

ผลของรูปคลื่นแรงดันต่อลักษณะสมบัติวาบไฟตามผิวของลูกถ้วยฉนวนเบอร์ชเลน



นาย อังกูร วงษ์ภักดี

ศูนย์วิทยพัชการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2535

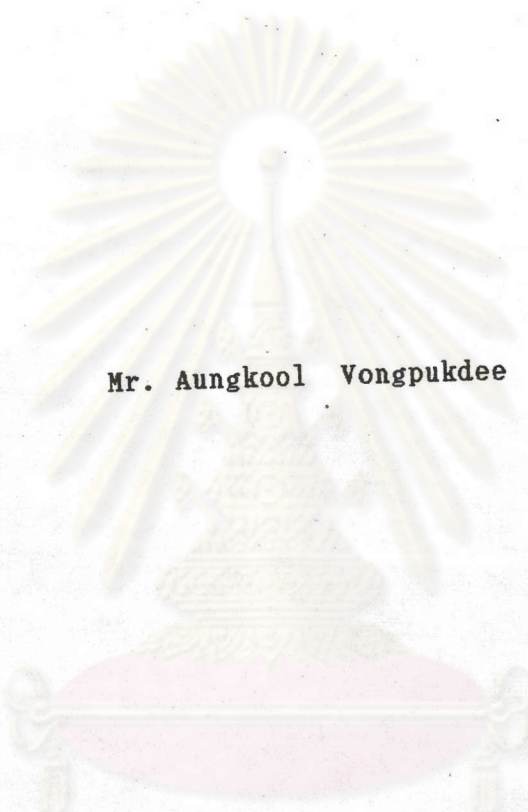
ISBN 974-581-180-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

018481

i 15178900

EFFECT OF VOLTAGE WAVEFORM ON FLASHOVER CHARACTERISTICS OF
PORCELAIN INSULATORS



Mr. Aungkool Vongpukdee

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

1992

ISBN 974-581-180-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของรูปคลื่นแรงดันต่อลักษณะสมบัติวาทไฟตามผิวของลูกถ้วยฉนวน
ปอร์ซเลน

โดย นาย อังกูร วงษ์ภักดี

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. สำรวย สังข์สะอาด



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชรภักย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รศ.ดร. ประโมทย์ อุ่นห์ไวทยะ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ.ดร. สำรวย สังข์สะอาด)

.....กรรมการ
(รศ. ไพบุลย์ ไชยนิล)

อังกฤษ วงษ์ศักดิ์ : ผลของรูปคลื่นแรงดันต่อลักษณะสมบัติวาทไฟตามผิวลูกถ้วยฉนวนพอร์ซเลน
(EFFECT OF VOLTAGE WAVEFORM ON FLASHOVER CHARACTERISTICS
OF PORCELAIN INSULATORS) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.สำรวย สังข์สะอาด, 114 หน้า.
ISBN 974-581-180-7

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ รายงานการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับผลของรูปคลื่นแรงดันที่มีต่อลักษณะสมบัติวาทไฟตามผิวลูกถ้วยฉนวนพอร์ซเลน โดยทำการทดลองด้วยแรงดันที่มีรูปคลื่นต่างกัน คือ แรงดันสูงกระแสตรง แรงดันสูงกระแสสลับความถี่พลังงาน 50 Hz แรงดันอิมพัลส์แบบสวิตซ์ซึ่ง 250/2500 μ s แรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า 1.2/50 μ s และแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชัน 0.5/50 μ s ลูกถ้วยฉนวนที่ใช้ทำการทดลองได้แก่ ลูกถ้วยแขวนแบบ 52-3 ลูกถ้วยก้านตรงแบบ 56-2 ลูกถ้วยก้านตรงคอดันแบบ NGK Cat. No. DA-69001 ช่องแกปอเล็กโตรดหัวครอบ-ก้านตรง และลูกถ้วยแท่งผิวเรียบ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า รูปคลื่นแรงดันที่มีความชันของหน้าคลื่นน้อย มีค่าแรงดันวาทไฟตามผิวต่ำกว่าของรูปคลื่นแรงดันที่มีความชันของหน้าคลื่นสูง การเกิดวาทไฟตามผิวของลูกถ้วยบนส่วนใดของรูปคลื่นแรงดันขึ้นอยู่กับลักษณะ และความชันของรูปคลื่น ค่าแรงดันวาทไฟตามผิวจำเพาะคือ ค่าแรงดันวาทไฟต่อระยะอาร์กขึ้นอยู่กับลักษณะรูปแบบของลูกถ้วย และระยะอาร์กที่เป็นอากาศและที่เป็นผิวลูกถ้วย ค่าแรงดันวาทไฟตามผิวของขั้วลบจะสูงกว่าของขั้วบวก



