความจุไฟฟ้าของอุปกรณ์เครื่องวัดและอื่น ๆ)

R_L = ความต้านทานจำกัดกระแสอัดประจุ

R_d = ความต้านทานหน่วง

R_e = ความต้านทานปล่อยประจุ

$U_{(t)}$ = แรงดันอิมพัลส์ที่ได้แปรไปตามเวลา

S = สปาร์กแกป

หน้าที่ของส่วนประกอบในวงจร คือ แรงดันกระแสตรง U_g เป็นตัวป้อนแรงอัดประจุให้กับตัวเก็บประจุอิมพัลส์ จนกระทั่งได้แรงดันที่ต้องการ U_o การอัดประจุนี้จะผ่านความต้านทาน R_L ค่าแรงดันอัดประจุได้ U_o นี้ขึ้นอยู่กับระยะห่างของสปาร์กแกป S ที่ปรับได้ เพื่อให้สามารถสร้างแรงดันอิมพัลส์ได้มากขึ้นตามต้องการ

ส่วนนี้เป็นประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ นั่นคือ

$$\text{ประสิทธิภาพของวงจร } \eta = \frac{U}{U_o} \leq \frac{C_s}{C_s + C_b}$$

พลังงานของเครื่องกำเนิดขึ้นอยู่กับค่าความจุไฟฟ้า C_s และแรงดันอัดประจุ U_o ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$\begin{aligned} W &= \frac{1}{2} C_s U_o^2 \\ &= \frac{1}{2} C_s U_o^2 \times 10^{-9} \quad \text{KJ} \end{aligned}$$

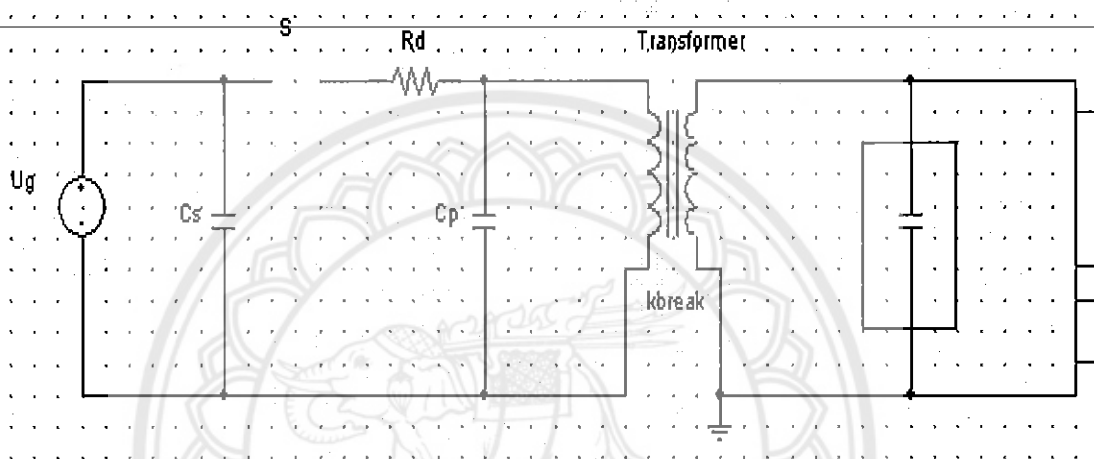
เมื่อ W คือ พลังงานอัดประจุเป็น KJ

C_s คือ ความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุเป็น pF

2.3 การสร้างแรงดันอิมพัลส์สวิตซ์ซิ่ง

การสร้างแรงดันอิมพัลส์สวิตซ์ซิ่งโดยทั่วไปจะใช้วงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า ดังที่กล่าวมาแล้ว เพียงแต่ปรับค่าองค์ประกอบวงจร R_d , R_e ให้ได้รูปคลื่นตามที่กำหนด

แรงดันอิมพัลส์สวิตซ์ซิ่งอาจสร้างด้วยวิธีอื่น ตัวอย่างเช่น ได้จากการป้อนแรงดันอิมพัลส์ให้กับหม้อแปลงทดสอบด้านแรงต่ำ จะได้แรงดันอิมพัลส์สวิตซ์ซิ่งออกทางด้านแรงสูงของหม้อแปลงทดสอบดังกล่าวในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 วงจรสร้างแรงดันอิมพัลส์สวิตซ์ซิ่งด้วยหม้อแปลงทดสอบ

ในรูปวงจรเมื่อตัวเก็บประจุ C_s ได้รับแรงดันอัดประจุกระแสตรงตามที่ต้องการแล้วก็จะปล่อยประจุผ่าน R_d , C_p และขดลวดแรงต่ำของหม้อแปลงทดสอบ ซึ่งเป็นองค์ประกอบปรับรูปคลื่นส่วนหางคลื่นจะควบคุมด้วยความต้านทานของโวลเตจดิเวเตอร์ และค่าความเหนี่ยวนำสมมูล L_s ของหม้อแปลง ซึ่งประกอบเป็นวงจรรีโซแนนซ์แบบอนุกรมกับ C_s และค่าความจุไฟฟ้าของโหลด C_b เวลาช่วงหน้าคลื่นของแรงดันอิมพัลส์สวิตซ์ซิ่งอาจคำนวณได้จากสมการ

$$T_{cr} = \pi \sqrt{L_s C}$$

$$\text{เมื่อ } C = \frac{C_s C_b}{C_s + C_b}$$

วงจรแรงดันอิมพัลส์สวิตซ์ซิ่งดังกล่าวเหมาะสำหรับแรงดันที่มีช่วงหน้าคลื่นตั้งแต่ 100 μ s ขึ้นไป

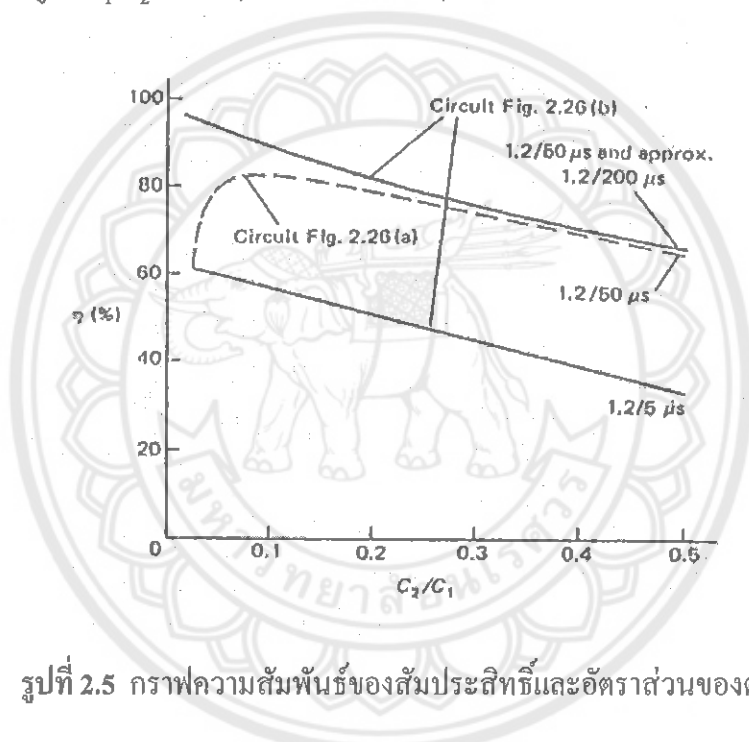
2.4 การออกแบบวงจรแรงดันอิมพัลส์

ขั้นตอนการออกแบบ มีดังนี้

1. กำหนดค่า C_b และ กำหนดค่า ประสิทธิภาพจากสมการที่ 2.1

$$\eta = \frac{\hat{U}}{U_o} \tag{2.1}$$

2. นำค่าประสิทธิภาพที่ได้ไปหาค่า C_b/C_s จากกราฟรูปที่ 2.5
3. เมื่อได้ค่า C_b/C_s จากนั้นเปรียบเทียบหาค่า C_s (ซึ่งค่า $C_s \gg C_b$)
4. คูค่า T_1/T_2 (1.2/50 μ S หรือ 250/2500 μ S) เพื่อเปิดตารางที่ 2.1 หาค่า $1/\alpha_1, 1/\alpha_2$



รูปที่ 2.5 กราฟความสัมพันธ์ของสัมประสิทธิ์และอัตราส่วนของตัวเก็บประจุ

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ของค่า T_1/T_2 กับค่า $1/\alpha_1, 1/\alpha_2$

T_1/T_2	K_1	K_2	$1/\alpha_1$ (μ S)	$1/\alpha_2$ (μ S)
1.2/5	1.44	1.49	3.47	0.805
1.2/50	0.73	2.96	68.5	0.405
1.2/200	0.70	3.15	286	0.381
250/2500	0.87	2.41	2875	104

5. นำค่า $C_b, C_s, \alpha_1, \alpha_2$ แทนค่าในสมการที่ 2.2 และ 2.3 เพื่อหาค่า R_e, R_d

$$R_e = \frac{1}{2(C_b + C_s)} \left[\left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} \right) + \sqrt{\left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} \right)^2 - \frac{4(C_b + C_s)}{\alpha_1 \alpha_2 C_b}} \right] \quad (2.2)$$

$$R_d = \frac{1}{2(C_b)} \left[\left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} \right) - \sqrt{\left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} \right)^2 - \frac{4(C_b + C_s)}{\alpha_1 \alpha_2 C_s}} \right] \quad (2.3)$$



บทที่ 3

วิธีการดำเนินการ

3.1 การคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ตามทฤษฎี

จากการที่ได้ศึกษาทฤษฎีและหลักการที่นำมาใช้กับโครงงานนี้ จากบทที่ผ่านมาสามารถนำมาสร้างเป็นโครงงานที่สามารถใช้งานได้จริง

โดยโครงงานนี้เป็นการศึกษาและออกแบบเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์โดยแบ่งการค้นคว้าออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนแรก เป็นการศึกษาและออกแบบสร้างวงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ทั้งแบบคลื่นฟัด้า และแบบสวิทซ์ซิ่ง และการหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในวงจร ในส่วนที่สองของการค้นคว้า คือการจำลองรูปคลื่นของวงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์โดยใช้โปรแกรม Pspice และการสร้างและติดตั้งอุปกรณ์ตัววงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ขึ้น และในส่วนสุดท้าย คือแสดงการเปรียบเทียบการจำลองผลรูปคลื่นเปรียบเทียบกับผลการทดลองจริง โดยแสดงผลรูปคลื่นที่เกิดขึ้นจากการทดลองจริงและผลการจำลองจากโปรแกรม สอดคล้องกับรูปคลื่นตามทฤษฎี

เมื่อได้ทำการศึกษาค้นคว้าตามทฤษฎีในส่วนของโครงงานนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ

3.1.1 การออกแบบวงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟัด้า ขั้นตอนการออกแบบ

กำหนดค่า $C_b = 0.2 \mu F$ และเลือกค่า $\eta = 0.7$

เมื่อนำไปเทียบกับกราฟรูปที่ 2.5 จะได้ค่า $C_b/C_s = 0.4$

$$\text{ดังนั้น } C_s = \frac{C_b}{0.4} = \frac{0.2 \mu}{0.4} = 0.5 \mu F$$

จากตารางที่ 2.1 รูปคลื่นฟัด้า (1.2/50 μS) จะได้ค่า $\frac{1}{\alpha_1}$ และ $\frac{1}{\alpha_2}$ ดังนี้

$$\frac{1}{\alpha_1} = 68.5 \quad , \quad \therefore \alpha_1 = \frac{1}{68.5} = 0.0146 Ms$$

$$\frac{1}{\alpha_2} = 0.405 \quad , \quad \therefore \alpha_2 = \frac{1}{0.405} = 2.4691 Ms$$

แทนค่าลงในสมการที่ 2.2 และ 2.3 เพื่อหาค่า R_e และ R_d

หาค่า R_e

$$\begin{aligned}
 R_e &= \frac{1}{2(C_b + C_s)} \left[\left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} \right) + \sqrt{\left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} \right)^2 - \frac{4(C_b + C_s)}{\alpha_1 \alpha_2 C_b}} \right] \\
 &= \frac{1}{2(0.2\mu + 0.5\mu)} \left((68.905\mu) + \sqrt{(68.905\mu)^2 - \frac{4(0.2\mu + 0.5\mu)}{(0.0146M)(2.4691M)(0.2\mu)}} \right) \\
 &= \frac{1}{1.4\mu} (68.905\mu + \mu\sqrt{(4747.90 - 388.36)}) \\
 &= \frac{1}{1.4\mu} (68.905\mu + 66.027\mu) \\
 &= 96.3770\Omega
 \end{aligned}$$

หาค่า R_d

$$\begin{aligned}
 R_d &= \frac{1}{2(C_b)} \left[\left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} \right) - \sqrt{\left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} \right)^2 - \frac{4(C_b + C_s)}{\alpha_1 \alpha_2 C_s}} \right] \\
 &= \frac{1}{2(0.2\mu)} \left((68.905\mu) - \sqrt{(68.905\mu)^2 - \frac{4(0.2\mu + 0.5\mu)}{(0.0146M)(2.4691M)(0.5\mu)}} \right) \\
 &= \frac{1}{0.4\mu} (68.905\mu - \mu\sqrt{(4747.90 - 155.34)}) \\
 &= \frac{1}{0.4\mu} (68.905\mu - 67.768\mu) \\
 &= 2.8454\Omega
 \end{aligned}$$

3.1.2 การออกแบบวงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์แบบสวิทช์ซิ่ง ขั้นตอนการออกแบบ

กำหนดค่า $C_b = 2 \mu\text{F}$ และเลือกค่า $\eta = 0.70$

เมื่อนำไปเทียบกับกราฟรูปที่ 2.5 จะได้ค่า $C_b/C_s = 0.4$

$$\text{ดังนั้น } C_s = \frac{C_b}{0.4} = \frac{2\mu}{0.4} = 5\mu\text{F}$$

จากตารางที่ 2.1 รูปคลื่นแบบสวิทช์ซิ่ง (250/2500 μs) จะได้ค่า $\frac{1}{\alpha_1}$ และ $\frac{1}{\alpha_2}$ ดังนี้

$$\frac{1}{\alpha_1} = 2875, \quad \therefore \alpha_1 = \frac{1}{2875} = 347.8260\text{s}$$

$$\frac{1}{\alpha_2} = 104, \quad \therefore \alpha_2 = \frac{1}{104} = 9.6154\text{Ks}$$

แทนค่าลงในสมการที่ 2.2 และ 2.3 เพื่อหาค่า R_e และ R_d

หาค่า R_e

$$\begin{aligned} R_e &= \frac{1}{2(C_b + C_s)} \left[\left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} \right) + \sqrt{\left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} \right)^2 - \frac{4(C_b + C_s)}{\alpha_1 \alpha_2 C_b}} \right] \\ &= \frac{1}{2(2\mu + 5\mu)} \left((2979\mu) + \sqrt{\left((2979\mu)^2 - \frac{4(2875\mu)(104\mu)(2\mu + 5\mu)}{(2\mu)} \right)} \right) \\ &= \frac{1}{14\mu} (2979\mu + \mu \sqrt{(8874441 - 4185994.349)}) \\ &= \frac{1}{14\mu} (2979\mu + 2165.2821\mu) \\ &= 367.4486\Omega \end{aligned}$$