ศูนย์วิทยุโทรทรรศน์วิทยุ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2534

ลายมือชื่อนิสิต อังกฤษ วงษ์ศักดิ์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา สำรวย สังข์สะอาด
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C015514 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEY WORD : VOLTAGE WAVEFORM/FLASHOVER/PORCELAIN INSULATORS

AUNGKOOL VONGPUKDEE : EFFECT OF VOLTAGE WAVEFORM ON
FLASHOVER CHARACTERISTICS OF PORCELAIN INSULATORS.

THESIS ADVISOR : ASSO. PROF.SAMRUAY SANGKASAAD, EE.D. 114 pp.

ISBN 974-581-180-7

This thesis deals with an experimental study the effects of voltage waveform on flashover characteristics of porcelain insulators. The investigation was performed with the different voltage waveforms, namely DC, AC 50 Hz, switching impulse 250/2500 μ s, lightning impulse 1.2/50 μ s and steep-front impulse 0.5/50 μ s. The porcelain insulators used in this experiment were suspension insulator class 52-3, pin insulator class 56-2, pin post insulator class NGK Cat. No. DA-69001, cap-pin gap and post insulator. The results show that the flashover voltage of the lower steepness of voltage waveform is lower than that of the higher steepness voltage waveform. The flashovers occurred on any part of voltage waveform depend on the waveform and steepness of the voltage. The specific of flashover voltage depends on the configuration of insulators and their arcing distances formed with air and or insulator surface. The flashover voltage of negative polarity is higher than that of positive polarity.

ศูนย์วิทยุโทรคมนาคม
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า
สาขาวิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา.....2534.....

ลายมือชื่อนิสิต.....อังกูร อังกุลศักดิ์.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....ดร.สมชาย.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือจากหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สำราญ สังข์สะอาด อาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำความรู้ทั้งทางทฤษฎี และทางปฏิบัติ ให้แนวความคิดอัน เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยด้วยดีมาตลอด และได้กรุณาตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อย ขอขอบพระคุณ บริษัท อาเซีย อินชูเลเตอร์ จำกัด ที่ได้กรุณาให้การอนุเคราะห์ลูกถ้วยฉนวนปอร์ซเลน เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัย ขอขอบคุณอาจารย์ วีรพันธ์ ริงส์วิจิตรประภา และคุณถาวร เอื้อดี ที่ได้ให้การช่วยเหลือ แนะนำในการใช้อุปกรณ์ในการทดสอบด้วยดี ตลอดจนเจ้าหน้าที่ตึกวิศวกรรม ไฟฟ้าแรงสูงทุกท่านที่ได้ให้ความสะดวกในการวิจัยในครั้งนี้ และเพื่อน ๆ อีกหลายท่านที่ช่วยให้ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดี

ทำนนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงิน และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 บทนำทั่วไป.....	1
1.2 ที่มาของปัญหา.....	2
1.3 ผลงานที่ได้มีการศึกษามาแล้ว.....	3
1.4 วัตถุประสงค์.....	3
1.5 ขอบข่ายการดำเนินการ.....	4
2. ลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้าปอร์ซเลน.....	5
2.1 รูปลักษณะสมบัติของลูกถ้วยฉนวน.....	5
2.1.1 ลูกถ้วยแขวน.....	6
2.1.2 ลูกถ้วยก้านตรง.....	8
2.1.3 ลูกถ้วยก้านตรงคอดตัน.....	9
2.2 ส่วนผสมของเนื้อปอร์ซเลน.....	10
2.3 ระยะเวลาแห้ง.....	12
2.4 ลักษณะสมบัติทางไฟฟ้า.....	14
3. แรงดันวาบไฟตามผิวของลูกถ้วยฉนวน.....	15
3.1 แรงดันเบรกดาวนของก๊าซในสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ.....	15



สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.1	เงื่อนไขการเกิดสตรีมเมอร์เบรกดาวนกำหนดด้วยสนามไฟฟ้า จากประจุค้าง.....	17
3.1.2	แรงดันเริ่มต้นช้าลงต่ำกว่าช้าบวก.....	17
3.2	เบรกดาวนของแรงดันอิมพัลส์.....	18
3.2.1	เวลาล่าช้าของการเกิดเบรกดาวน.....	19
3.2.2	ลักษณะเส้นแรงดัน-เวลา.....	21
3.3	ผลของความหนาแน่นของก๊าซ.....	23
3.4	ผลของความชื้นในอากาศ.....	24
3.5	ผลของรูปคลื่นแรงดันต่อค่าแรงดันเบรกดาวนในอากาศระหว่างรีดกับ ระนาบ.....	24
3.6	ผลของประจุค้างที่มีต่อแรงดันเบรกดาวนต่างช้า.....	26
4.	แหล่งกำเนิดแรงดันสูง.....	28
4.1	แหล่งกำเนิดแรงดันสูงกระแสตรง.....	28
4.2	แหล่งกำเนิดแรงดันสูงกระแสสลับความถี่พลังงาน 50 Hz.....	30
4.3	แหล่งกำเนิดแรงดันอิมพัลส์แบบสวิทช์ชิ่ง 250/2500 μ s.....	31
4.4	แหล่งกำเนิดแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า 1.2/50 μ s.....	35
4.5	แหล่งกำเนิดแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นขึ้น 0.5/50 μ s ที่ความชื้น 1,400 kV/ μ s.....	39
5.	ภาคการทดลอง.....	42
5.1	การติดตั้งลูกถ้วย.....	42
5.1.1	การติดตั้งลูกถ้วยแขวนแบบ 52-3.....	42
5.1.2	การติดตั้งลูกถ้วยก้านตรงแบบ 56-2 ลูกถ้วยก้านตรงคอตัน แบบ NGK Cat. No. DA-69001 และ ลูกถ้วยแท่งฟ้าเรียบ...	43
5.1.3	การติดตั้งอิเล็กทรอนิกส์โทรดหัวครอบ-ก้านตรง.....	45
5.2	การหาค่าแรงดันวาบไฟตามผิวของลูกถ้วยฉนวน.....	46

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.2.1	การหาค่าแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยฉนวนของแรงดัน กระแสตรง.....	47
5.2.2	การหาค่าแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยฉนวนของแรงดัน กระแสสลับ ความถี่พลังงาน 50 Hz.....	47
5.2.3	การหาค่าแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยฉนวนของแรงดันอิมพัลส์ แบบสวิตซ์ชิ่ง 250/2500 μ s.....	47
5.2.4	การหาค่าแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยฉนวนของแรงดันอิมพัลส์ รูปคลื่นฟ้าผ่า 1.2/50 μ s.....	48
5.2.5	การหาค่าแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยฉนวนของแรงดันอิมพัลส์ หน้าคลื่นขึ้น 0.5/50 μ s ที่ความชัน 1,400 kV/ μ s.....	48
6.	วิเคราะห์ผลการทดลอง และสรุป.....	50
6.1	การเปรียบเทียบค่าแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยฉนวนของแรงดัน รูปคลื่นต่างๆ.....	50
6.2	ค่าแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยฉนวนจำเพาะ.....	54
6.3	รูปคลื่นแรงดันที่เกิดวาบไฟตามผิวลูกถ้วยฉนวน.....	59
6.4	ลักษณะเส้นแรงดัน-เวลา.....	75
6.5	สรุปผลการทดสอบ.....	77
	เอกสารอ้างอิง.....	78
ภาคผนวก ก.	การหาค่าแรงดันในสภาวะมาตรฐาน.....	81
ภาคผนวก ข.	มาตรฐานของลูกถ้วยฉนวนที่ใช้ในการศึกษา.....	86
ภาคผนวก ค.	ค่าแรงดันการเกิดวาบไฟตามผิวลูกถ้วยฉนวนของแรงดันรูปคลื่นต่าง ชนิดกันที่ได้จากการทดลอง.....	89
	ประวัติผู้เขียน.....	114