หาค่า R_d

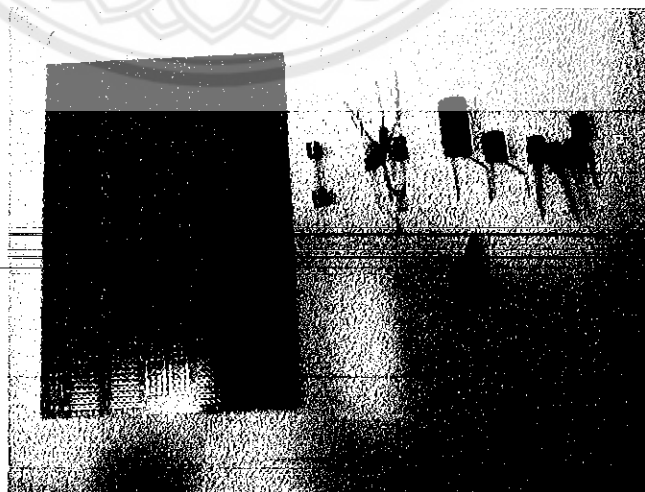
$$\begin{aligned}
 R_d &= \frac{1}{2(C_b)} \left[\left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} \right) - \sqrt{\left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} \right)^2 - \frac{4(C_b + C_s)}{\alpha_1 \alpha_2 C_s}} \right] \\
 &= \frac{1}{2(2\mu)} \left((2979\mu) - \sqrt{\left((2979\mu)^2 - \frac{4(2875\mu)(104\mu)(2\mu + 5\mu)}{5\mu} \right)} \right) \\
 &= \frac{1}{4\mu} (2979\mu - \mu\sqrt{(8874441 - 1674400)}) \\
 &= \frac{1}{4\mu} (2979\mu - 2683.2892\mu) \\
 &= 73.9277\Omega
 \end{aligned}$$

3.2 การสร้างตัววงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์

การสร้างตัววงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ในโครงการนี้จะมุ่งไปที่การใช้ค่าตัวเก็บประจุ และค่าความต้านทานที่คำนวณได้ให้สอดคล้องกับอุปกรณ์ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด ดังนั้นเราจึงต้องทำการเลือกค่าตัวเก็บประจุและค่าความต้านทานให้เหมาะสม มาสร้างตัววงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์

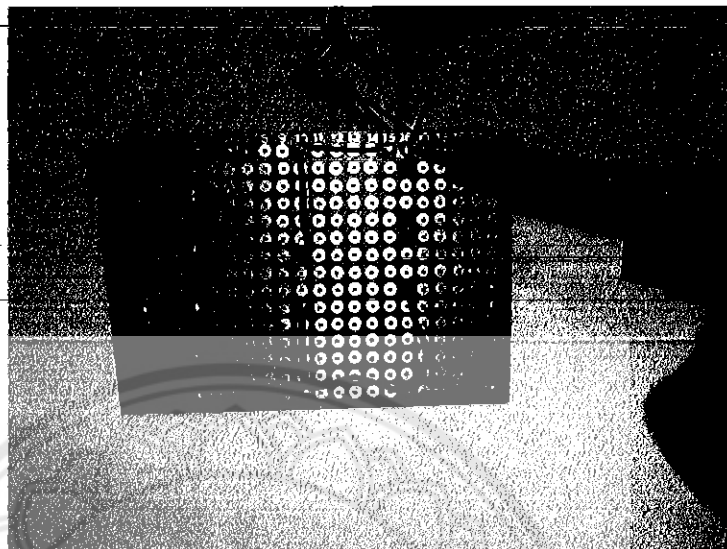
ขั้นตอนการสร้างตัววงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า

1. ศึกษารายละเอียดของวงจรและเตรียมอุปกรณ์ที่จะนำมาสร้างวงจรได้แก่ ตัวเก็บประจุ, ตัวต้านทาน, ฟิวส์, สวิตช์ 3 ทาง, และแผ่นปริ้นสำเร็จรูป ตามรูปที่ 3.1 เพื่อทราบถึงการทำงานของวงจรและทราบถึงอุปกรณ์ที่จะใช้ในวงจรที่จะสร้าง



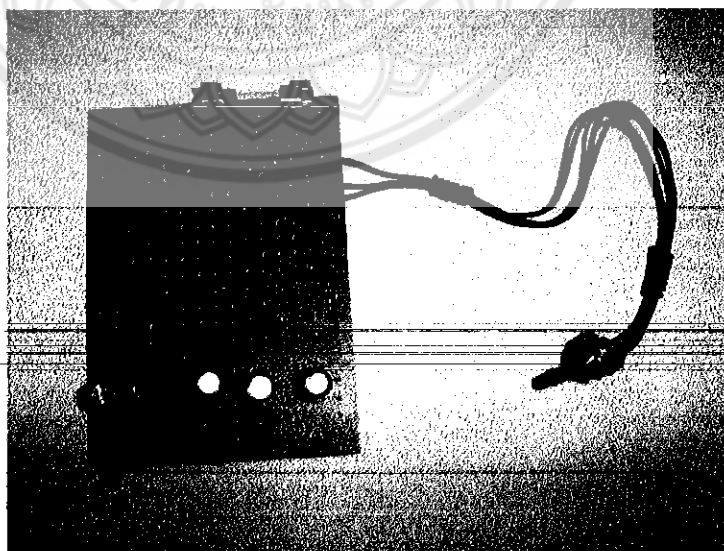
รูปที่ 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจร

2. ทำการวางอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ตัวเก็บประจุ, ตัวต้านทาน, ฟิล์ม และสวิตช์ 3 ทาง ลงบนแผ่น ปรีนสำเร็จรูป แล้วบัดกรีด้วยตะกั่ว ดังรูปที่ 3.2



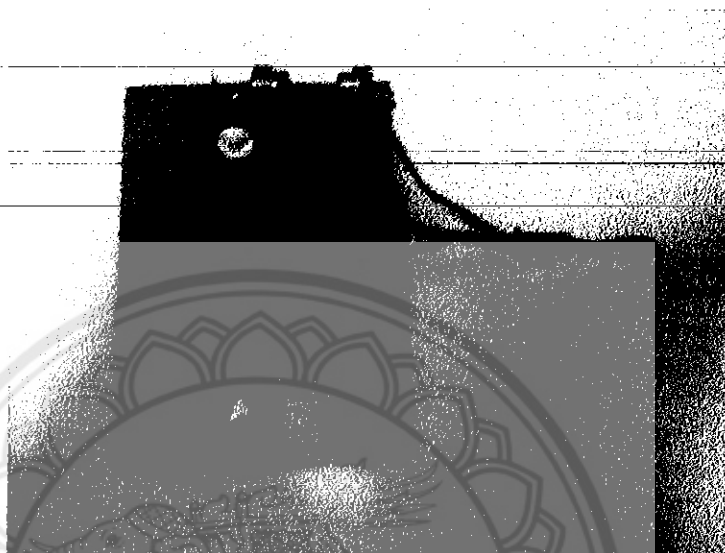
รูปที่ 3.2 การวางอุปกรณ์และการบัดกรีอุปกรณ์ลงในแผ่นปรีน

3. ตรวจสอบวงจรเพื่อความถูกต้องและความปลอดภัยต่ออุปกรณ์ในเรื่องของการลัดวงจร เมื่อเสร็จแล้วจะได้ตัววงจรดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ตัววงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอินพัลส์รูปคลื่นไฟฟ้าที่สร้างเสร็จแล้ว

ส่วนขั้นตอนของการสร้างตัววงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นแบบสวิตช์ซึ่งนั้นก็ทำเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 1, 2 และ 3 แต่เปลี่ยนค่าของตัวเก็บประจุและตัวต้านทานตามค่าที่ได้จากการคำนวณ เมื่อเสร็จแล้วจะได้ตัววงจรลักษณะเช่นเดียวกับตัววงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ตัววงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นแบบสวิตช์ซึ่งที่สร้างเสร็จแล้ว

3.3 การนำวงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ที่สร้างขึ้นไปทดสอบ

หลังจากที่ทำการสร้างวงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ทั้งสองแบบตามขั้นตอน และ ทฤษฎีแล้ว จากนั้นทำการทดสอบวงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์โดยการต่อแหล่งจ่ายและสโคปเข้ากับวงจร เมื่อจ่ายไฟจากแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 220 โวลต์ ให้กับวงจร จากนั้นสับสวิตช์เพื่อให้แหล่งจ่ายชาร์จประจุให้กับ C_s แล้วสับสวิตช์เพื่อตัดแหล่งจ่ายพร้อมๆ กับที่ แรงดันตกคร่อมจาก C_s ชาร์จประจุให้กับ C_b โดยผ่านความต้านทาน R_b จนกระทั่งแรงดันตกคร่อมจาก C_s หดไป แรงดันตกคร่อม C_b จะคายประจุผ่านตัวต้านทาน R_b เกิดเป็นรูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์ ปรากฏบน หน้าจอของสโคปดังรูป 3.5



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการสับสวิตช์เพื่อจับรูปคลื่นนำไปวิเคราะห์

เนื่องจากขั้นตอนในการชาร์จประจุและคายประจุ เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้รูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์ปรากฏบนหน้าจอสโคปอย่างรวดเร็วเช่นกัน ดังนั้นการจับรูปคลื่นต้องกดปุ่มที่เป็นตัวจับรูปคลื่น (Start/stop) ให้พร้อมกับการสับสวิตช์

หลังจากที่ได้รูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์แล้วก็นำไปขยายดูช่วงหน้าคลื่นและหลังคลื่นดังรูป 3.6 และ 3.7 เพื่อวิเคราะห์ผลต่อไป



รูปที่ 3.6 การขยายรูปคลื่นเพื่อดูช่วงเวลาหน้าคลื่น



รูปที่ 3.7 การขยายรูปคลื่นเพื่อดูช่วงเวลาหลังคลื่น



บทที่ 4

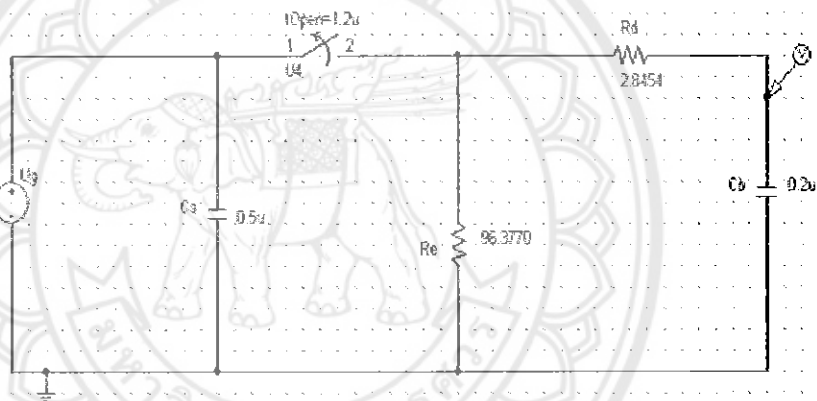
ผลการวิเคราะห์รูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์

4.1 การจำลองผลของวงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์โดยโปรแกรม PSpice

สิ่งที่จำเป็นต้องมีสำหรับการทดลอง คือ รูปคลื่นของวงจรที่ได้ออกมา ต้องเป็นไปตามทฤษฎีที่ได้กล่าวไว้ จึงทำการทดสอบค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณได้ลงในโปรแกรม เพื่อเป็นการจำลองรูปคลื่นที่ได้เปรียบเทียบกับรูปคลื่นตามทฤษฎี

4.1.1 การจำลองวงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่าและรูปคลื่นที่ได้

ทำการใส่ค่าพารามิเตอร์ตามที่คำนวณได้ตามหัวข้อที่ 3.1.1 ดังรูปที่ 4.1 และเมื่อทำการกด Simulate จะได้รูปคลื่นฟ้าผ่า ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 วงจรจำลองเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า

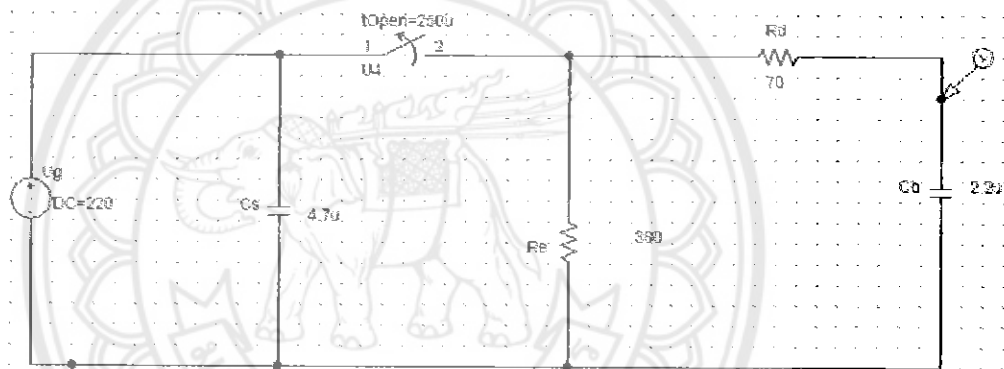


รูปที่ 4.2 ผลการจำลองรูปคลื่นฟ้าผ่า

จากการจำลองวงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ โดยโปรแกรม Pspice ผลที่ได้มีช่วงหน้าคลื่นเท่ากับ $1.7 \mu\text{s}$ และมีช่วงหลังคลื่นเท่ากับ $15.8 \mu\text{s}$ ซึ่งทฤษฎีที่กำหนดไว้ว่ารูปคลื่นของแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า คือมีช่วงหน้าคลื่นเท่ากับ $1.2 \mu\text{s} \pm 30\%$ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง $0.84\text{-}1.56 \mu\text{s}$ และมีช่วงหลังคลื่นเท่ากับ $50 \mu\text{s} \pm 20\%$ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง $40\text{-}60 \mu\text{s}$ ดังนั้นผลที่ได้มีช่วงหน้าคลื่นและมีช่วงหลังคลื่นที่ยังไม่เป็นไปตามทฤษฎี ซึ่งก็ต้องแก้ไขโดยการเพิ่มค่าความต้านทานตัวที่ควบคุมลักษณะของช่วงหลังคลื่นนั่นก็คือ R_c

4.1-2 การจำลองวงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์แบบสวิทช์ซิ่งและรูปคลื่นที่ได้

ทำการใส่ค่าพารามิเตอร์ตามอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างวงจรที่สามารถหาซื้อได้ และมีค่าใกล้เคียงกับการคำนวณตามหัวข้อที่ 3.1.2 มากที่สุด ดังรูปที่ 4.3 และเมื่อทำการกด Simulate จะได้รูปคลื่นแบบสวิทช์ซิ่ง ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.3 วงจรจำลองเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์แบบสวิทช์ซิ่ง