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 เนื้อวัสดุที่เป็นส่วนประกอบของลูกถ้วยก้านตรง ลูกถ้วยก้านตรงคอดัน และ ลูกถ้วยแขวน.....	11
2.2 ระยะเวลาแห้ง ระยะเวลาที่เป็นอากาศ และระยะเวลาที่เป็นผิวฉนวนของ ลูกถ้วยฉนวน.....	12
6.1 ค่าแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยฉนวน.....	51
6.2 ค่าแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยฉนวนเทียบกับค่าแรงดันวาบไฟตามผิวของแรง ดันกระแสสลับความถี่พลังงาน 50 Hz.....	52
6.3 ค่าแรงดันวาบไฟตามผิวจำเพาะ.....	55

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1	6
2.2 a)	7
2.2 b)	7
2.3 a)	8
2.3 b)	8
2.4 a)	9
2.4 b)	9
2.5	10
2.6	14
3.1	15
3.2	19
3.3	21
3.4	22
3.5	25
3.6	27
3.7	27
4.1	28
4.2	29
4.3	30
4.4	30

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.5 a) รูปคลื่นอิมพัลส์แบบสวิตช์ซึ่งตามมาตราฐาน IEC Pub. 60-2.....	32
b) รูปคลื่นอิมพัลส์แบบสวิตช์ซึ่งที่ใช้ในการทดสอบชั่วคราว.....	32
c) รูปคลื่นอิมพัลส์แบบสวิตช์ซึ่งที่ใช้ในการทดสอบชั่วคราว.....	32
4.6 วงจรกำเนิดแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตช์ซึ่ง 250/2500 μ s ที่ใช้ในการทดสอบ....	33
4.7 อุปกรณ์ และการติดตั้งในวงจรกำเนิดแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตช์ซึ่ง 250/2500 μ s ที่ใช้ในการทดสอบ.....	33
4.8 a) รูปคลื่นอิมพัลส์ฟ้าผ่าตามมาตรฐาน IEC Pub.60-2.....	35
b) รูปคลื่นอิมพัลส์ฟ้าผ่าที่ใช้ในการทดสอบชั่วคราว.....	36
c) รูปคลื่นอิมพัลส์ฟ้าผ่าที่ใช้ในการทดสอบชั่วคราว.....	36
4.9 วงจรกำเนิดแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า 1.2/50 μ s ที่ใช้ในการทดสอบ.....	37
4.10 อุปกรณ์และการติดตั้งในวงจรกำเนิดแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า 1.2/50 μ s ที่ใช้ในการทดสอบ.....	37
4.11 a) รูปคลื่นอิมพัลส์หน้าคลื่นขั้นที่ใช้ในการทดสอบชั่วคราว.....	39
b) รูปคลื่นอิมพัลส์หน้าคลื่นขั้นที่ใช้ในการทดสอบชั่วคราว.....	39
4.12 วงจรกำเนิดแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นขั้น ที่ใช้ในการทดสอบ.....	40
4.13 อุปกรณ์และการติดตั้งในวงจรกำเนิดแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นขั้น ที่ใช้ในการทดสอบ.....	40
5.1 การติดตั้งลูกถ้วยแขวน.....	43
5.2 a) การติดตั้งลูกถ้วยก้านตรง.....	44
b) การติดตั้งลูกถ้วยก้านตรงคอดัน.....	44
c) การติดตั้งลูกถ้วยก้านตรงคอดัน.....	45
5.3 การติดตั้งอิเล็กทรอนิกส์ หัวครอบ-ก้านตรง.....	46
6.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยจนวนกับ ระยะอาร์กแก๊ง.....	53