รูปที่ 4.4 ผลการจำลองรูปคลื่นสวิทช์ซิ่ง

จากการจำลองวงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์โดยโปรแกรม Pspice ผลที่ได้ มีช่วงหน้าคลื่นเท่ากับ 250 μs และมีช่วงหลังคลื่นเท่ากับ 780 μs ซึ่งทฤษฎีที่กำหนดไว้ว่ารูปคลื่นของแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตซ์ซิ่ง คือมีช่วงหน้าคลื่นเท่ากับ 250 $\mu\text{s} \pm 20\%$ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 200-300 μs และมีช่วงหลังคลื่นเท่ากับ 2500 $\mu\text{s} \pm 60\%$ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 1000-4000 μs ดังนั้นผลที่ได้นี้มีช่วงหน้าคลื่นที่เป็นไปตามทฤษฎี และมีช่วงหลังคลื่นที่ยังไม่เป็นไปตามทฤษฎี ซึ่งก็ต้องแก้ไขโดยการเพิ่มค่าความต้านทานตัวที่ควบคุมลักษณะของช่วงหลังคลื่นนั่นก็คือ R_6

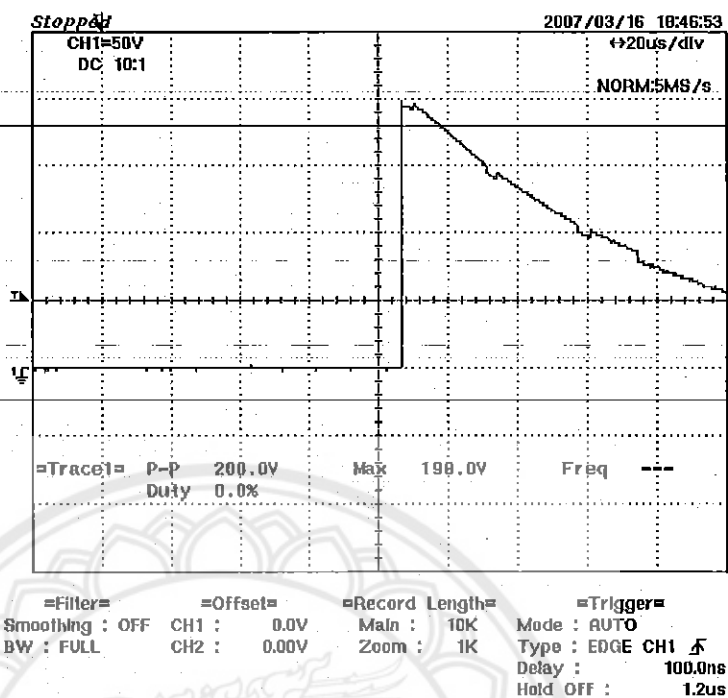
4.2 ผลการวิเคราะห์รูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์

หลักการการทำงานของโครงงานนี้ เป็นการวิเคราะห์หาขนาดแรงดัน และช่วงเวลาส่วนหน้าคลื่นและหลังคลื่นแล้วเปรียบเทียบกับทฤษฎี และผลของการจำลองโดยเมื่อจ่ายไฟ จากแหล่งจ่ายกระแสตรง (DC) ขนาด 220 โวลต์ เพื่อป้อนแรงดันอัดประจุให้กับตัวเก็บประจุอิมพัลส์ (C_1) จนกระทั่งได้แรงดันเท่ากับแหล่งจ่าย ซึ่งช่วงการทำงานในช่วงนี้ สวิตซ์จะทำหน้าที่ให้แหล่งจ่ายป้อนแรงดันอัดประจุให้กับตัวเก็บประจุอิมพัลส์ (C_1) จนมีแรงดันเท่ากับแหล่งจ่าย ต่อจากนั้นสวิตซ์จะทำหน้าที่ตัดแหล่งจ่ายออกจากวงจร แล้วปล่อยให้แรงดันที่คร่อมตัวเก็บประจุอิมพัลส์ (C_1) วิ่งไปคร่อมตัวต้านทาน (R_2) และคร่อมตัวเก็บประจุอิมพัลส์ (C_2) ประจุจะถ่ายทอดไปยังวัสดุทดสอบ ซึ่งก็คือตัวเก็บประจุอิมพัลส์ (C_2) การถ่ายทอดหรือปล่อยประจุนี้ จะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับตัวต้านทาน (R_2) และตัวเก็บประจุอิมพัลส์ (C_2) นับเป็นเวลาระยะหน้าคลื่น จึงสามารถกล่าวได้ว่าตัวต้านทาน (R_2) และตัวเก็บประจุอิมพัลส์ (C_2) นี้จะเป็นตัวกำหนดเวลาช่วงหน้าคลื่น และเมื่อถ่ายประจุให้กับตัวเก็บประจุอิมพัลส์ (C_2) จนเต็มที่แล้ว ประจุนี้ก็จะคายประจุหรือปล่อยประจุออกไปสู่ตัวต้านทาน (R_2) จึงกล่าวได้ว่าตัวต้านทาน (R_2) ทำหน้าที่ควบคุมเวลาช่วงหางคลื่น ถ้าตัวต้านทาน (R_2) มีค่าสูง ช่วงหางคลื่นก็จะมีค่ามากตามไปด้วย

4.2.1 ผลการวิเคราะห์รูปคลื่นฟ้าผ่า

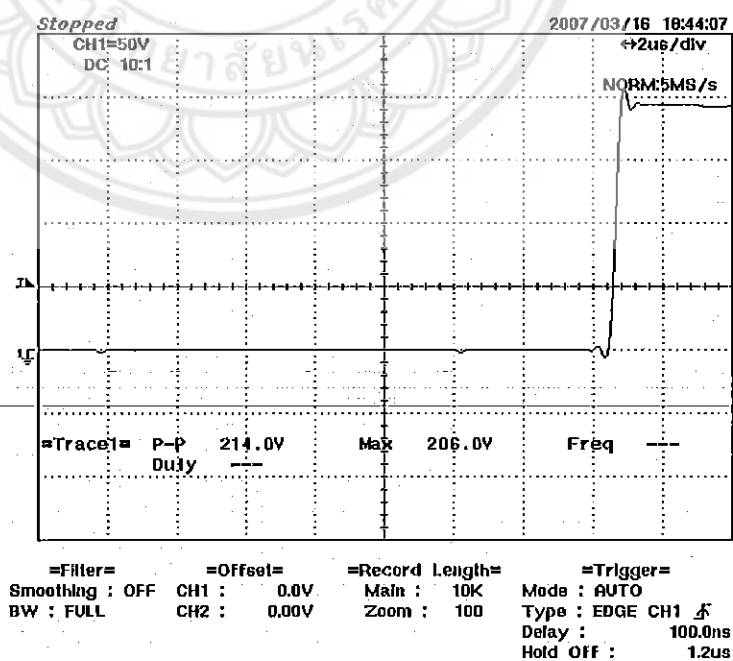
เมื่อวงจรกำเนิดแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่าถูกจ่ายไฟกระแสตรง (DC) ขนาด 220 โวลต์ จากแหล่งจ่าย เพื่อป้อนแรงดันอัดประจุให้กับตัวเก็บประจุอิมพัลส์ (C_1) จนกระทั่งได้แรงดันเท่ากับแหล่งจ่าย ทำการสับสวิตซ์ เพื่อให้ตัวเก็บประจุอิมพัลส์ (C_1) ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่าย และชาร์จประจุให้กับตัวเก็บประจุอิมพัลส์ (C_2) แล้วทำการวัดแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุอิมพัลส์ (C_2) ด้วยออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) จะได้รูปคลื่นฟ้าผ่าดังรูป

ผลการทดลองครั้งที่ 1



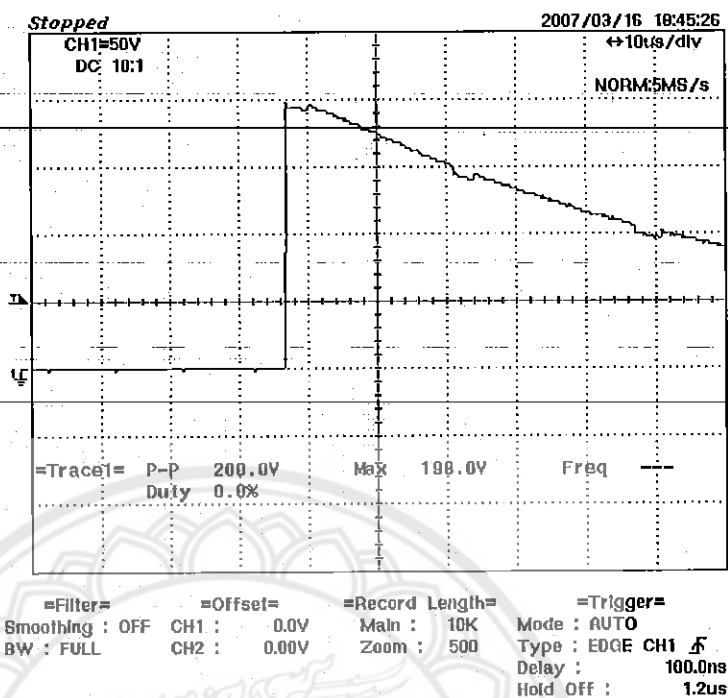
รูปที่ 4.5 รูปคลื่นไฟฟ้าจากการทดลองครั้งที่ 1

จากรูปที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าขนาดของแรงดันของรูปคลื่นไฟฟ้าเท่ากับ 198 โวลต์ ในส่วนของช่วงเวลานำคลื่นจะใช้เวลาเท่ากับ $1.0 \mu\text{s}$ ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ช่วงนำคลื่นการทดลองครั้งที่ 1 แบบขยาย

ส่วนช่วงเวลาหลังคลื่นจะใช้เวลาเท่ากับ $52.5 \mu\text{s}$ ดังรูปที่ 4.7

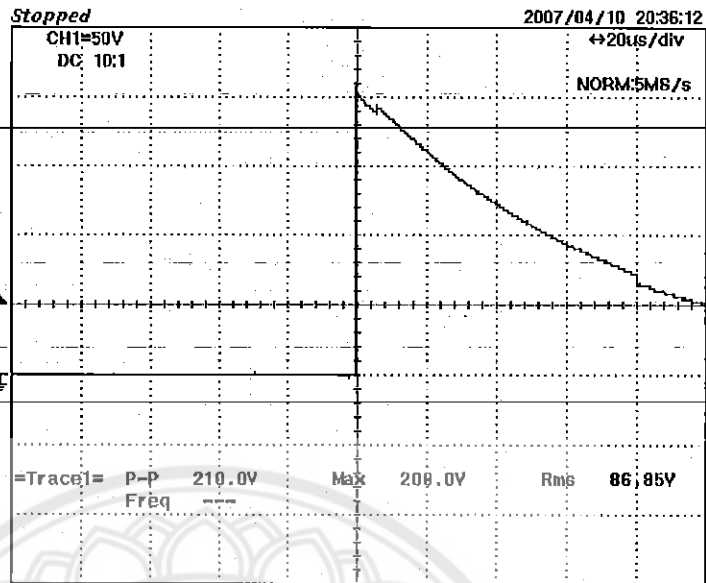


รูปที่ 4.7 ช่วงหลังคลื่นการทดลองครั้งที่ 1 แบบขยาย

และเมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาน้ำคลื่นและหลังคลื่น ที่ได้จากรูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.7 โดย
 เวลาช่วงน้ำคลื่นอยู่ในช่วงเวลา $1.0 \mu\text{s}$ และเวลาช่วงหลังคลื่นอยู่ในช่วงเวลา $52.5 \mu\text{s}$

กับทฤษฎีแล้วจะเห็นว่ารูปคลื่นไฟฟ้าที่ได้จากการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี โดยมีเวลาช่วง
 น้ำคลื่นอยู่ในช่วงเวลา $1.2 \mu\text{s} \pm 30\%$ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง $0.84-1.56 \mu\text{s}$ และเวลาช่วงหลังคลื่นอยู่ใน
 ช่วงเวลา $50 \mu\text{s} \pm 20\%$ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง $40-60 \mu\text{s}$

ผลการทดลองครั้งที่ 2

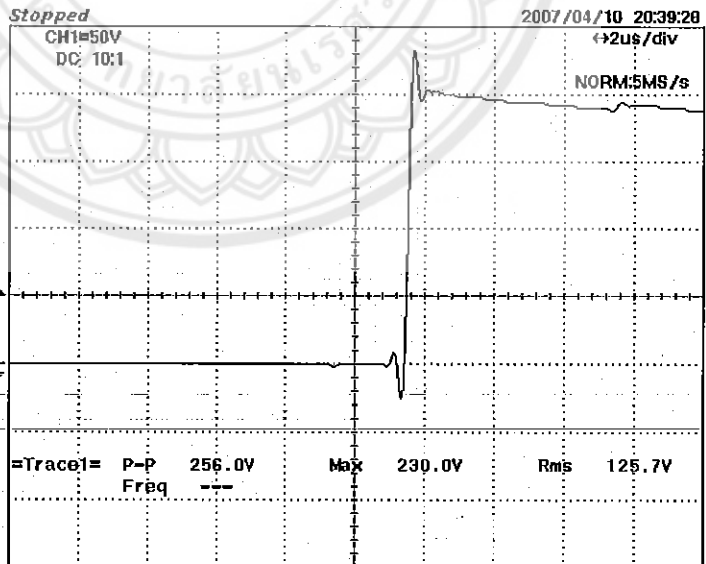


25.
838767
2549

=Filter= =Offset= =Record Length= =Trigger=
Smoothing : OFF CH1 : 0.0V Main : 10K Mode : AUTO
BW : FULL CH2 : 0.0V Zoom : 1K Type : EDGE CH1 \uparrow
Delay : 100.0ns
Hold Off : 1.2us

รูปที่ 4.8 รูปคลื่นไฟฟ้าจากการทดลองครั้งที่ 2

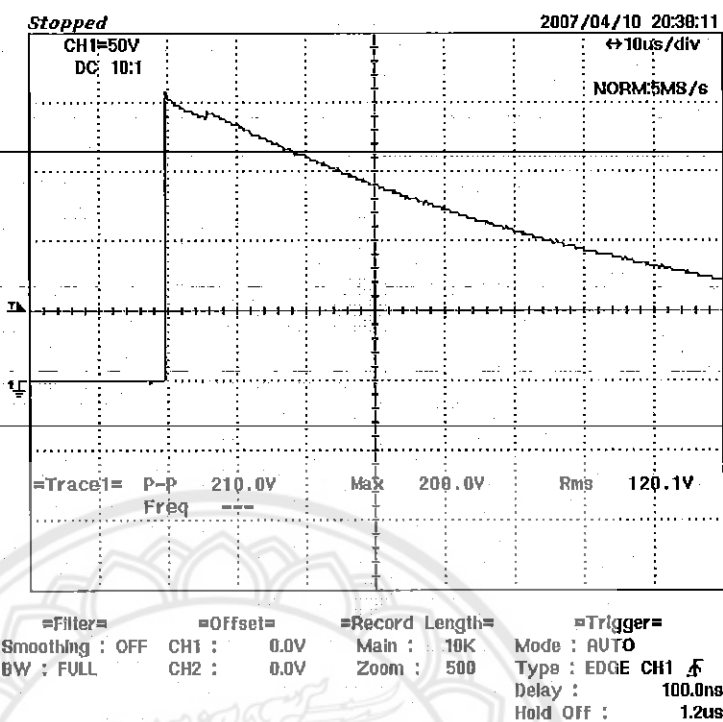
จากรูปที่ 4.8 จะเห็นได้ว่าขนาดของแรงดันของรูปคลื่นไฟฟ้าเท่ากับ 208 โวลต์ ในส่วนของช่วงเวลานำคลื่นจะใช้เวลาเท่ากับ 0.95 μ s ดังรูปที่ 4.9



=Filter= =Offset= =Record Length= =Trigger=
Smoothing : OFF CH1 : 0.0V Main : 10K Mode : AUTO
BW : FULL CH2 : 0.0V Zoom : 100 Type : EDGE CH1 \uparrow
Delay : 100.0ns
Hold Off : 1.2us

รูปที่ 4.9 ช่วงนำคลื่นการทดลองครั้งที่ 2 แบบขยาย

ส่วนช่วงเวลาลงหลังคลื่นจะใช้เวลาเท่ากับ $52 \mu\text{s}$ ดังรูปที่ 4.10

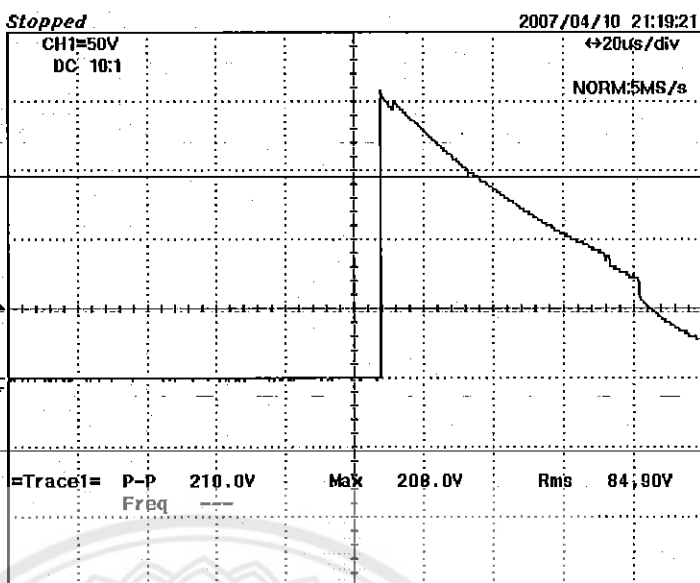


รูปที่ 4.10 ช่วงหลังคลื่นการทดลองครั้งที่ 2 แบบขยาย

และเมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาน้ำคลื่นและหลังคลื่น ที่ได้จากรูปที่ 4.9 และรูปที่ 4.10 โดย
เวลาช่วงน้ำคลื่นอยู่ในช่วงเวลา $0.95 \mu\text{s}$ และเวลาช่วงหลังคลื่นอยู่ในช่วงเวลา $52 \mu\text{s}$

กับทฤษฎีแล้วจะเห็นว่ารูปคลื่นฟ้าผ่าที่ได้จากการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี โดยมีเวลาช่วง
น้ำคลื่นอยู่ในช่วงเวลา $1.2 \mu\text{s} \pm 30\%$ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง $0.84\text{-}1.56 \mu\text{s}$ และเวลาช่วงหลังคลื่นอยู่ใน
ช่วงเวลา $50 \mu\text{s} \pm 20\%$ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง $40\text{-}60 \mu\text{s}$

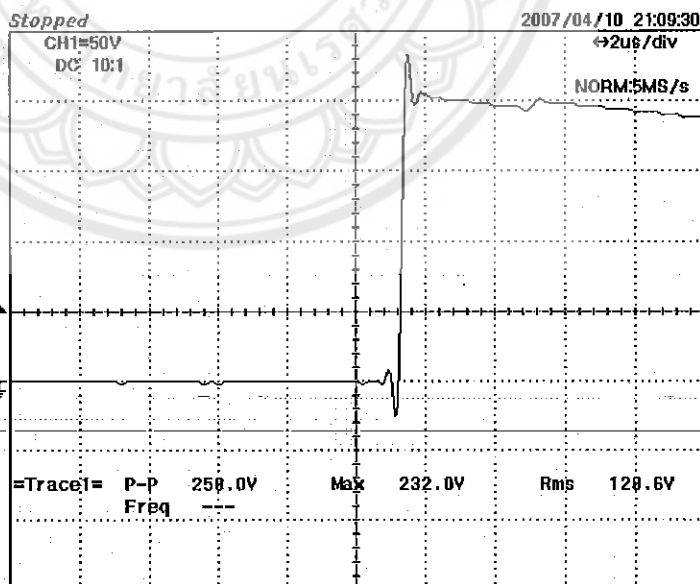
ผลการทดลองครั้งที่ 3



=Filter= =Offset= =Record Length= =Trigger=
 Smoothing : OFF CH1 : 0.0V Main : 10K Mode : AUTO
 BW : FULL CH2 : 0.0V Zoom : 1K Type : EDGE CH1
 Delay : 100.0ns
 Hold Off : 1.2us

รูปที่ 4.11 รูปคลื่นฟ้าผ่าการทดลองครั้งที่ 3

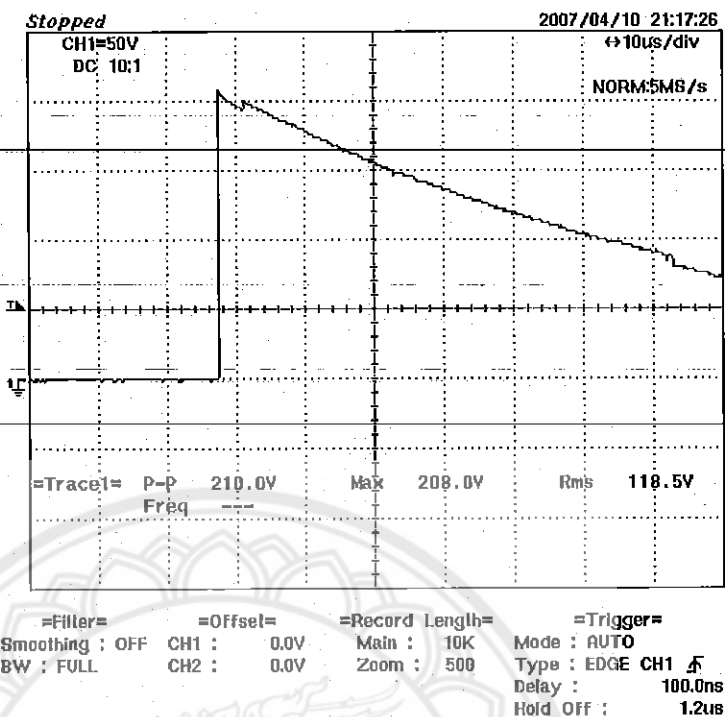
จากรูปที่ 4.11 จะเห็นได้ว่าขนาดของแรงดันของรูปคลื่นฟ้าผ่าเท่ากับ 208 โวลท์ ในส่วนของช่วงเวลานำคลื่นจะใช้เวลาเท่ากับ 0.9 μ s ดังรูปที่ 4.12



=Filter= =Offset= =Record Length= =Trigger=
 Smoothing : OFF CH1 : 0.0V Main : 10K Mode : AUTO
 BW : FULL CH2 : 0.0V Zoom : 100 Type : EDGE CH1
 Delay : 100.0ns
 Hold Off : 1.2us

รูปที่ 4.12 ช่วงนำคลื่นการทดลองครั้งที่ 3 แบบขยาย

ส่วนช่วงเวลาลงคลื่นจะใช้เวลาเท่ากับ $52.7 \mu\text{s}$ ดังรูปที่ 4.13

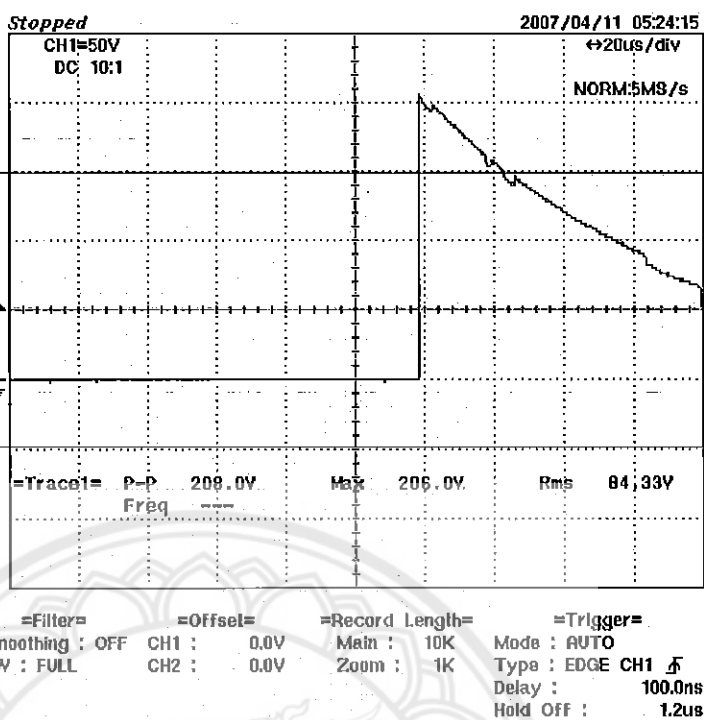


รูปที่ 4.13 ช่วงหลังคลื่นการทดลองครั้งที่ 3 แบบขยาย

และเมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลานำคลื่นและหลังคลื่น ที่ได้จากรูปที่ 4.12 และรูปที่ 4.13 โดยเวลาช่วงนำคลื่นอยู่ในช่วงเวลา $0.9 \mu\text{s}$ และเวลาช่วงหลังคลื่นอยู่ในช่วงเวลา $52.7 \mu\text{s}$

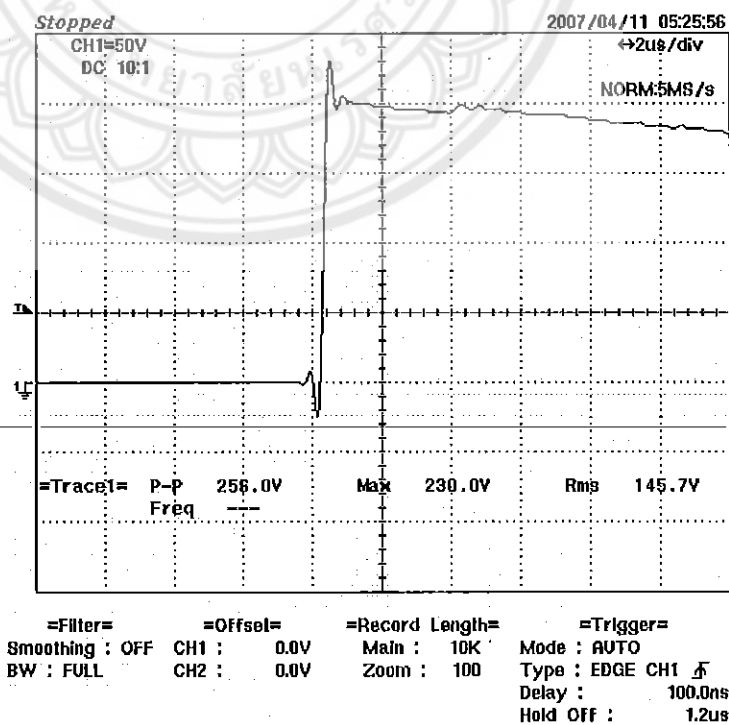
กับทฤษฎีแล้วจะเห็นว่ารูปคลื่นฟ้าผ่าที่ได้จากการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี โดยมีเวลาช่วงนำคลื่นอยู่ในช่วงเวลา $1.2 \mu\text{s} \pm 30\%$ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง $0.84-1.56 \mu\text{s}$ และเวลาช่วงหลังคลื่นอยู่ในช่วงเวลา $50 \mu\text{s} \pm 20\%$ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง $40-60 \mu\text{s}$

ผลการทดลองครั้งที่ 4



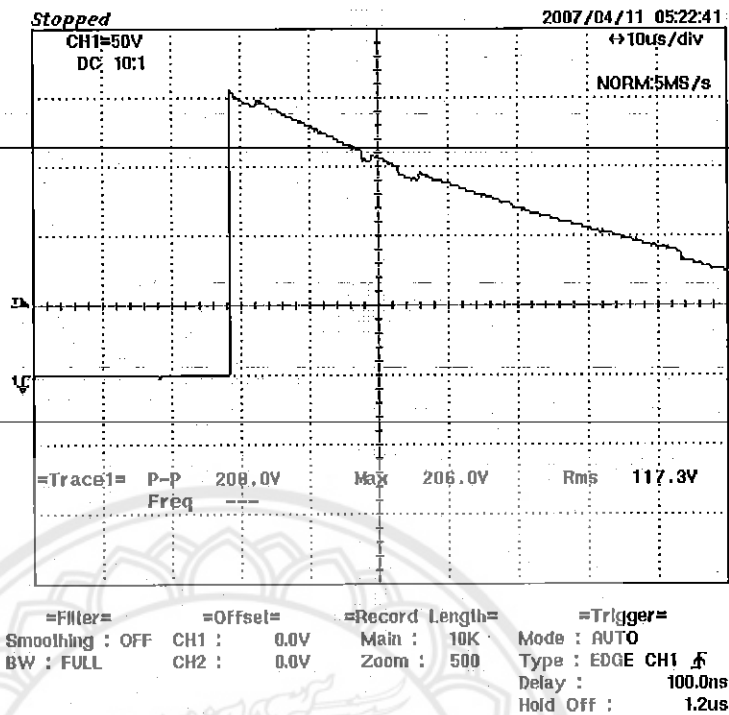
รูปที่ 4.14 รูปคลื่นไฟฟ้าจากการทดลองครั้งที่ 4

จากรูปที่ 4.14 จะเห็นได้ว่าขนาดของแรงดันของรูปคลื่นไฟฟ้าเท่ากับ 206 โวลต์ ในส่วนของช่วงเวลาน้ำคลื่นจะใช้เวลาเท่ากับ 0.9 μ s ดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 ช่วงหน้าคลื่นการทดลองครั้งที่ 4 แบบขยาย

ส่วนช่วงเวลาลงกลับจะใช้เวลาเท่ากับ 52.4 μs ดังรูปที่ 4.16

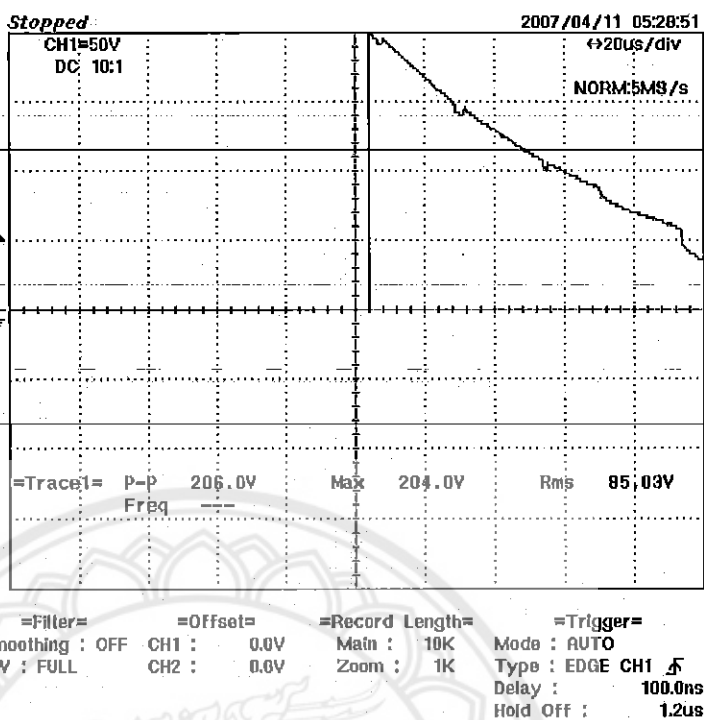


รูปที่ 4.16 ช่วงหลังคลื่นการทดลองครั้งที่ 4 แบบขยาย

และเมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาน้ำคลื่นและหลังคลื่น ที่ได้จากรูปที่ 4.15 และรูปที่ 4.16 โดยเวลาช่วงน้ำคลื่นอยู่ใน 0.9 μs และเวลาช่วงหลังคลื่นอยู่ในช่วงเวลา 52.4 μs

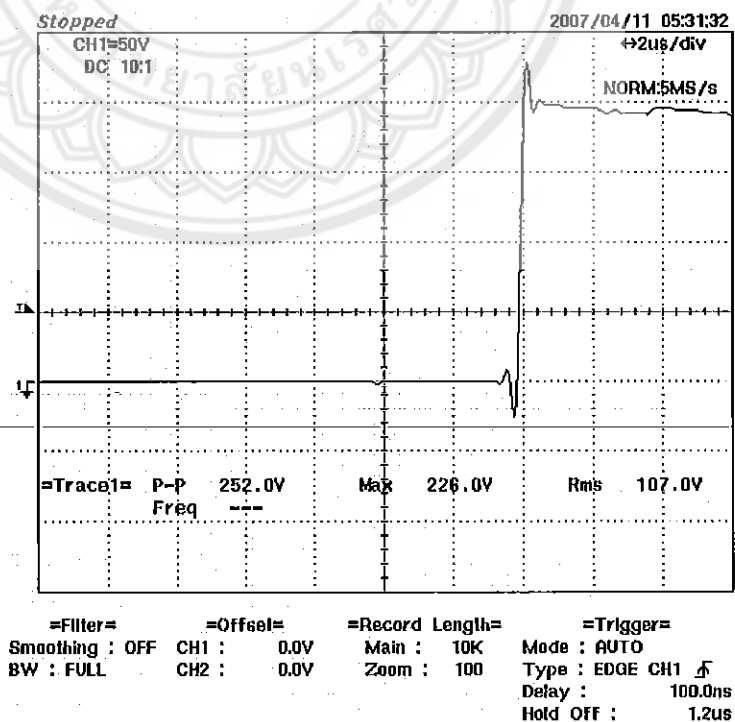
กับทฤษฎีแล้วจะเห็นว่ารูปคลื่นฟ้าผ่าที่ได้จากการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี โดยมีเวลาช่วงน้ำคลื่นอยู่ในช่วงเวลา $1.2 \mu\text{s} \pm 30\%$ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.84-1.56 μs และเวลาช่วงหลังคลื่นอยู่ในช่วงเวลา $50 \mu\text{s} \pm 20\%$ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 40- 60 μs

ผลการทดลองครั้งที่ 5



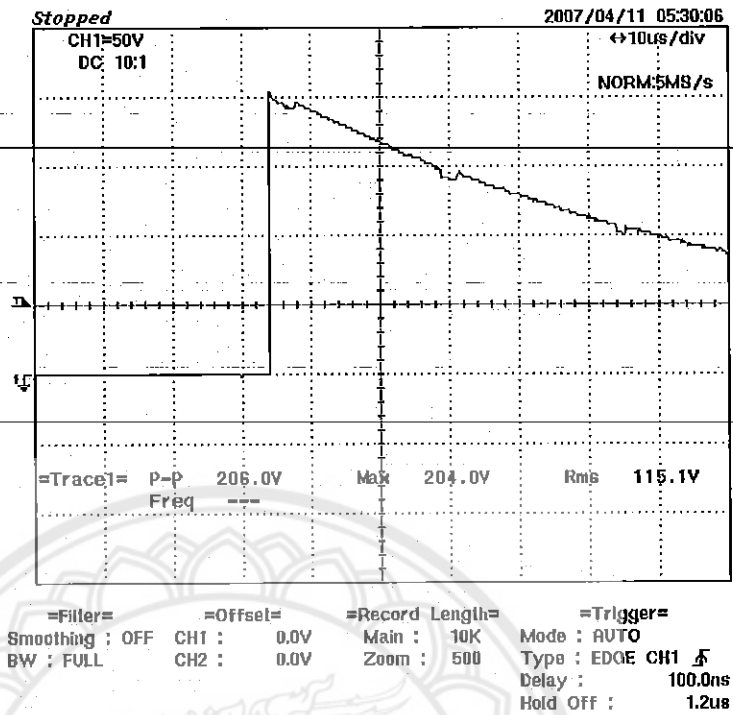
รูปที่ 4.17 รูปคลื่นฟ้าผ่าการทดลองครั้งที่ 5

จากรูปที่ 4.17 จะเห็นได้ว่าขนาดของแรงดันของรูปคลื่นฟ้าผ่าเท่ากับ 204 โวลต์ ในส่วนของช่วงเวลาหน้าคลื่นจะใช้เวลาเท่ากับ $0.9 \mu\text{s}$ ดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 ช่วงหน้าคลื่นการทดลองครั้งที่ 5 แบบขยาย

ส่วนช่วงเวลาหลังคลื่นจะใช้เวลาเท่ากับ $50 \mu\text{s}$ ดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 ช่วงหลังคลื่นการทดลองครั้งที่ 5 แบบขยาย

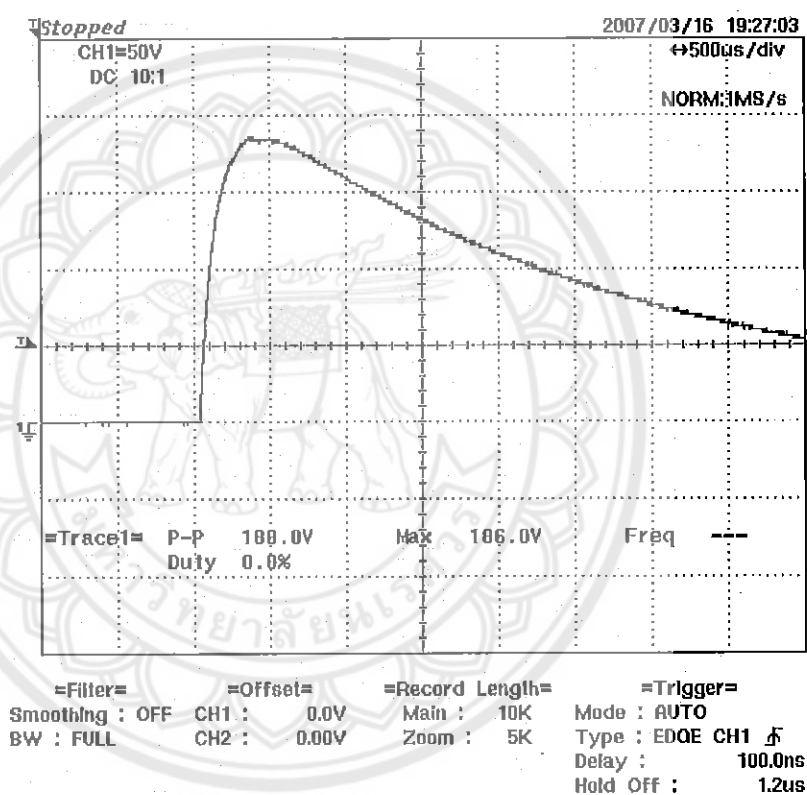
และเมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาน้ำคลื่นและหลังคลื่น ที่ได้จากรูปที่ 4.18 และรูปที่ 4.19 โดยเวลาช่วงน้ำคลื่นอยู่ในช่วงเวลา $0.9 \mu\text{s}$ และเวลาช่วงหลังคลื่นอยู่ในช่วงเวลา $50 \mu\text{s}$

กับทฤษฎีแล้วจะเห็นว่ารูปคลื่นไฟฟ้าที่ได้จากการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี โดยมีเวลาช่วงน้ำคลื่นอยู่ในช่วงเวลา $1.2 \mu\text{s} \pm 30\%$ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง $0.84-1.56 \mu\text{s}$ และเวลาช่วงหลังคลื่นอยู่ในช่วงเวลา $50 \mu\text{s} \pm 20\%$ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง $40-60 \mu\text{s}$

4.2.2 ผลการวิเคราะห์รูปคลื่นสวิตซ์ซิ่ง

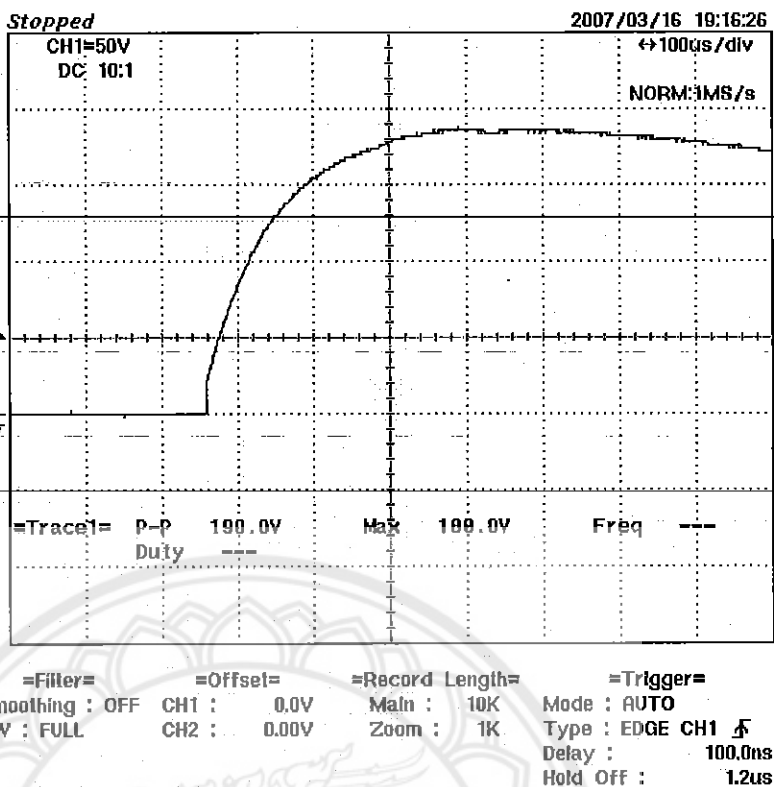
เมื่อวงจรกำเนิดแรงดันรูปคลื่นสวิตซ์ซิ่งถูกจ่ายไฟ จากแหล่งจ่ายกระแสตรง (DC) ขนาด 220 โวลต์ เพื่อป้อนแรงดันอัตรประจุให้กับตัวเก็บประจุอิมพัลส์ (C_1) จนกระทั่งได้แรงดันเท่ากับแหล่งจ่าย ทำการสับสวิตซ์ เพื่อให้ตัวเก็บประจุอิมพัลส์ (C_1) ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่าย และชาร์จประจุให้กับตัวเก็บประจุอิมพัลส์ (C_2) แล้วทำการวัดแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุอิมพัลส์ (C_2) ด้วยออสซิลอโคป (Oscilloscope) จะได้รูปคลื่นสวิตซ์ซิ่ง ดังรูป

ผลการทดลองครั้งที่ 1



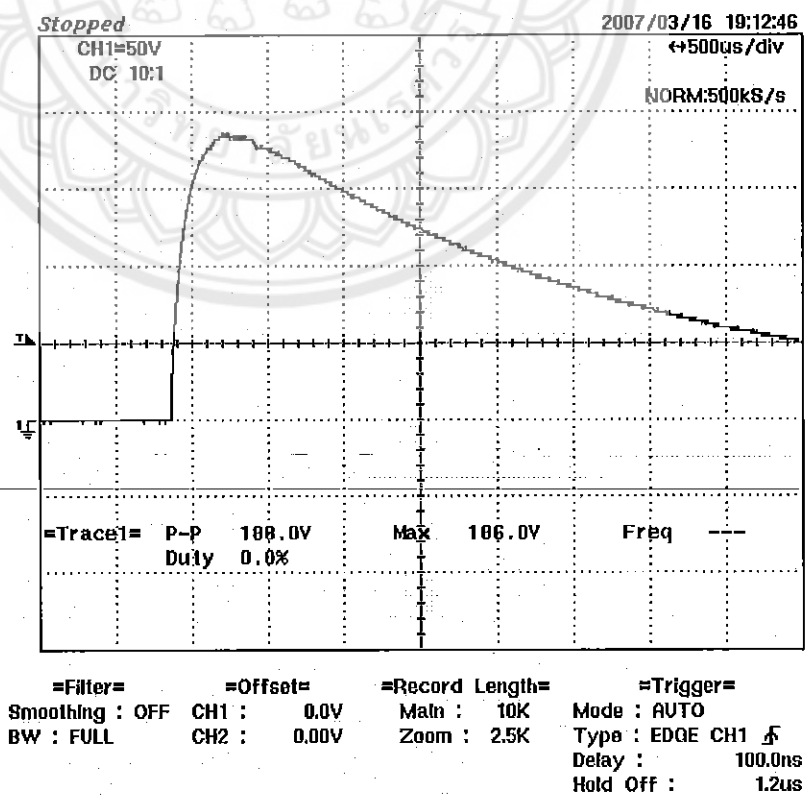
รูปที่ 4.20 รูปคลื่นสวิตซ์ซิ่งการทดลองครั้งที่ 1

จากรูปที่ 4.20 จะเห็นได้ว่าขนาดของแรงดันของรูปคลื่นสวิตซ์ซิ่งเท่ากับ 186 โวลต์ในส่วนของช่วงเวลาหน้าคลื่นจะใช้เวลาเท่ากับ 300 μ s ดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 ช่วงหน้าคลื่นการทดลองครั้งที่ 1 แบบขยาย

ส่วนช่วงเวลาหลังคลื่นจะใช้เวลาเท่ากับ 2440 μ S ดังรูปที่ 4.22

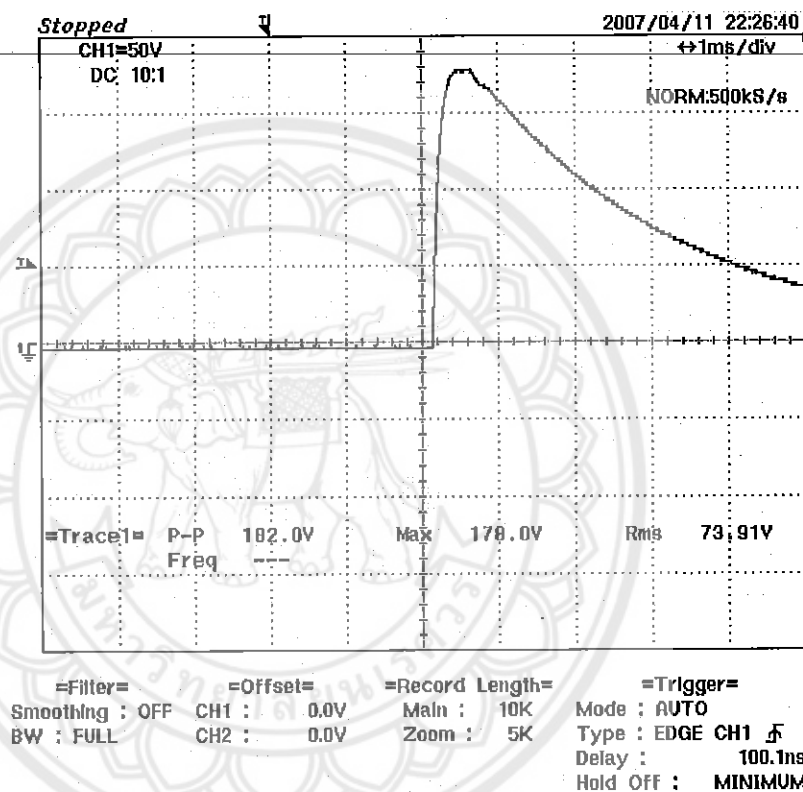


รูปที่ 4.22 ช่วงหลังคลื่นการทดลองครั้งที่ 1 แบบขยาย

และเมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาหน้าคลื่นและหลังคลื่น ที่ได้จากรูปที่ 4.21 และรูปที่ 4.22 โดยมีเวลาช่วงหน้าคลื่นอยู่ในช่วงเวลา 300 μs และเวลาช่วงหลังคลื่นอยู่ในช่วงเวลา 2440 μs

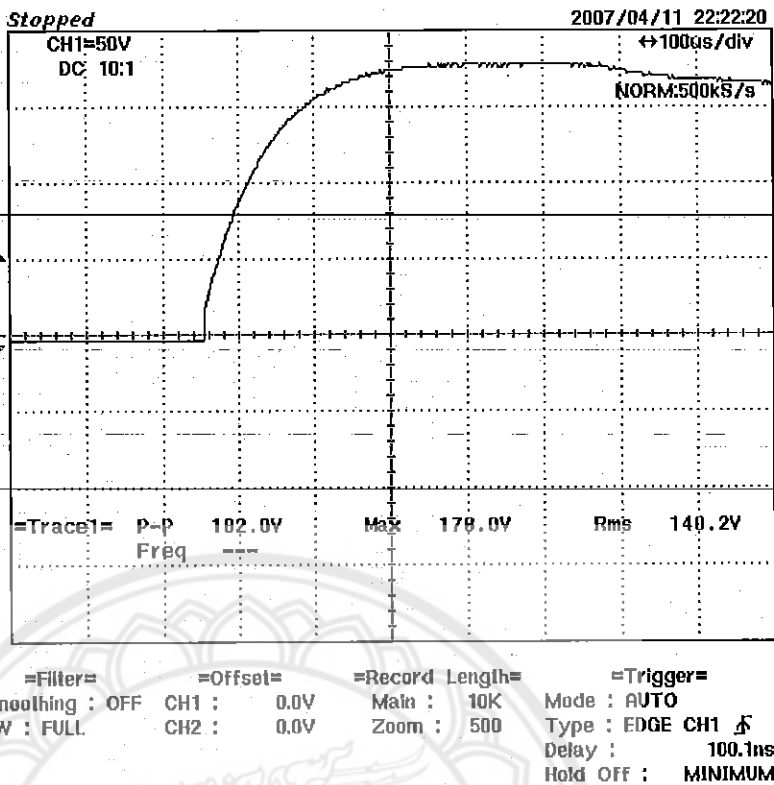
กับทฤษฎีแล้วจะเห็นว่ารูปคลื่นสวิตซ์ซึ่งที่ได้จากการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี โดยเวลาช่วงหน้าคลื่นอยู่ในช่วงเวลา $250 \mu\text{s} \pm 20\%$ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 200 - 300 μs และมีช่วงหลังคลื่นเท่ากับ $2500 \mu\text{s} \pm 60\%$ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 1000-4000 μs

ผลการทดลองครั้งที่ 2



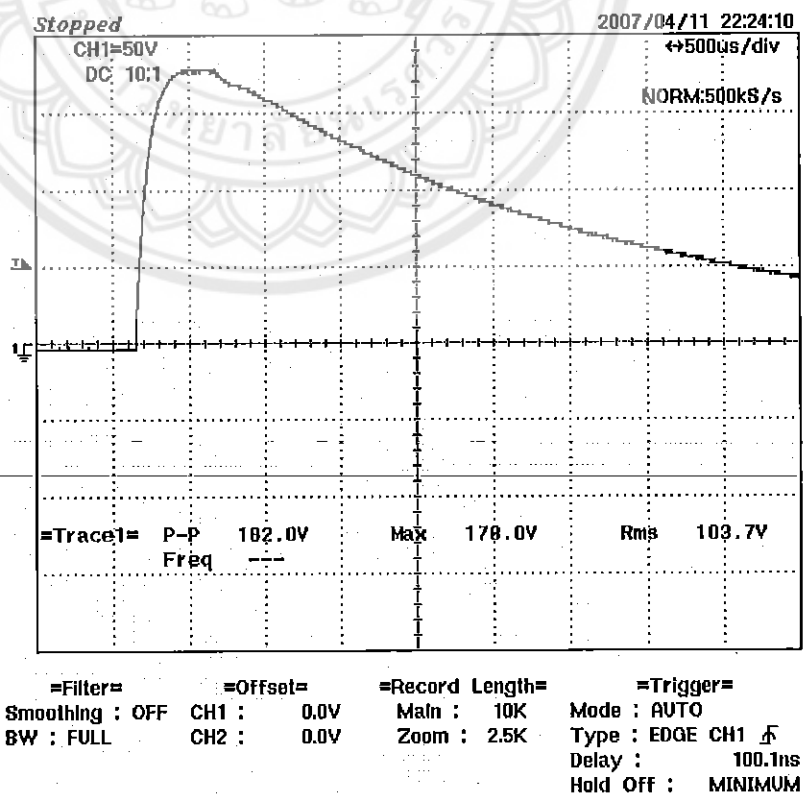
รูปที่ 4.23 รูปคลื่นสวิตซ์ซึ่งการทดลองครั้งที่ 2

จากรูปที่ 4.23 จะเห็นได้ว่าขนาดของแรงดันของรูปคลื่นสวิตซ์ซึ่งเท่ากับ 183 โวลต์ในส่วน
 ของช่วงเวลาหน้าคลื่นจะใช้เวลาเท่ากับ 260 μs ดังรูปที่ 4.24



รูปที่ 4.24 ช่วงหน้าคลื่นการทดลองครั้งที่ 2 แบบขยาย

ส่วนช่วงเวลาลงคลื่นจะใช้เวลาเท่ากับ 2475 μ S ดังรูปที่ 4.25

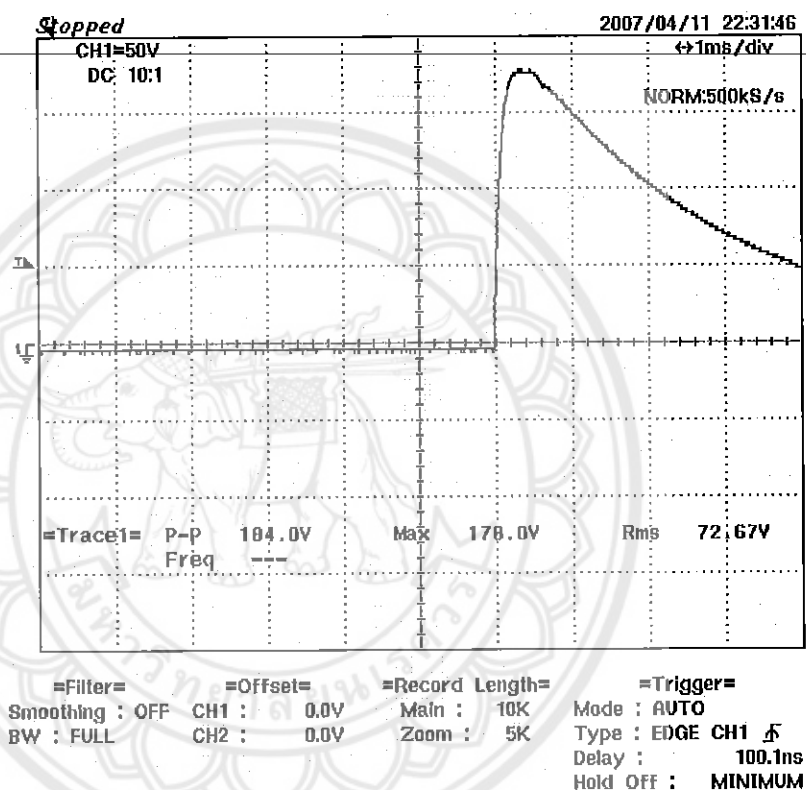


รูปที่ 4.25 ช่วงหลังคลื่นการทดลองครั้งที่ 2 แบบขยาย

และเมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาหน้าคลื่นและหลังคลื่น ที่ได้จากรูปที่ 4.24 และรูปที่ 4.25 โดยมีเวลาช่วงหน้าคลื่นอยู่ในช่วงเวลา $260 \mu\text{s}$ และเวลาช่วงหลังคลื่นอยู่ในช่วงเวลา $2475 \mu\text{s}$

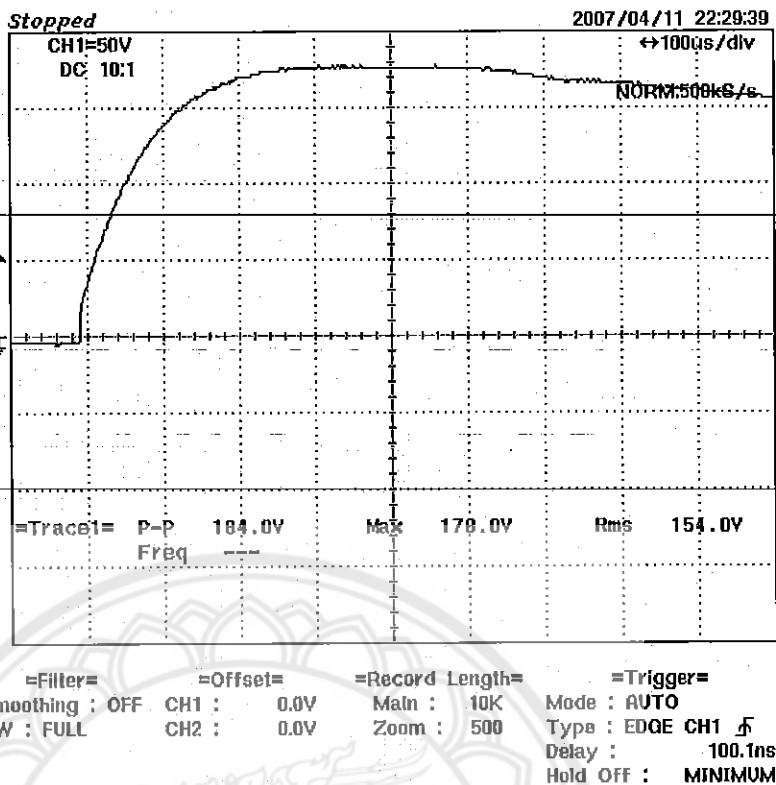
กับทฤษฎีแล้วจะเห็นว่ารูปคลื่นสวิตซ์ซึ่งที่ได้จากการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี โดยเวลาช่วงหน้าคลื่นอยู่ในช่วงเวลา $250 \mu\text{s} \pm 20\%$ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง $200 - 300 \mu\text{s}$ และมีช่วงหลังคลื่นเท่ากับ $2500 \mu\text{s} \pm 60\%$ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง $1000-4000 \mu\text{s}$

ผลการทดลองครั้งที่ 3



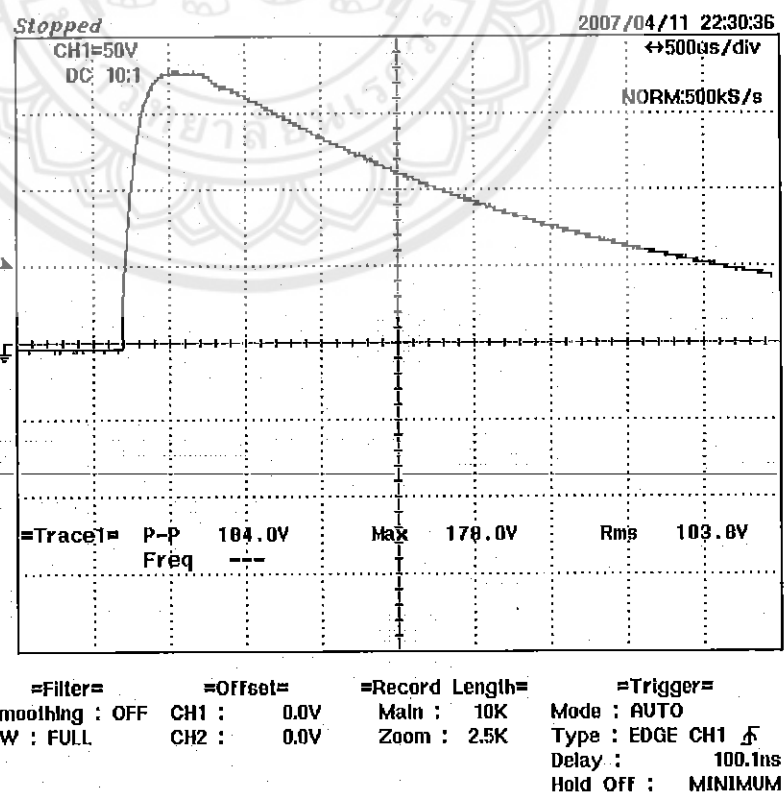
รูปที่ 4.26 รูปคลื่นสวิตซ์ซึ่งการทดลองครั้งที่ 3

จากรูปที่ 4.26 จะเห็นได้ว่าขนาดของแรงดันของรูปคลื่นสวิตซ์ซึ่งเท่ากับ 183 โวลต์ในส่วน
 ของช่วงเวลาหน้าคลื่นจะใช้เวลาเท่ากับ $260 \mu\text{s}$ ดังรูปที่ 4.27



รูปที่ 4.27 ช่วงหน้าคลื่นการทดลองครั้งที่ 3 แบบขยาย

ส่วนช่วงเวลาหลังคลื่นจะใช้เวลาเท่ากับ 2425 μ S ดังรูปที่ 4.28

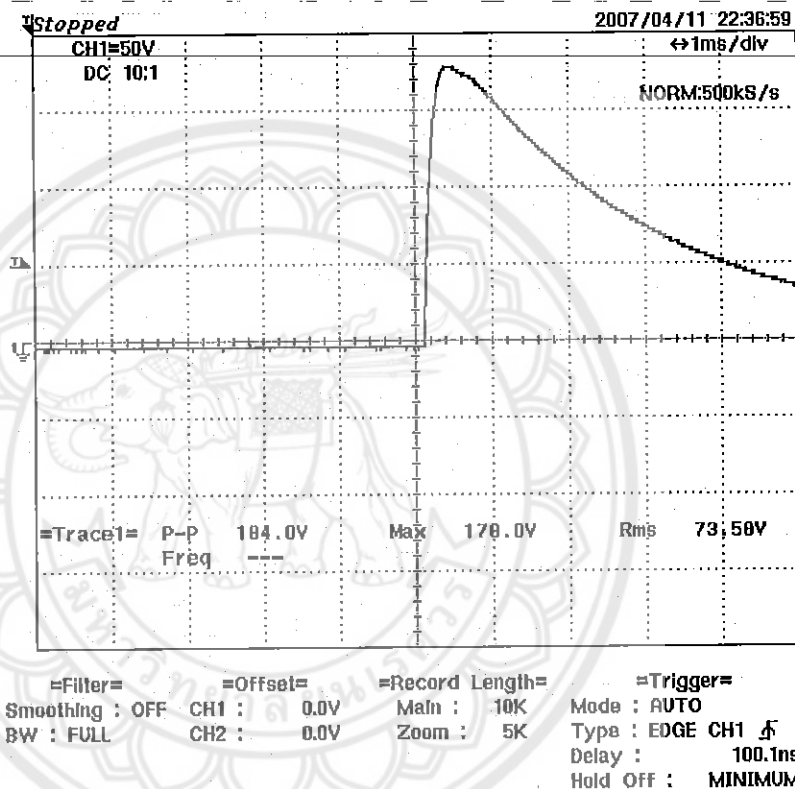


รูปที่ 4.28 ช่วงหลังคลื่นการทดลองครั้งที่ 3 แบบขยาย

และเมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาหน้าคลื่นและหลังคลื่น ที่ได้จากรูปที่ 4.27 และรูปที่ 4.28 โดยมีเวลาช่วงหน้าคลื่นอยู่ในช่วงเวลา $260 \mu\text{s}$ และเวลาช่วงหลังคลื่นอยู่ในช่วงเวลา $2425 \mu\text{s}$

กับทฤษฎีแล้วจะเห็นว่ารูปคลื่นสวิตซ์ซึ่งที่ได้จากการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี โดยเวลาช่วงหน้าคลื่นอยู่ในช่วงเวลา $250 \mu\text{s} \pm 20\%$ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง $200 - 300 \mu\text{s}$ และมีช่วงหลังคลื่นเท่ากับ $2500 \mu\text{s} \pm 60\%$ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง $1000-4000 \mu\text{s}$

ผลการทดลองครั้งที่ 4



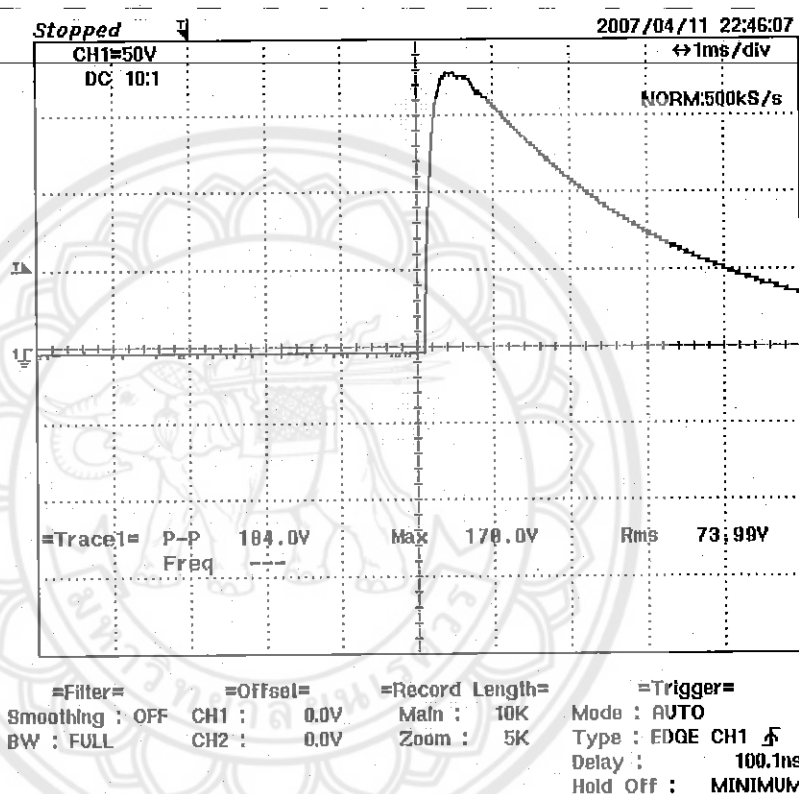
รูปที่ 4.29 รูปคลื่นสวิตซ์ซึ่งการทดลองครั้งที่ 4

จากรูปที่ 4.29 จะเห็นได้ว่าขนาดของแรงดันของรูปคลื่นสวิตซ์ซึ่งเท่ากับ 183 โวลต์ในส่วน
 ของช่วงเวลาหน้าคลื่นจะใช้เวลาเท่ากับ $280 \mu\text{s}$ ดังรูปที่ 4.30

และเมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาน้ำคลื่นและหลังคลื่น ที่ได้จากรูปที่ 4.30 และรูปที่ 4.31 โดยมีเวลาช่วงน้ำคลื่นอยู่ในช่วงเวลา $280 \mu\text{s}$ และเวลาช่วงหลังคลื่นอยู่ในช่วงเวลา $2450 \mu\text{s}$

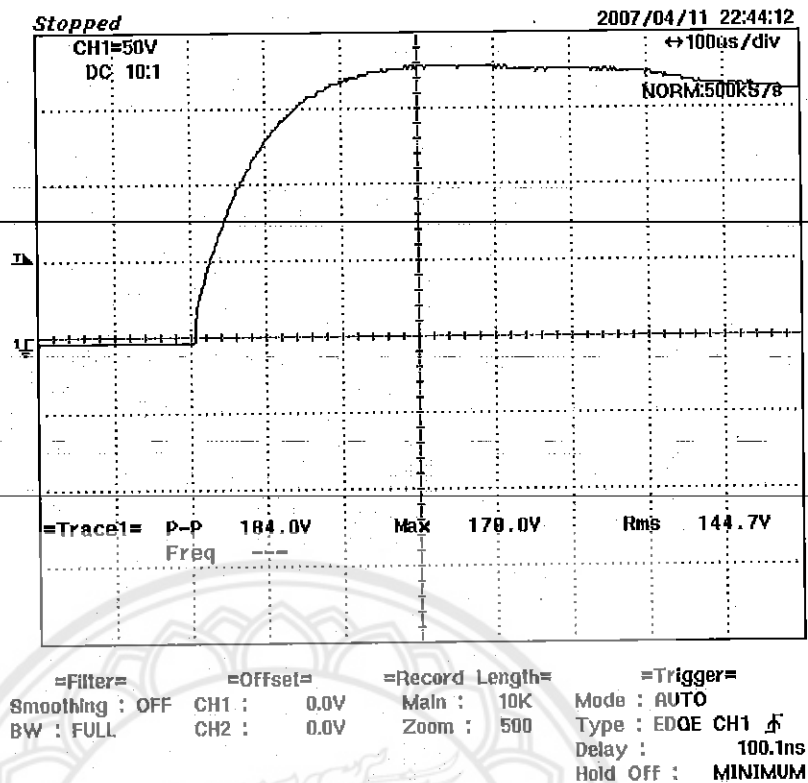
กับทฤษฎีแล้วจะเห็นว่ารูปคลื่นสวิตซ์ซึ่งที่ได้จากการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี โดยเวลาช่วงน้ำคลื่นอยู่ในช่วงเวลา $250 \mu\text{s} \pm 20\%$ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง $200 - 300 \mu\text{s}$ และมีช่วงหลังคลื่นเท่ากับ $2500 \mu\text{s} \pm 60\%$ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง $1000-4000 \mu\text{s}$

ผลการทดลองครั้งที่ 5



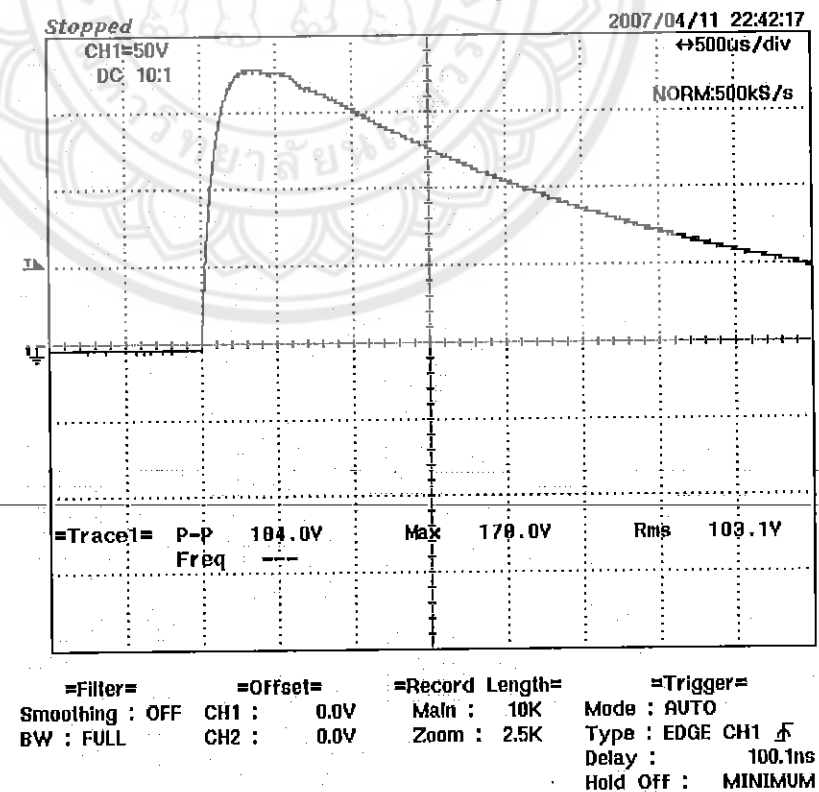
รูปที่ 4.32 รูปคลื่นสวิตซ์ซึ่งการทดลองครั้งที่ 5

จากรูปที่ 4.32 จะเห็นได้ว่าขนาดของแรงดันของรูปคลื่นสวิตซ์ซึ่งเท่ากับ 183 โวลต์ในส่วน
ของช่วงเวลาน้ำคลื่นจะใช้เวลาเท่ากับ $276 \mu\text{s}$ ดังรูปที่ 4.33



รูปที่ 4.33 ช่วงหน้าคลื่นการทดลองครั้งที่ 5 แบบขยาย

ส่วนช่วงเวลาหลังคลื่นจะใช้เวลาเท่ากับ 2480 μ s ดังรูปที่ 4.34



รูปที่ 4.34 ช่วงหลังคลื่นการทดลองครั้งที่ 5 แบบขยาย

และเมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาหน้าคลื่นและหลังคลื่น ที่ได้จากรูปที่ 4.33 และรูปที่ 4.34 โดยมีเวลาช่วงหน้าคลื่นอยู่ในช่วงเวลา 276 μS และเวลาช่วงหลังคลื่นอยู่ในช่วงเวลา 2480 μS

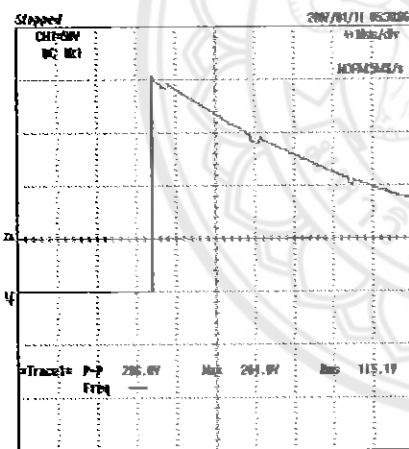
กับทฤษฎีแล้วจะเห็นว่ารูปคลื่นสวิตซ์ซึ่งที่ได้จากการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี โดยเวลาช่วงหน้าคลื่นอยู่ในช่วงเวลา $250 \mu\text{S} \pm 20\%$ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 200 - 300 μS และมีช่วงหลังคลื่นเท่ากับ $2500 \mu\text{S} \pm 60\%$ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 1000-4000 μS

4.3 การเปรียบเทียบรูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์จากการทดลองกับการจำลองผลด้วย

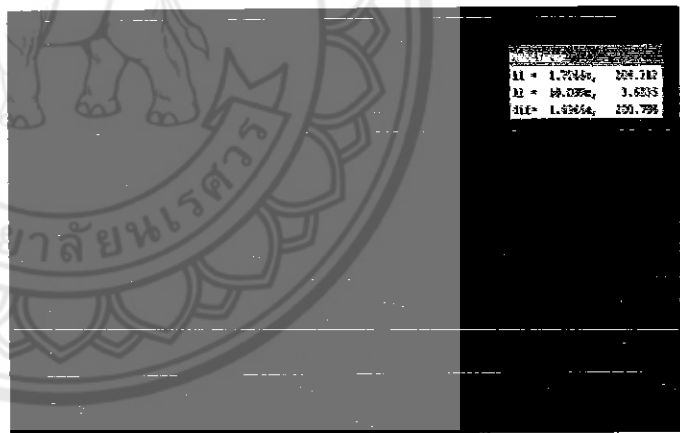
โปรแกรม PSpice

4.3.1 การเปรียบเทียบรูปคลื่นฟ้าผ่าจากผลการทดลองกับการจำลองผล

จากรูปที่ 4.35 แสดงการเปรียบเทียบของรูปคลื่นฟ้าผ่าจากผลการทดลองกับการจำลองผล โดยที่รูปคลื่นฟ้าผ่าจากการทดลองมีค่าแรงดันยอดที่ 204 โวลต์ มีช่วงเวลาหน้าคลื่นเท่ากับ 0.9 μS และมีช่วงเวลาหลังคลื่นเท่ากับ 50 μS และรูปคลื่นจากการจำลองมีแรงดันยอดที่ 204 โวลต์ มีช่วงเวลาหน้าคลื่นเท่ากับ 1.7 μS และมีช่วงเวลาหลังคลื่นเท่ากับ 15.8 μS



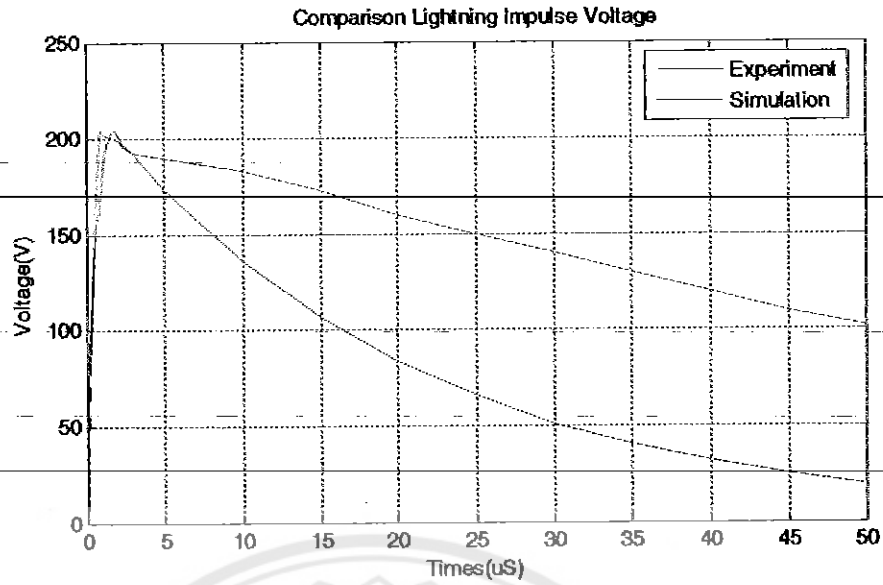
ก)



ข)

รูปที่ 4.35 การเปรียบเทียบของรูปคลื่นฟ้าผ่าจาก ก) ผลการทดลอง กับ ข) การจำลองผล

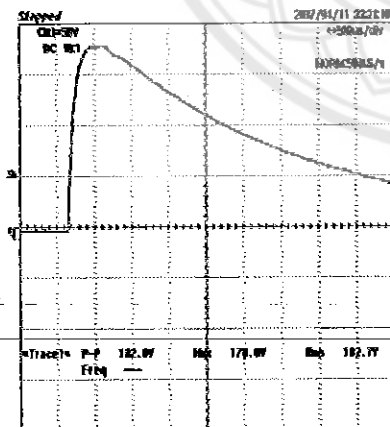
จากรูปที่ 4.36 เป็นกราฟที่แสดงผลการเปรียบเทียบระหว่างแรงดันอิมพัลส์ของรูปคลื่นฟ้าผ่าจากการทดลองกับแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่าจากการจำลองผล ที่ช่วงเวลาต่างๆ



รูปที่ 4.36 กราฟเปรียบเทียบแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าระหว่างการทดลองกับการจำลองผล

4.3.2 การเปรียบเทียบรูปคลื่นสวิตซ์ซึ่งจากผลการทดลองกับการจำลองผล

จากรูปที่ 4.37 แสดงการเปรียบเทียบของรูปคลื่นสวิตซ์ซึ่ง ซึ่งได้จากผลการทดลองกับการจำลองผล โดยที่รูปคลื่นสวิตซ์ซึ่งจากการทดลองมีค่าแรงดันยอดที่ 183 โวลท์ มีช่วงเวลาหน้าคลื่นเท่ากับ 260 μs และมีช่วงเวลาหลังคลื่นเท่ากับ 2475 μs และรูปคลื่นจากการจำลองมีแรงดันยอดที่ 177 โวลท์ มีช่วงเวลาหน้าคลื่นเท่ากับ 250 μs และมีช่วงเวลาหลังคลื่นเท่ากับ 780 μs



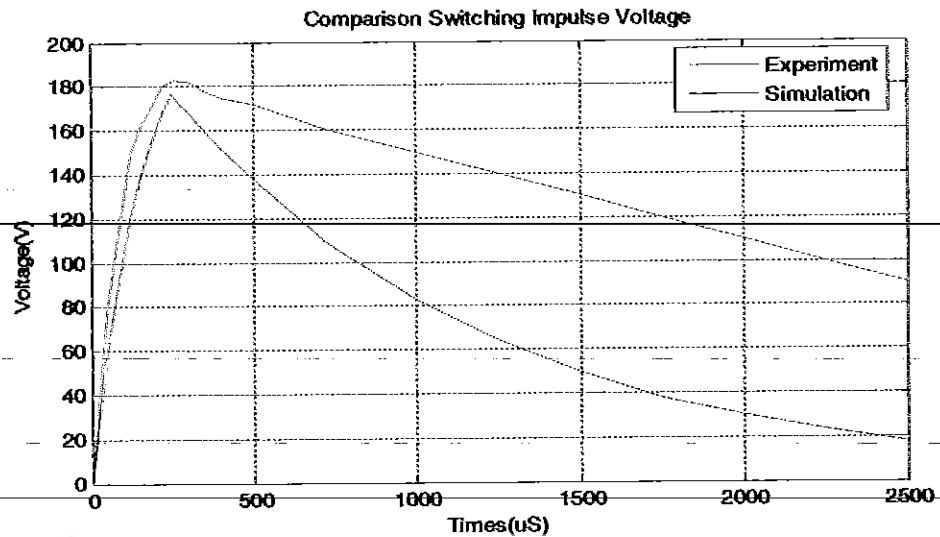
ก)



ข)

รูปที่ 4.37 การเปรียบเทียบของรูปคลื่นสวิตซ์ซึ่งจาก ก) ผลการทดลองกับ ข) การจำลองผล

จากรูปที่ 4.38 เป็นกราฟที่แสดงผลการเปรียบเทียบระหว่างแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตซ์ซึ่งจากการทดลองกับแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตซ์ซึ่งจากการจำลองผล ที่ช่วงเวลาต่างๆ



รูปที่ 4.38 กราฟเปรียบเทียบแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตซ์ซึ่งระหว่างการทดลองกับการจำลองผล

เมื่อทำการแสดงผลการวิเคราะห์รูปคลื่นที่เกิดขึ้นจากการทดลองจริงและการจำลองผลจากโปรแกรม ให้ สอดคล้องกับรูปคลื่นตามทฤษฎี สามารถสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองกับการจำลองผลจาก Pspice เปรียบเทียบกับทฤษฎี

	แรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า		แรงดันอิมพัลส์แบบสวิตซ์ซึ่ง	
	ช่วงเวลาหน้าคลื่น (µs)	ช่วงเวลาหลังคลื่น (µs)	ช่วงเวลาหน้าคลื่น (µs)	ช่วงเวลาหลังคลื่น (µs)
ทฤษฎี	$1.2 \pm 30\%$ (0.84 - 1.56)	$50 \pm 20\%$ (40 - 60)	$250 \pm 20\%$ (200 - 300)	$2500 \pm 60\%$ (1000 - 4000)
ผลจากการ Simulate	1.7	15.8	250	780
ผลการทดลอง จริงครั้งที่ 1	1.0	52.5	300	2440
ผลการทดลอง จริงครั้งที่ 2	0.95	52.0	260	2475
ผลการทดลอง จริงครั้งที่ 3	0.9	52.7	260	2425
ผลการทดลอง จริงครั้งที่ 4	0.9	54.4	280	2450
ผลการทดลอง จริงครั้งที่ 5	0.9	50.0	276	2480

บทที่ 5

สรุปการวิเคราะห์รูปคลื่น

โครงการนี้เป็นการศึกษาและออกแบบเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ โดยได้แบ่งการค้นคว้าออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนแรก เป็นการศึกษาและออกแบบสร้างวงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ ทั้งแบบคลื่นฟ้าผ่า และแบบสวิทช์ซิ่ง และการหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในวงจร ในส่วนที่สองของการค้นคว้า คือการจำลองรูปคลื่นของวงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์โดยใช้โปรแกรม PSpice และการสร้างและติดตั้งอุปกรณ์ตัววงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ขึ้น และในที่สุดท้าย ก็แสดงการเปรียบเทียบการจำลองผลรูปคลื่นเปรียบเทียบกับผลการทดลองจริง โดยแสดงผลรูปคลื่นที่เกิดขึ้นจากการทดลองจริงและผลการจำลองจากโปรแกรม สอดคล้องกับรูปคลื่นตามทฤษฎี

เนื่องจากโครงการนี้เป็นการศึกษาและออกแบบเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ และอาจใช้เป็นสื่อการเรียนรู้ในรายวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง (High Voltage Engineering) เกี่ยวกับการศึกษาและวิเคราะห์รูปคลื่นที่เกิดจากแรงดันอิมพัลส์

เมื่อได้ทำการสร้างวงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ ทั้งแบบฟ้าผ่าและแบบสวิทช์ซิ่งขึ้นในโครงการนี้ ทำให้พบข้อมูลบางอย่าง และพบปัญหาที่เกิดขึ้นขณะทำการทดลองในบางประการ อันเนื่องมาจากหลายเหตุ ทำให้สามารถสรุปผลของโครงการนี้ออกเป็นส่วนๆ ดังนี้ คือ

5.1 สรุปผล

จากการสร้างตัววงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ขึ้น ซึ่งได้ทำการทดสอบและจำลอง โดยใช้โปรแกรม PSpice เพื่อหาข้อสรุปว่า หลักการที่นำมาใช้กับโครงการนี้ มีความเป็นไปได้ตามทฤษฎี โดยได้เริ่มต้นจากการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์มาทดสอบเพื่อให้ได้รูปคลื่นมาบันทึก และวิเคราะห์ตามหลักการในบทที่ 2 พบว่าสามารถทำงานได้ตามที่คาดไว้ คือ สามารถได้รูปคลื่นที่มีช่วงเวลาหน้าคลื่น และหลังคลื่นตรงตามที่ทฤษฎีกำหนดไว้

เมื่อเห็นข้อสรุปที่ชัดเจนจากการจำลองนี้แล้ว จึงได้นำไปสร้างจริง กับวงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ทั้ง 2 แบบ ทำให้พบว่ารูปคลื่นที่ได้จากวงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ทั้ง 2 แบบ นั้น เมื่อนำมาวิเคราะห์แล้วรูปคลื่นที่ได้เป็นไปตามที่ทฤษฎีกำหนด

สามารถสรุปได้ว่าวงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ที่สร้างขึ้น สามารถทำงานได้จริง และอาจนำไปใช้เป็นสื่อการเรียนรู้ในรายวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง (High Voltage Engineering) เกี่ยวกับการศึกษาและวิเคราะห์รูปคลื่นที่เกิดจากแรงดันอิมพัลส์ได้

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

เนื่องจากค่าตัวเก็บประจุและค่าความต้านทานที่คำนวณมาตามทฤษฎีไม่ตรงตามที่อุปกรณ์มีจำหน่ายตามท้องตลาด ส่วนช่องแกปที่ใช้ในวงจรแรงดันอิมพัลส์ นั้นมีความยุ่งยาก และซับซ้อนในการออกแบบและการใช้งาน

แนวทางแก้ไขในส่วนของค่าตัวเก็บประจุและค่าความต้านทาน เลือกใช้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการคำนวณ หรือจะนำตัวเก็บประจุ หรือตัวต้านทาน มาต่ออนุกรมหรือ ขนานกัน เพื่อให้ได้ค่าใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณจริง ในส่วนของช่องแกปนั้นเลือกอุปกรณ์ที่เป็นสวิตช์ 3 ทางแทน (เนื่องจากใช้แรงดันเพียง 220 โวลท์) เพื่อช่วยให้ง่ายต่อการใช้งาน

5.3 ข้อเสนอแนะ

การออกแบบเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ ให้มีค่าแรงดันสูงนั้น เราต้องมีแหล่งจ่ายไฟที่สูงตามไปด้วย แต่ในทางปฏิบัติ แหล่งจ่ายไฟสูงไม่ค่อยมี จึงควรออกแบบวงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ เป็น แบบหลายชั้น เพื่อทวีแรงดันขึ้น แต่ก็อาจทำให้ใช้สวิตช์ 3 ทางแทนส่วนที่เป็นช่องแกปไม่ได้จึงควรเลือกและออกแบบใช้อุปกรณ์ Mechanic ที่เหมาะสมและง่ายขึ้นในการใช้งานแทน เช่น กระจเคื่อง ปืนยิงอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น รวมทั้งด้านของตัวอุปกรณ์ โดยการเลือกใช้อุปกรณ์จะเป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่ง เพราะเมื่อมีแรงดันที่สูงขึ้น ก็ควรเลือกอุปกรณ์ที่มีความทนต่อแรงดัน และกระแสสูงๆ ได้ตามไปด้วย และอาจจะเกิดปัญหาในการวัดแรงดันที่สูงเพิ่มขึ้น จึงต้องอาศัยการวัดแรงดันแบบ โวลท์เตจดิไวเดอร์ และผลการทดลองที่ได้จากโครงการนี้ไม่ตรงกับทฤษฎี 100% อันเนื่องมาจากการออกแบบยังใช้อุปกรณ์ท้องตลาดทั่วไป จึงควรพัฒนาใช้อุปกรณ์ที่มีการออกแบบเพื่อใช้งาน โดยเฉพาะ เพื่อที่จะได้ผลการทดลองให้ตรงตามทฤษฎีมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

[1] ดร.ตำราย สังข์สะอาด. วิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง. กรุงเทพมหานคร : 2528.

[2] E. Kuffel, W. S. Zaengl. **High Voltage Engineering Fundamentals**. : 1984.



ประวัติผู้เขียนโครงการ



ชื่อ นายชราพงษ์ บำรุง
 ภูมิลำเนา 15 ซอย 18/1 ถ.ศรีมหาสารคาม ต.ตลาด อ.เมือง
 จ.มหาสารคาม 44000

ประวัติการศึกษา

- จบการศึกษาชั้นมัธยมศึกษา โรงเรียนสารคามพิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : dollar_eenu@hotmail.com



ชื่อ นายวิศวะ หล่อวงศ์
 ภูมิลำเนา 154 หมู่ 6 ต.บ้านดู่ อ.เมือง จ.พะเยา 56000

ประวัติการศึกษา

- จบการศึกษาชั้นมัธยมศึกษา โรงเรียนพากควีนวิทยาลัย
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : team.h@hotmail.com