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
6.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันวาบไฟตามผิวจำเพาะกับระยะอาร์กแห้ง.....	56
6.3 รูปคลื่นแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยแขวนของแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตซ์ชิง ชิวบวก.....	62
6.4 รูปคลื่นแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยแขวนของแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตซ์ชิง ชิวลบ.....	62
6.5 รูปคลื่นแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยก้านตรงของแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตซ์ชิง ชิวบวก.....	63
6.6 รูปคลื่นแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยก้านตรงของแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตซ์ชิง ชิวลบ.....	63
6.7 รูปคลื่นแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยก้านตรงคอดันของแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตซ์ชิง ชิวบวก.....	64
6.8 รูปคลื่นแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยก้านตรงคอดันของแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตซ์ชิง ชิวลบ.....	64
6.9 รูปคลื่นแรงดันวาบไฟในแกประหว่างอิลเล็กโตรดหัวครอบ-ก้านตรงของแรงดัน อิมพัลส์แบบสวิตซ์ชิงชิวบวก.....	65
6.10 รูปคลื่นแรงดันวาบไฟในแกประหว่างอิลเล็กโตรดหัวครอบ-ก้านตรงของแรงดัน อิมพัลส์แบบสวิตซ์ชิงชิวลบ.....	65
6.11 รูปคลื่นแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยแท่งผิวเรียบของแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตซ์ชิง ชิวบวก.....	66
6.12 รูปคลื่นแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยแท่งผิวเรียบของแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตซ์ชิง ชิวลบ.....	66
6.13 รูปคลื่นแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยแขวนของแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่าชิวบวก..	67
6.14 รูปคลื่นแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยแขวนของแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่าชิวลบ...	67

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
6.15 รูปคลื่นแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยก้านตรงของแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า ซี่วบก.....	68
6.16 รูปคลื่นแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยก้านตรงของแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า ซี่วลบ.....	68
6.17 รูปคลื่นแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยก้านตรงคอดตันของแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า ซี่วบก.....	69
6.18 รูปคลื่นแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยก้านตรงคอดตันของแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า ซี่วลบ.....	69
6.19 รูปคลื่นแรงดันวาบไฟในแกประหว่างอิลีกโตรดหัวครอบ-ก้านตรงของแรงดัน อิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่าซี่วบก.....	70
6.20 รูปคลื่นแรงดันวาบไฟในแกประหว่างอิลีกโตรดหัวครอบ-ก้านตรงของแรงดัน อิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่าซี่วลบ.....	70
6.21 รูปคลื่นแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยแท่งผิวเรียบของแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า ซี่วบก.....	71
6.22 รูปคลื่นแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยแท่งผิวเรียบของแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า ซี่วลบ.....	71
6.23 รูปคลื่นแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยแขนของแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชั้นซี่วบก....	72
6.24 รูปคลื่นแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยแขนของแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชั้นซี่วลบ....	72
6.25 รูปคลื่นแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยก้านตรงของแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชั้น ซี่วบก.....	73
6.26 รูปคลื่นแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยก้านตรงของแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชั้น ซี่วลบ.....	73
6.27 รูปคลื่นแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยก้านตรงคอดตันของแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชั้น ซี่วบก.....	74

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่

6.28	รูปคลื่นแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยก้านตรงคอตันของแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชั้น ที่วลบ.....	74
6.29	ลักษณะเส้นแรงดัน-เวลาของลูกถ้วยแขวน และลูกถ้วยก้านตรงคอตัน.....	76



ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย