

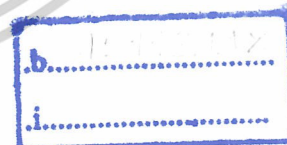
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องรักษาแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับอัตโนมัติ
โดยใช้วงจรเอซีช็อปเปอร์แบบบั๊ก-บูสต์

AUTOMATIC AC VOLTAGE REGULATOR BASED ON
BUCK – BOOST AC CHOPPER



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....103999
วัน,เดือน,ปี.....28 ต.ค. 2552



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2551

เครื่องรักษาแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับอัตโนมัติ

โดยใช้วงจรเอชซีซีออปเปอร์แบบบัก-บูสต์

AUTOMATIC AC VOLTAGE REGULATOR BASED ON
BUCK – BOOST AC CHOPPER



อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.สมภพ ผลไม้

ผศ.ดร.สุพัฒน์ กิตติรัตน์สัจจา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2551

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องรักษาแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับอัตโนมัติโดยใช้วงจรเอชซีซีอปเปอร์
แบบบิก-บูสต์

ผู้จัดทำ

1.นาย ปิตินนท์ พลอาสา

2.นาย ปุณณวัชร ทองดี



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร. สมภาพ ผลไม้)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุตัน กิตติรัตน์สัจจา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องรักษาแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับอัตโนมัติ โดยใช้วงจรเอชซีซีอปเปอร์แบบบีก-บัสต์

นาย ปิตินนท์ พลอาสา

นาย ปุณณวัชร ทองดี

ดร.สมภพ ผลไม้

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.สุพัฒน์ กิตติรัตน์สังจา

อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2551

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ นำเสนอการทำงานของเครื่องรักษาแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับอัตโนมัติ โดยใช้วงจรเอชซีซีอปเปอร์ แบบบีก-บัสต์ โดยที่เครื่องรักษาแรงดันนี้จะทำหน้าที่ในการแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่มีแรงดันด้านขาออกคงที่เมื่อเกิดแรงดันตกหรือแรงดันเกินเข้ามาที่โหลด โดยโหลดที่ได้ทำการจำลองและการทดลองมีทั้งโหลดที่เป็นตัวต้านทานอย่างเดียว และตัวต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งวงจรเอชซีซีอปเปอร์นี้ได้ถูกนำมาใช้เพื่อแทนที่วงจรแบบควบคุมเฟสโดยไทรสเตอร์ ซึ่งมีข้อดีก็คือ ในด้านของแรงดันรูปคลื่นในด้านของรูปคลื่นแรงดันขาออกของเอชซีซีอปเปอร์จะให้รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าเป็นไซน์ ใช้วงจรกรองด้านขาออกที่มีขนาดเล็ก ซึ่งคุณภาพของกระแสด้านขาเข้าของวงจรมีความเพี้ยนทางฮาร์มอนิกส์ที่ต่ำกว่าซึ่งวงจรเอชซีซีอปเปอร์ได้ถูกประยุกต์มาจาก วงจรแปลงแรงดันดีซีแบบบีก-บัสต์ โดยใช้หลักการของ PWM เข้ามาช่วยและใช้ IGBT เป็นสวิตช์สองทาง หลักการการทำงานการจำลองและการทดลองทั้งหมดได้ถูกอธิบายอย่างละเอียดในปริญญานิพนธ์เล่มนี้ การจำลองการทดลองหาผลตอบสนองกับวงจรทุกวงจรของเครื่องต้นแบบเพื่อยืนยันความถูกต้องของวิธีการที่นำเสนอ

Automatic AC Voltage Regulator Based on Buck – Boost AC Chopper

Pitinoon	Pon-arsaact	
Punnawath	Thongdee	
Asst.Prof.Dr.Supat	Kittiratsatcha	Advisor
Dr.Sompob	Polmai	Advisor

2008

Abstract

This thesis presents the working of Automatic AC Voltage Regulator Based on Buck-Boost AC Chopper which this AC chopper can be used in place of conventional AC voltage control that the output is stable even if the voltage sag or voltage surge interrupts load. This ac chopper can be used in place of conventional ac voltage control using thyristor phase control technique. The advantages of ac choppers is that it requires only small-size low pass filters on its output and input side in order to attain low THD output voltage and low THD output current. The single – phase buck - boost ac chopper has operation principle similar to the buck - boost DC/DC converter. The amplitude of the output voltage is controlled by the duty ratio of the pulse – width modulation. However, in ac chopper bidirectional ac switches made of two IGBTs are used. Principle of operation and the design of the circuits are described in this thesis. The simulation and experiment are carried out to confirm the validation of the operation and design.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำโครงการรู้สึกซาบซึ้งต่อความกรุณาที่ ดร.สมภพ ผลไม้ และผศ.ดร.สุพัฒน์ กิตติรัตนัสัจจา อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำแนะนำตลอดจนอาจารย์ในภาควิชาที่ประสิทธิประสาทความรู้ให้กับผู้จัดทำในครั้งนี้ ถ้าปราศจากท่านโครงการนี้ก็คงไม่สำเร็จลุล่วงไปได้

นอกจากนั้นผู้จัดทำต้องขอขอบคุณ พี่เอก พี่บู พี่บอล พี่หนึ่ง พี่มน ป้า และพวกพี่ๆ ที่ห้อง PEARL LAB และคณะผู้จัดทำต้องขอขอบคุณเพื่อนร่วมห้องปฏิบัติการ (PEARL LAB) ตลอดจนเจ้าหน้าที่ห้องธุรการที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเบิกใบเสร็จของโครงการ และผู้จัดทำต้องขอบคุณเพื่อนร่วมห้องปฏิบัติการ (lab) ที่คอยเอาใจใส่ในโครงการของคณะผู้จัดทำตลอดเวลา และมีน้ำใจในการซื้ออาหาร รวมไปถึงอุปกรณ์ในการทำโครงการมาให้อยู่เสมอ นอกจากนี้ยังคอยช่วยเหลือเรื่องด้านปัจจัยอย่างสม่ำเสมอ

นอกจากนี้ผู้จัดทำต้องขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดา ที่คอยส่งเสียเงินทองให้ผู้จัดทำเรียนหนังสือจนจบและให้กำลังใจแก่ผู้จัดทำอย่างเสมอมา

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำโครงการนี้หวังว่าทุกท่านที่ได้กล่าวจะมีความสุขกาย สุขใจ และประสบความสำเร็จในหน้าที่การงานรวมถึงการดำเนินชีวิต โดยคณะผู้จัดทำหวังว่าในอนาคตถ้ามีโอกาสคงได้ร่วมงานกับทุกท่านที่กล่าวมาข้างต้นนี้อีกต่อไป

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VII
สารบัญตาราง	XI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ	2
1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงการ	3
1.5 แผนการดำเนินโครงการ	3
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	4
1.7 การจัดโครงสร้างของเนื้อหาภายในปฏิญญานิพนธ์	4
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 บทนำ	5
2.2 วงจรเอซีซ็อบเปอร์	5
2.3 สมการที่ใช้คำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ	7
2.4 การทำงานของวงจรเอซีซ็อบเปอร์แบบบีก – บุสต์เฟสเดียว	9
2.4.1 โหมดซาร์จ	10
2.4.2 โหมดบายพาส	13
2.4.3 โหมดดิสซาร์จ	16
2.5 วงจรควบคุมแรงดันของเอซีซ็อบเปอร์ด้วยค่าแรงดันเฉลี่ย	19
บทที่ 3 การจำลองระบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	22
3.1 บทนำ	22
3.2 การจำลองการควบคุมแรงดันของวงจรเอซีซ็อบเปอร์ แบบบีก–บุสต์เฟสเดียว	22

IV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1	วงจรถูกกำลัง.....	22
3.2.2	วงจร Control.....	24
3.2.2.1	วงจรสร้างสัญญาณ PWM.....	24
3.2.2.2	วงจรถ่วงจับจุดผ่านศูนย์กลาง.....	24
3.2.2.3	วงจรประวิงเวลา.....	26
3.2.3	วงจรรวมสัญญาณ.....	27
3.2.4	วงจรขับนำ.....	28
3.2.5	วงจรควบคุมแรงดันเอซีซีออปเปอร์แบบบีก – บูลต์เฟสเดียว แบบไม่มีการป้อนกลับ.....	28
3.2.5.1	ผลการตอบสนอง.....	30
3.2.5.2	ผลการตอบสนองในกรณีทีโหลดเป็นตัวต้านทาน.....	34
3.2.5.3	ผลการตอบสนองในกรณีทีโหลดเป็นตัวต้านทาน และตัวเหนี่ยวนำ.....	34
3.3	สรุปผลการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	38
3.4	การจำลองการควบคุมแรงดันเอซีซีออปเปอร์แบบใช้ค่าเฉลี่ย.....	39
3.4.1	วงจรถ่วงจับแบบแอมพลิฟูดแบบความเร็วสูง และตัวควบคุมแบบ PI	39
3.4.1.1	ผลการตอบสนองของวงจรถ่วงจับ แบบมีการป้อนกลับ.....	42
3.4.1.2	ผลการตอบสนองของวงจรถ่วงจับ แบบมีการป้อนกลับในกรณีทีโหลดเป็นตัวต้านทาน.....	46
3.4.1.3	ผลการตอบสนองของวงจรถ่วงจับแบบมีการป้อนกลับ ในกรณีทีโหลดเป็นตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ.....	46
บทที่ 4	การออกแบบการทดลองและผลการทดลอง.....	50
4.1	บทนำ.....	50
4.2	การทดลองวงจรเอซีซีออปเปอร์แบบบีก – บูลต์ เฟสเดียว.....	50
4.2.1	วงจร Control.....	51
4.2.1.1	วงจรสร้างสัญญาณ PWM	51
4.2.1.2	วงจรถ่วงจับจุดผ่านศูนย์กลาง.....	53
4.2.1.3	วงจรประวิงเวลา.....	54

4.2.1.4	วงจรรวมสัญญาณ.....	55
4.2.1.5	วงจรขับน้ำ.....	57
4.2.2	วงจรกำลัง.....	58
4.3	การทดลองการควบคุมแรงดันของวงจรกำลังเอซีซีอ็อปเปอร์ แบบบีก – บูสต์ เฟสเดียวแบบไม่มีการป้อนกลับ.....	59
4.3.1	ผลการตอบสนองในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทาน.....	61
4.3.2	ผลการตอบสนองในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทาน และตัวเหนี่ยวนำ.....	65
4.4	การทดลองการควบคุมแรงดันของวงจรกำลังเอซีซีอ็อปเปอร์ แบบบีก – บูสต์เฟสเดียวแบบมีการป้อนกลับโดยใช้ค่าเฉลี่ย.....	69
4.4.1	ผลการตอบสนองในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทาน.....	70
4.4.2	ผลการตอบสนองในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทาน และตัวเหนี่ยวนำ.....	74
4.5	การทดลองหาค่า line regulation และ load regulation.....	78
4.6	วิจารณ์ผลการทดลอง.....	80
บทที่ 5	บทสรุปและเสนอแนวทางที่จะดำเนินการ.....	81
บรรณานุกรม	83
ภาคผนวก	84
ประวัติผู้เขียน	89

สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงวงจรตีชี่บักบูสต์คอนเวอร์เตอร์.....	5
2.2 แสดงวงจรเอชี่ช้อปเปอร์แบบบัก - บูสต์เฟสเดียวที่ใช้ในงานวิจัย.....	6
2.3 ...แสดงบล็อกไดอะแกรมของการสร้างสัญญาณขับเกท.....	6
2.4 แสดงรูปคลื่นสัญญาณขับเกทด้วยสวิตช์ IGBT และสัญญาณไฟฟ้าที่ถูกสับ.....	7
2.5 แสดงวงจรสมมูลในสภาวะคงตัว.....	8
2.6 แสดงรูปคลื่นของเอชี่ช้อปเปอร์แบบบัก - บูสต์เฟสเดียว ที่โหมดการทำงานต่างๆ.....	10
2.7 แสดงรูปคลื่นการทำงานของโหมดชาร์จ.....	11
2.8 แสดงโหมดชาร์จ เมื่อ v_r เป็นบวก และ $i_L > 0$	12
2.9 แสดงโหมดชาร์จ เมื่อ v_r เป็นลบ และ $i_L < 0$	12
2.10 แสดงรูปคลื่นการทำงานของโหมดบายพาส.....	13
2.11 แสดงโหมดบายพาส เมื่อ v_r เป็นบวก และกระแส $i_L > 0$	14
2.12 แสดงโหมดบายพาส เมื่อ v_r เป็นบวก และกระแส $i_L < 0$	15
2.13 แสดงโหมดบายพาส เมื่อ v_r เป็นลบ และกระแส $i_L > 0$	16
2.14 แสดงโหมดบายพาส เมื่อ v_r เป็นลบ และกระแส $i_L < 0$	16
2.15 แสดงรูปคลื่นการทำงานของโหมดดิสชาร์จ.....	17
2.16 แสดงโหมดดิสชาร์จเมื่อ v_r เป็นบวกและ $i_L > 0$	17
2.17 แสดงโหมดดิสชาร์จเมื่อ v_r เป็นบวกและ $i_L < 0$	18
2.18 แสดงโหมดดิสชาร์จเมื่อ v_r เป็นบวกและ $i_L > 0$	18
2.19 แสดงโหมดดิสชาร์จเมื่อ v_r เป็นบวกและ $i_L < 0$	19
2.20 แสดง block diagram ของการควบคุมแรงดันขาออกด้วยค่าเฉลี่ย.....	19
2.21 แสดงการสร้างสัญญาณพีดับบลิวเอ็มโดยทั่วไป.....	20
2.22 แสดงรูปวงจรเรียงกระแส.....	20
2.23 แสดงรูปวงจรตรวจจับค่ายอด.....	20
2.24 แสดงบล็อกไดอะแกรมของการสร้างสัญญาณขับเกท.....	21
3.1 แสดงวงจร Buck- Boost Converter.....	23
3.2 แสดงวงจรกำลังของเอชี่ช้อปเปอร์แบบบัก-บูสต์ เฟสเดียวที่ใช้ในการจำลอง.....	23
3.3 แสดงวงจรการสร้างสัญญาณ PWM ที่ใช้ในการจำลอง.....	24
3.4 แสดงรูปคลื่นของสัญญาณ PWM ที่ได้จากการจำลอง.....	25

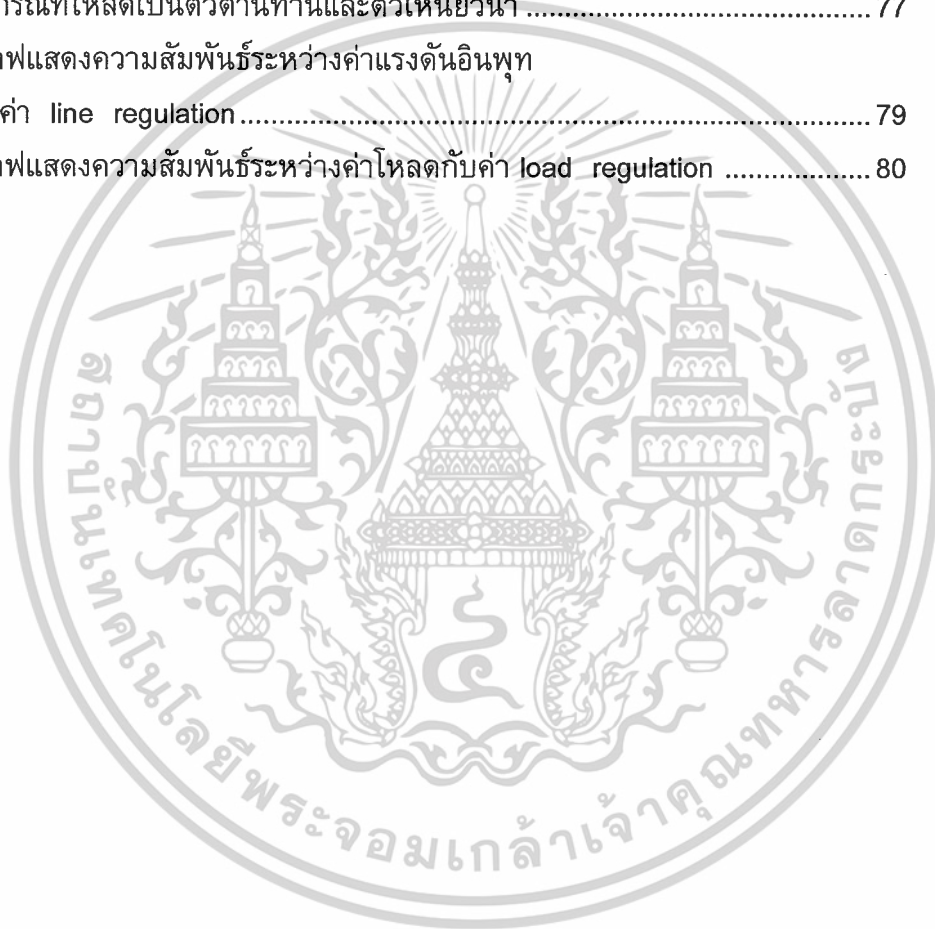
3.5	แสดงวงจรตรวจจับจุดผ่านศูนย์ที่ใช้ในการจำลอง.....	25
3.6	แสดงรูปคลื่นสัญญาณตรวจจับจุดผ่านศูนย์ที่ได้จากการจำลอง.....	26
3.7	แสดงวงจรประวิงเวลาที่ใช้ในการจำลอง.....	26
3.8	แสดงรูปคลื่นของวงจรประวิงเวลา ที่ได้จากการจำลอง.....	27
3.9	แสดงวงจรรวมสัญญาณที่ใช้ในการจำลอง.....	27
3.10	แสดงรูปคลื่นของสัญญาณที่ได้จากวงจรรวมสัญญาณที่ได้จากการจำลอง.....	28
3.11	แสดงวงจรสร้างสัญญาณในการทดลองแบบไม่มีการป้อนกลับ.....	29
3.12	แสดงรูปคลื่นแรงดัน V_o , V_s และรูปคลื่นกระแส I_L , I_o ที่ duty ratio = 0.4.....	31
3.13	แสดงรูปคลื่นแรงดัน V_o , V_s และรูปคลื่นกระแส I_L , I_o ที่ duty ratio = 0.59.....	32
3.14	แสดงรูปคลื่นแรงดัน V_o , V_s และรูปคลื่นกระแส I_L , I_o ที่ duty ratio = 0.7.....	33
3.15	แสดงผลการตอบสนองที่ duty ratio มีค่าเท่ากับ 0.4.....	35
3.16	แสดงผลการตอบสนองที่ duty ratio มีค่าเท่ากับ 0.59.....	36
3.17	แสดงผลการตอบสนองที่ duty ratio มีค่าเท่ากับ 0.7.....	37
3.18	แสดงรูปกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าขาออก กับค่าของ duty ratio ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการจำลอง.....	38
3.19	แสดงรูปวงจรตรวจจับแบบแอมพลิฟายด์แบบความเร็วสูง และตัวควบคุมแบบ PI.....	39
3.20	แสดงวงจรสร้างสัญญาณในการทดลองแบบมีการป้อนกลับ.....	39
3.21	แสดงรูปคลื่นของสัญญาณที่ได้จากวงจรตรวจจับแอมพลิฟายด์ ความเร็วสูงแบบใช้ค่าแรงดันเฉลี่ย.....	40
3.22	แสดงรูปคลื่นแรงดัน V_o, V_s และรูปคลื่นกระแส I_L , I_o โดยที่ค่าแรงดันด้านเข้าเป็น 167 V.....	43
3.23	แสดงรูปคลื่นแรงดัน V_o, V_s และรูปคลื่นกระแส I_L , I_o โดยที่ค่าแรงดันด้านเข้าเป็น 220 V.....	44
3.24	แสดงรูปคลื่นแรงดัน V_o, V_s และรูปคลื่นกระแส I_L , I_o โดยที่ค่าแรงดันด้านเข้าเป็น 242 V.....	45
3.25	แสดงผลการตอบสนองที่ค่าแรงดันด้านเข้าเป็น 167 V.....	47
3.26	แสดงผลการตอบสนองที่ค่าแรงดันด้านเข้าเป็น 220 V.....	48
3.27	แสดงผลการตอบสนองที่ค่าแรงดันด้านเข้าเป็น 242 V.....	49

VIII

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1	แสดงวงจรเอชซีซีโอพีแอมป์แบบบีก – บูสต์ เฟสเดียวที่ใช้ในการทดลอง.....	51
4.2	แสดงวงจรสร้างสัญญาณ PWM ที่ใช้ในการทดลอง	52
4.3	แสดงรูปคลื่นของสัญญาณ PWM ที่ได้จากการทดลอง	52
4.4	แสดงวงจรตรวจจับจุดผ่านศูนย์ ที่ใช้ในการทดลอง.....	53
4.5	แสดงรูปคลื่นสัญญาณตรวจจับจุดผ่านศูนย์ที่ได้จากการทดลอง.....	54
4.6	แสดงวงจรประวิงเวลาที่ใช้ในการทดลอง.....	55
4.7	แสดงรูปคลื่นของวงจรประวิงเวลา ที่ได้จากการทดลอง.....	55
4.8	แสดงวงจรรวมสัญญาณที่ใช้ในการทดลอง	56
4.9	แสดงรูปคลื่นสัญญาณของวงจรรวมสัญญาณที่ได้จากการทดลอง	56
4.10	แสดงวงจรขับนำที่ใช้ในการทดลอง	57
4.11	แสดงรูปคลื่นสัญญาณ input และ output ของวงจรขับที่ได้จากการทดลอง.....	58
4.12	แสดงวงจรกำลังเอชซีซีโอพีแอมป์แบบบีก – บูสต์เฟสเดียวที่ใช้ในการทดลอง.....	59
4.13	แสดงวงจรสร้างสัญญาณการทดลองโดยที่ไม่มีการป้อนกลับ	60
4.14	แสดงผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.452 มีสถานะเป็นบีก	62
4.15	แสดงผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.534 มีสถานะที่ไม่เป็นทั้งบีกและไม่เป็นทั้งบูสต์	63
4.16	แสดงผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.606 มีสถานะเป็นบูสต์	64
4.17	แสดงผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.452 มีสถานะเป็นบีก	66
4.18	แสดงผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.537 มีสถานะที่ไม่เป็นทั้งบีก และไม่เป็นทั้งบูสต์.....	67
4.19	แสดงผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.606 มีสถานะเป็นบูสต์	68
4.20	แสดงวงจรทดลองการควบคุมแรงดันเอชซีซีโอพีแอมป์ใช้ค่าเฉลี่ย	69
4.21	แสดงตัวควบคุมแบบ PI.....	69
4.22	แสดงผลการตอบสนอง ในสถานะที่เป็นบีก ในกรณีที่เกิดเป็นตัวต้านทาน.....	71

4.23 แสดงผลการตอบสนอง ในสถานะที่ไม่เป็นบั๊กและไม่เป็นบรูสต์ ในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทาน.....	72
4.24 แสดงผลการตอบสนอง ในสถานะที่เป็นบรูสต์ ในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทาน.....	73
4.25 แสดงผลการตอบสนองเมื่อมีสถานะเป็นบั๊ก ในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ	75
4.26 แสดงผลการตอบสนองเมื่อมีสถานะที่ไม่เป็นบั๊กและไม่เป็นบรูสต์ ในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ	76
4.27 แสดงผลการตอบสนองเมื่อมีสถานะเป็นบรูสต์ ในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ	77
4.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันอินพุท กับค่า line regulation.....	79
4.29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าโหลดกับค่า load regulation	80



สารบัญญัตราง

ตารางที่	หน้า
3.1 แสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการจำลองวงจรกำลัง เอชไอซี้อปเปอร์ แบบบ๊ีก – บูสต์	24
3.2 แสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการจำลองวงจรกำลัง เอชไอซี้อปเปอร์ แบบบ๊ีก – บูสต์เฟสเดียวแบบไม่มีการป้อนกลับ	29
3.3 แสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการจำลองวงจรกำลัง เอชไอซี้อปเปอร์ แบบบ๊ีก – บูสต์เฟสเดียวแบบมีการป้อนกลับ.....	41
4.1 แสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการทดลองวงจรกำลัง เอชไอซี้อปเปอร์ แบบบ๊ีก – บูสต์.....	51
4.2 แสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการทดลองวงจรกำลัง เอชไอซี้อปเปอร์ แบบบ๊ีก – บูสต์.....	60
4.3 แสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการทดลองวงจรควบคุมแรงดัน เอชไอซี้อปเปอร์ แบบบ๊ีก – บูสต์เฟสเดียวแบบมีการป้อนกลับ.....	70
4.4 แสดงค่าแรงดันอินพุทและแรงดันเอาท์พุท.....	78
4.5 แสดงค่าโหลดที่แรงดันอินพุท 100 V และแรงดันเอาท์พุท.....	79

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัญหาทางไฟฟ้าต่าง ๆ นั้นมักจะมีเกิดขึ้นอยู่เสมอและยากที่จะหลีกเลี่ยงได้ ซึ่งทำให้เกิดการชำรุดและเสียหายของอุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ หรือการสูญหายของข้อมูลที่สำคัญรวมถึงการสูญเสียเวลาตลอดจนโอกาสทางการทำธุรกิจ จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ชัดเจนว่าผลกระทบที่เกิดจากปัญหาทางไฟฟ้านี้ ก่อให้เกิดความเสียหายได้อย่างมากมายมหาศาลเลยทีเดียว การได้เข้าใจถึงสาเหตุและผลกระทบของการเกิดปัญหาทางไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ จะช่วยให้สามารถเตรียมความพร้อมเพื่อรับมือกับทุก ๆ ปัญหาทางระบบไฟฟ้า และป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นได้

เครื่องรักษาแรงดันไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับปรับเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ รวมถึงทำการปรับคุณภาพไฟฟ้าให้ดีขึ้น ซึ่งจะช่วยป้องกันการรับพลังงานไฟฟ้าจากระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ไม่สม่ำเสมอ (เช่น แรงดันไฟฟ้าไม่คงที่, ไฟฟ้าตก, ไฟฟ้าเกิน, ไฟฟ้ากระชากและสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้า ฯลฯ)

เครื่องรักษาแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติโดยใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบบิก - บูลต์เฟสเดียวที่ใช้ในปริวิตานีพอร์นี้ ได้ถูกนำมาใช้ในการปรับแรงดันไฟเอซีเพื่อแทนที่วงจรแบบควบคุมเฟสโดยไทรสเตอร์ เนื่องจากมีข้อดีคือ

1. ด้านของรูปคลื่นแรงดันด้านขาออกของวงจรเอซีช็อบเปอร์ จะให้รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าเป็นไซน์

2. เนื่องจากวงจรเอซีช็อบเปอร์เป็นการตัดรูปคลื่นไซน์ด้วยความถี่สูง จึงจำเป็นต้องใช้วงจรกรองด้านขาออกที่มีขนาดเล็ก

3. คุณภาพของกระแสด้านขาเข้าของวงจรดีกว่า มีความเพี้ยนทางฮาร์มอนิกส์ที่ต่ำกว่า วงจรแบบเฟสคอนโทรล เนื่องจากในเฟสคอนโทรลฮาร์มอนิกส์ของกระแสจะเปลี่ยนไปตามมุมเฟสของการควบคุม แต่สำหรับวงจรเอซีช็อบเปอร์ฮาร์มอนิกส์ของกระแสไม่ขึ้นกับ duty ratio และสามารถ นำไปใช้ได้ อย่างกว้างขวางในหลายๆด้าน ดังนี้

- สื่อสารและโทรคมนาคม ระบบสื่อสารข้อมูล, PABX, เครื่องมือสื่อสาร, สถานี/ห้องส่งวิทยุกระจายเสียง, ระบบการกระจายเสียง และรถเคลื่อนที่สำหรับการสื่อสารทางทหาร ฯลฯ

- การแพทย์และวิทยาศาสตร์ เครื่องมือแพทย์, อุปกรณ์วิทยาศาสตร์, การ X-ray, การสแกนคอมพิวเตอร์ (CAT scan) และการสแกนด้วยคลื่นแม่เหล็ก (MRI) ฯลฯ

- สำนักงาน อาคารสำนักงาน, ระบบทำความเย็นขนาดใหญ่, ระบบแสงสว่างในอาคาร ระบบสื่อสาร, อุปกรณ์สำนักงานที่มีความรวดเร็วต่อคุณภาพไฟฟ้า, เครื่องถ่ายเอกสาร, อุปกรณ์ไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และลิฟต์ ฯลฯ

- อุตสาหกรรม เครื่องจักร-เครื่องกลในภาคอุตสาหกรรม, ระบบการควบคุมกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานและหุ่นยนต์โรงงาน, การควบคุมระบบแสงสว่าง, ใช้เป็นวงจร soft start ในมอเตอร์ ใช้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์หรือว่าปั๊ม ฯลฯ

ในหัวข้อวิทยานิพนธ์นี้ ได้นำวงจรเอซีช็อบเปอร์มาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องรักษาแรงดันอัตโนมัติ โดยใช้หลักการทำงานโดยวิธีการควบคุมแรงดันด้านขาออกของวงจรเอซีช็อบเปอร์ บั๊ก-บูสต์เฟสเดียวที่มีการป้อนกลับโดยใช้ค่าเฉลี่ย (PI control) ซึ่งมีผลตอบสนองของแรงดันที่ดีในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทานและโหลดที่เป็นทั้งตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งจะทำให้เมื่อนำไปประยุกต์ใช้กับระบบจะทำให้ระบบมีการทำงานที่รวดเร็ว และสามารถรักษาแรงดันได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามวงจรเอซีช็อบเปอร์ยังต้องการ bidirectional switches และต้องโดยคำนึงถึงการสับเปลี่ยนของสวิตช์ เนื่องจากแรงดัน Spikes ฉะนั้นจึงถูกประยุกต์ให้ใช้ได้กับกำลังไฟฟ้าที่ไม่สูงมากนัก

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อให้เข้าใจถึงหลักการทำงานของวงจรเอซีช็อบเปอร์แบบบั๊ก - บูสต์เฟสเดียว
2. เพื่อให้เข้าใจถึงหลักการทำงานของวงจรควบคุมวงจรเอซีช็อบเปอร์แบบบั๊ก - บูสต์โดยวิธีการใช้หลักการ PWM
3. เพื่อให้เข้าใจถึงหลักการทำงานและผลกระทบเนื่องจากโหลดที่เป็นตัวต้านทานของการควบคุมของวงจรเอซีช็อบเปอร์แบบบั๊ก - บูสต์เฟสเดียวที่มีการป้อนกลับโดยใช้ค่าแรงดันเฉลี่ย (PI Control)
4. เพื่อให้เข้าใจถึงหลักการทำงานและผลกระทบเนื่องจากโหลดที่เป็นตัวต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำของการควบคุมวงจรเอซีช็อบเปอร์แบบบั๊ก - บูสต์เฟสเดียวที่มีการป้อนกลับโดยใช้ค่าแรงดันเฉลี่ย (PI Control)
5. เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการนำวงจรเอซีช็อบเปอร์แบบบั๊ก - บูสต์เฟสเดียวที่มีการป้อนกลับโดยใช้ค่าแรงดันเฉลี่ย (PI Control) มาพัฒนาหรือนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไป

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ

ปริญญาโทนี้มีขอบเขตของปริญญาโทคือการจำลองและทำการทดลองวงจรเอซีช็อบเปอร์แบบบั๊ก-บูสต์เฟสเดียว โดยเป็นแบบที่มีการป้อนกลับโดยใช้ค่าแรงดันค่าเฉลี่ย (PI control) โดยที่สามารถทำการเพิ่มหรือลดขนาดของแรงดันไฟฟ้าได้ รักษาแรงดันไฟฟ้าให้มีเสถียรภาพตามขนาดที่ต้องการได้ เพื่อหาค่าผลของการตอบสนองในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทาน และผลการตอบสนองในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ โดยที่พิกัดที่ใช้แรงดันอินพุตที่ใช้คือ 220 โวลต์ - 20 % + 10 % (176 - 242 โวลต์) ส่วนทางด้านแรงดันเอาต์พุต คือ 220 โวลต์ \pm 2% (215.6 - 224.4 โวลต์) และที่พิกัดกำลังไฟฟ้าของวงจรเอซีช็อบเปอร์อยู่ที่ 1000 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงการ

1. ศึกษาถึงความสำคัญและที่มาของปัญหา วัตถุประสงค์ของโครงการขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ แผนการดำเนินโครงการ ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย การจัดโครงสร้างของเนื้อหาภายในปฏิญญาพันธ

2. ศึกษาถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องถึงพื้นฐานของวงจรเอชซีซีออปเปอร์แบบบีก - บูลด์เฟสเดียว และหลักการวิเคราะห์การทำงานของวงจรเอชซีซีออปเปอร์แบบบีก - บูลด์เฟสเดียว สมการที่ใช้ในการคำนวณแรงดันขาออกของวงจรเอชซีซีออปเปอร์แบบบีก - บูลด์เฟสเดียว วงจรควบคุมแรงดันของวงจรเอชซีซีออปเปอร์ด้วยค่าแรงดันเฉลี่ย

3. ศึกษาถึงการจำลองระบบการทำงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยศึกษาถึงส่วนประกอบต่างๆ ของวงจรเอชซีซีออปเปอร์แบบบีก - บูลด์เฟสเดียว โดยรวมไปถึงการทำงานบนคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม PSCAD

4. ศึกษาถึงการออกแบบการทดลอง ทำการทดลองและจัดการสรุปผล โดยการออกแบบการทดลองวงจรต่างๆที่ใช้ในการทดลองวงจรเอชซีซีออปเปอร์ เช่น วงจรขับ วงจรกำลัง เป็นต้น และได้ทำการทดลองที่สภาวะโหลดเป็นตัวต้านทานและโหลดเป็นตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ จัดเก็บผลการทดลอง และนำมาวิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหาต่อไป

1.5 แผนการดำเนินโครงการ

ในส่วนของทอมที่ 1 จะดำเนินการโดยการทำการจำลองระบบการทำงาน ด้วยระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยในส่วนนี้เราจะใช้โปรแกรม PSCAD เพื่อประมวลผลออกมาก่อนว่าได้ค่าตามที่ต้องการหรือไม่ และอาจจะทำการศึกษาหาวิธีการแบบใหม่เพื่อมาทดลองในการทำโครงการเพื่อให้ได้ผลที่ดีที่สุด และจะทำการต่อวงจรในส่วนของ Hardware ซึ่งได้แก่วงจรควบคุมหลายวงจรซึ่งประกอบไปด้วย วงจรสร้างสัญญาณ PWM วงจรตรวจจับจุดผ่านศูนย์ (zero crossing) วงจรประวิงเวลา (deadtime) วงจรรวมสัญญาณ วงจรขับนำ และวงจรควบคุมแรงดันเอชซีซีออปเปอร์แบบใช้ค่าเฉลี่ย (PI Control)

ในส่วนของทอมที่ 2 จะดำเนินการโดยการทำการทดลองต่อวงจรต่างๆ โดยทำการใส่ค่าต่างๆ ของอุปกรณ์ทุกตัวตามค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ได้จากการจำลองของระบบการทำงาน ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในภาคเรียนที่ 1 ได้แก่ วงจรขับนำ และวงจรการควบคุมแรงดันเอชซีซีออปเปอร์แบบใช้ค่าเฉลี่ย (PI Control) พร้อมทั้งทดลองปรับค่าขนาดของแรงดันไฟฟ้า ให้มีขนาดเพิ่มขึ้นหรือลดขนาดลง หลังจากนั้นหาค่าผลการตอบสนองของโหลด ในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทาน (R) และผลการตอบสนองในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ (R,L) และขนาดพิกัดกำลังไฟฟ้าของเอชซีซีออปเปอร์ อยู่ที่ 1000 W

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

สามารถนำวิธีการควบคุมแรงดันของเอชไอซีออปเปอร์แบบบีก - บูลด์ เฟสเดียวไปประยุกต์ใช้กับเครื่องสร้างแรงดันไฟตกชั่วขณะ เครื่องรักษาแรงดันแบบอัตโนมัติ หรือแหล่งจ่ายไฟแบบปรับค่าได้ เป็นต้น

ช่วยให้ผู้ที่สนใจประหยัดเงินตราที่ต้องไปซื้อเทคโนโลยีจากต่างประเทศ โดยที่คุณภาพไม่แตกต่างกันแต่ราคาถูกกว่า และอีกประการหนึ่ง คือเมื่อเป็นเทคโนโลยีของไทยแล้วย่อมทำให้ผู้ใช้ซึ่งเป็นคนไทยเองทำการใช้งานและเรียนรู้ได้อย่างเข้าใจต้องแท้ เพื่อพัฒนาต่อยอด ผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพที่ดียิ่งขึ้นง่ายแก่การใช้และราคาสมเหตุสมผล อีกทั้งหากทำออกมาแล้วมีคุณภาพที่ดีสมราคาก็เป็นไปได้ที่จะผลิตเป็นสินค้าภายในประเทศหรือสินค้าส่งออก

1.7 การจัดโครงสร้างของเนื้อหาภายในปฏิญานิพนธ์

วงจรเอชไอซีออปเปอร์แบบบีก-บูลด์เฟสเดียวในงานปฏิญานิพนธ์นี้ สามารถแบ่งเป็นแต่ละบทได้ดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงความสำคัญและที่มาของปัญหา วัตถุประสงค์ของโครงการที่วิจัยขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ แผนการดำเนินโครงการ ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย การจัดโครงสร้างของเนื้อหาภายในปฏิญานิพนธ์

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง กล่าวถึงพื้นฐานของวงจรเอชไอซีออปเปอร์แบบบีก-บูลด์ เฟสเดียว และหลักการวิเคราะห์การทำงานของวงจรเอชไอซีออปเปอร์แบบบีก-บูลด์เฟสเดียวซึ่งสมการที่ใช้ในการคำนวณแรงดันด้านขาออกของวงจรเอชไอซีออปเปอร์แบบบีก - บูลด์ เฟสเดียว วงจรควบคุมแรงดันของเอชไอซีออปเปอร์ด้วยค่าแรงดันเฉลี่ย

บทที่ 3 การจำลองระบบการทำงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ กล่าวถึงส่วนประกอบต่างๆของวงจรเอชไอซีออปเปอร์แบบบีก - บูลด์ เฟสเดียว และพร้อมทั้งการทำงานบนคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม PSCAD

บทที่ 4 การออกแบบการทดลอง ทำการทดลอง และจัดการสรุปผล กล่าวถึงการคิดค้นออกแบบการทดลอง วงจรต่างๆที่ใช้ในการทดลองเอชไอซีออปเปอร์ เช่น วงจรขับ วงจรกำลัง เป็นต้น และได้ทำการทดลองที่สถานะ โหลดเป็นตัวต้านทาน และโหลดเป็นตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำจัดเก็บผลการทดลอง และนำมาวิเคราะห์ เพื่อแก้ปัญหาต่อไป

บทที่ 5 การสรุปผลการทดลองในกรณีต่างๆที่ได้ทำการทดลองไป และทำการวิจารณ์ผลการทดลอง เพื่อวิเคราะห์ ถึงสาเหตุของปัญหาและได้ทำการแก้ไขในต่อไป

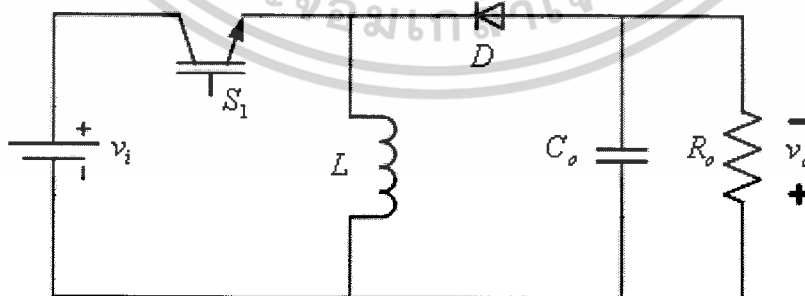
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

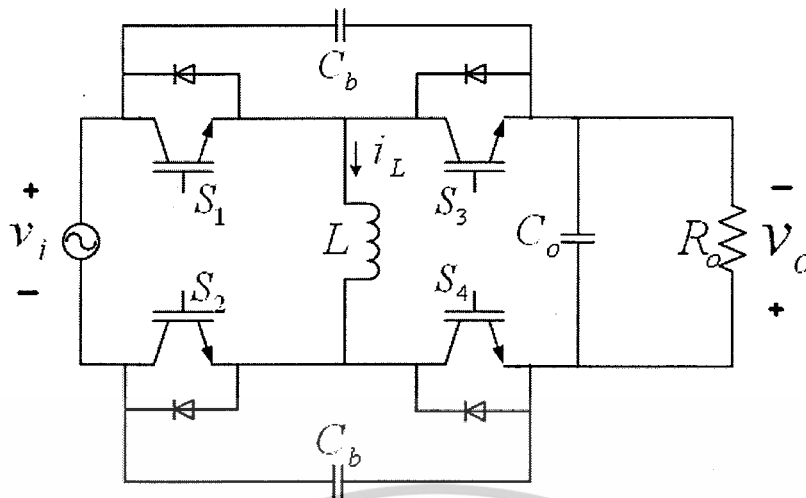
วงจรเอชซีซีออปเปอร์แบบบัก-บูสต์เฟสเดียวที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้เป็นวงจรแบบแปลงมาจากแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งวงจรเอชซีซีออปเปอร์นั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นเครื่องรักษาแรงดันไฟฟ้าตก เครื่องรักษาแรงดันไฟฟ้าเกิน เครื่องรักษาแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ หรืออาจจะนำไปประยุกต์ใช้แทนออตโททรานส์ฟอร์มเมอร์ เป็นต้น ปรินูญยานิพนธ์นี้จะกล่าวถึงสมการของวงจรเอชซีซีออปเปอร์ โหมดการทำงานในช่วงต่างๆ ของวงจรเอชซีซีออปเปอร์แบบบัก-บูสต์เฟสเดียวและการควบคุมแรงดันของเอชซีซีออปเปอร์ ซึ่งในการควบคุมแรงดันของเอชซีซีออปเปอร์ ให้มีความเสถียรภาพนั้นจำเป็นต้องมีตัวควบคุมที่มีความรวดเร็วและแม่นยำ โดยวงจรการควบคุมแรงดันจะใช้วงจรการควบคุมแรงดันด้านขาออกของเอชซีซีออปเปอร์ด้วยค่าแรงดันเฉลี่ย

2.2 วงจรเอชซีซีออปเปอร์

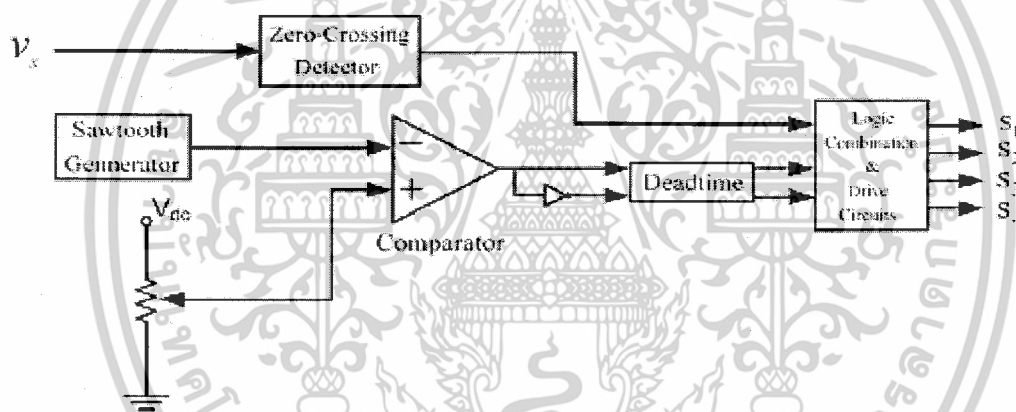
วงจรเอชซีซีออปเปอร์แบบบัก-บูสต์เฟสเดียวที่ใช้ในปรินูญยานิพนธ์นี้ ได้ถูกประยุกต์มาจากวงจรตีชี่บักบูสต์คอนเวอร์เตอร์ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งวงจรตีชี่บักบูสต์คอนเวอร์เตอร์นั้นเป็นวงจรแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสตรง สวิตช์ที่ใช้จึงเป็นสวิตช์ทางเดียวคือใช้ IGBT กับไดโอดมาเป็นทางผ่านของกระแส ซึ่งวงจรเอชซีซีออปเปอร์แบบบัก-บูสต์เฟสเดียวที่ใช้ในงานวิจัยนี้แสดงในรูปที่ 2.2 เป็นวงจรเอชซีซีออปเปอร์แบบบัก-บูสต์เฟสเดียวซึ่งแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ โดยใช้ IGBT เป็นสวิตช์ 4 ตัว เพื่อสร้างทางไหลของกระแส 2 ทิศทางด้านบวกกับทางด้านลบและยังมีชุดกรองผ่านความถี่ต่ำ เพื่อกำจัดริปเปิลความถี่สูงของแรงดันไฟฟ้าขาออกซึ่งจะทำให้ได้แรงดันไฟฟ้าทางด้านขาออกที่เป็นไซน์



รูปที่ 2.1 ซึ่งวงจรตีชี่บักบูสต์คอนเวอร์เตอร์

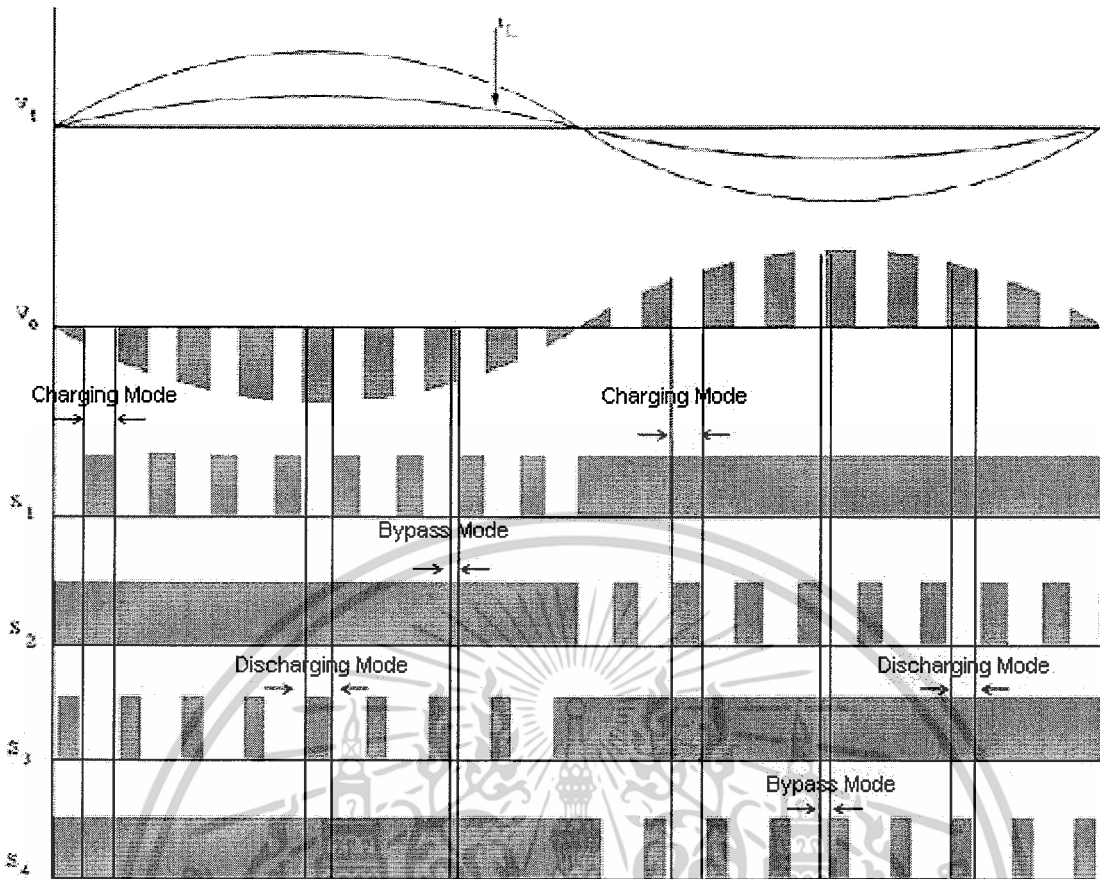


รูปที่ 2.2 เป็นวงจรเอชซีซีออปเปอร์แบบบิก-บูสต์เฟสเดียวที่ใช้ในงานวิจัย



รูปที่ 2.3 บล็อกไดอะแกรมของการสร้างสัญญาณขับเกท

ในรูปที่ 2.3 เป็นรูปบล็อกไดอะแกรมของการสร้างสัญญาณขับเกทด้วยสวิตช์ IGBT ซึ่งรูปคลื่นสัญญาณขับเกทด้วยสวิตช์ IGBT และสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ถูกสับได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.4 โดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าขาออก และแรงดันไฟฟ้าด้านขาเข้าของเอชซีซีออปเปอร์ได้แสดงไว้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.4 รูปคลื่นสัญญาณขับเกตด้วยสวิตช์ IGBT และสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ถูกสลับ

2.3 สมการที่ใช้คำนวณค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ

การหาค่าสมการที่ใช้คำนวณหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เราจะกำหนดให้ในระหว่างคาบของการสวิตช์ซึ่งแรงดันไฟฟ้าขาเข้าและขาออกจะถูกพิจารณาให้คงที่ และแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยของตัวเหนี่ยวนำใน 1 คาบของการสวิตช์ เมื่อ $T_s = 1/f_s$ จะเป็น

$$v_L(t) = Dv_i(t) - (1-D)v_o(t) \quad (1)$$

เมื่อ $v_i(t)$ และ $v_o(t)$ คือแรงดันไฟฟ้าขาเข้าเฉลี่ยและแรงดันไฟฟ้าขาออกตามลำดับ และ D คือ duty ratio แรงดันไฟฟ้าของตัวเหนี่ยวนำจะเท่ากับ

$$v_L(t) = L \frac{d}{dt} i_L(t) \quad (2)$$

เมื่อ $i_L(t)$ คือแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยของตัวเหนี่ยวนำใน 1 คาบการสวิตช์ กระแสไฟฟ้าในตัวเหนี่ยวนำจะเป็นตัวสร้างกระแสไฟฟ้าขาออกในโหมดฟรีวิลลิ่ง และกระแสไฟฟ้าในตัวเหนี่ยวนำจะได้อาจมาจากแหล่งจ่ายในโหมดแอกทีฟ ดังนั้นจะได้ความสัมพันธ์ ดังนี้

$$i_o(t) = (1-D)i_L(t) \quad (3)$$

$$i_L(t) = Di_L(t) \quad (4)$$

เมื่อ $i_L(t)$ คือ กระแสไฟฟ้าขาเข้าเฉลี่ยในระหว่างคาบการสวิตช์ และจากสมการที่ (1) ถึง (3) จะได้ความสัมพันธ์ ดังนี้

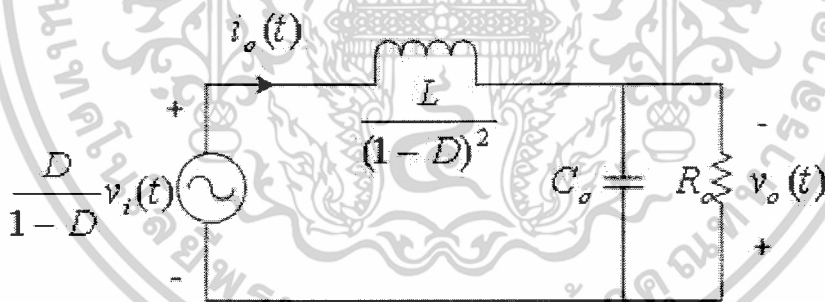
$$v_L(t) = \frac{L}{(1-D)} \frac{d}{dt} i_o(t) \quad (5)$$

$$\frac{L}{(1-D)} \frac{d}{dt} i_o(t) = Dv_i(t) - (1-D)v_o(t) \quad (6)$$

$$\frac{L}{(1-D)^2} \frac{d}{dt} i_o(t) = \frac{D}{1-D} v_i(t) - v_o(t) \quad (7)$$

$$\frac{D}{1-D} v_i(t) = \frac{L}{(1-D)^2} \frac{d}{dt} i_o(t) + v_o(t) \quad (8)$$

สมการนี้เป็นตัวแทนของวงจรสมมูลสำหรับบิก-บูสต์เอชซีซีอปเปอร์ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 วงจรสมมูลในสภาวะคงตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรสมมูล จะหาความสัมพันธ์ Transfer function ของแรงดันไฟฟ้าขาออก $V_o(s)$ กับแรงดันไฟฟ้าขาเข้า $V_i(s)$ ได้คือ

$$\frac{D}{1-D} v_i(t) = \frac{L}{(1-D)^2} \frac{d}{dt} \left(\frac{v_o}{R_o} \right) + C \frac{d}{dt} v_o + v_o(t) \quad (9)$$

$$\frac{D}{1-D} v_i(t) = \frac{L}{(1-D)^2} \left[\frac{1}{R_o} v_o'(t) + C v_o''(t) \right] + v_o(t) \quad (10)$$

$$\frac{D}{1-D} V_i(s) = \frac{L}{(1-D)^2} \left[\frac{1}{R_o} S V_o(s) + C S^2 V_o(s) \right] + V_o(s) \quad (11)$$

$$\frac{D}{1-D} V_i(s) = \left[\frac{LS}{R_o(1-D)^2} + \frac{LC_o S^2}{(1-D)^2} + 1 \right] V_o(s) \quad (12)$$

$$\frac{D}{1-D} V_i(s) = \left[\frac{LS + LC_o S^2 R_o + R_o(1-D)^2}{R_o(1-D)^2} \right] V_o(s) \quad (13)$$

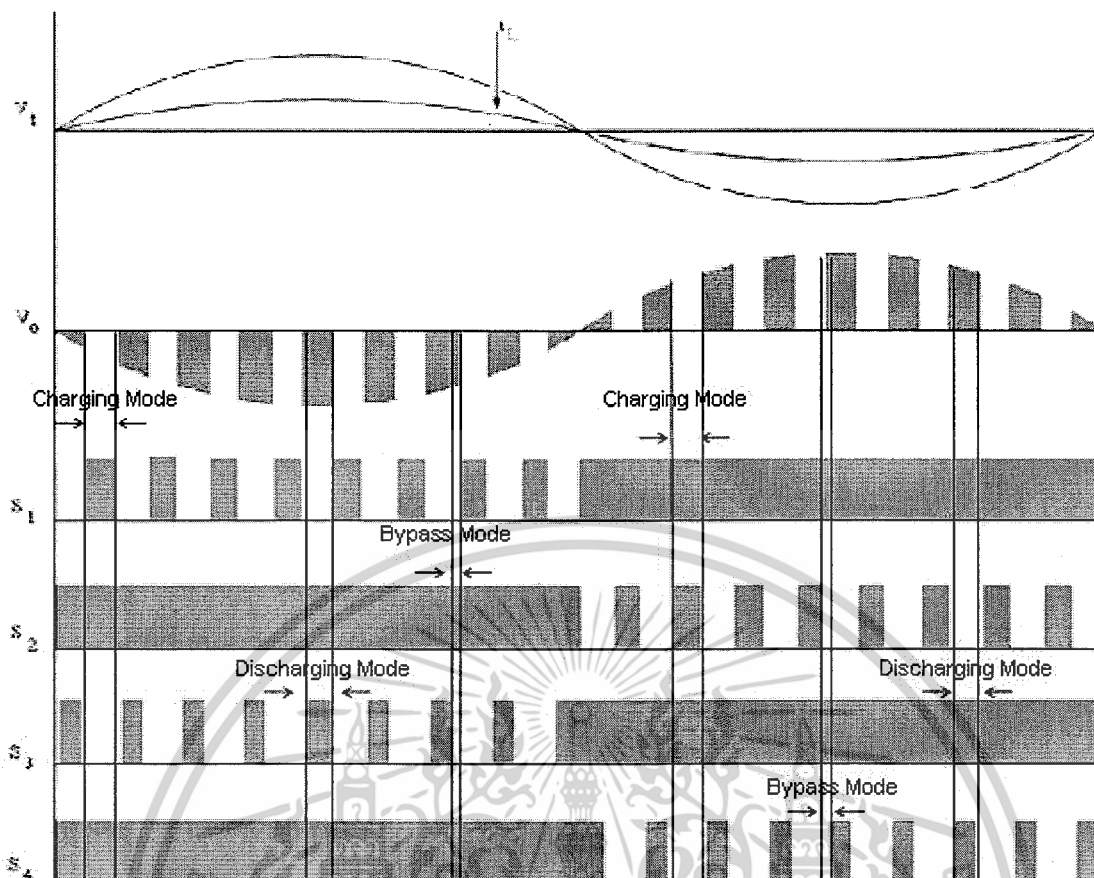
$$\frac{DR_o(1-D)^2}{(1-D)[LS + LC_o R_o S^2 + R_o(1-D)^2]} = \frac{V_o(s)}{V_i(s)} \quad (14)$$

$$\frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{DR_o(1-D)}{LS + LC_o R_o S^2 + R_o(1-D)^2} \quad (15)$$

2.4 การทำงานของวงจรเอชซีซีอปเปอร์แบบบีก-บัสต์เฟสเดียว

วงจรเอชซีซีอปเปอร์ ที่ใช้ในการทำโครงงานนี้เป็นวงจรเอชซีซีอปเปอร์แบบบีก-บัสต์เฟสเดียวโดยใช้ IGBT เป็นอุปกรณ์ในการสวิตช์ เมื่อนำแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับไปผ่านชุดของคอนเวอร์เตอร์ จะได้แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ถูกสับและเมื่อแรงดันไฟฟ้าที่ถูกสับนี้ไปผ่านชุดวงจร LC low pass filter ค่าของแรงดันที่เป็นความถี่สูงจะถูกกรองออกไปเหลือเพียงแต่เพียงค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความถี่มูลฐาน

ในรูปที่ 2.6 เป็นรูปคลื่นของเอชซีซีอปเปอร์เฟสเดียวที่โหมดการทำงานต่างๆ โดยที่วงจรเอชซีซีอปเปอร์แบบบีก-บัสต์เฟสเดียวได้แบ่งโหมดการทำงานเป็นโหมดต่างๆดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.6 รูปคลื่นของเอซีซีออปเปอร์แบบบัก-บูสต์เฟสเดียวที่โหมดการทำงานต่างๆ

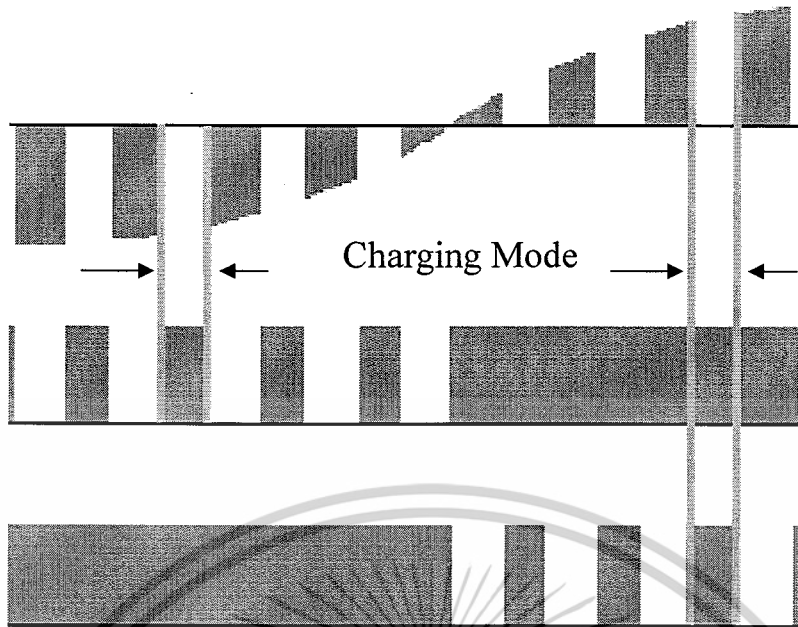
การทำงานของวงจรเอซีซีออปเปอร์แบบบัก-บูสต์เฟสเดียวมีโหมดการทำงานทั้งหมด 3 โหมด ดังนี้

1. โหมดชาร์จ (Charging mode)
2. โหมดบายพาส (Bypass mode)
3. โหมดดิสชาร์จ (Discharging mode)

ดังแสดงได้ดังต่อไปนี้

2.4.1 โหมดชาร์จ (Charging mode)

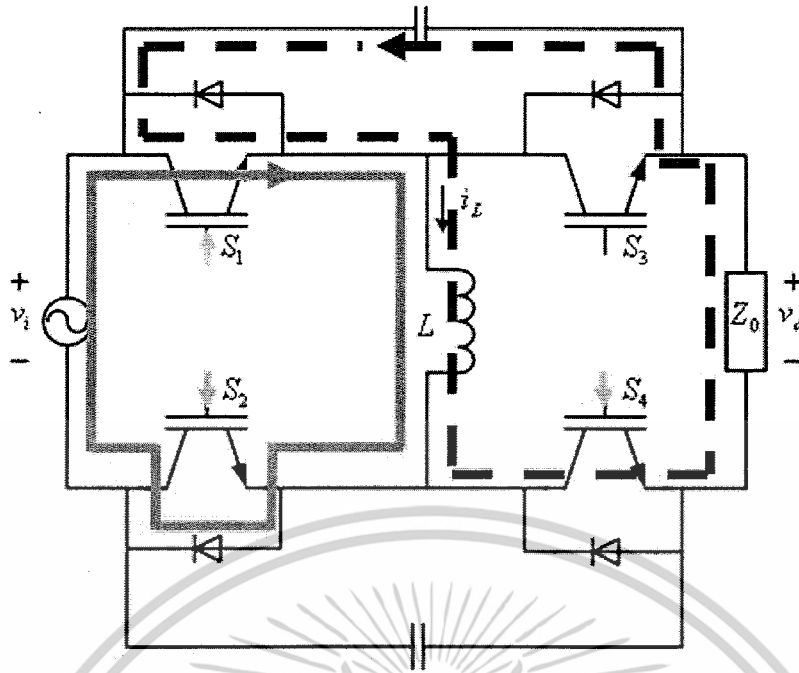
ในโหมดการทำงานโหมดยี่จะเป็นโหมดที่ L จะทำการชาร์จกระแส โดยจะเหนี่ยวนำผ่านทางต้านขาเข้า ซึ่งได้แสดงรูปคลื่นการทำงาน ในรูปที่ 2.7 ดังนั้นในโหมดยี่สวิทช์ S1 และ S2 มีการทำงานดังนี้



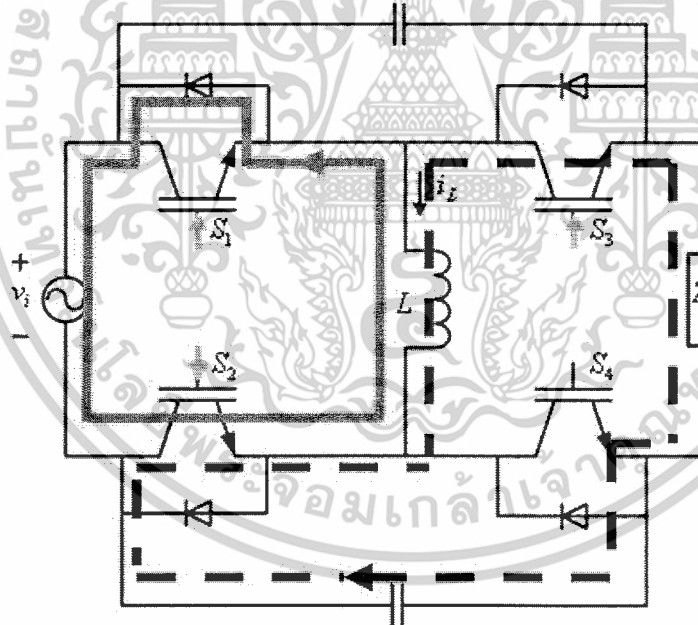
รูปที่ 2.7 รูปคลื่นการทำงานของโหมดชาร์จ

-เมื่อ v_r เป็นบวก ให้สวิตช์ S_2 กับ S_4 ทำงานค้างไว้ตลอด ในช่วงที่ v_r เป็นบวก เมื่อมีสัญญาณสวิตช์ S_1 ป้อนเข้ามา จะเป็นการชาร์จกระแสที่ L โดยมีกระแสไหลผ่าน S_1 และไดโอดคร่อม S_2 และจะมีกระแสส่วนหนึ่งไหลผ่านสวิตช์ S_4 ที่ On อยู่ ไหลผ่านโหลดแล้วไปชาร์จที่ C สนับเบอร์ดของสวิตช์ S_1 และ S_3 ดังรูปที่ 2.8

-เมื่อ v_r เป็นลบ ให้สวิตช์ S_1 กับ S_3 ทำงานค้างไว้ตลอด ในช่วงที่ v_r เป็นลบ เมื่อมีสัญญาณสวิตช์ S_2 ป้อนเข้ามา จะเป็นการชาร์จกระแสที่ L โดยมีกระแสไหลผ่าน S_2 และไดโอดคร่อม S_1 และจะมีกระแสส่วนหนึ่งไหลผ่านสวิตช์ S_3 ที่ On อยู่ ไหลผ่านโหลดแล้วไปชาร์จที่ C สนับเบอร์ดของสวิตช์ S_2 และ S_4 ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.8 โหมดชาร์จ เมื่อ v_1 เป็นบวก และ $i_L > 0$

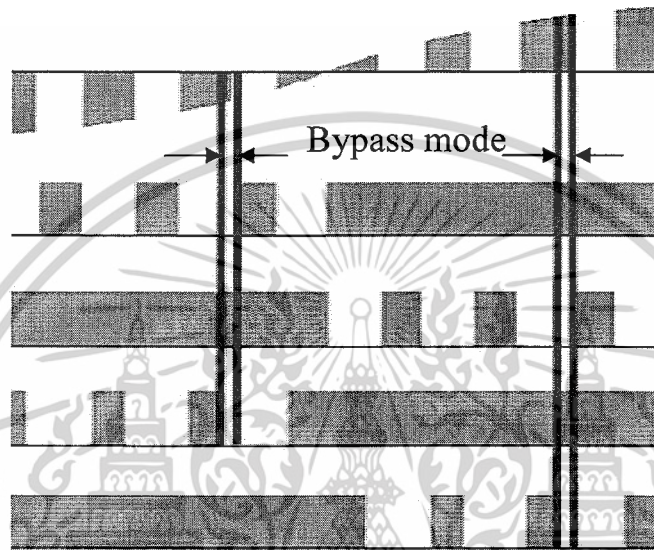


รูปที่ 2.9 โหมดชาร์จ เมื่อ v_1 เป็นลบ และ $i_L < 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 โหมดบายพาส (Bypass mode)

เนื่องจากถ้าโหลดมีค่าความเป็นตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งจะส่งผลทำให้กระแสจะล่าหลังแรงดัน ดังนั้นจำเป็นต้องสร้างเส้นทางการไหลของกระแสไว้ล่วงหน้าเพื่อป้องกันการเกิด Spike และป้องกันการเกิดการลัดวงจรของสวิตช์ IGBT ในวงจร อันเนื่องมาจากการทำงานพร้อมกันของสวิตช์ ดังนั้นกระแสจะสามารถไหลผ่านไปได้ทั้งทางด้านขาเข้าและขาออก โดยขึ้นอยู่กับทิศทางกระแสของตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งได้แสดงรูปคลื่นการทำงานในรูปที่ 2.10

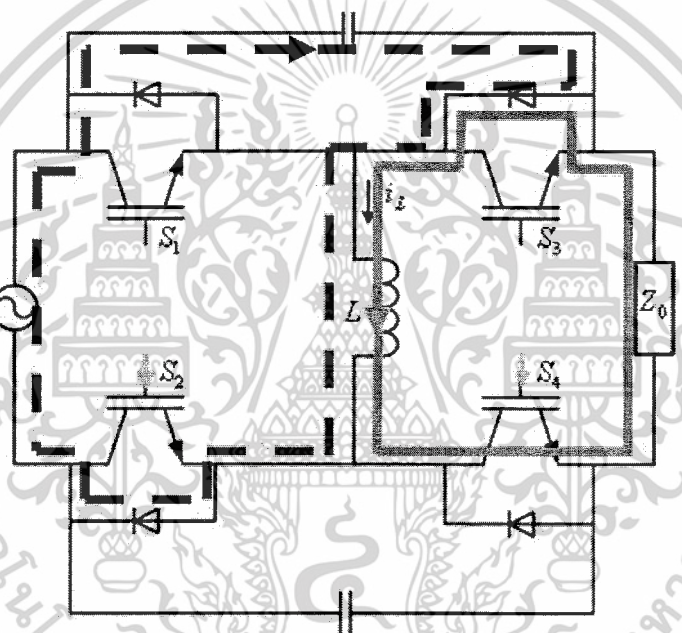


รูปที่ 2.10 รูปคลื่นการทำงานของโหมดบายพาส

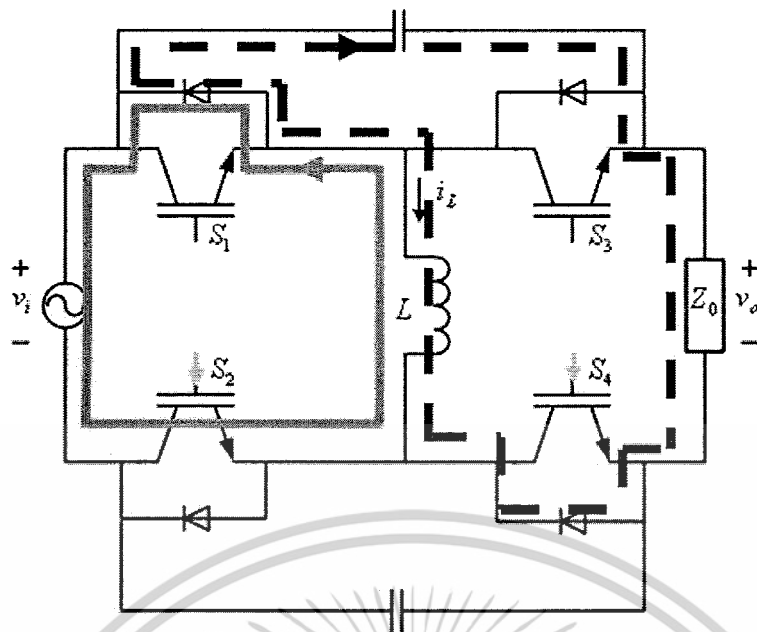
-เมื่อ v_r เป็นบวก ให้สวิตช์ S_2 กับ S_4 ทำงานค้างไว้ตลอด ในช่วงเวลาเดดไทม์นี้ สวิตช์ S_1 กับสวิตช์ S_3 จะไม่มีการทำงาน

ดังนั้นกรณีนี้ที่กระแส $i_L > 0$ กระแสจะดิสชาร์จจากตัวเหนี่ยวนำไหลผ่านทางด้านเอาต์พุตโดยผ่านสวิตช์ S_4 ผ่านโหลดและไดโอดที่คอมสวิตช์ S_3 ส่วนประจุที่ถูกชาร์จไว้ที่ C สนับเบอร์ของสวิตช์ S_1 และ S_3 จะคายประจุผ่านไดโอดที่คอมสวิตช์ S_3 และผ่าน L ผ่านไดโอดคอมสวิตช์ S_2 กลับคืนสู่แหล่งจ่าย ดังรูปที่ 2.11

ถ้ากระแส $i_L < 0$ กระแสจะไหลผ่านทางด้านขาเข้า โดยสวิตช์ S_2 และผ่านตัวเหนี่ยวนำไหลผ่านไดโอดที่คอมสวิตช์ S_1 และประจุที่ถูกชาร์จไว้ที่ C สนับเบอร์ของสวิตช์ S_1 และ S_3 จะคายประจุผ่านโหลดและผ่านไดโอดที่ตกรวมสวิตช์ S_4 และผ่าน L ผ่านไดโอดคอมสวิตช์ S_1 ดังแสดงในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.11 โหมตบายพาส เมื่อ v_r เป็นบวก และกระแส $i_L > 0$



รูปที่ 2.12 โหมตบายพาส เมื่อ v_i เป็นบวก และกระแส $i_L < 0$

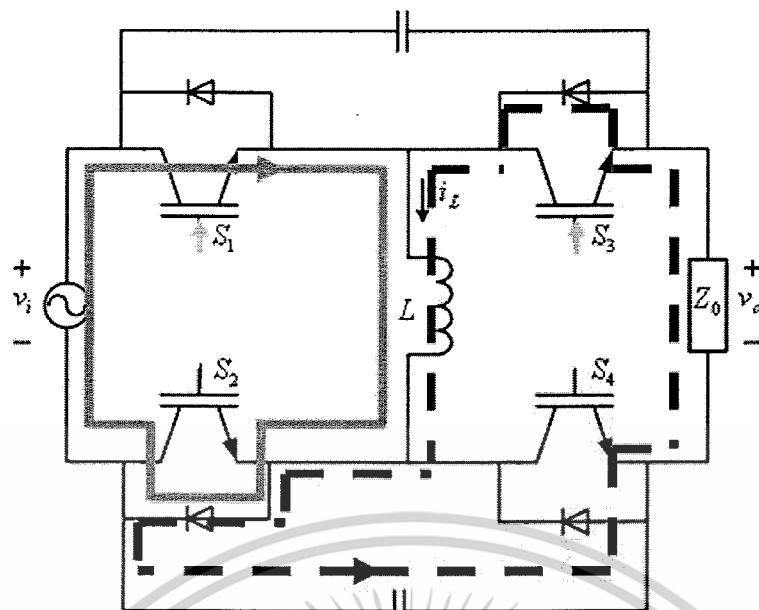
-เมื่อ v_i เป็นลบ ให้สวิตช์ S_1 กับ S_3 ทำงานค้างไว้ตลอด ในช่วงเวลาเดดไทม์นี้สวิตช์ S_2 กับสวิตช์ S_4 จะไม่มีการทำงาน

ดังนั้นถ้ากระแส $i_L > 0$ กระแสจะไหลเข้าโดยผ่านสวิตช์ S_1 ผ่านตัวเหนี่ยวนำไหลผ่านไดโอดที่ตกรวมสวิตช์ S_2 และประจุที่ถูกชาร์จไว้ที่ C สนับเบอร์ของสวิตช์ S_2 และ S_4 จะคายประจุผ่านโหลดและผ่านไดโอดที่ตกรวมสวิตช์ S_3 และผ่าน L ผ่านไดโอดคร่อมสวิตช์ S_2 ดังแสดงในรูปที่ 2.13

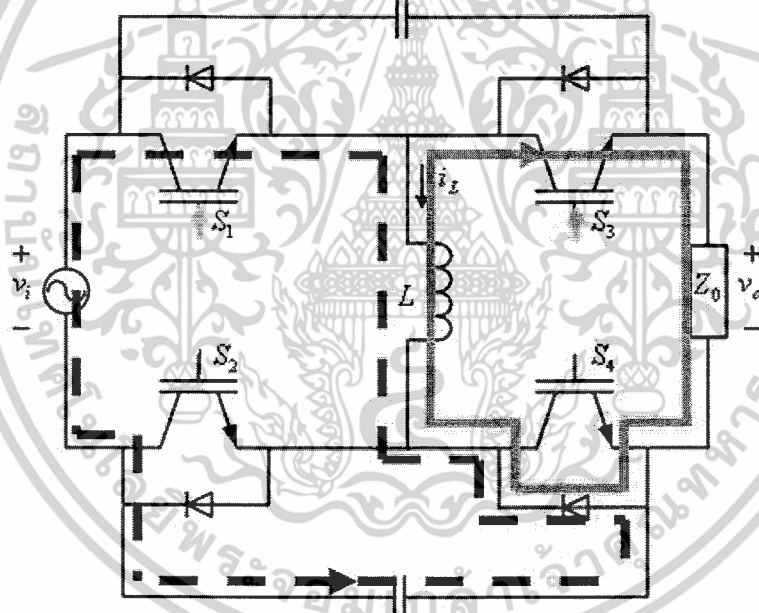
-เมื่อ v_i เป็นลบ ให้สวิตช์ S_1 กับ S_3 ทำงานค้างไว้ตลอด ในช่วงเวลาเดดไทม์นี้สวิตช์ S_2 กับสวิตช์ S_4 จะไม่ทำงาน

ดังนั้นถ้ากระแส $i_L < 0$ กระแสจะไหลจาก L ผ่านสวิตช์ S_3 ผ่านโหลดและผ่านไดโอดที่ตกรวมสวิตช์ S_4 และประจุที่ถูกชาร์จไว้ที่ C สนับเบอร์ของสวิตช์ S_2 และ S_4 จะคายประจุผ่านไดโอดที่ตกรวมสวิตช์ S_4 ผ่าน L และผ่านสวิตช์ S_1 และกลับคืนสู่แหล่งจ่าย ดังรูปที่

2.14



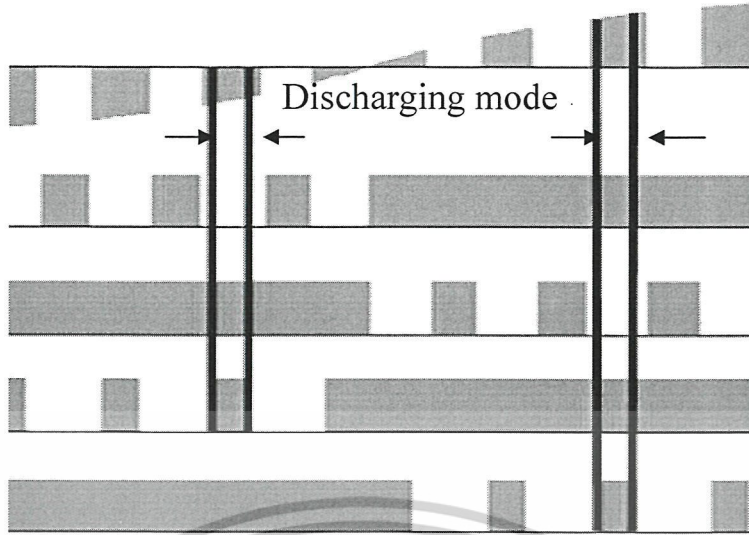
รูปที่ 2.13 โหมดบายพาส เมื่อ v_i เป็นลบ และกระแส $i_L > 0$



รูปที่ 2.14 โหมดบายพาส เมื่อ v_i เป็นลบ และ กระแส $i_L < 0$

2.4.3 โหมดดิสชาร์จ (Discharging mode)

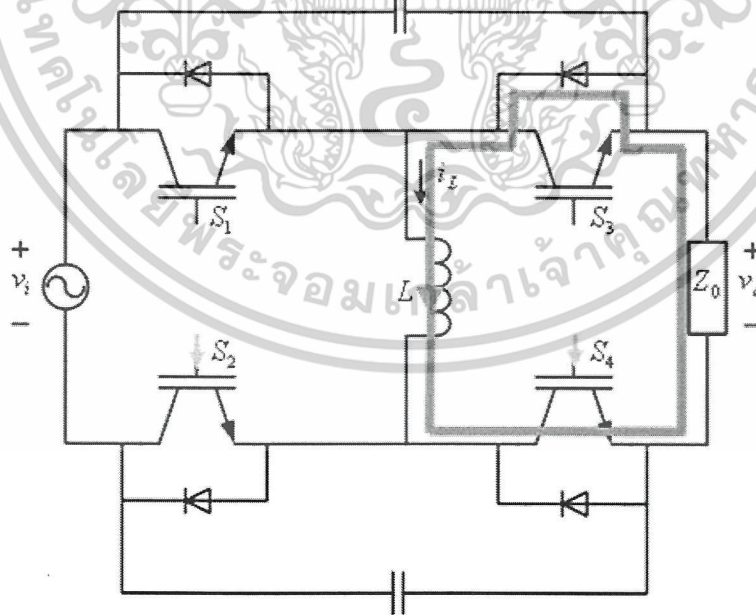
ในโหมดการทำงาน ซึ่งได้แสดงไว้ในรูปคลื่นการทำงานในรูปที่ 2.15 จะมีการทำงานในช่วงเวลาที่ตรงข้ามกับ Charging mode โดยในโหมดนี้ทำให้พลังงานที่สะสมในตัวเหนี่ยวนำเกิดการคายพลังงาน ดังรูปที่ 2.15



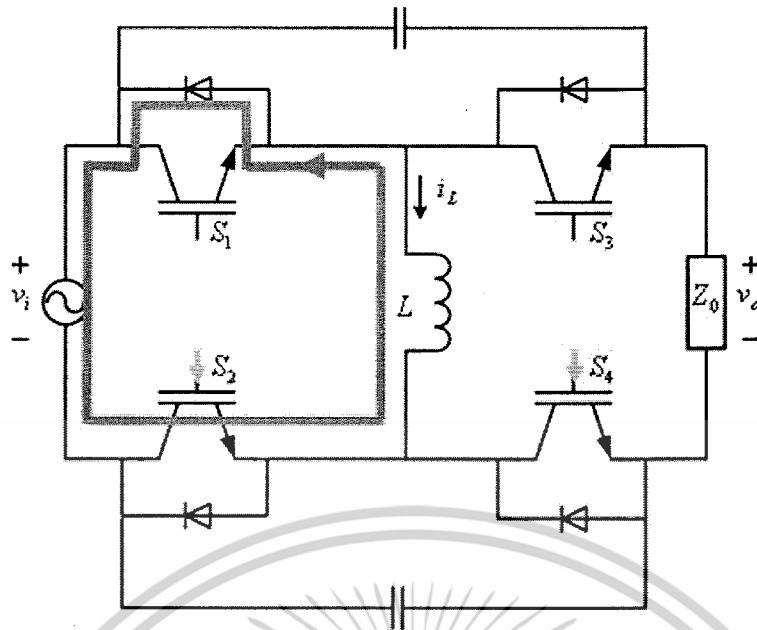
รูปที่ 2.15 รูปคลื่นการทำงานของโหมตติสซาร์จ

-เมื่อ v_i เป็นบวก และ $i_L > 0$ ให้สวิตช์ S_2 กับ S_4 ทำงานค้างไว้ตลอด ในช่วงที่ v_i เป็นบวก ดังนั้นกระแสที่สะสมอยู่ใน L จะฟรีวิลผ่านสวิตช์ S_4 ไปยังโหลดและผ่านไดโอดที่ตกคร่อมสวิตช์ S_3 ดังรูปที่ 2.16

-เมื่อ v_i เป็นบวก และ $i_L < 0$ ให้สวิตช์ S_2 กับ S_4 ทำงานค้างไว้ตลอด ในช่วงที่ v_i เป็นบวก ดังนั้นกระแสที่สะสมอยู่ใน L จะฟรีวิลผ่านไดโอดที่ตกคร่อมสวิตช์ S_1 ผ่านสู่แหล่งจ่ายและสวิตช์ S_2 ดังรูปที่ 2.17



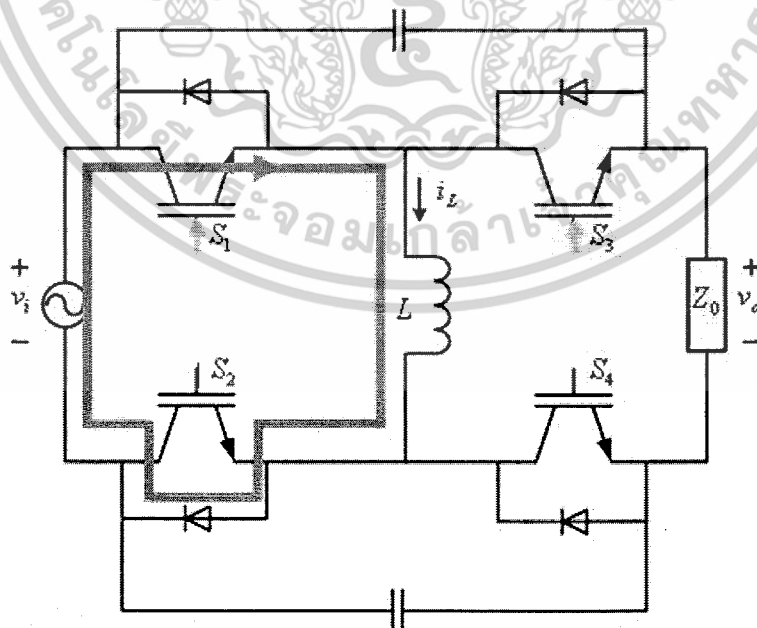
รูปที่ 2.16 โหมตติสซาร์จเมื่อ v_i เป็นบวกและ $i_L > 0$



รูปที่ 2.17 โหมดดิซซาร์จเมื่อ v_i เป็นบวกและ $i_L < 0$

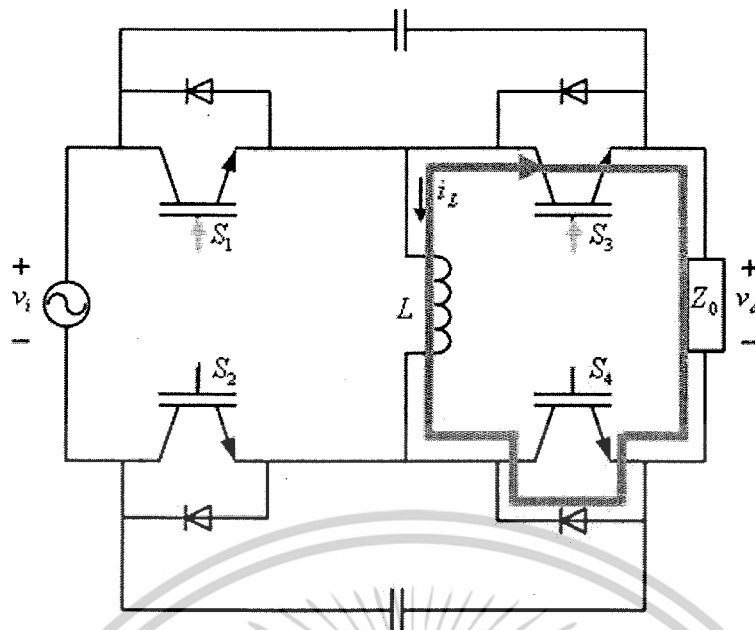
-เมื่อ v_i เป็นลบ และ $i_L > 0$ ให้สวิตช์ S_1 กับ S_3 ทำงานค้างไว้ตลอด ในช่วงที่ v_i เป็นลบ ดังนั้นกระแสที่สะสมอยู่ใน L จะฟรีวิลผ่านไดโอดที่ติดกรรมสวิตช์ S_2 ผ่านสู่แหล่งจ่ายและสวิตช์ S_1 ดังรูปที่ 2.18

-เมื่อ v_i เป็นลบ และ $i_L < 0$ ให้สวิตช์ S_1 กับ S_3 ทำงานค้างไว้ตลอด ในช่วงที่ v_i เป็นลบ ดังนั้นกระแสที่สะสมอยู่ใน L จะฟรีวิลผ่านสวิตช์ S_3 ผ่านโหลดและผ่านไดโอดที่ติดกรรมสวิตช์ S_4 ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.18 โหมดดิซซาร์จเมื่อ v_i เป็นบวกและ $i_L > 0$

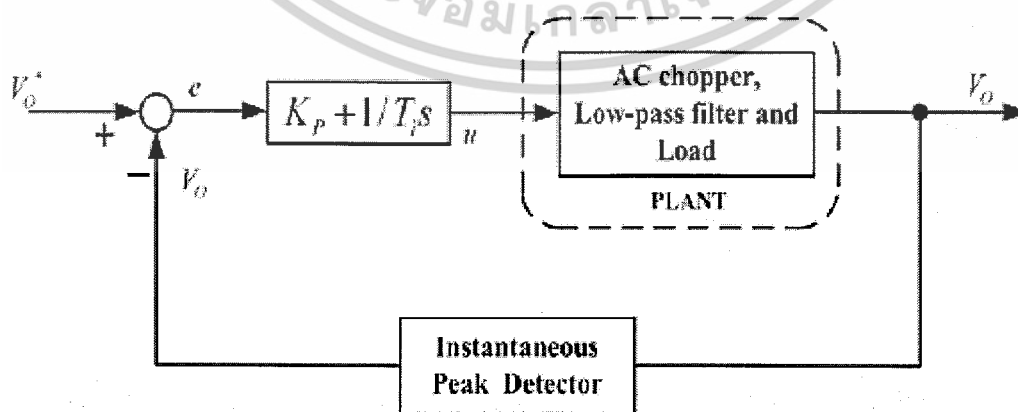
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 โหมดดิสซาร์จเมื่อ v_i เป็นบวกและ $i_L < 0$

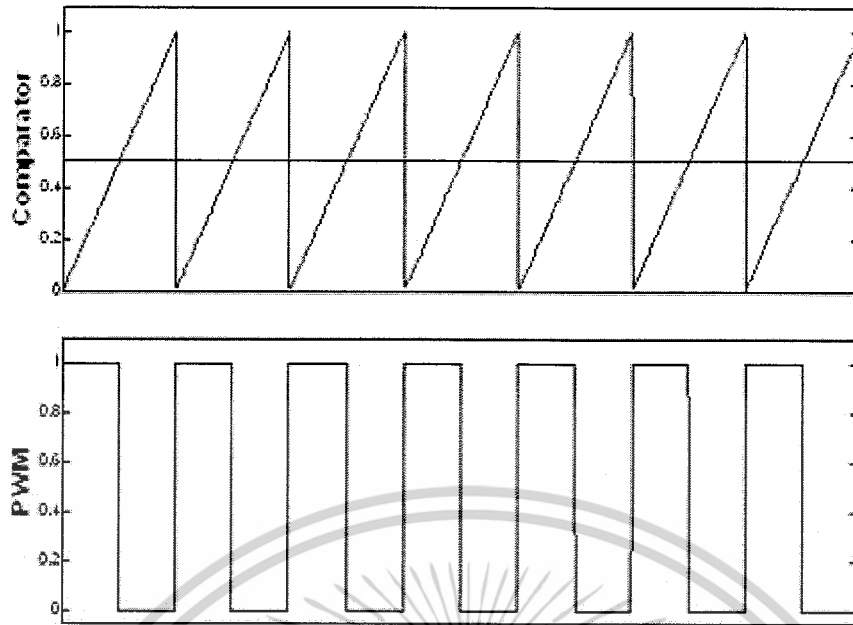
2.5 วงจรควบคุมแรงดันของเอชซีชอปเปอร์ด้วยค่าแรงดันเฉลี่ย

โดยทั่วไปการควบคุมแรงดันด้านขาออกของเอชซีชอปเปอร์ ทำได้โดยการใช้ค่าแรงดันเฉลี่ยดังเอกสารอ้างอิงที่ [1] [2] และ [4] ซึ่ง Block diagram ของการควบคุมแรงดันด้านขาออกที่ใช้ค่าแรงดันเฉลี่ยนั้นได้แสดงในรูปที่ 2.20 โดยที่การควบคุมแรงดันขาออกแบบใช้ค่าเฉลี่ยนั้น สัญญาณ PWM จะได้จากการเปรียบเทียบค่าสัญญาณแรงดันควบคุมซึ่งเป็นสัญญาณไฟตรงกับสัญญาณฟันเลื่อยซึ่งมีความถี่และค่าแอมพลิจูดคงที่ กล่าวคือค่าของสัญญาณ PWM ที่ได้จะมีความถี่คงที่ ขณะที่ค่าของ Duty ratio จะแปรผันตามอัตราส่วนของแรงดันควบคุมต่อแอมพลิจูดของสัญญาณฟันเลื่อย ซึ่งก็คือถ้าให้ค่าของแรงดันควบคุมมากกว่าค่าของ Duty ratio ก็จะมีค่าของแรงดันควบคุมน้อย ค่าของ Duty ratio ก็จะน้อย โดยที่ในรูปที่ 2.21 ได้แสดงรูปของสัญญาณพีดับบลิวเอ็มที่ได้มาจากการเปรียบเทียบสัญญาณฟันเลื่อยและสัญญาณควบคุม



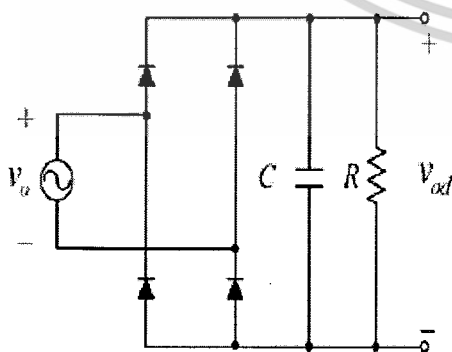
รูปที่ 2.20 block diagram ของการควบคุมแรงดันขาออกด้วยค่าเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

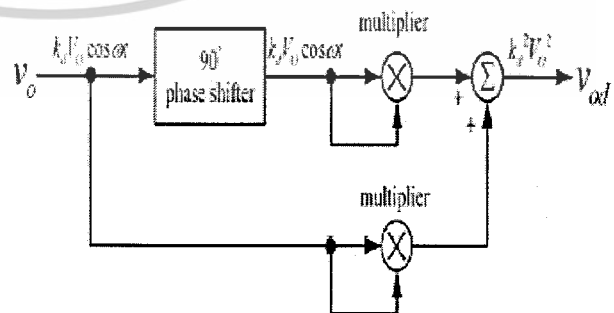


รูปที่ 2.21 การสร้างสัญญาณพีดับเบิลวเอ็มโดยทั่วไป

การรักษาแรงดันขาออกของเอชซีซีอปเปอร์ให้เป็นไปตามที่ต้องการ สามารถทำได้โดยการนำค่าแรงดันขาออกซึ่งอยู่ในรูปของค่าแรงดันเฉลี่ยมาทำการป้อนกลับ ซึ่งวงจรที่ทำการเปลี่ยนจากแรงดันขาออกที่เป็นสัญญาณไซน์ ให้เป็นค่าแรงดันเฉลี่ยนั้น สามารถทำได้จากวงจรเรียงกระแสและ RC ฟิลเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 2.22 หรือ ได้จากวงจรตรวจจับค่ายอดชั่วขณะดังแสดงในรูปที่ 2.23 แล้วนำค่าของสัญญาณไฟตรงที่ได้ป้อนกลับ เพื่อทำการเปรียบเทียบกับค่าของแรงดันอ้างอิงที่เป็นไฟตรง แล้วนำค่าความผิดพลาดที่ได้ไปผ่านตัวควบคุมแบบ PI เพื่อที่จะนำค่าสัญญาณที่ได้จากตัวควบคุมไปทำการควบคุมค่าของ Duty ratio โดยที่ในวิทยานิพนธ์นี้ได้ วงจรตรวจจับแอมพลิจูดแบบความเร็วสูงโดย รูปที่ 2.24 แสดงบล็อกไดอะแกรมของการสร้างสัญญาณขับเกทแบบมีการป้อนกลับ

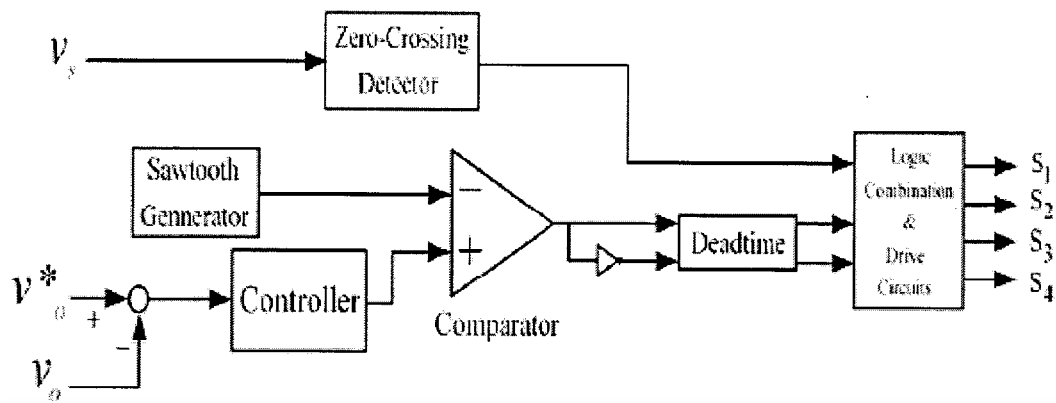


รูปที่ 2.22 รูปวงจรเรียงกระแส



รูปที่ 2.23 รูปวงจร ตรวจจับค่ายอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 บล็อกไดอะแกรมของการสร้างสัญญาณขับเกท

การควบคุมแรงดันในลักษณะนี้มีข้อดีคือ สามารถทำได้ง่าย และใช้ตัวควบคุมที่ไม่ยุ่งยาก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การจำลองระบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.1 บทนำ

ปฏิยานุภาพในบทนี้ ได้แสดงให้เห็นถึงผลการจำลองของการควบคุมแรงดันเอชไอซีอ็อปเปอร์แบบบีก-บัสต์เฟสเดียว โดยได้ทำการจำลองในส่วนของการควบคุมแบบไม่มีการป้อนกลับ และในส่วนของการควบคุมแบบใช้วิธีค่าเฉลี่ย (PI Control) โดยที่สามารถเพิ่มขนาดหรือลดขนาดของแรงดันไฟฟ้าได้ รักษาแรงดันไฟฟ้าให้มีขนาดเท่ากับที่เราต้องการได้ เพื่อหาผลของการตอบสนองในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทาน (R) และผลของการตอบสนองในกรณีที่โหลดเป็นทั้งตัวต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ (R,L)

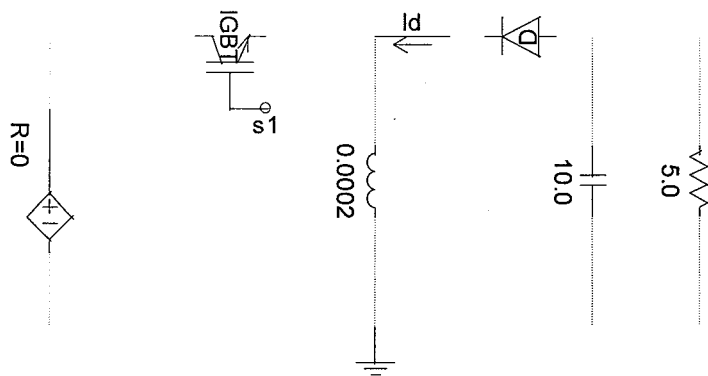
การทดลองการทำงานของของวงจรเอชไอซีอ็อปเปอร์แบบบีก-บัสต์เฟสเดียว สามารถแยกออกเป็นทางด้าน Software และ Hardware ทางด้านซอฟต์แวร์ สามารถทำการจำลองด้วยโปรแกรม PSCAD โดยวงจรที่ใช้ในการจำลองเป็นวงจรเอชไอซีอ็อปเปอร์แบบบีก-บัสต์เฟสเดียว ข้อดีของโปรแกรม PSCAD นี้คือสามารถแสดงผลการทำงานได้อย่างรวดเร็ว แต่มีข้อเสียของโปรแกรมคือผลที่ได้คือจะเป็นอุดมคติ ส่วนทางด้านฮาร์ดแวร์จะทำการสร้างวงจรในการควบคุมการสวิตช์ของ IGBT แบบใช้วิธีค่าเฉลี่ย (PI Control) หลังจากนั้นจึงสร้างวงจรกิจกรรมของเอชไอซีอ็อปเปอร์แบบบีก-บัสต์เฟสเดียว

3.2 การจำลองการควบคุมแรงดันของวงจรเอชไอซีอ็อปเปอร์แบบบีก-บัสต์เฟสเดียว

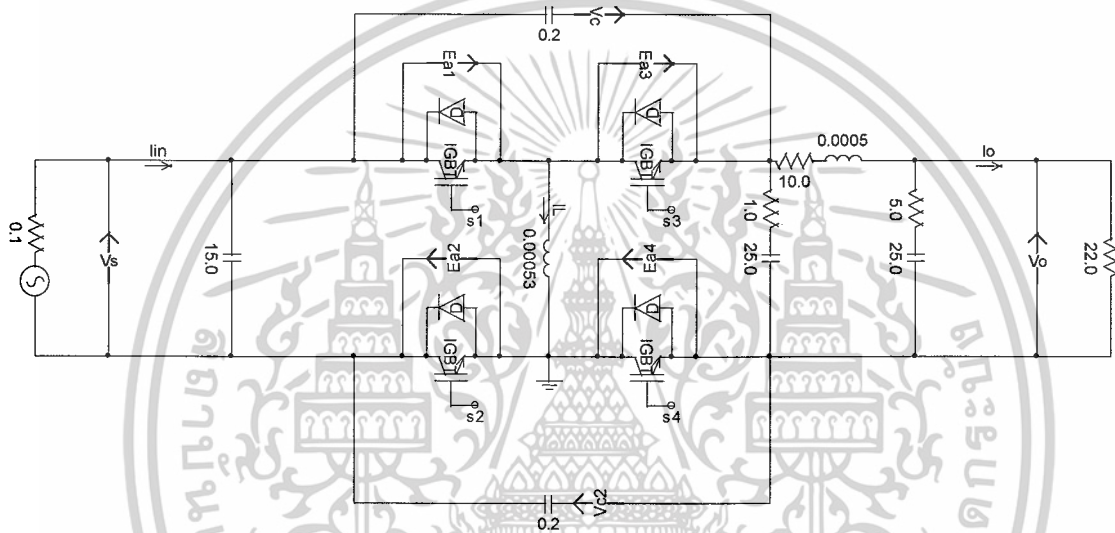
3.2.1 วงจรกำลัง

วงจรเอชไอซีอ็อปเปอร์แบบบีก-บัสต์เฟสเดียวที่ใช้ในปฏิยานุภาพเล่มนี้ ได้ถูกประยุกต์มาจากวงจร Buck – Boost DC Converter ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ซึ่งวงจรนี้เป็นวงจรแปลงจากแรงดันไฟฟ้าดีซีเป็นแรงดันไฟฟ้าดีซี ซึ่งสวิตช์ที่ใช้นั้นจึงเป็นสวิตช์ทางเดียว คือสวิตช์ IGBT และมีไดโอดเป็นทางผ่านของกระแส

ส่วนวงจรเอชไอซีอ็อปเปอร์ที่ใช้ในโครงงานนี้ดังรูปที่ 3.2 จะประกอบไปด้วย IGBT ที่ใช้เป็นสวิตช์ทั้ง 4 ตัว เพื่อสร้างทางไหลของกระแสให้ไหลได้ 2 ทิศทาง คือ ในช่วงทางด้านไฟบวกและทางด้านไฟลบ โดยมีตัว C สนับเบอร์ต่อคร่อมอยู่และทางด้านขาออกของแรงดันจะมีวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำที่มี LC ต่อคร่อมอยู่เพื่อทำการกรองเอาความถี่ Harmonics ออกให้เหลือแต่ความถี่มูลฐาน จะได้รับคลื่นแรงดันขาออกที่มีเรียบมากขึ้น โดยโหลดที่ใช้นั้นได้ใช้โหลดที่เป็นโหลดความต้านทาน



รูปที่ 3.1 วงจร Buck- Boost Converter



รูปที่ 3.2 วงจรกำลังของเอชไอทีอปเปอร์แบบบัก-บูสต์ เฟสเดียวที่ใช้ในการจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลอง

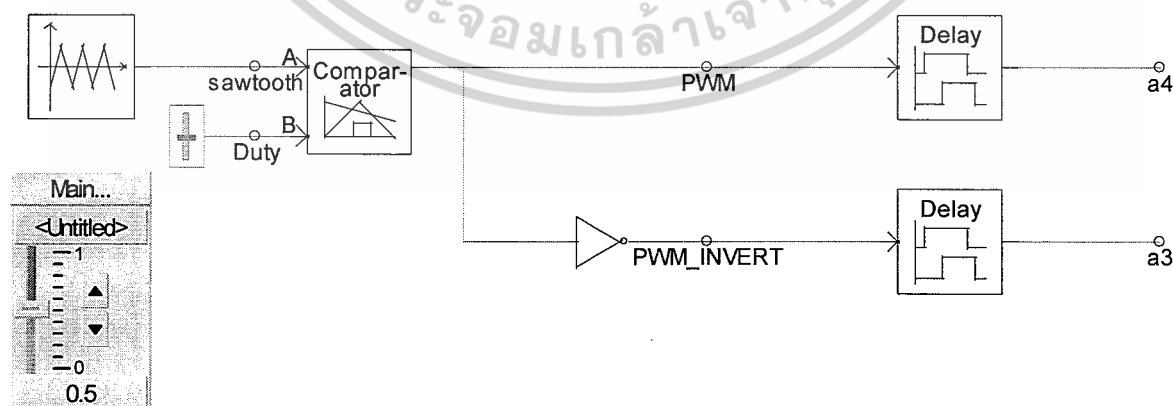
ตารางที่ 3.1 แสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆในการจำลองวงจรกำลัง เอชซีซีโอปเปอร์แบบบีค – บูสต์

AC Chopper	
Supply voltage	220 V rms AC
Supply frequency	50 kHz
Switching frequency	15.4 kHz
C Snubber	0.2 μ F
L Storage	0.53 mH
Supply-side filter	
C_s	15 μ F
Load-side low pass filter	
L_f	0.5 mH
C_f	25,25 μ F
Load Output	22 Ohm

3.2.2 วงจร Control

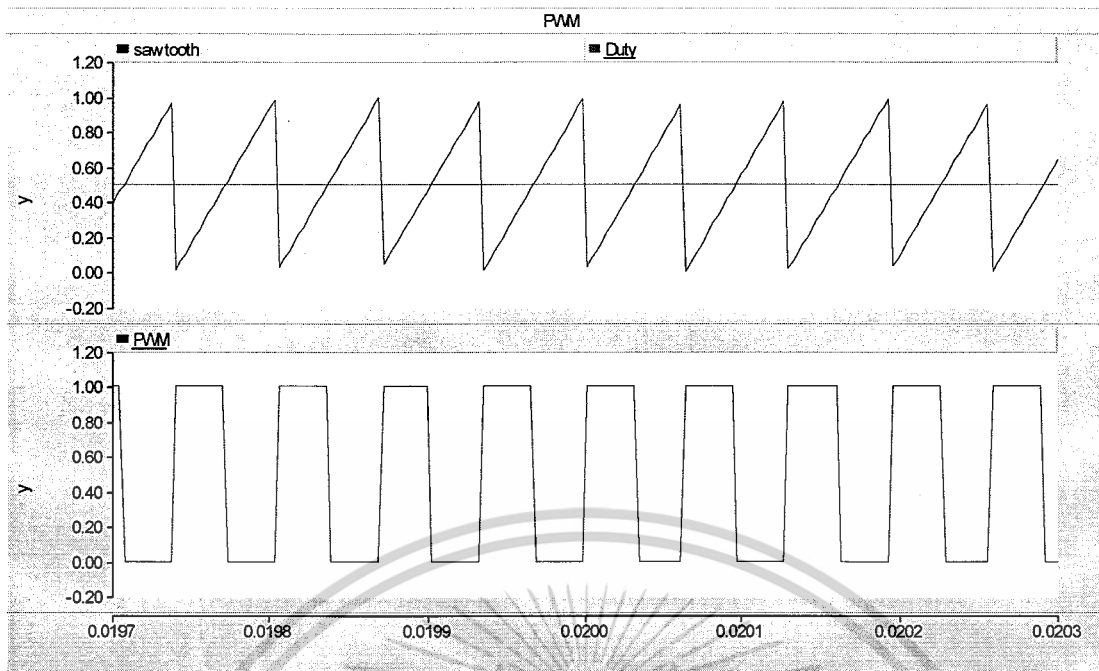
3.2.2.1 วงจรสร้างสัญญาณ PWM

เป็นวงจรที่ใช้สร้างสัญญาณ PWM โดยการจำลองนี้ได้ใช้สัญญาณรูปคลื่นสามเหลี่ยมนำมาเปรียบเทียบกับค่าสัญญาณที่มีขนาดเท่ากับค่า duty ratio สัญญาณ PWM เป็นสัญญาณที่มีค่าความถี่คงที่ ความถี่ที่ใช้งานคือ 15.4 kHz รูปที่ 3.3 แสดงวงจรการสร้างสัญญาณ PWM ที่ใช้ในการจำลองและรูปที่ 3.4 รูปคลื่นของสัญญาณ PWM ที่ได้จากการจำลอง



รูปที่ 3.3 วงจรการสร้างสัญญาณ PWM ที่ใช้ในการจำลอง

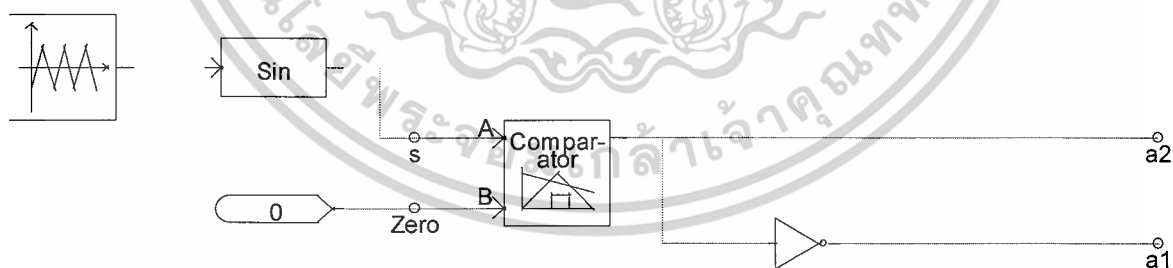
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



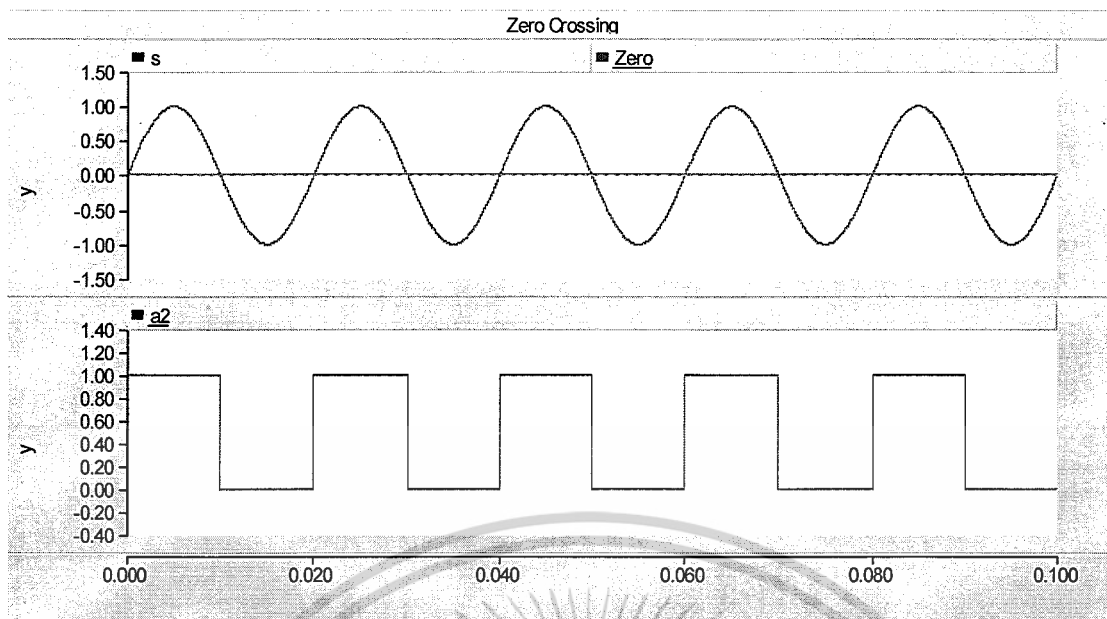
รูปที่ 3.4 รูปคลื่นของสัญญาณ PWM ที่ได้จากการจำลอง

3.2.2.2 วงจรตรวจจับจุดผ่านศูนย์ (zero crossing)

เป็นวงจรที่ใช้ตรวจจับจุดผ่านศูนย์ของรูปคลื่นไซน์ โดยการนำเอารูปคลื่นของสัญญาณไซน์ มาเปรียบเทียบกับรูปคลื่นของสัญญาณที่เป็นศูนย์ ซึ่งรูปคลื่นของสัญญาณที่ได้จะเป็นรูปคลื่นสัญญาณสี่เหลี่ยม ซึ่งตำแหน่งของจุดศูนย์ของรูปคลื่นจะเป็นตำแหน่งเดียวกับจุดศูนย์ของรูปคลื่นไซน์ ในรูปที่ 3.5 แสดงวงจรตรวจจับจุดผ่านศูนย์ที่ใช้ในการจำลอง และรูปที่ 3.6 แสดงรูปคลื่นสัญญาณตรวจจับจุดผ่านศูนย์ที่ได้จากการจำลอง



รูปที่ 3.5 แสดงวงจรตรวจจับจุดผ่านศูนย์ที่ใช้ในการจำลอง



รูปที่ 3.6 รูปคลื่นสัญญาณตรวจจับจุดผ่านศูนย์ที่ได้จากการจำลอง

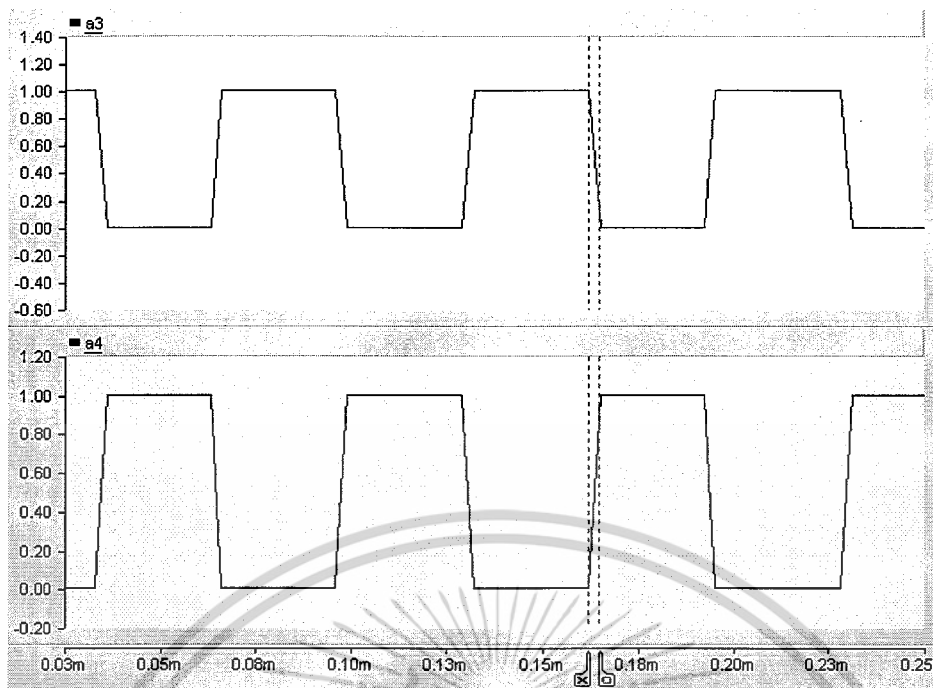
3.2.2.3 วงจรประวิงเวลา (deadtime)

วงจรประวิงเวลาเป็นวงจรการป้องกันการ ทำงานพร้อมกันระหว่างตัวสวิตช์ S1 กับ S2 และ S3 กับ S4 เพราะถ้าสวิตช์เหล่านี้ทำงานพร้อมกันจะทำให้เกิดการลัดวงจรของ IGBT ขึ้น รูปที่ 3.7 แสดงวงจรประวิงเวลาที่ใช้ในการจำลอง รูปที่ 3.8 แสดงรูปคลื่นของวงจรประวิงเวลาที่ได้จากการจำลอง



รูปที่ 3.7 แสดงวงจรประวิงเวลาที่ใช้ในการจำลอง

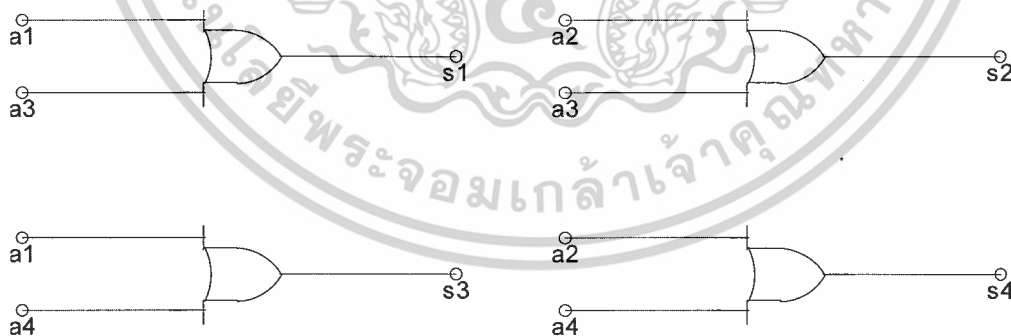
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



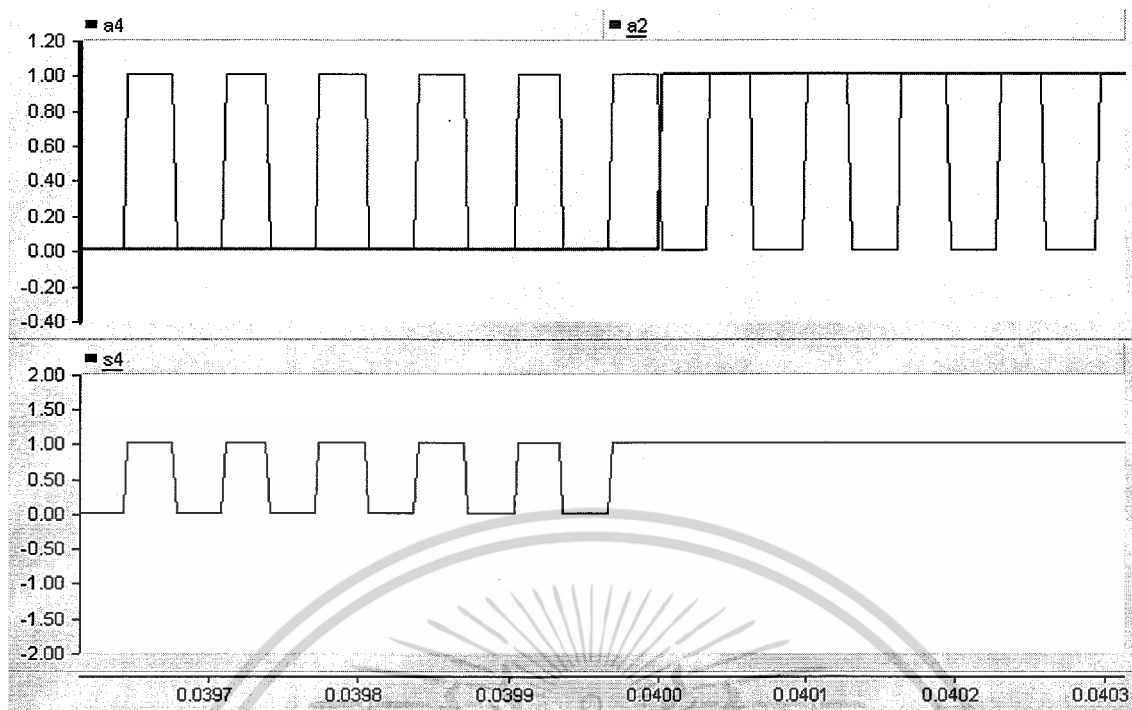
รูปที่ 3.8 รูปคลื่นของวงจรประวิงเวลา ที่ได้จากการจำลอง

3.2.3 วงจรรวมสัญญาณ

วงจรรวมสัญญาณคือวงจรที่ใช้รวมสัญญาณ PWM ที่ผ่านชุดวงจรประวิงเวลากับสัญญาณจากวงจรตรวจจับจุดผ่านศูนย์กลางก่อนที่จะนำไปเข้าชุดขับนำ ในรูปที่ 3.9 แสดงวงจรรวมสัญญาณที่ใช้ในการจำลอง ในรูปที่ 3.10 แสดงรูปคลื่นของสัญญาณที่ได้จากวงจรรวมสัญญาณที่ได้จากการจำลอง



รูปที่ 3.9 แสดงวงจรรวมสัญญาณที่ใช้ในการจำลอง



รูปที่ 3.10 รูปคลื่นของสัญญาณที่ได้จากวงจรรวมสัญญาณที่ได้จากการจำลอง

3.2.4 วงจรขับนำ

วงจรขับนำเป็นวงจรที่ใช้แยกกราวด์ของวงจรควบคุมและกราวด์ของวงจรกำลังและใช้ในการรักษาระดับของแรงดันของสัญญาณขับเกทเพื่อให้เพียงพอต่อการทำให้ IGBT ทำงานได้ตลอดในช่วงเวลาของการ ON

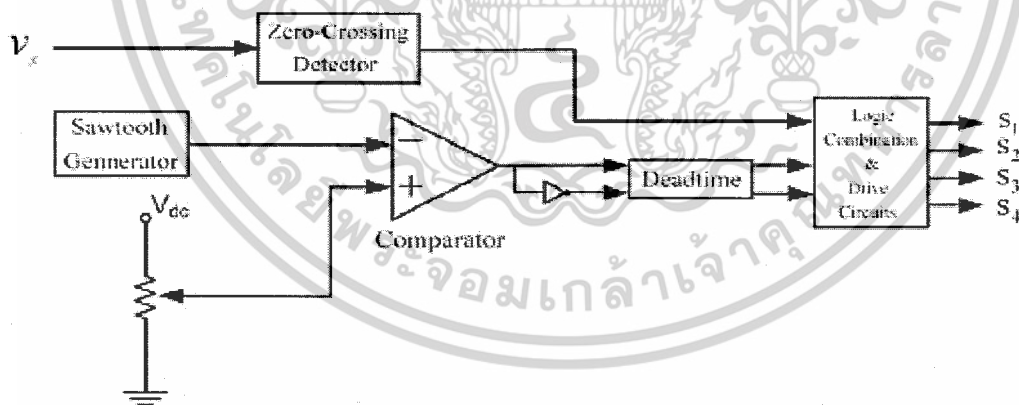
3.2.5 วงจรควบคุมแรงดันเอซีซีออปเปอร์แบบบีก-บูสต์เฟสเดียวแบบไม่มีการป้อนกลับ

การจำลองการควบคุมของแรงดันเอซีซีออปเปอร์แบบบีก-บูสต์เฟสเดียวแบบไม่มีการป้อนกลับ โดยในการจำลองนี้ได้ทำการจำลองโดยไม่มีการควบคุมค่าของแรงดันต้านขาออกของวงจรเอซีซีออปเปอร์ ซึ่งในรูปวงจรที่ใช้ในการจำลองได้ใช้รูปวงจรที่ 3.1 ในการจำลองและได้นำค่าพารามิเตอร์ต่างๆ มาใช้ดังนี้

ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลอง

ตารางที่ 3.2 ค่าพารามิเตอร์ในการจำลองวงจรควบคุมแรงดันเอชไอซีออปเปอร์แบบบีก-บูสต์ เฟสเดียวแบบไม่มีการป้อนกลับ

AC Chopper	
Supply voltage	220 V rms AC
Supply frequency	50 kHz
Switching frequency	15.4 kHz
C Snubber	0.2 μ F
L Storage	0.53 mH
Supply-side filter	
C_s	15 μ F
Load-side low pass filter	
L_f	0.5 mH
C_f	25,25 μ F
Load Output	22 Ohm



รูปที่ 3.11 วงจรสร้างสัญญาณในการทดลองแบบไม่มีการป้อนกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทำการจำลองเพื่อหาค่าต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

3.2.5.1 ผลการตอบสนอง จะแสดง ถึงค่า duty ratio ในค่าต่าง ๆ ซึ่งประกอบไปด้วย

1. กราฟแสดงผลของแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า
2. กราฟแสดงผลของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม C snubber
3. กราฟแสดงผลของแรงดันไฟฟ้าด้านขาออก
4. กราฟแสดงผลของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวเหนี่ยวนำที่เก็บสะสมพลังงาน
5. กระแสไฟฟ้าด้านขาออกเมื่อแรงดันด้านเข้าเป็น 220 V

ประกอบด้วย

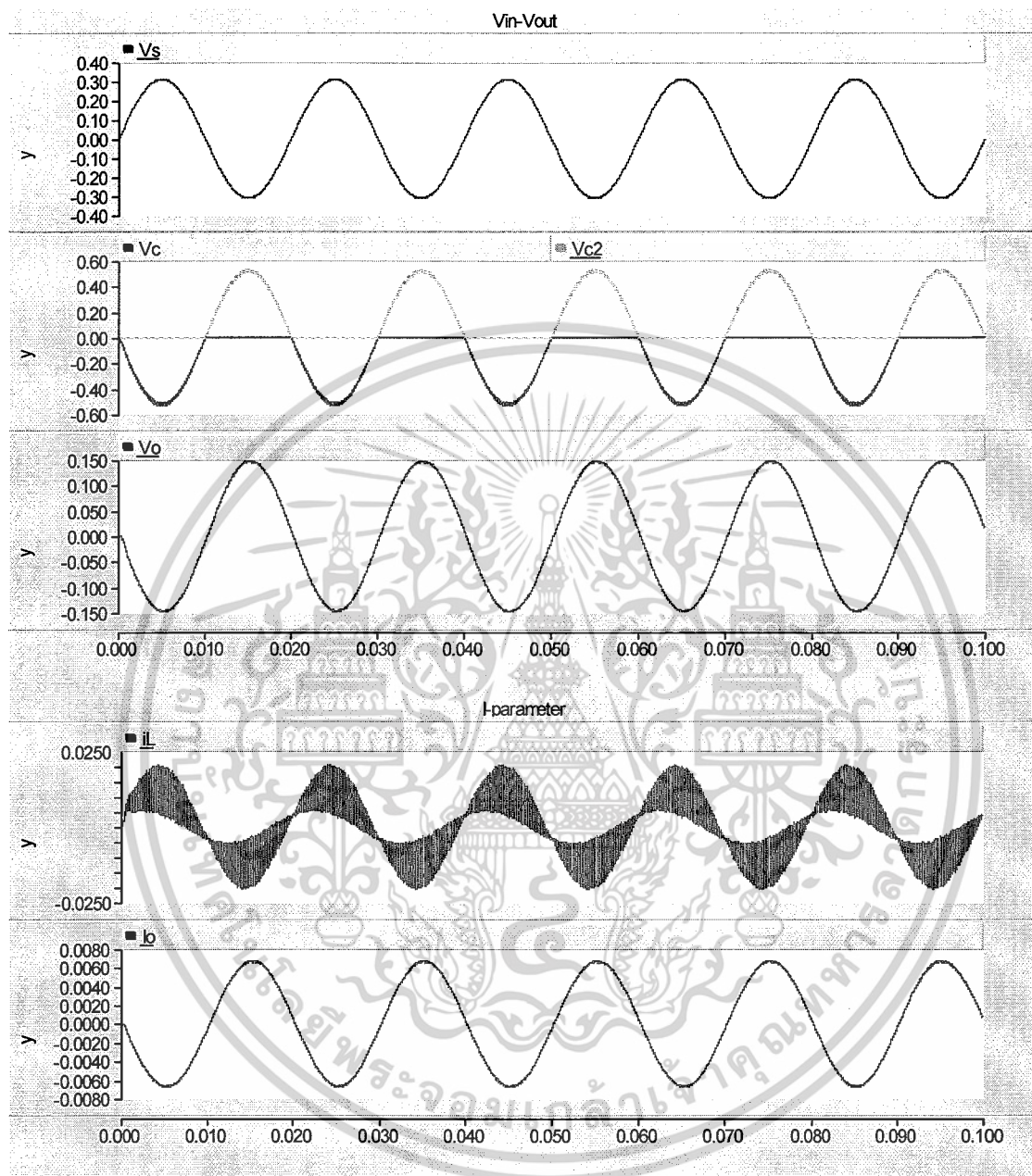
รูปที่ 3.12 รูปคลื่นแรงดัน V_s , V_c , V_o และรูปคลื่นกระแส I_L , I_o ที่ duty ratio = 0.4

รูปที่ 3.13 รูปคลื่นแรงดัน V_s , V_c , V_o และรูปคลื่นกระแส I_L , I_o ที่ duty ratio = 0.59

รูปที่ 3.14 รูปคลื่นแรงดัน V_s , V_c , V_o และรูปคลื่นกระแส I_L , I_o ที่ duty ratio = 0.7

ซึ่งผลการจำลองจากโปรแกรม PSCAD จะแตกต่างกันไปตามค่าของ duty ratio ในค่าต่าง ๆ โดยจะมีค่าสถานะที่ต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับค่าของ duty ratio คือถ้าค่าของ duty ratio มีค่าสูงกว่าค่าตามการทดลองคือ 0.59 วงจรเอชซีช็อบเปอร์จะมีสถานะที่เป็นบัสต์ และถ้าค่าของ duty ratio มีค่าเท่ากับ 0.59 วงจรเอชซีช็อบเปอร์ จะมีสถานะที่ไม่เป็นทั้งบักและบัสต์ ถ้าค่าของ duty ratio มีค่าต่ำกว่า 0.5 วงจรเอชซีช็อบเปอร์ จะมีสถานะเป็นบักโดยที่ค่า duty ratio จะมีค่าตั้งแต่ 0-1 ซึ่งตามทฤษฎี ค่าของ duty ratio มีค่าสูงกว่าค่า 0.5 วงจรเอชซีช็อบเปอร์จะมีสถานะที่เป็นบัสต์ และถ้าค่าของ duty ratio มีค่าเท่ากับ 0.5 วงจรเอชซีช็อบเปอร์ จะมีสถานะที่ไม่เป็นทั้งบักและบัสต์ถ้าค่าของ duty ratio มีค่าต่ำกว่า 0.5 วงจรเอชซีช็อบเปอร์จะมีสถานะที่เป็นบักซึ่งจะแสดงผลการจำลองให้เห็นต่อไป

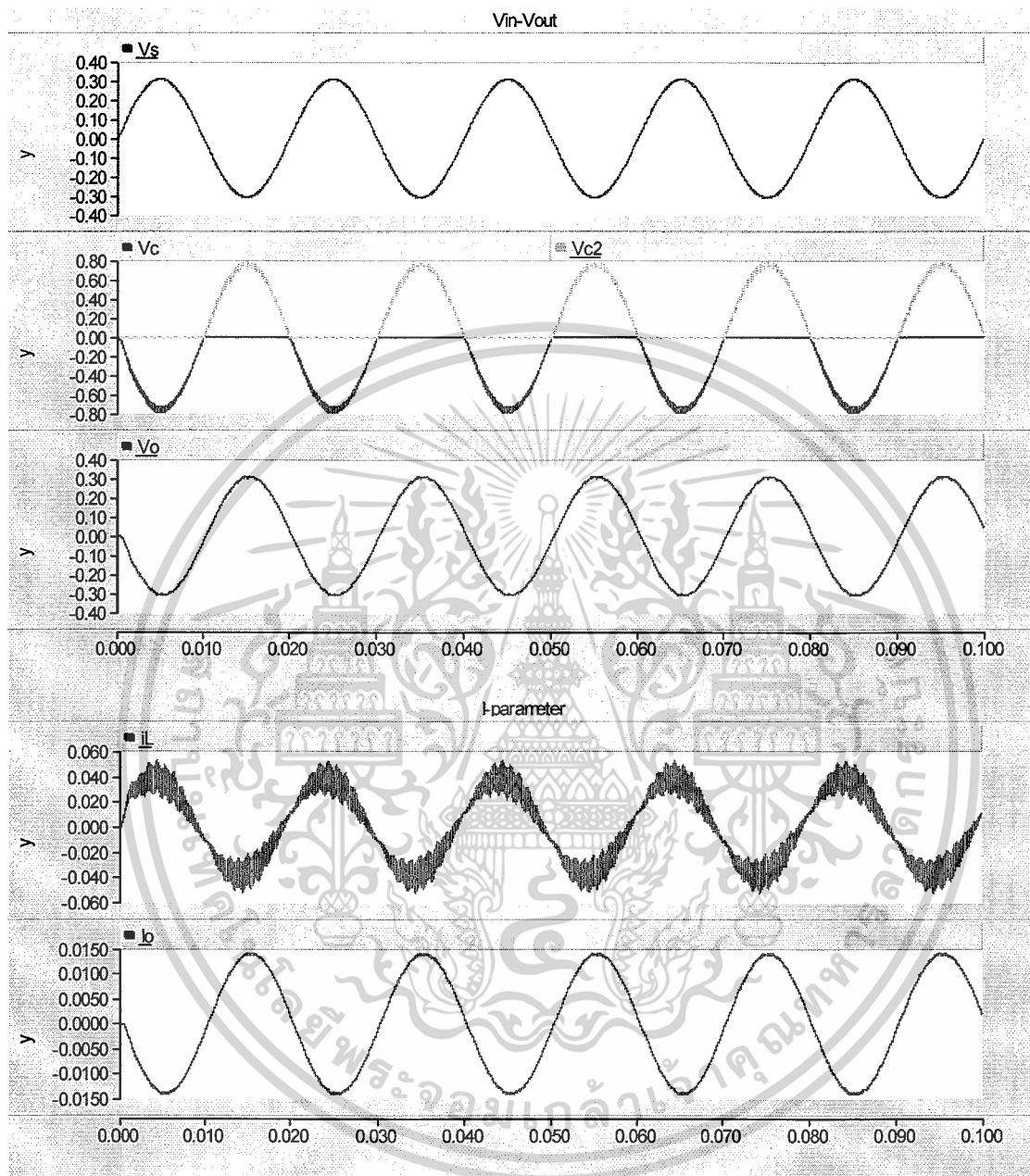
ผลที่ ค่า duty ratio มีค่าเท่ากับ 0.4 สถานะที่เป็นปกติ



รูปที่ 3.12 รูปคลื่นแรงดัน V_s , V_c , V_o และรูปคลื่นกระแส I_L , I_o ที่ duty ratio = 0.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

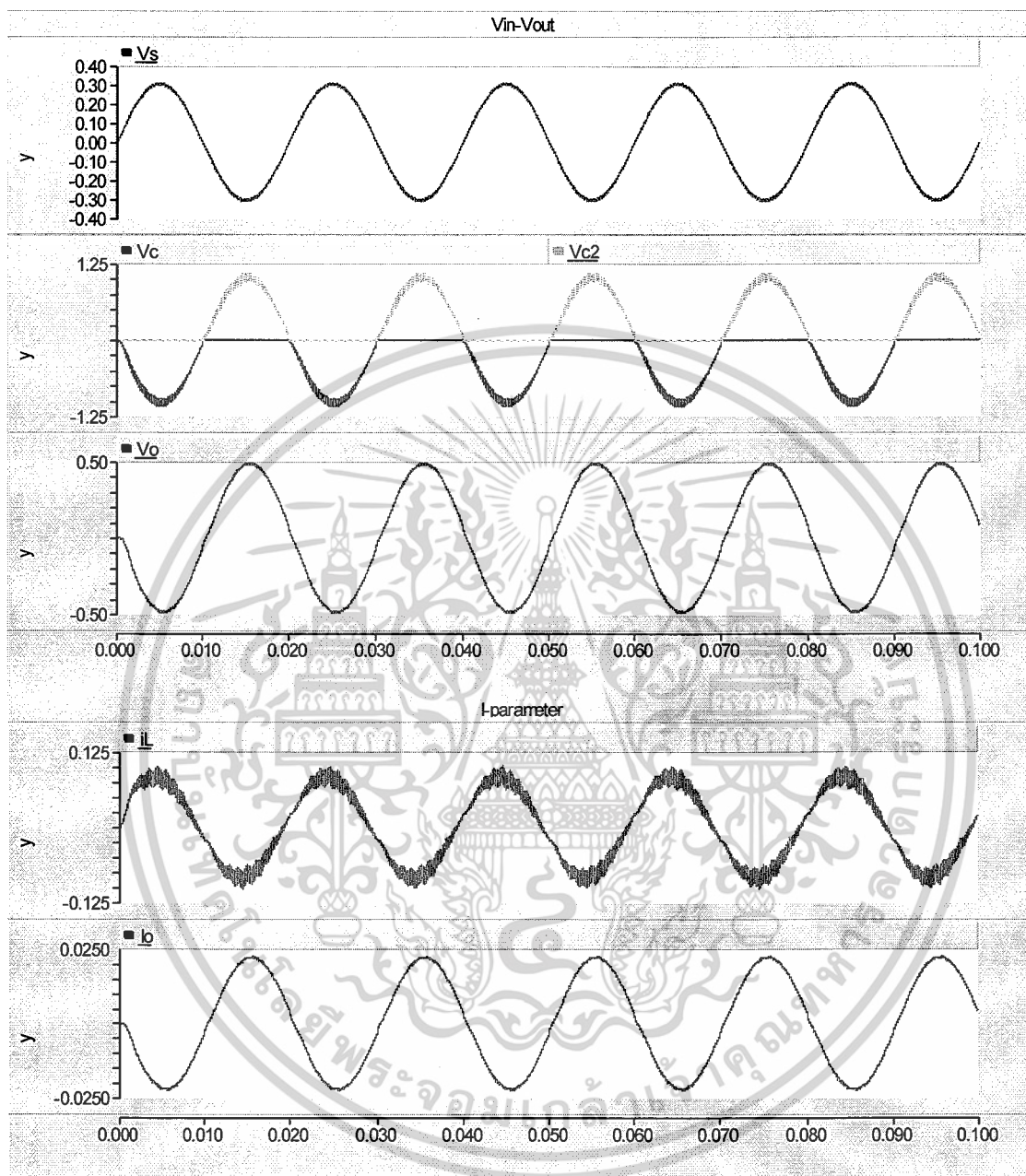
ผลที่ ค่า duty ratio มีค่าเท่ากับ 0.59 สถานะที่ไม่เป็นทั้งบิกและบูสต์



รูปที่ 3.13 รูปคลื่นแรงดัน V_s , V_c , V_o และรูปคลื่นกระแส I_L , I_o ที่ duty ratio = 0.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลที่ ค่า duty ratio มีค่าเท่ากับ 0.7 สถานะที่เป็นบวมสต์



รูปที่ 3.14 รูปคลื่นแรงดัน V_s , V_c , V_o และรูปคลื่นกระแส I_L , I_o ที่ duty ratio = 0.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

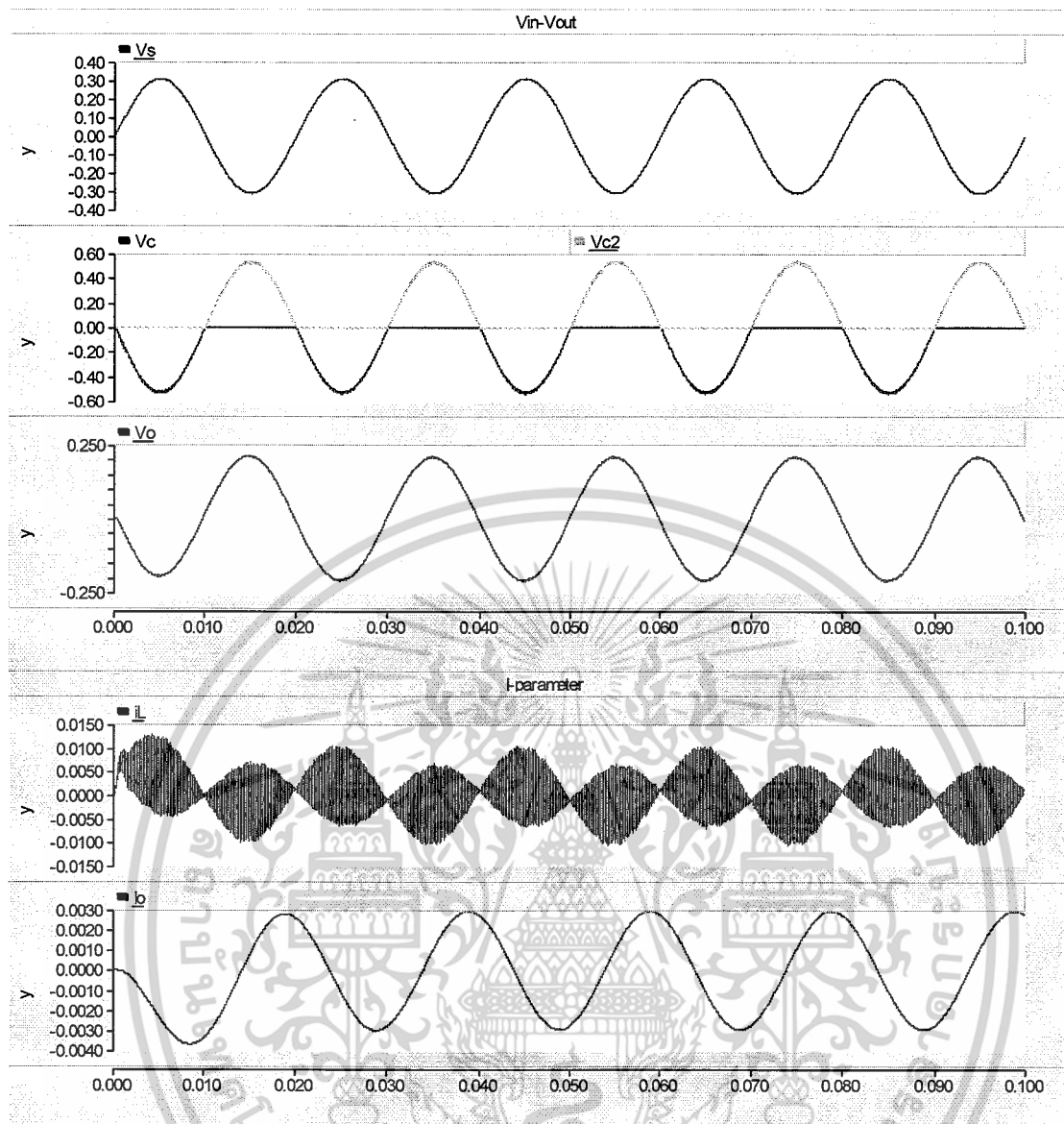
3.2.5.2 ผลการตอบสนองในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทาน

โดยที่ในการจำลองโหลดที่ใช้เป็นตัวต้านทานเพียงอย่างเดียว ซึ่งค่าความต้านทานที่ใช้คือ 22 โอห์มโดยในรูปที่ 3.12 แสดงผลการตอบสนองที่เมื่อผลของ duty ratio มีค่าเท่ากับ 0.4 สถานะที่เป็นบั๊ก รูปที่ 3.13 แสดงผลการตอบสนองที่ duty ratio มีค่าเท่ากับ 0.59 สถานะที่ไม่เป็นทั้งบั๊กและบูสต์ และรูปที่ 3.14 แสดงผลการตอบสนองที่ duty ratio มีค่าเท่ากับ 0.7 มีสถานะเป็นบูสต์

3.2.5.3 ผลการตอบสนอง ในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ

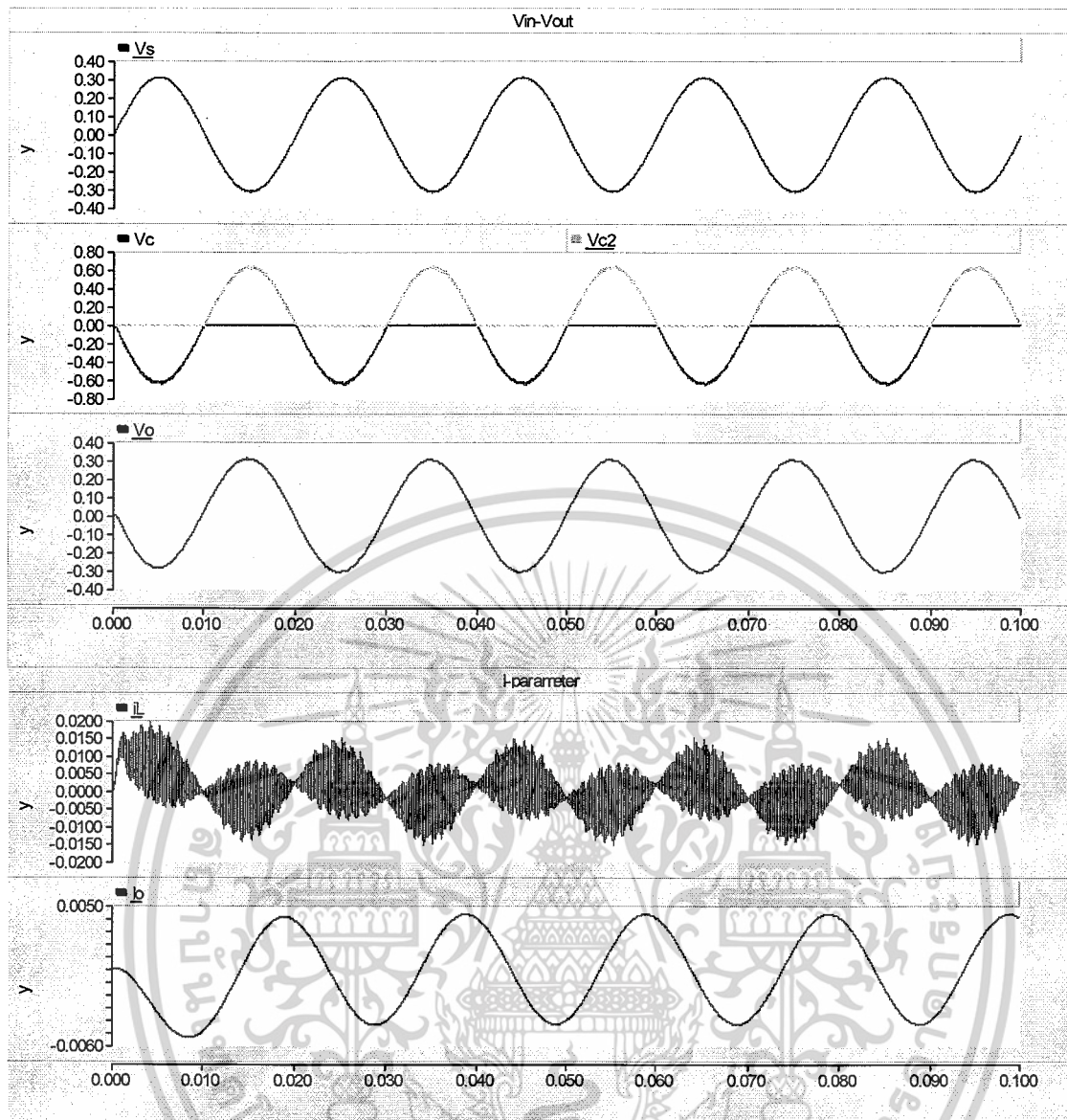
โดยที่ในการจำลองโหลดเป็นตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งค่าความต้านทานที่ใช้มีค่าเท่ากับ 6.84 โอห์มและตัวเหนี่ยวนำใช้ค่าเท่ากับ 0.214 H โดยในรูปที่ 3.15 แสดงผลการตอบสนองที่เมื่อผลของ duty ratio มีค่าเท่ากับ 0.4 สถานะที่เป็นบั๊ก รูปที่ 3.16 แสดงผลการตอบสนองที่ duty ratio มีค่าเท่ากับ 0.495 สถานะที่ไม่เป็นทั้งบั๊กและบูสต์ และในรูปที่ 3.17 จะ แสดงผลการตอบสนองที่ duty ratio มีค่าเท่ากับ 0.7 สถานะเป็นบูสต์





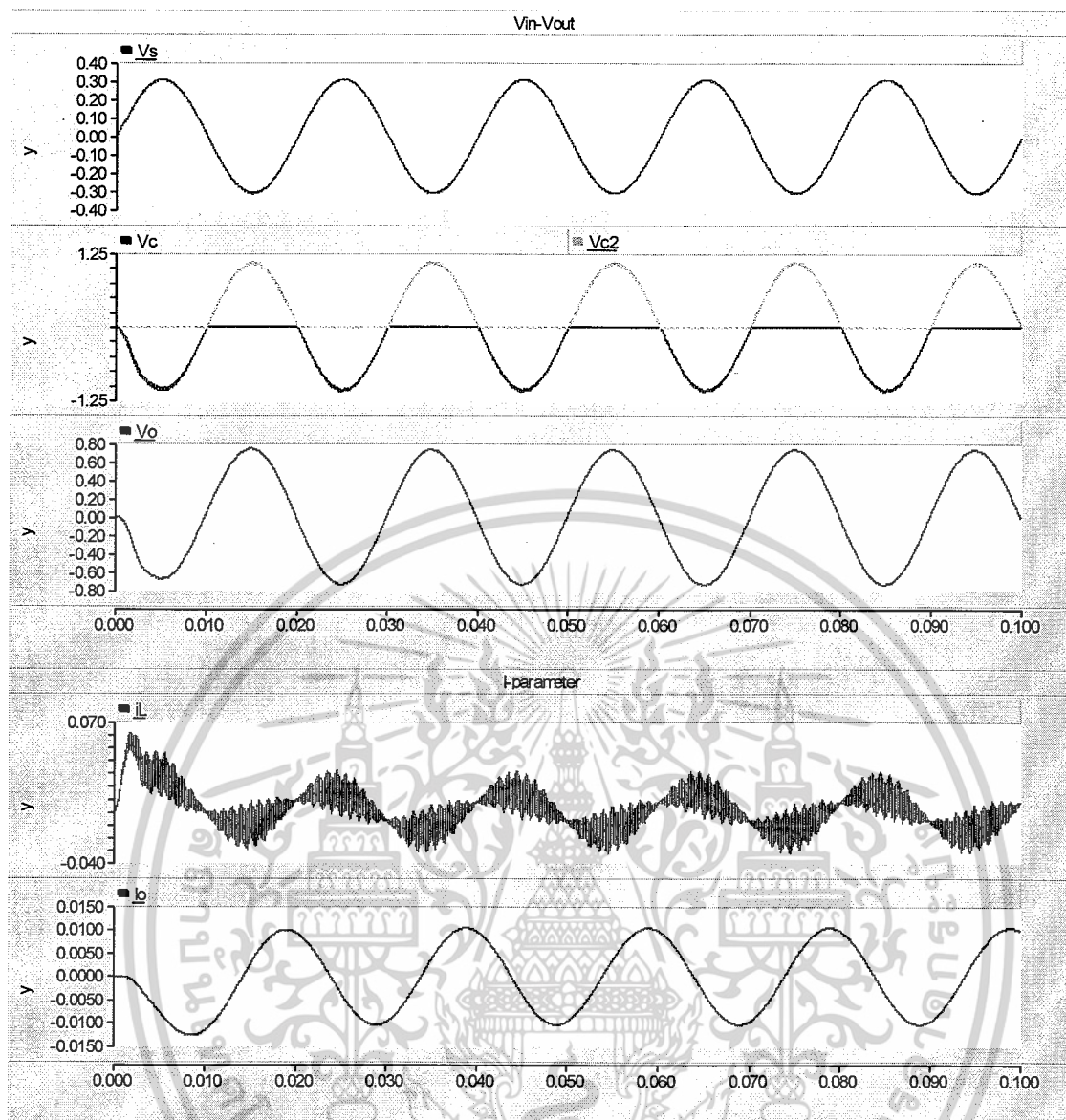
รูปที่ 3.15 แสดงผลการตอบสนองที่เมื่อผลของ duty ratio มีค่าเท่ากับ 0.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 แสดงผลการตอบสนองที่ duty ratio มีค่าเท่ากับ 0.495

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

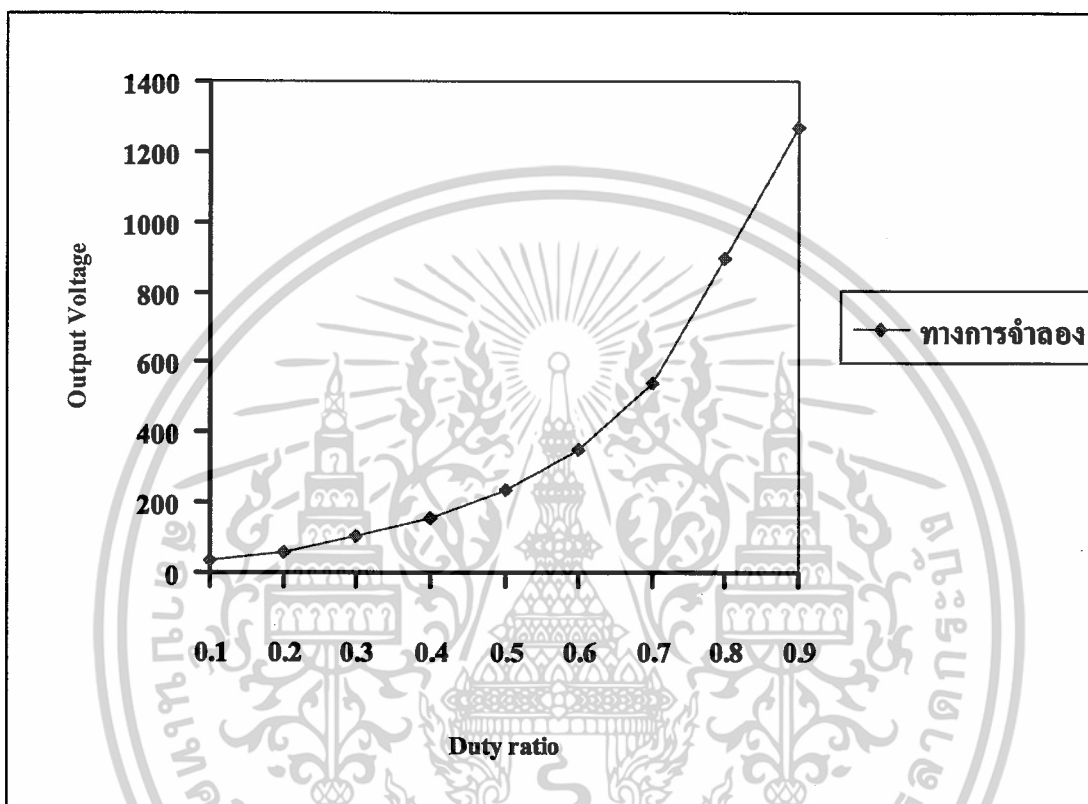


รูปที่ 3.17 แสดงผลการตอบสนองที่ duty ratio มีค่าเท่ากับ 0.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 สรุปผลการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

รูปที่ 3.18 เป็นรูปภาพแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างแรงดันไฟฟ้าด้านขาออกกับค่าของ duty ratio ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากทางทฤษฎีและค่าที่ได้จากการจำลอง กล่าวคือถ้าค่า duty ratio มีค่ามากค่าแรงดันไฟฟ้าด้านขาออกที่ได้ก็จะมีค่ามาก แต่ถ้าค่าของ duty ratio มีค่าน้อยค่าแรงดันด้านขาออกที่ได้ก็จะมีค่าน้อย

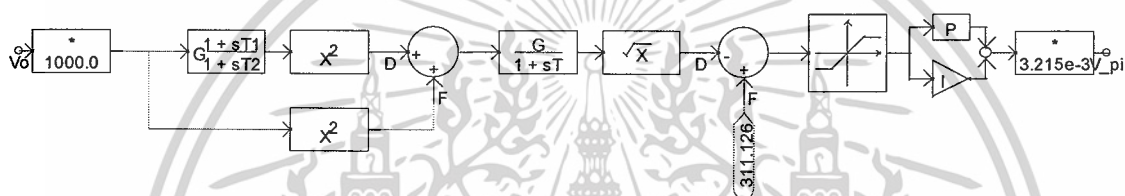


รูปที่ 3.18 เป็นรูปภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าขาออกกับค่าของ duty ratio ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการจำลอง

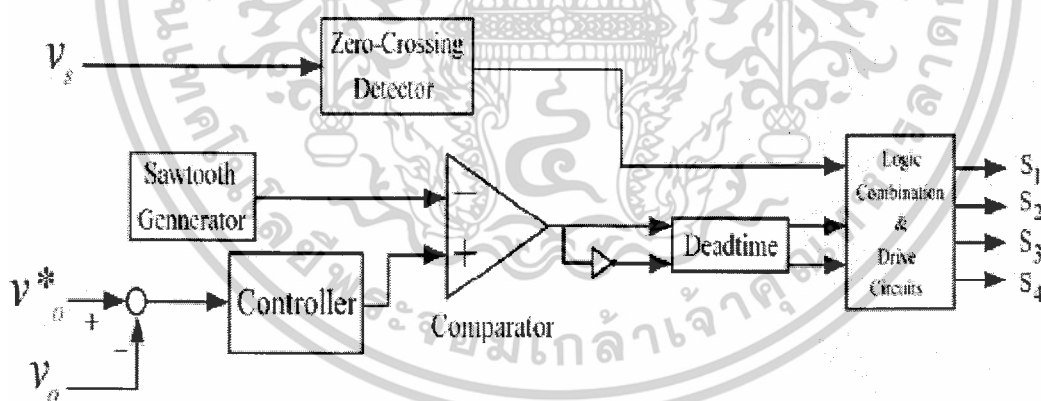
3.4 การจำลองการควบคุมแรงดันเหนือซี้อเปอร์แบบใช้ค่าเฉลี่ย

3.4.1 วงจรตรวจจับแบบแอมพลิจูดแบบความเร็วสูงและตัวควบคุมแบบ PI

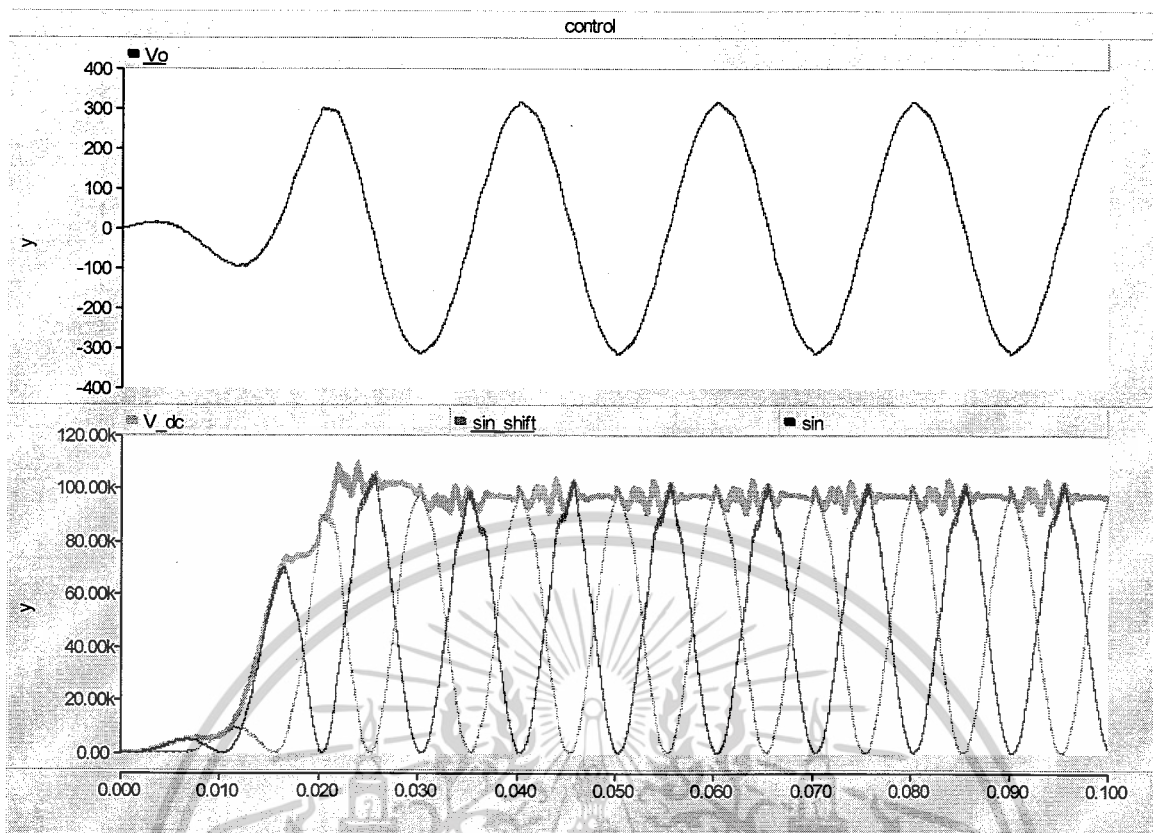
โดยที่ในการจำลองได้ใช้ค่าของแรงดันขาออกที่เป็นไซน์ มาทำการป้อนกลับให้กับระบบ โดยผ่านเข้าวงจรตรวจจับแอมพลิจูดความเร็วสูง เพื่อที่จะทำให้ได้สัญญาณไฟตรงออกมา แล้วนำไปเปรียบเทียบกับค่าแรงดันอ้างอิง จากนั้นนำค่าความผิดพลาดที่ได้มาเข้าตัวควบคุมแบบ PI โดยที่ถ้าค่าความผิดพลาดเป็นบวก หรือค่าแรงดันที่นำมาป้อนกลับมีค่ามากกว่าค่าแรงดันอ้างอิงตัวควบคุมแบบ PI จะทำการลดค่า duty ratio ลง แต่ถ้าค่าความผิดพลาดเป็นลบหรือค่าแรงดันที่นำมาป้อนกลับน้อยกว่าค่าแรงดันอ้างอิงตัวควบคุมแบบ PI จะทำการเพิ่มค่า duty ratio ขึ้น แล้วนำค่า duty ratio ที่ได้ไปขับเกท IGBT รูปที่ 3.19 แสดงรูปวงจรตรวจจับแบบแอมพลิจูดแบบความเร็วสูงและตัวควบคุมแบบ PI รูปที่ 3.20 แสดงรูปวงจรสร้างสัญญาณที่มีการป้อนกลับ



รูปที่ 3.19 แสดงรูปวงจรตรวจจับแบบแอมพลิจูดแบบความเร็วสูงและตัวควบคุมแบบ PI



รูปที่ 3.20 วงจรสร้างสัญญาณในการทดลองแบบมีการป้อนกลับ



รูปที่ 3.21 รูปคลื่นของสัญญาณที่ได้จากวงจรตรวจจับแอมพลิจูดความเร็วสูงแบบใช้ค่าแรงดันเฉลี่ย

การจำลองการควบคุมแรงดันเอชซีซีอปเปอร์แบบใช้ค่าเฉลี่ยนั้น โดยในการจำลองได้ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ทำการจำลองดังนี้

ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลอง

ตารางที่ 3.3 ค่าพารามิเตอร์ในการจำลองวงจรควบคุมแรงดันเอชซีซีอ็อปเปอร์แบบบีก –บูสต์ เฟสเดียวแบบมีการป้อนกลับ

ส่วนของวงจรเอชซีซีอ็อปเปอร์

AC Chopper	
Supply voltage	220 V rms AC
Supply frequency	50 kHz
Switching frequency	15.4 kHz
C Snubber	0.2 μ F
L Storage	0.53 mH
Supply-side filter	
C_s	15 μ F
Load-side low pass filter	
L_f	0.5 mH
C_f	25,25 μ F
Load Output	22 Ohm

ส่วนของวงจรควบคุมแบบ PI

PI controller parameter	
K_i	0.005
K_p	0.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1.1 ผลการตอบสนองของวงจรควบคุมแบบมีการป้อนกลับ

จะแสดงถึงค่า duty ratio ในค่าต่าง ๆ ซึ่งประกอบไปด้วย

1. กราฟแสดงผลของแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า
2. กราฟแสดงผลของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม C snubber
3. กราฟแสดงผลของแรงดันไฟฟ้าด้านขาออก
4. กราฟแสดงผลของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวเหนี่ยวนำที่เก็บสะสมพลังงาน
5. กระแสไฟฟ้าด้านขาออกเมื่อแรงดันด้านเข้าเป็น 220 V

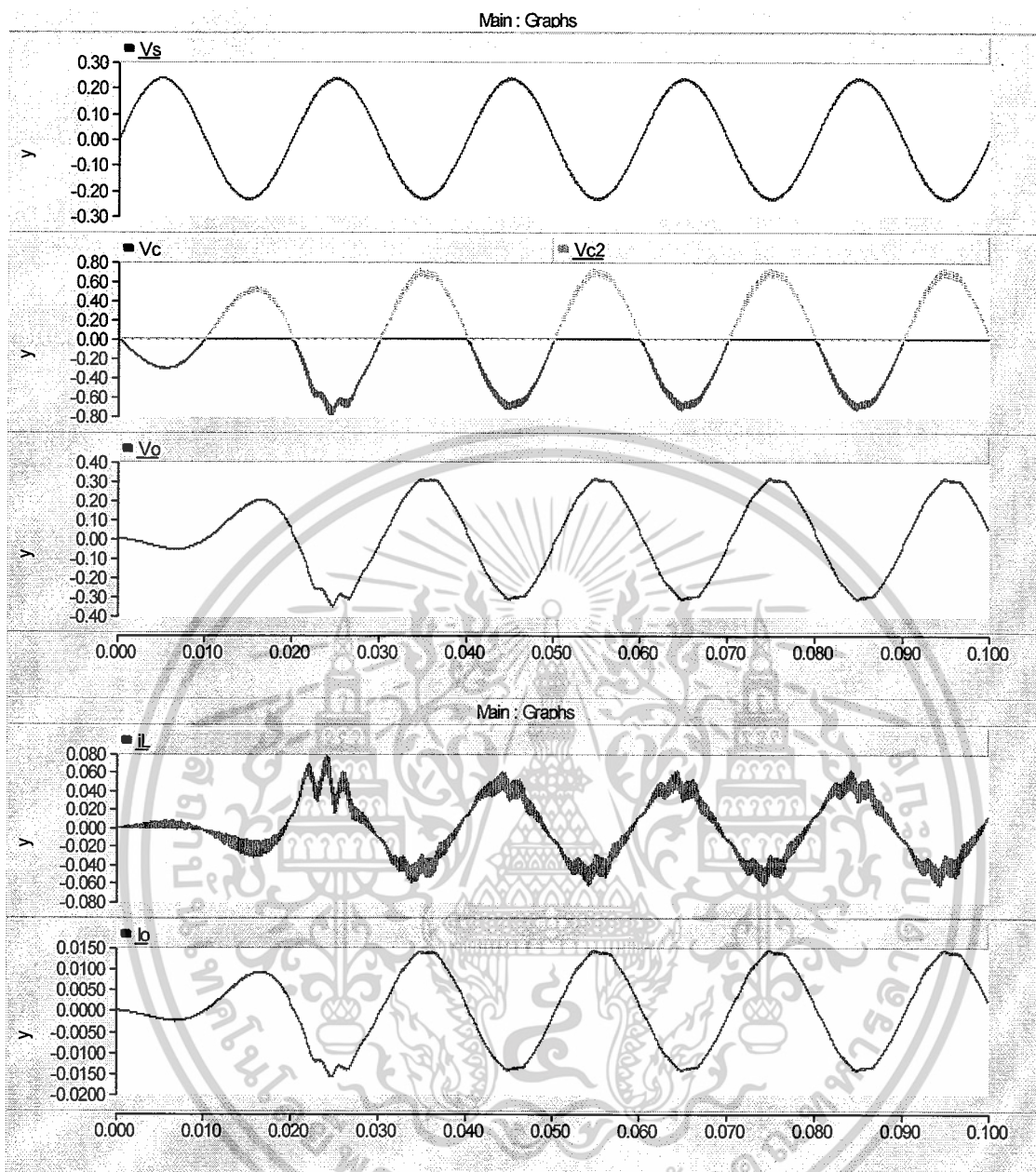
ประกอบด้วย

รูปที่ 3.22 รูปคลื่นแรงดัน V_s , V_c , V_o และรูปคลื่นกระแส I_L , I_o โดยที่ค่าแรงดันด้านเข้าเป็น 167 V

รูปที่ 3.23 รูปคลื่นแรงดัน V_s , V_c , V_o และรูปคลื่นกระแส I_L , I_o โดยที่ค่าแรงดันด้านเข้าเป็น 220 V

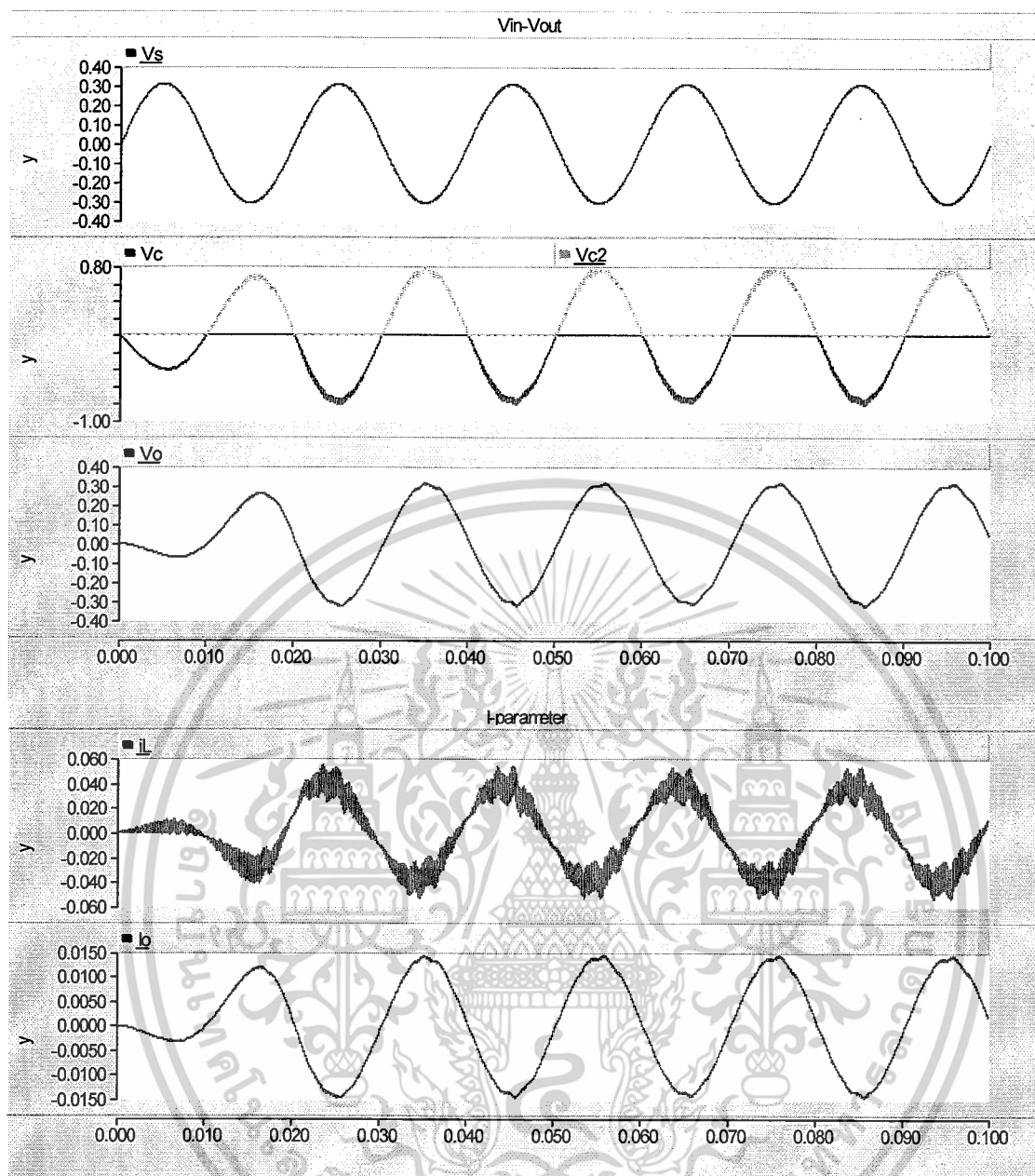
รูปที่ 3.24 รูปคลื่นแรงดัน V_s , V_c , V_o และรูปคลื่นกระแส I_L , I_o โดยที่ค่าแรงดันด้านเข้าเป็น 242 V

ซึ่งผลของการจำลองจากโปรแกรม PSCAD พบว่าหากปรับค่าแรงดันด้านเข้าต่ำกว่า 220 V ค่าแรงดันด้านออกก็จะต่ำลงเมื่อเทียบกับแรงดันอ้างอิง ตัวควบคุมแบบ PI จะทำการเพิ่มค่า duty ratio ให้มีค่ามากขึ้นทำให้แรงดันด้านออกมีค่าเพิ่มขึ้นจนมีค่าใกล้เคียงค่าแรงดันอ้างอิง และหากปรับค่าแรงดันด้านเข้าสูงกว่า 220 V ค่าแรงดันด้านออกก็จะสูงขึ้นเมื่อเทียบกับแรงดันอ้างอิง ตัวควบคุมแบบ PI จะทำการลดค่า duty ratio ให้มีค่าน้อยลงทำให้แรงดันด้านออกมีค่าลดลงจนมีค่าใกล้เคียงค่าแรงดันอ้างอิง



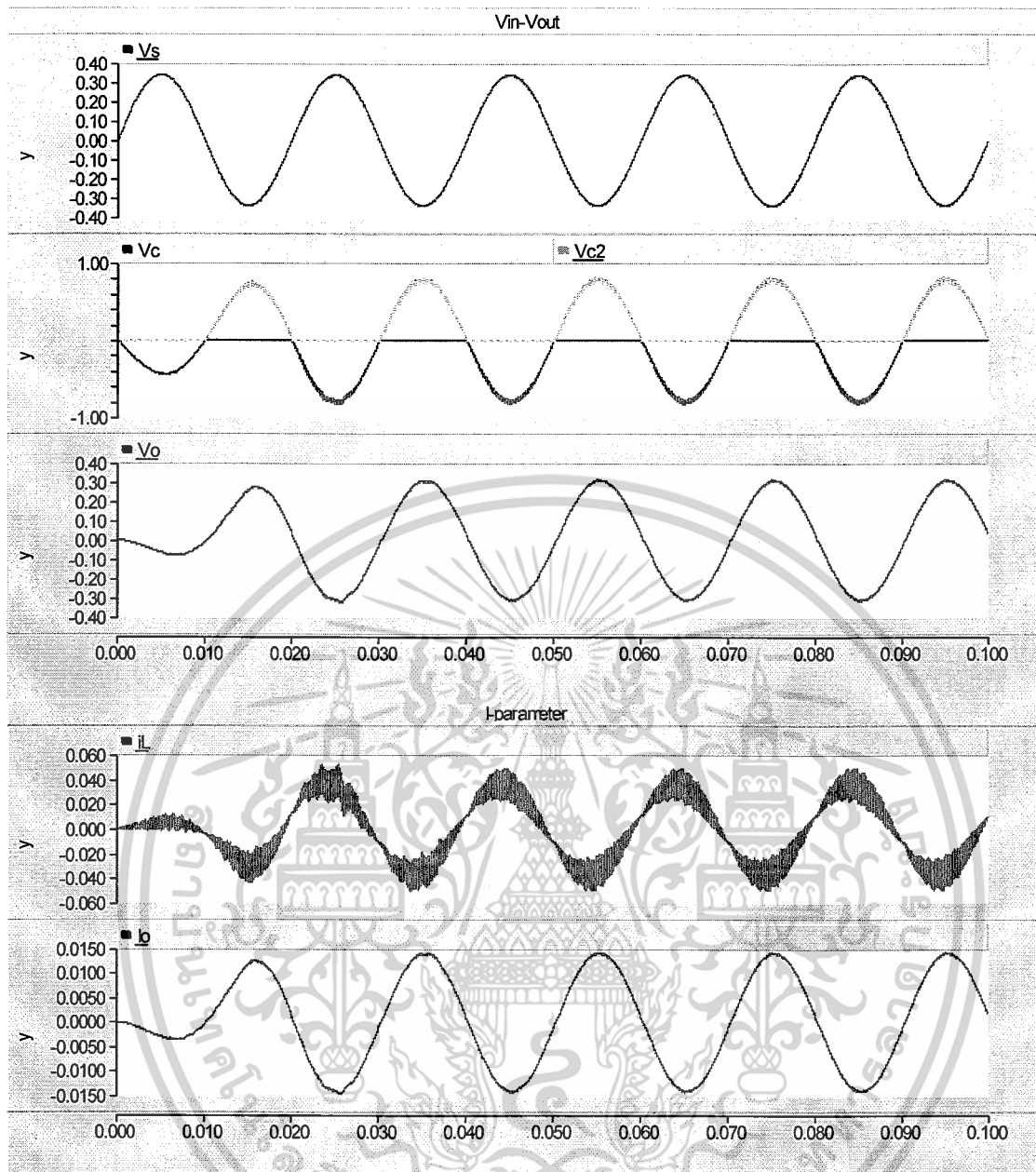
รูปที่ 3.22 รูปคลื่นแรงดัน V_o, V_c, V_s และรูปคลื่นกระแส i_L, i_o โดยที่ค่าแรงดันด้านเข้าเป็น 167 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 รูปคลื่นแรงดัน V_o, V_c, V_s และรูปคลื่นกระแส I_L, I_o โดยที่ค่าแรงดันด้านเข้าเป็น 220 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24 รูปคลื่นแรงดัน V_o, V_c, V_s และรูปคลื่นกระแส i_L, i_o โดยที่ค่าแรงดันต้านเข้าเป็น 242 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

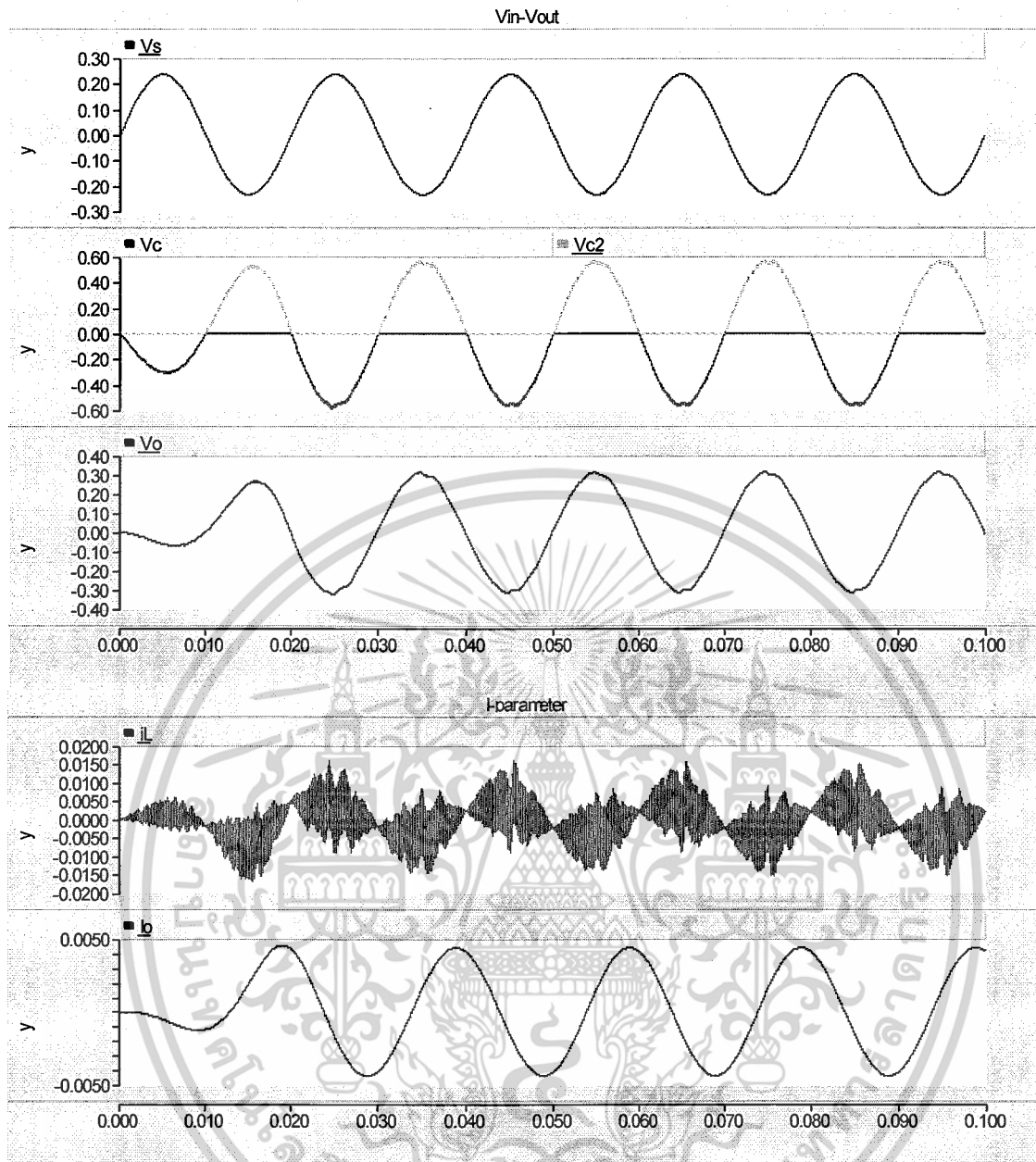
3.4.1.2 ผลการตอบสนองของวงจรควบคุมแบบมีการป้อนกลับในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทาน

โดยที่ในการจำลองโหลดที่ใช้เป็นตัวต้านทานเพียงอย่างเดียว ซึ่งค่าความต้านทานที่ใช้คือ 22 โอห์ม โดยในรูปที่ 3.22 แสดงผลการตอบสนองที่เมื่อผลของค่าแรงดันด้านเข้าเป็น 167 V เป็นบั้ง รูปที่ 3.23 แสดงผลการตอบสนองที่ ค่าแรงดันด้านเข้าเป็น 220 V เป็นบั้ง รูปที่ 3.24 แสดงผลการตอบสนองที่ค่าแรงดันด้านเข้าเป็น 242 V

3.4.1.3 ผลการตอบสนองของวงจรควบคุมแบบมีการป้อนกลับในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ

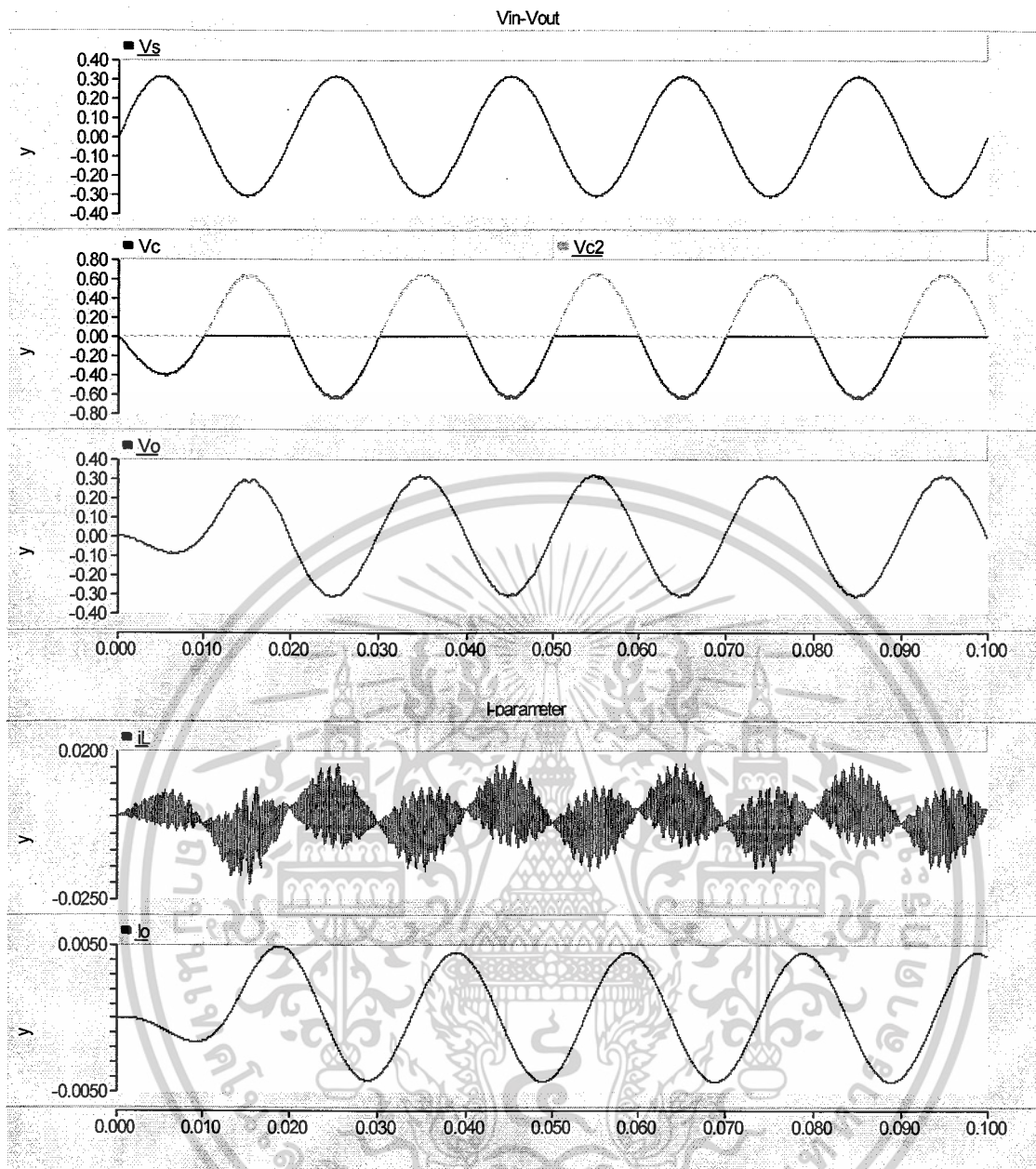
โดยที่ในการจำลองโหลดที่ใช้เป็นตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งค่าความต้านทานที่ 22 โอห์มและตัวเหนี่ยวนำใช้ค่าเท่ากับ 0.214 H โดยในรูปที่ 3.25 แสดงผลการตอบสนองที่เมื่อผลของค่าแรงดันด้านเข้าเป็น 167 V เป็นบั้ง รูปที่ 3.26 แสดงผลการตอบสนองที่ค่าแรงดันด้านเข้าเป็น 220 V และบั้ง รูปที่ 3.27 แสดงผลการตอบสนองที่ค่าแรงดันด้านเข้าเป็น 242 V





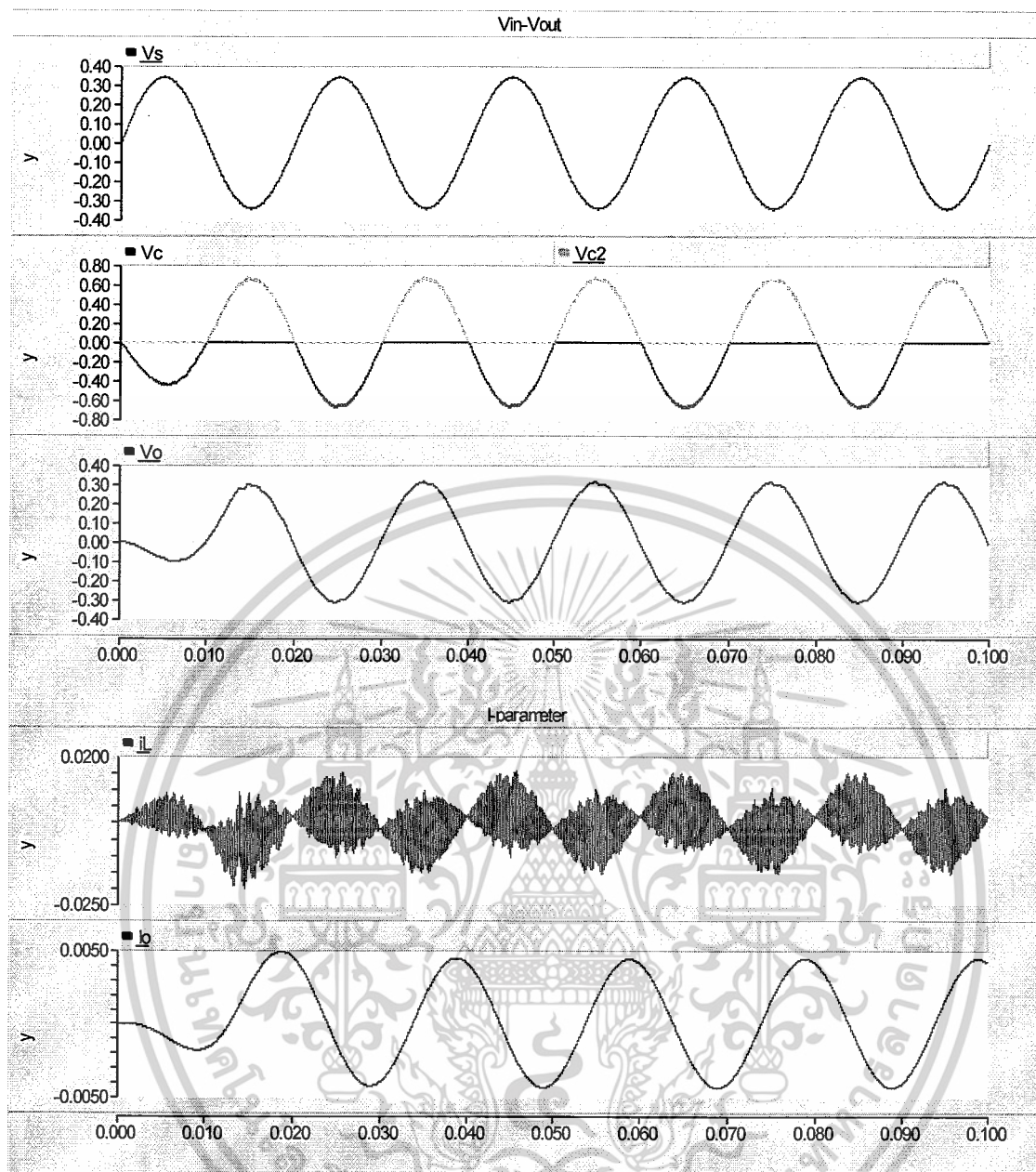
รูปที่ 3.25 แสดงผลการตอบสนองที่เมื่อผลของค่าแรงดันด้านเข้าเป็น 167 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 แสดงผลการตอบสนองที่ ค่าแรงดันด้านเข้าเป็น 220 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.27 แสดงผลการตอบสนองที่ค่าแรงดันด้านเข้าเป็น 242 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การออกแบบการทดลอง และ ผลการทดลอง

4.1 บทนำ

วิทยานิพนธ์ในบทนี้ได้แสดงให้เห็นถึงผลการทดลองของ วงจรเอชไอซี้อปเปอร์ แบบ บิ๊ก-บูสต์เพื่อหาความสัมพันธ์ต่างๆ ของวงจรเอชไอซี้อปเปอร์ เช่น ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า duty ratio กับ ค่าของแรงดันด้านขาออก ค่าประสิทธิภาพ เป็นต้น นอกจากนี้ยังได้ทำการทดลองการควบคุมแรงดันของเอชไอซี้อปเปอร์ในแบบต่างๆ ซึ่งได้ทำการทดลองในส่วนของการควบคุมแรงดันแบบที่ไม่มีการป้อนกลับและการควบคุมแรงดันโดยใช้ค่าใช้ค่าแรงดันเฉลี่ยเพื่อที่จะนำผลการทดลองที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการจำลอง โดยหัวข้อที่ทำการทดลองและเปรียบเทียบ คือผลการตอบสนอง ผลการตอบสนองของโหลดที่เป็นตัวต้านทาน และ ผลการตอบสนองของโหลดที่เป็นตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ

ในส่วนของการออกแบบการทดลองนั้น ได้ออกแบบในส่วนของวงจรการควบคุมสวิตช์ IGBT ซึ่งประกอบไปด้วย วงจรสร้างสัญญาณ PWM ,วงจรตรวจจับจุดผ่านศูนย์(ZERO CROSSING) ,วงจรประวิงเวลา (DEADTIME) ,วงจรรวมสัญญาณ และวงจรขับนำ

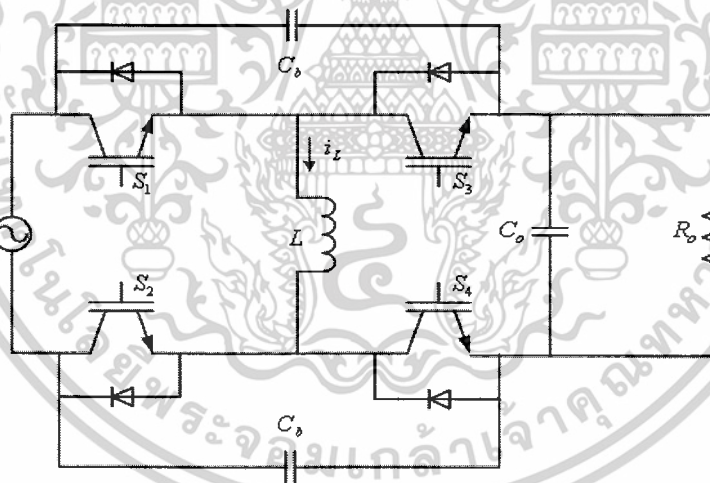
4.2 การทดลองวงจรเอชไอซี้อปเปอร์ แบบบิ๊ก – บูสต์ เฟสเดียว

โดยในการทดลองของวงจรเอชไอซี้อปเปอร์นี้ วงจรเอชไอซี้อปเปอร์ที่ใช้ในปริญญานิพนธ์นี้เป็นวงจรเอชไอซี้อปเปอร์แบบบิ๊ก – บูสต์เฟสเดียว ซึ่งได้แสดงไว้ในรูป ที่ 4.1 โดยได้ทำการใช้ค่าพารามิเตอร์ ดังตารางที่ 4.1

ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆในการทดลองวงจรกำลัง เอชซีซีอปเปอร์แบบบีก - บูสต์

AC Chopper	
Supply voltage	220 V rms AC
Supply frequency	50 kHz
Switching frequency	15.4 kHz
C Snubber	0.2 μ F
L Storage	0.53 mH
Supply-side filter	
C_s	15 μ F
Load-side low pass filter	
L_f	0.5 mH
C_f	25,25 μ F
Load Output	22 Ohm



รูปที่ 4.1 วงจรเอชซีซีอปเปอร์แบบบีก - บูสต์ เฟสเดียวที่ใช้ในการทดลอง

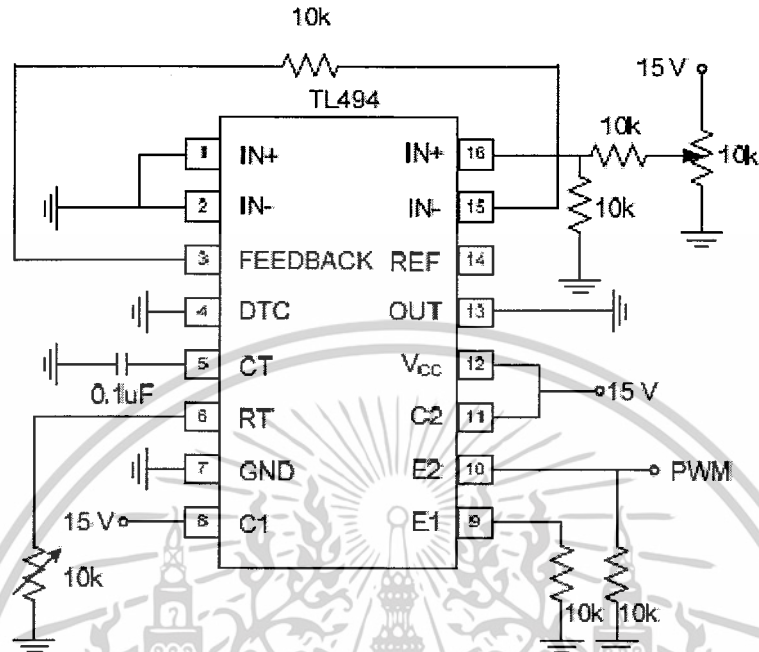
4.2.1 วงจร Control

4.2.1.1 วงจรสร้างสัญญาณ PWM

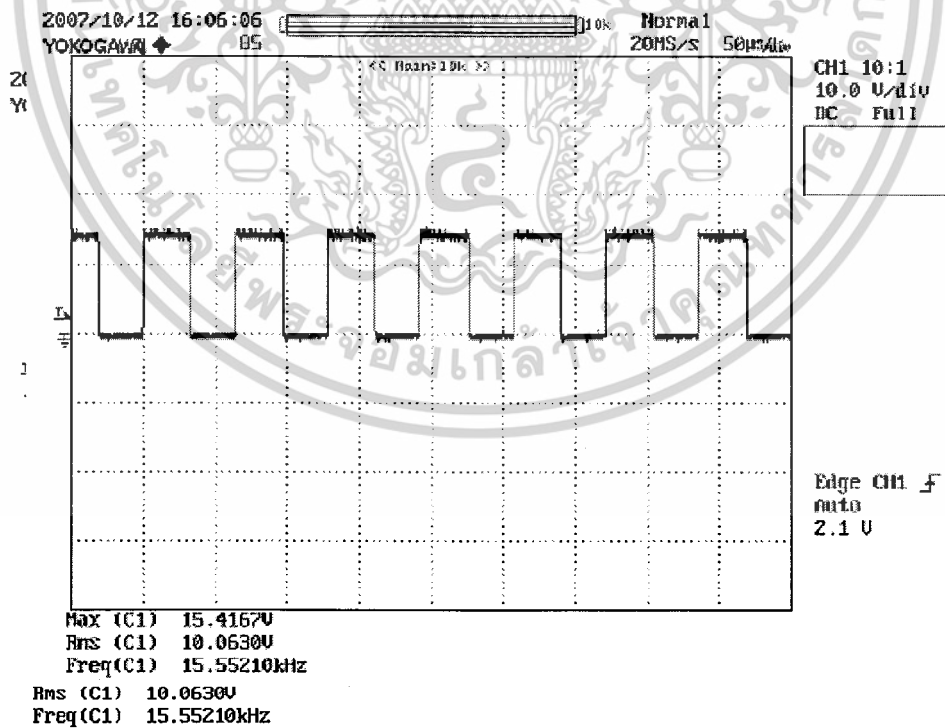
เป็นวงจรที่ใช้สร้างสัญญาณ PWM ที่มีความถี่คงที่ แต่สามารถปรับค่า duty ratio ได้ ความถี่ที่ใช้ในการทดลองนี้คือ 15.4 kHz และ IC ที่ใช้ในการทดลองคือ IC เบอร์ TL494 โดยที่ IC TL494 สามารถปรับความถี่ได้ด้วย การปรับค่า RC Oscillator (ขาที่ 5,6) และปรับค่าของ duty ratio

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ขาที่ 3,15 และ 16) โดย รูปที่ 4.2 แสดงรูปวงจรที่ใช้ในการทดลอง และ รูปที่ 4.3 แสดงรูปคลื่นที่ได้จากการทดลอง



รูปที่ 4.2 วงจรสร้างสัญญาณ PWM ที่ใช้ในการทดลอง



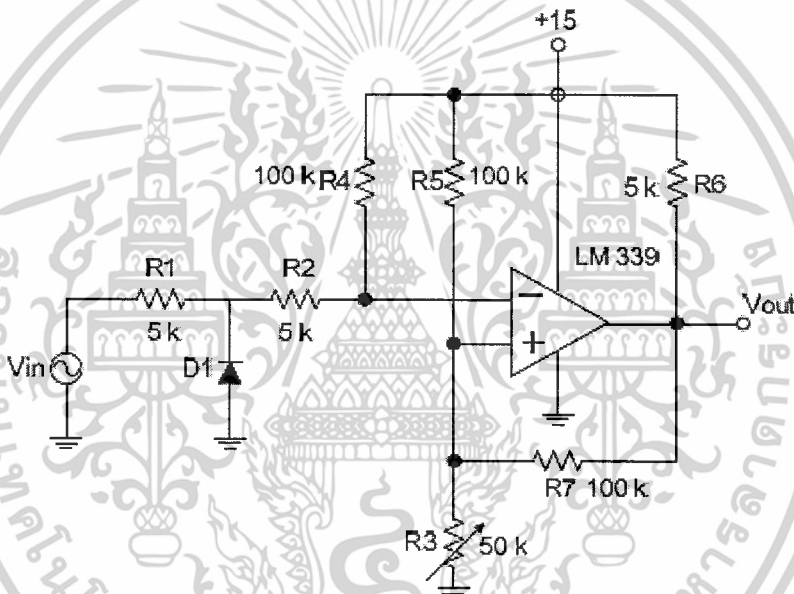
รูปที่ 4.3 รูปคลื่นของสัญญาณ PWM ที่ได้จากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

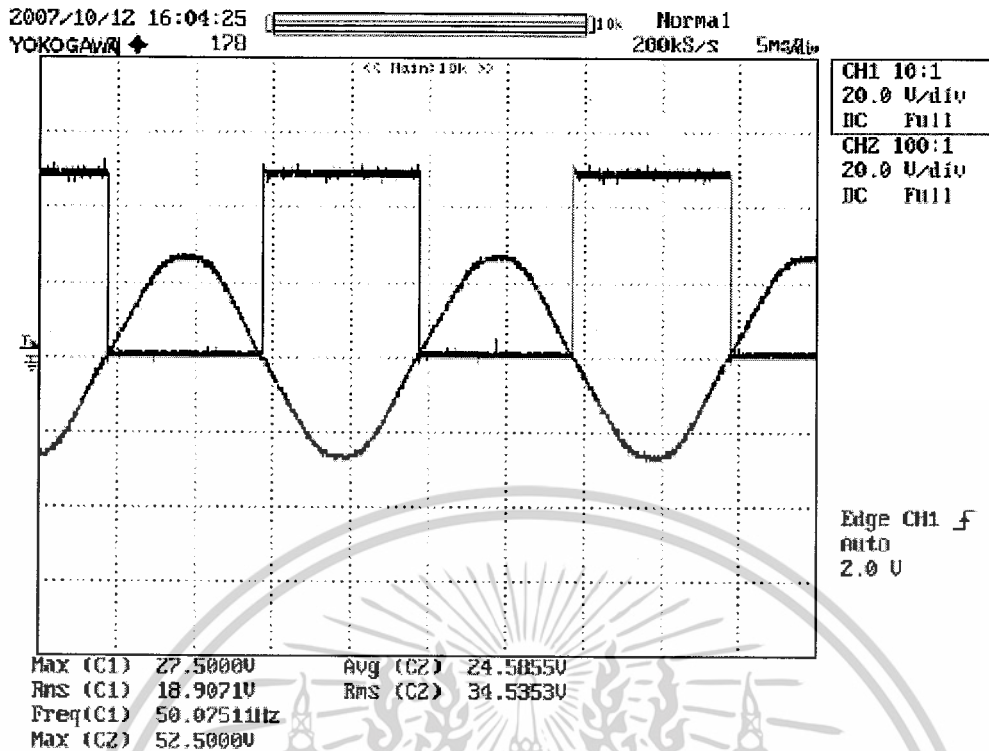
รูปสัญญาณ ที่ได้จากวงจร จะมีค่าความถี่เท่ากับ 15.521 kHz ซึ่งในการจำลองใช้ที่ 15.4 kHz และมีค่าแรงดันเฉลี่ย ประมาณ 10 V ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 4.3

4.2.1.2 วงจรตรวจจับจุดผ่านศูนย์ (zero crossing)

เป็นวงจรที่ใช้ตรวจจับจุดผ่านศูนย์ของรูปคลื่นไซน์ ซึ่งรูปคลื่นสัญญาณที่ได้จะเป็นรูปของคลื่นสัญญาณสี่เหลี่ยม ซึ่งตรงจุดศูนย์ของรูปคลื่นสี่เหลี่ยมจะเป็นตำแหน่งเดียวกับจุดศูนย์ของรูปคลื่นไซน์ โดยในการทดลองได้ใช้ IC เบอร์ LM339 ป้อนสัญญาณ รูป ไซน์ ที่แรงดัน 18 V สามารถปรับขอบของสัญญาณให้จุดศูนย์ อยู่ตรงกับ จุดศูนย์ ของสัญญาณรูปคลื่นไซน์ โดยการปรับค่าความต้านทาน R3 โดยในรูปที่ 4.4 ได้แสดงวงจรที่ใช้ในการทดลอง รูปที่ 4.5 แสดงรูปคลื่นที่ได้จากการทดลอง รูปคลื่นสัญญาณที่ได้จะมีจุดศูนย์ตรงกันกับจุดศูนย์ของรูปคลื่นไซน์ที่ป้อนเข้าทางด้านอินพุต



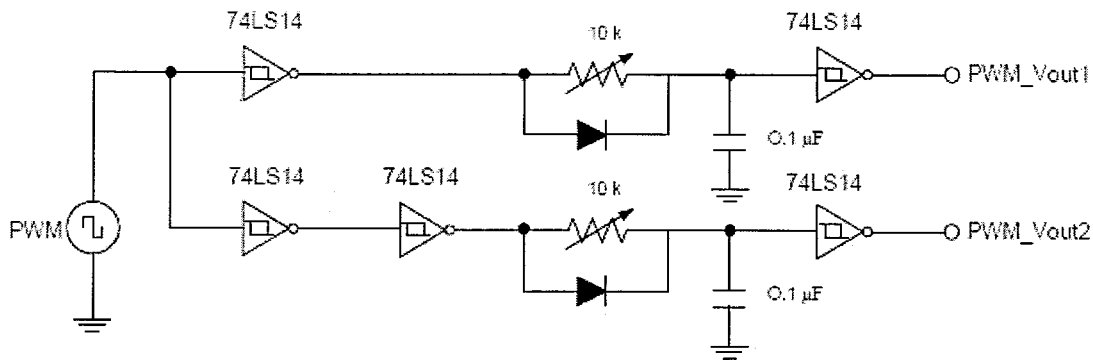
รูปที่ 4.4 วงจรตรวจจับจุดผ่านศูนย์ ที่ใช้ในการทดลอง



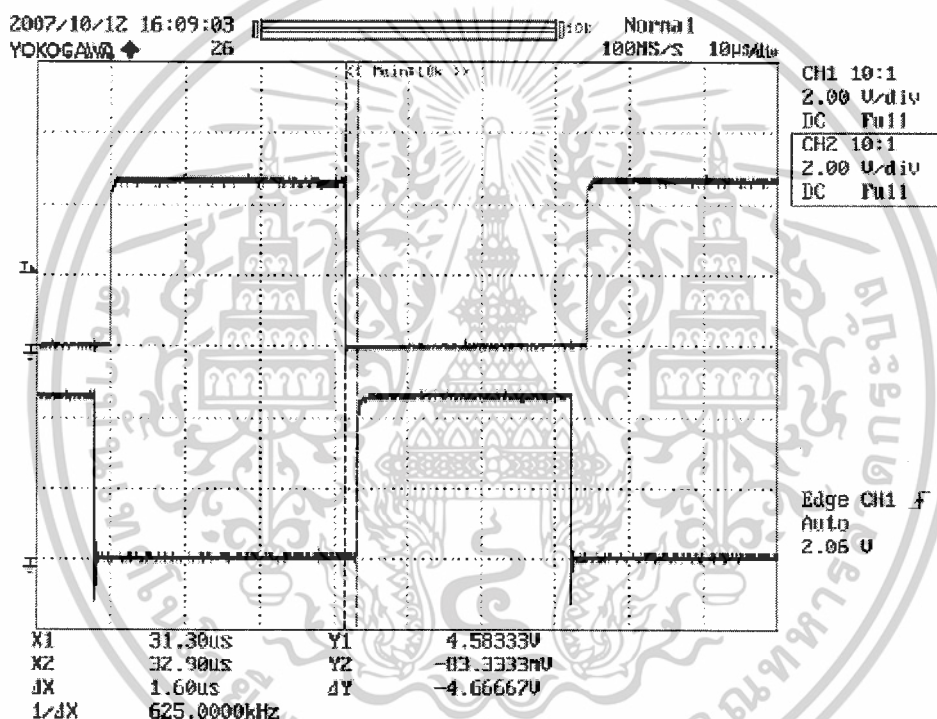
รูปที่ 4.5 รูปคลื่นสัญญาณตรวจจับจุดผ่านศูนย์ที่ได้จากการทดลอง

4.2.1.3 วงจรประวิงเวลา (deadtime)

เป็นวงจรป้องกันการทำงานพร้อมกันระหว่างสวิตช์ S1 กับ S3 และ S2 กับ S4 เพราะถ้าสวิตช์เหล่านี้ทำงานพร้อมกันจะทำให้เกิดการลัดวงจรของ IGBT ขึ้น โดย IC ที่ใช้นั้นเป็น IC เบอร์ 74LS14 โดยสามารถปรับค่าของการประวิงเวลา ได้จากการปรับเปลี่ยนค่าของตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ ในการทดลองนี้ได้ตั้งค่าของ deadtime ไว้ 1.5 μ s โดยในรูปที่ 4.6 แสดงวงจรที่ใช้ในการทดลอง และรูปที่ 4.7 แสดงรูปคลื่นที่ได้จากการทดลอง สัญญาณที่ออกมาสองสัญญาณนั้นจะมีค่าของการ on , off ต่างกัน ซึ่งในการจำลองได้ตั้งค่าการประวิงเวลาไว้ที่ 1.5 μ s แต่จากการทดลองจริง ปรับไว้ที่ 1.6 μ s



รูปที่ 4.6 วงจรประวิงเวลาที่ใช้ในการทดลอง

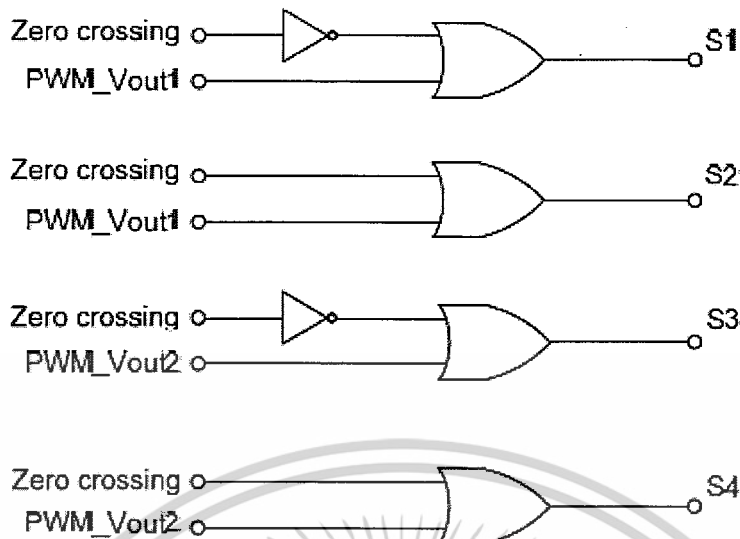


รูปที่ 4.7 รูปคลื่นของวงจระประวิงเวลา ที่ได้จากการทดลอง

4.2.1.4 วงจรรวมสัญญาณ

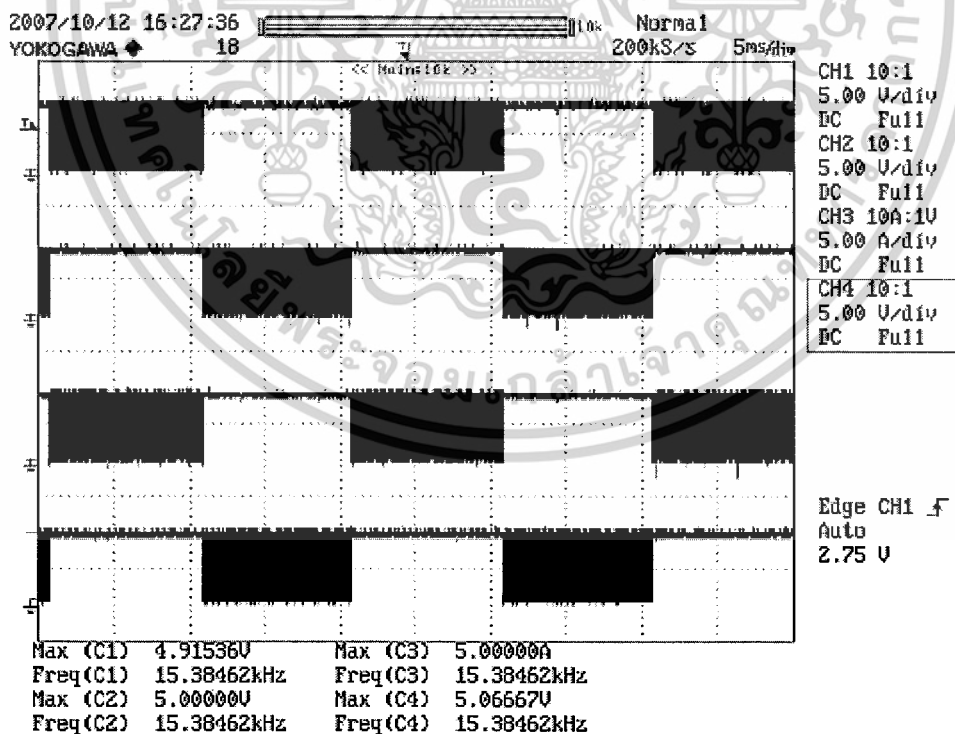
เป็นวงจรที่ใช้รวมสัญญาณ PWM ที่ผ่านชุดวงจระประวิงเวลากับสัญญาณที่ได้จากวงจระตรวจจับจุดผ่านศูนย์ ก่อนที่จะนำไปเข้าชุดขับนำ โดยใช้ IC เบอร์ 74LS14 และ IC เบอร์ 74LS32 ในการรวมสัญญาณ เพื่อให้ได้สัญญาณออกมา 4 สัญญาณและเพื่อที่จะนำไปเข้าวงจระขับในลำดับต่อไป โดยในรูปที่ 4.8 แสดงวงจระที่ใช้ในการทดลอง และรูปที่ 4.9 แสดงรูปคลื่นที่ได้จากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 วงจรรวมสัญญาณที่ใช้ในการทดลอง

สัญญาณที่ได้จะมี 4 สัญญาณด้วยกัน ซึ่ง S1 กับ S3 ต้องไม่ ON พร้อมกัน และ S2 กับ S4 ต้องไม่ ON พร้อมกันและมีค่าแรงดันสูงสุดเท่ากับ 5 V

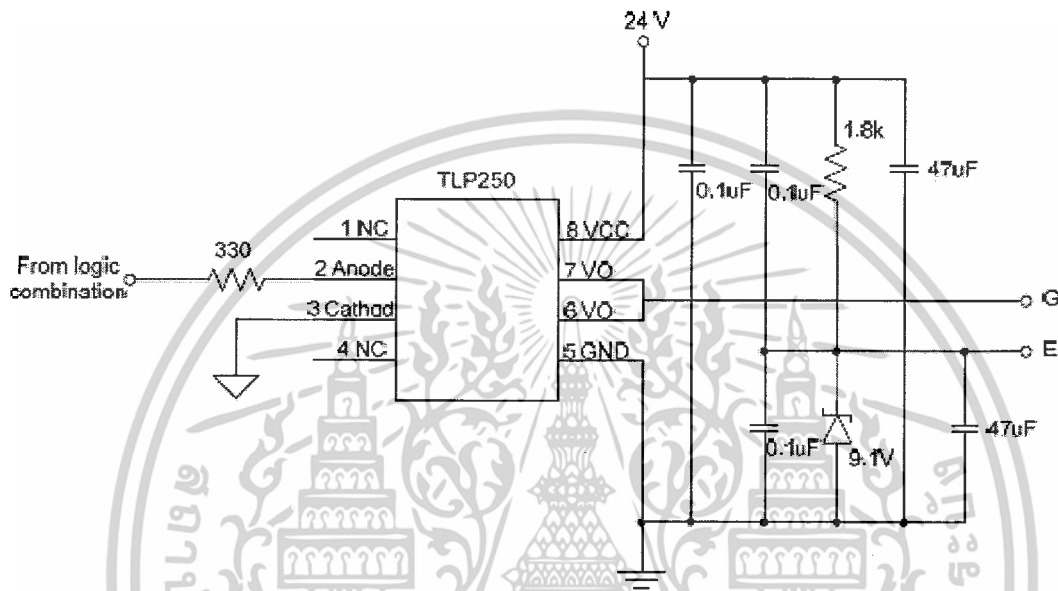


รูปที่ 4.9 รูปคลื่นสัญญาณของวงจรรวมสัญญาณที่ได้จากการทดลอง

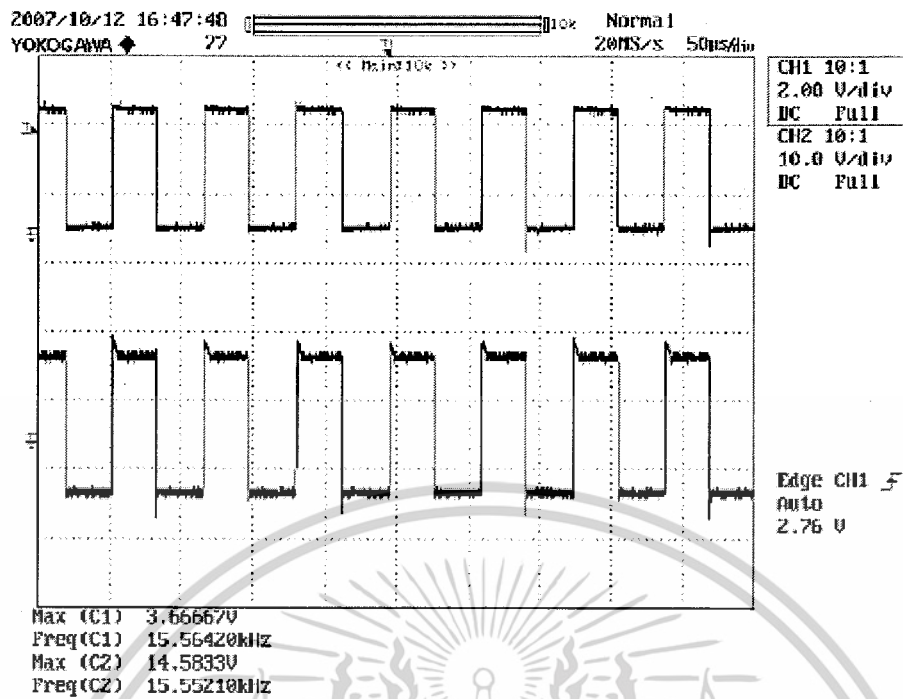
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.5 วงจรขับนำ

เป็นวงจรที่ใช้แยกกราวด์ของวงจรควบคุมกับกราวด์ของวงจรกำลัง และใช้ในการรักษา ระดับแรงดันของสัญญาณขับเกท เพื่อให้เพียงพอต่อการที่ทำให้ IGBT นั้นสามารถทำงานได้ ตลอดช่วงเวลาของการ ON ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้ได้ใช้ IC เบอร์ TLP250 เพื่อใช้ในการขับ สวิตช์ ซึ่งต้องต่อวงจรนี้เป็นจำนวน 4 ชุดเข้าด้วยกัน เพื่อขับสวิตช์ 4 ตัวโดยใน รูปที่ 4.10 แสดงรูปวงจรที่ใช้ในการทดลอง รูปที่ 4.11 แสดงรูปคลื่นที่ได้จากการทดลอง



รูปที่ 4.10 วงจรขับนำที่ใช้ในการทดลอง

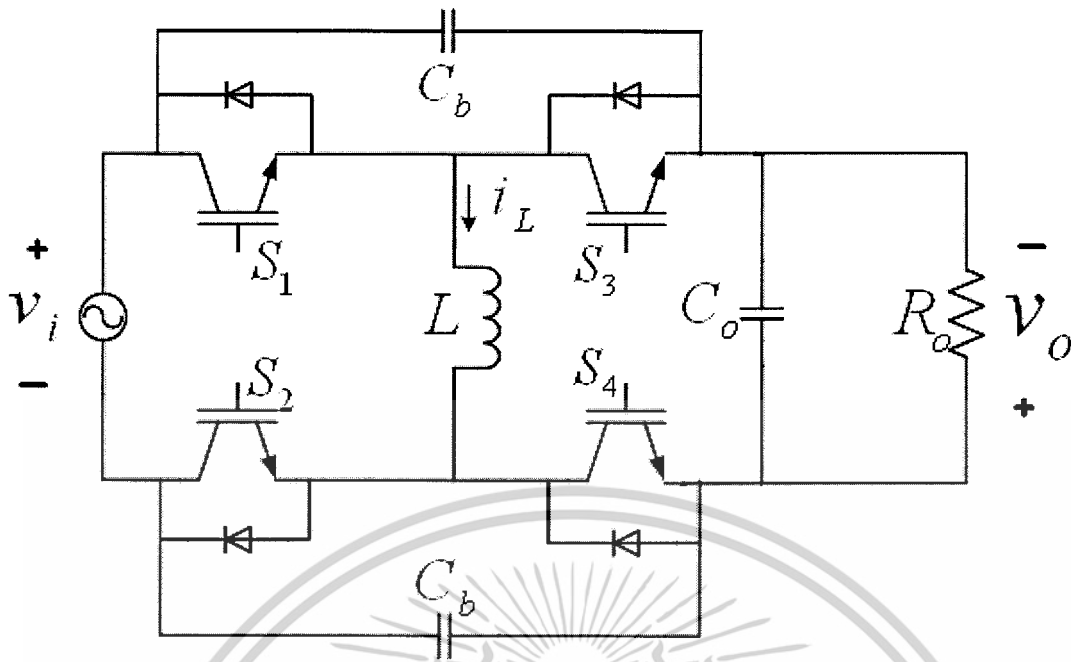


รูปที่ 4.11 รูปคลื่นสัญญาณ input และ output ของวงจรขับที่ได้จากการทดลอง

จากรูปที่ 4.11 สัญญาณด้านบนเป็นสัญญาณก่อนเข้าวงจรขับนำ ซึ่งมีแรงดันเป็นบวกที่ประมาณ 3.66 V และสัญญาณด้านล่างเป็นสัญญาณที่ออกจากวงจรขับนำ ซึ่งจะต้องมีแรงดันบวกประมาณ 15 V และแรงดันลบที่ประมาณ 9 V

4.2.2 วงจรกำลัง

ดังแสดงในรูปที่ 4.12 ซึ่งในวงจรกำลังจะประกอบไปด้วย IGBT ที่ใช้ในการเป็นสวิตช์ 4 ตัวและได้ต่อเป็นวงจรเอชซีซีอปเปอร์แบบบ๊ัก - บูสต์ เฟสเดียว โดยที่ทางด้านขาออกของวงจรเอชซีซีอปเปอร์จะมีวงจรกรองผ่านความถี่ต่ำแบบใช้ LC ต่อคร่อมอยู่ เพื่อกรองเอาค่าความถี่ฮาร์มอนิกส์ออก ให้เหลือแต่เพียงความถี่มูลฐาน



รูปที่ 4.12 วงจรกำลังเอชี่ซ็อปเปอร์แบบบ๊ัก – บูลต์ เฟสเดียวที่ใช้ในการทดลอง

โดยในการทดลองการทำงานของวงจรกำลังเอชี่ซ็อปเปอร์แบบบ๊ัก – บูลต์ เฟสเดียว ให้ค่าของแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้าเป็น 220 V ค่าความถี่ของการสวิตช์เท่ากับ 15.4 kHz โดยหัวข้อที่ได้ทำการทดลองคือ ค่าความสัมพันธ์ ระหว่าง ค่า duty ratio กับ ค่าแรงดันไฟฟ้า ด้านขาออก

4.3 การทดลองการควบคุมแรงดันของวงจรกำลังเอชี่ซ็อปเปอร์แบบบ๊ัก – บูลต์ เฟสเดียวแบบไม่มีการป้อนกลับ

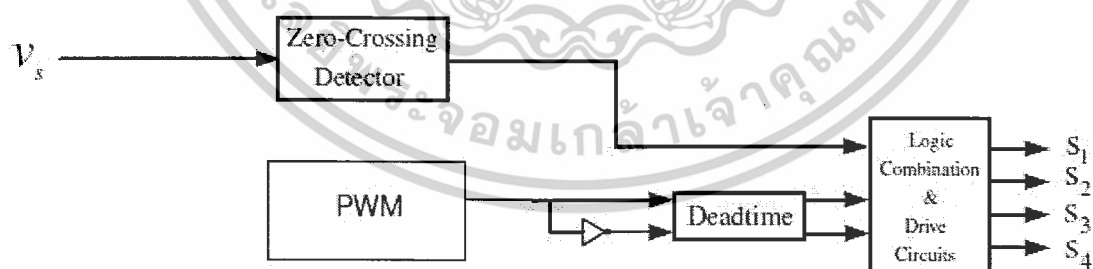
การทดลองการควบคุมแรงดันของวงจรกำลังเอชี่ซ็อปเปอร์แบบบ๊ัก – บูลต์ เฟสเดียวแบบไม่มีการป้อนกลับ โดยในการทดลองนี้ได้นำวงจรการสร้างสัญญาณตามรูปที่ 4.13 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ดังนี้ในการทำการทดลอง

ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆในการทดลองวงจรกำลัง เอชซีซีโอพีเปอร์แบบบีก – บูสต์

AC Chopper	
Supply voltage	220 V rms AC
Supply frequency	50 kHz
Switching frequency	15.4 kHz
C Snubber	0.2 μ F
L Storage	0.53 mH
Supply-side filter	
C_s	15 μ F
Load-side low pass filter	
L_f	0.5 mH
C_f	25,25 μ F
Load Output	22 Ohm

โดยในการทดลองนี้ไม่มีการควบคุมค่าแรงดันทางด้านขาออกของวงจรเอชซีซีโอพีเปอร์แบบ บีก – บูสต์ เฟสเดียว โดยที่ในส่วนของผลการตอบสนองนั้น ได้ทำการทดลองในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทาน และในกรณีที่โหลดเป็นทั้งตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ ได้ทำการทดลองต่างๆ ดังนี้



รูปที่ 4.13 วงจรสร้างสัญญาณการทดลองโดยที่ไม่มีการป้อนกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

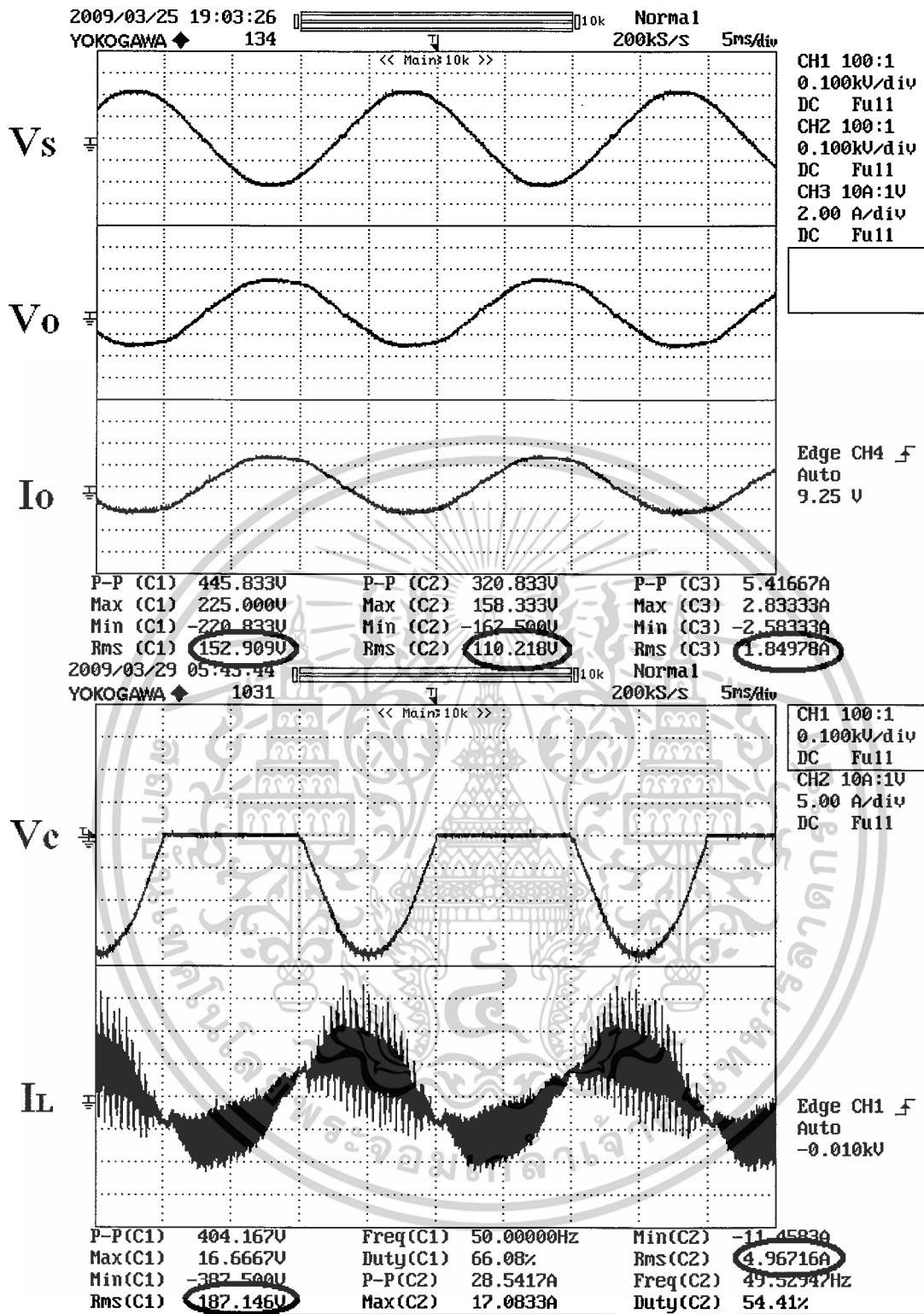
4.3.1 ผลการตอบสนองในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทาน

โดยที่ตัวโหลดที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นโหลดตัวต้านทานอย่างเดียว ซึ่งโหลดที่ใช้เป็นหลอดไฟ 1,000 W เมื่อต้องการแปลงแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้า ให้ค่าแรงดันไฟฟ้าด้านขาออกมีขนาดลดลง แสดงในรูปที่ 4.14 แสดงผลของการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.452 มีสถานะเป็นบ๊วก

เมื่อต้องการรักษาแรงดันไฟฟ้าด้านขาเข้าให้มีค่าเท่ากับค่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาออก แสดงในรูปที่ 4.15 แสดงผลของการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.534 มีสถานะที่ไม่เป็นทั้งบ๊วกและบัพสต์

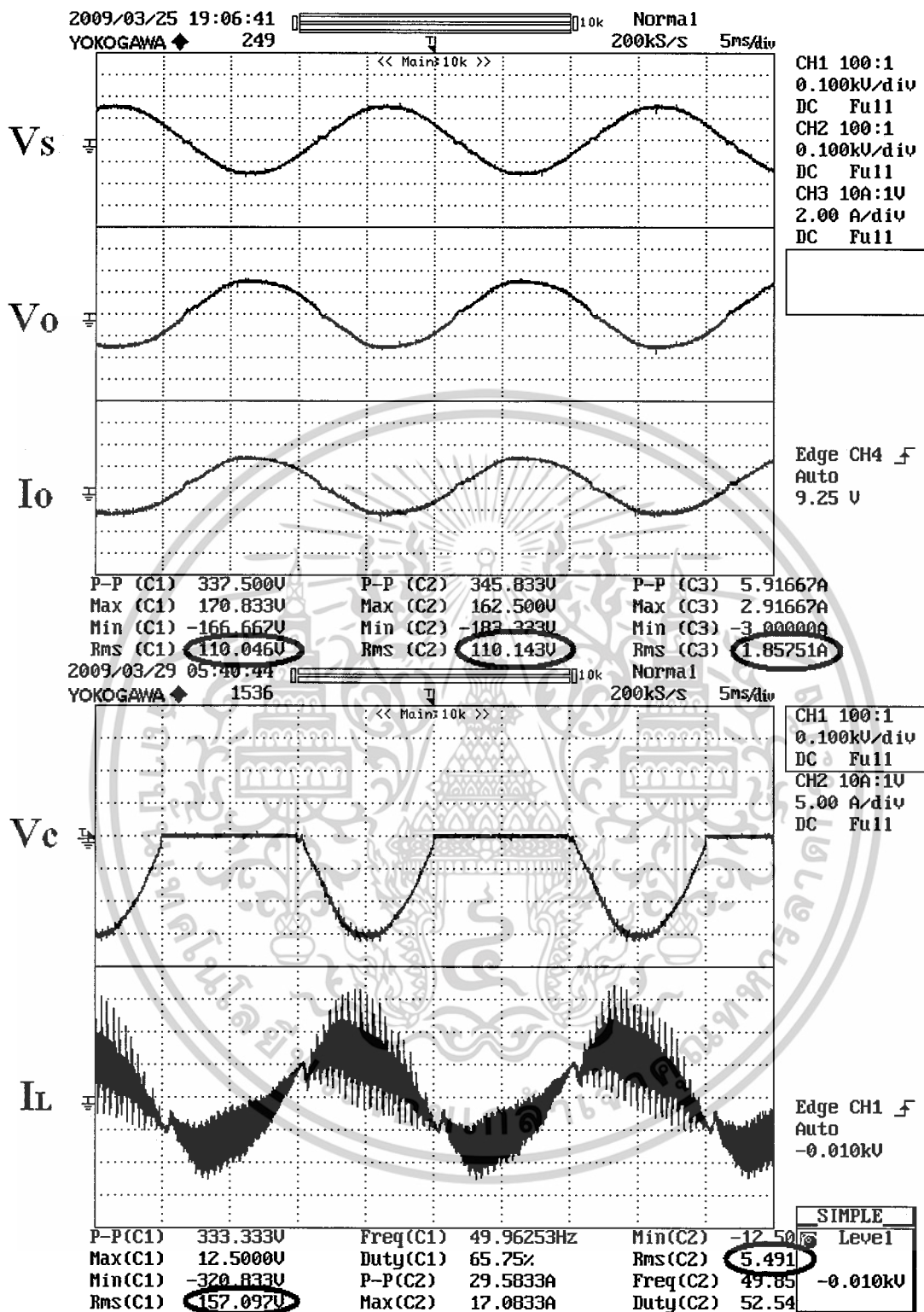
เมื่อต้องการแปลงแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้า ให้ค่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาออกมีค่าขนาดเพิ่มขึ้น แสดงในรูปที่ 4.16 แสดงผลของการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.606 มีสถานะเป็นบัพสต์





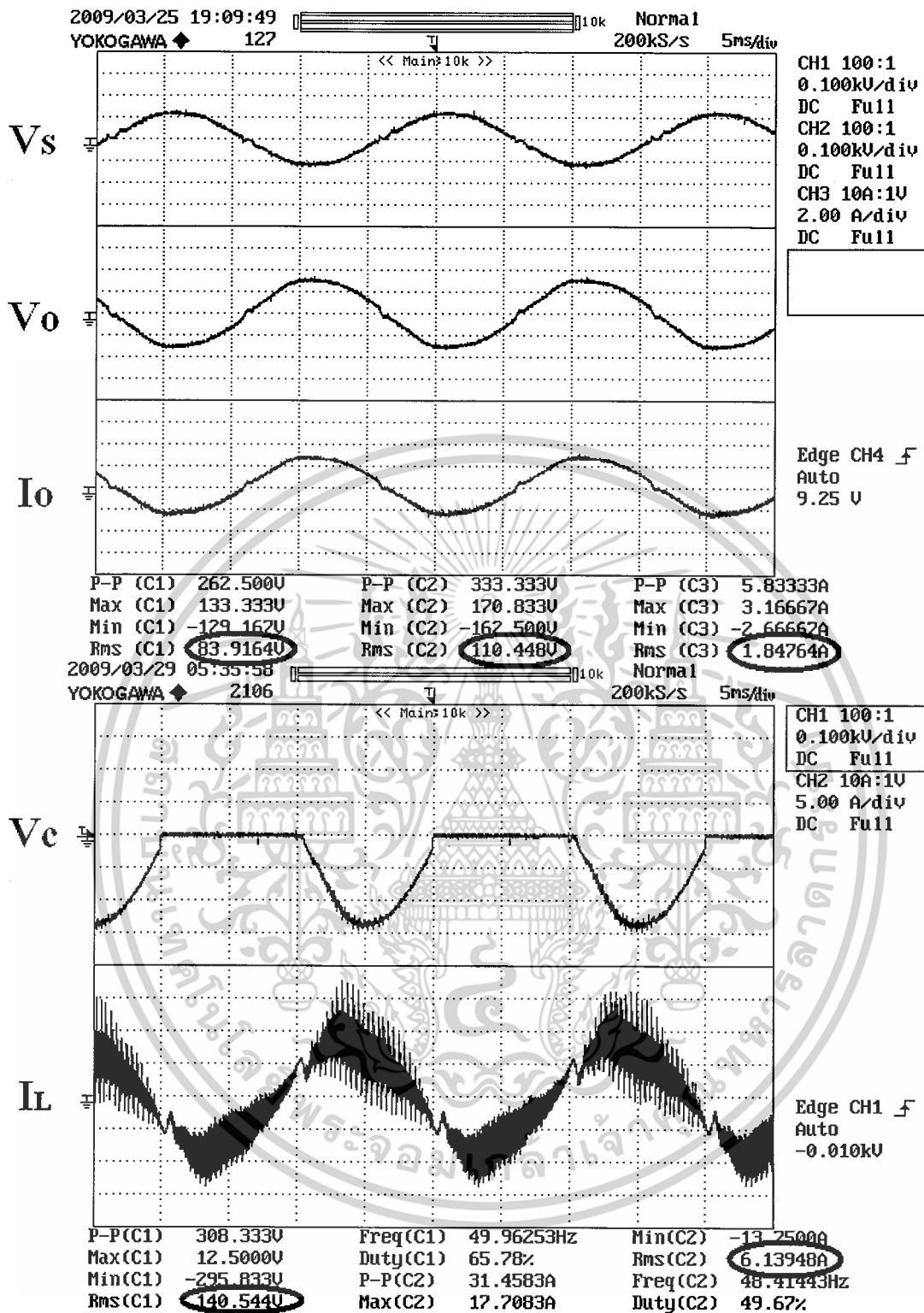
รูปที่ 4.14 แสดงผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.452 มีสถานะเป็นบ๊ัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 แสดงผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.534 มีสถานะที่ไม่เป็นทั้งบีกและบυσต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 แสดงผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.606 มีสถานะเป็นบวสต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ผลการตอบสนองในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ

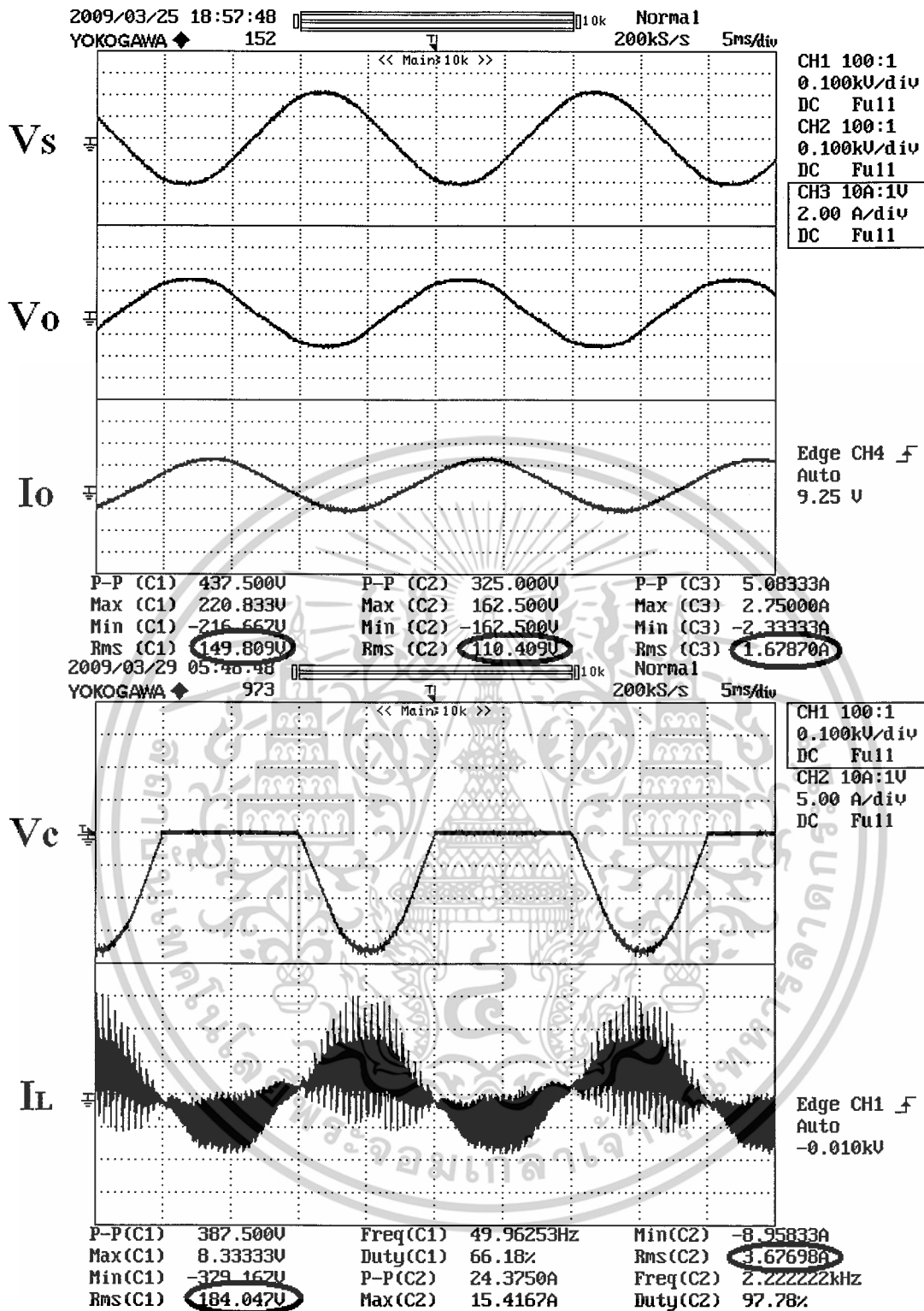
โดยที่การทดลองนี้ โหลดที่ใช้เป็นตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งโหลดที่ใช้เป็นโหลดหลอดไฟและตัวเหนี่ยวนำต่ออนุกรมกัน ซึ่งโหลดหลอดไฟที่ใช้มีค่าเท่ากับ 1,000 W และตัวเหนี่ยวนำที่ใช้มีค่าเท่ากับ 0.5 mH เมื่อต้องการแปลงแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้า

เมื่อต้องการแปลงแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้า ให้ค่าแรงดันไฟฟ้าด้านขาออกมีขนาดลดลง แสดงในรูปที่ 4.17 แสดงผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.452 มีสถานะเป็นบัก

เมื่อต้องการรักษาแรงดันไฟฟ้าด้านขาเข้าให้มีค่าเท่ากับค่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาออก แสดงในรูปที่ 4.18 แสดงผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.537 มีสถานะที่ไม่เป็นทั้งบักและบูสต์

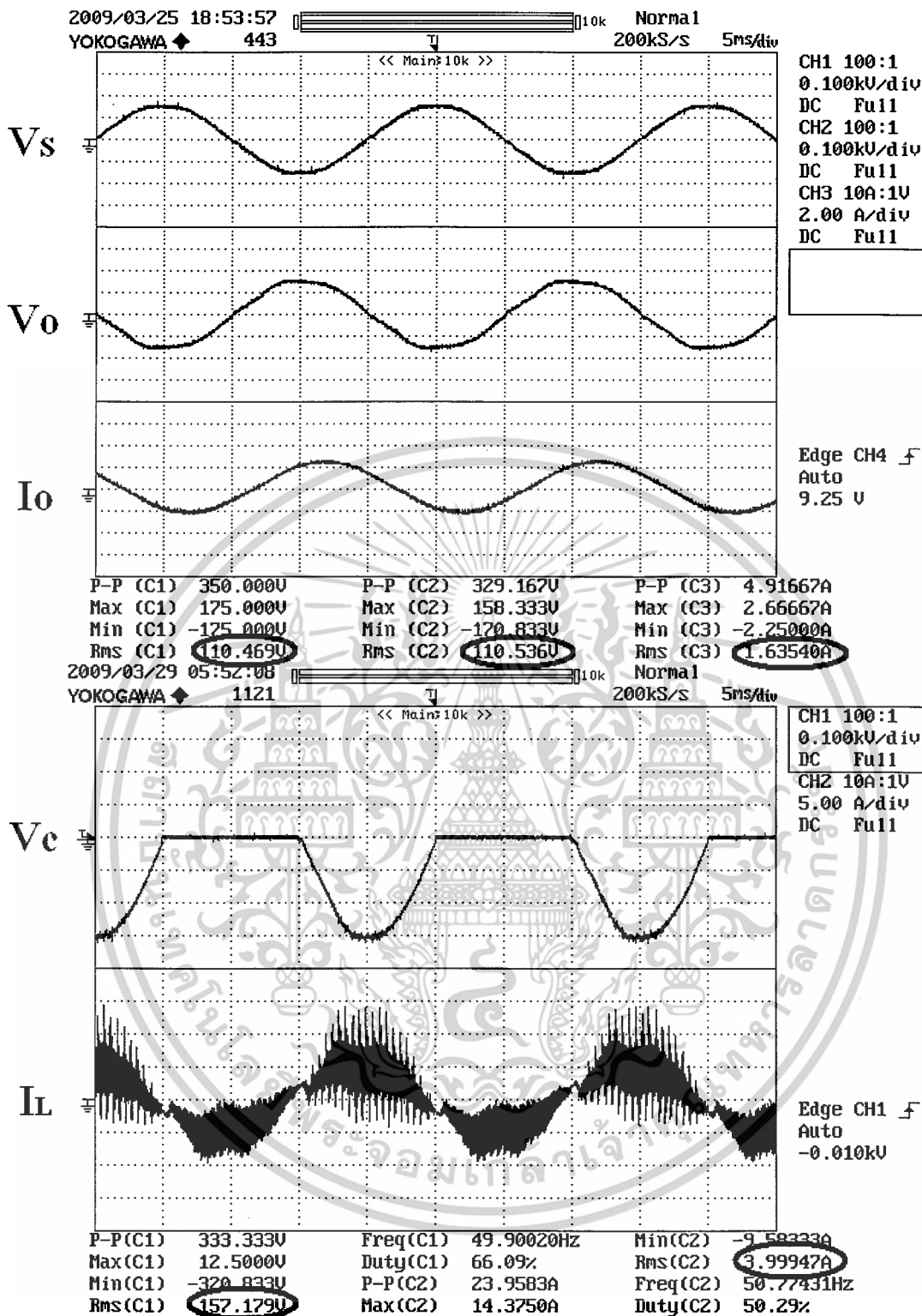
เมื่อต้องการแปลงแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้า ให้ค่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาออกมีค่าขนาดเพิ่มขึ้น แสดงในรูปที่ 4.19 แสดงผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.606 มีสถานะเป็นบูสต์





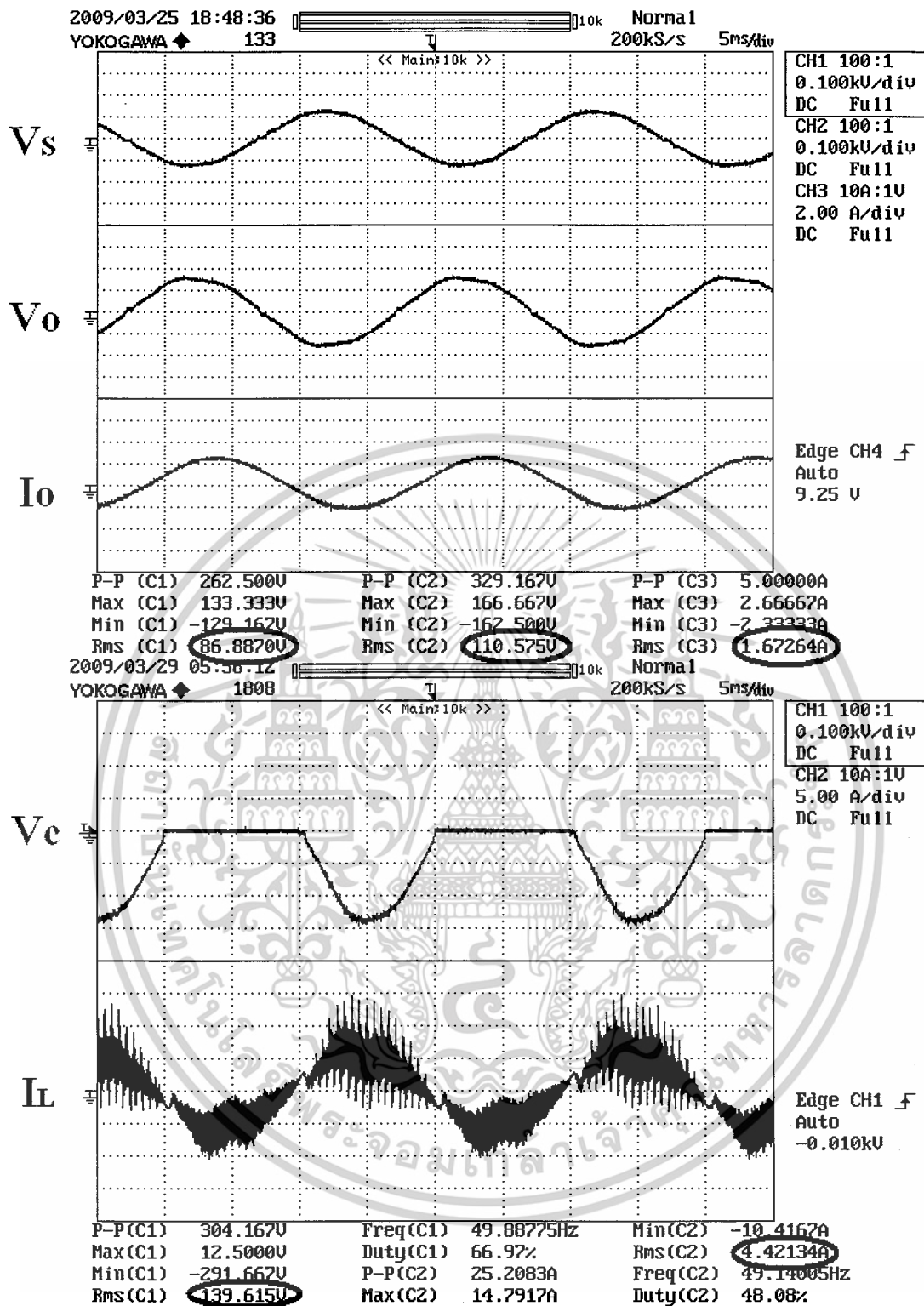
รูปที่ 4.17 แสดงผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.452 มีสถานะเป็นบัพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 แสดงผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.537 มีสถานะที่ไม่เป็นทั้งบ๊วก และบวสต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

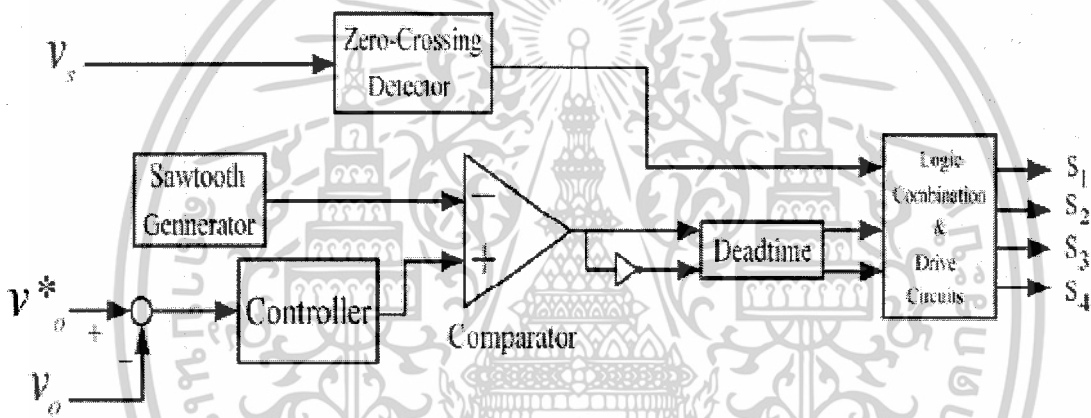


รูปที่ 4.19 แสดงผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.606 มีสถานะเป็นบุงสต์

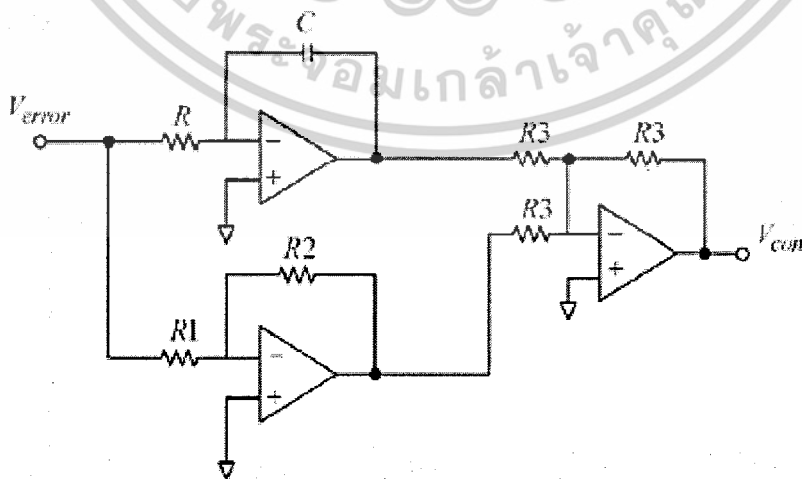
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดลองการควบคุมแรงดันของวงจรกำลังเอชไอซีโอพีเปอร์แบบบีก – บัสต์ เฟสเดียวแบบมีการป้องกันโดยใช้ค่าเฉลี่ย

การทดลองการควบคุมแรงดันเอชไอซีโอพีเปอร์แบบใช้ค่าเฉลี่ย ซึ่งในการทดลองได้ใช้วงจรในรูปที่ 4.12 และนำค่าพารามิเตอร์มาทำการทดลอง และในการทดลองเพื่อสร้างสัญญาณนั้นควบคุมนั้น ได้ใช้ค่าแรงดันด้านขาออกที่เป็นค่าของสัญญาณไซน์มาทำการป้องกันให้กับระบบ โดยผ่านเข้าวงจรตรวจจับแอมพลิฟายด์แบบความเร็วสูงทำให้ได้เป็นสัญญาณไฟกระแสดังออกมาเพื่อที่จะนำไปเปรียบเทียบกับค่าแรงดันอ้างอิงที่เป็นไฟตรง จากนั้นนำค่าความผิดพลาดที่ได้เข้าตัวควบคุมแบบ PI แล้วนำไปเปรียบเทียบกับสัญญาณฟันเลื่อย ที่อยู่ใน IC เบอร์ TL494 เพื่อสร้างเป็นสัญญาณ PWM ที่จะนำไปขับเกทของ IGBT โดยรูปที่ 4.20 ได้แสดงรูปวงจรที่ใช้ในการทดลองซึ่งของตัวควบคุมแบบ PI ที่อยู่ในบล็อกของตัวควบคุมได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.21 และค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมแบบ PI ได้แสดงไว้ โดยได้ทำการทดลองต่าง ๆ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.20 วงจรทดลองการควบคุมแรงดันเอชไอซีโอพีเปอร์แบบใช้ค่าเฉลี่ย



รูปที่ 4.21 ตัวควบคุมแบบ PI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 4.3 ค่าพารามิเตอร์ในการทดลองวงจรควบคุมแรงดันเอซีช็อปเปอร์แบบบีก-บูสต์ เฟสเดียวแบบมีการป้อนกลับ

ส่วนของวงจรเอซีช็อปเปอร์

AC Chopper	
Supply voltage	220 V rms AC
Supply frequency	50 kHz
Switching frequency	15.4 kHz
C Snubber	0.2 μ F
L Storage	0.53 mH
Supply-side filter	
C_s	15 μ F
Load-side low pass filter	
L_f	0.5 mH
C_f	25,25 μ F
Load Output	22 Ohm

ส่วนของวงจรควบคุมแบบ PI

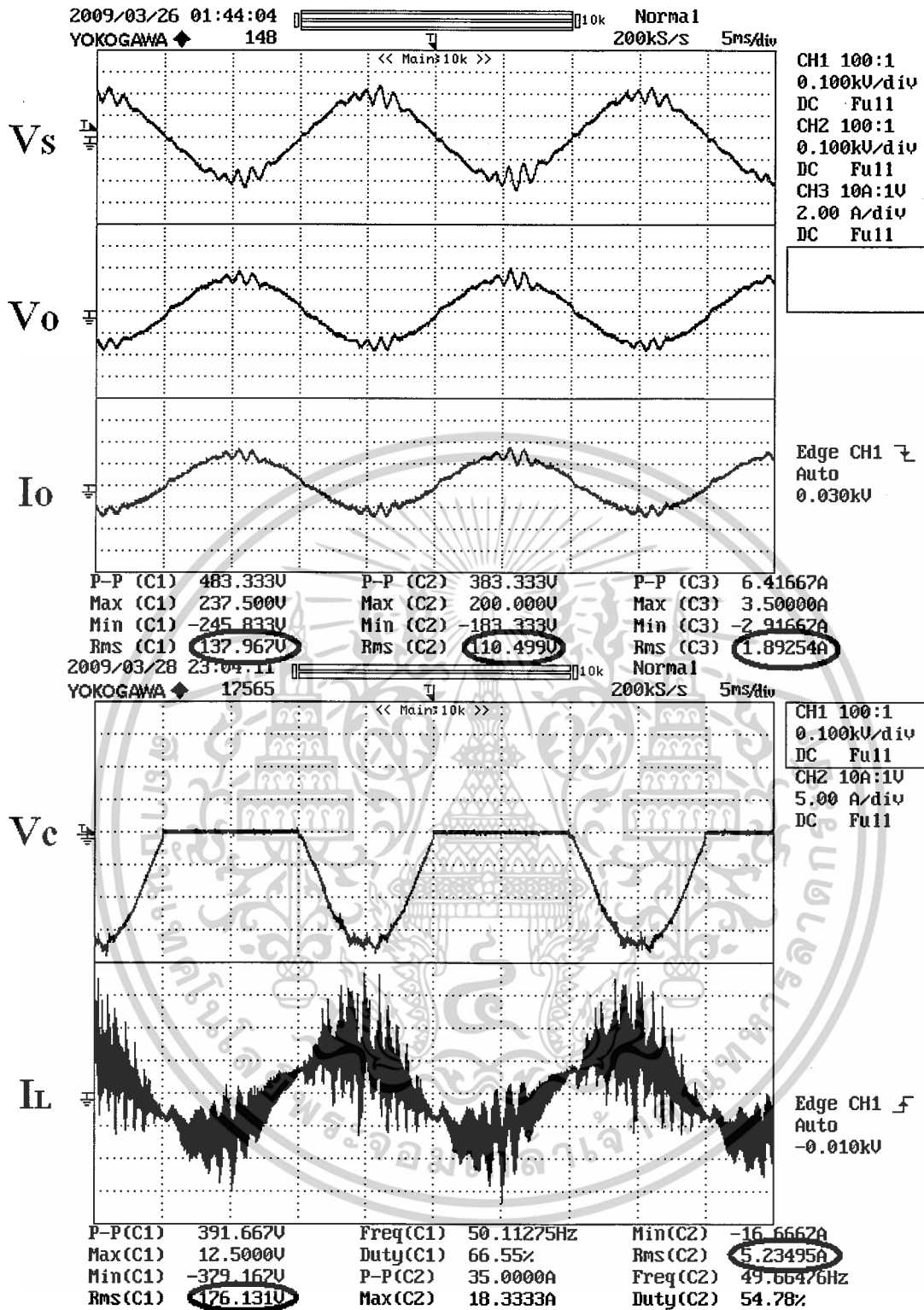
PI controller parameter	
K_i	0.005
K_p	0.3

4.4.1 ผลการตอบสนองในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทาน

โดยที่ตัวโหลดที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นโหลดตัวต้านทานอย่างเดียว ซึ่งโหลดที่ใช้เป็นหลอดไฟ 1,000 W เมื่อต้องการแปลงแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้า ให้ค่าแรงดันไฟฟ้าด้านขาออกมีขนาดลดลง แสดงในรูปที่ 4.22 แสดงผลของการตอบสนองเมื่อมีสถานะเป็นบีก

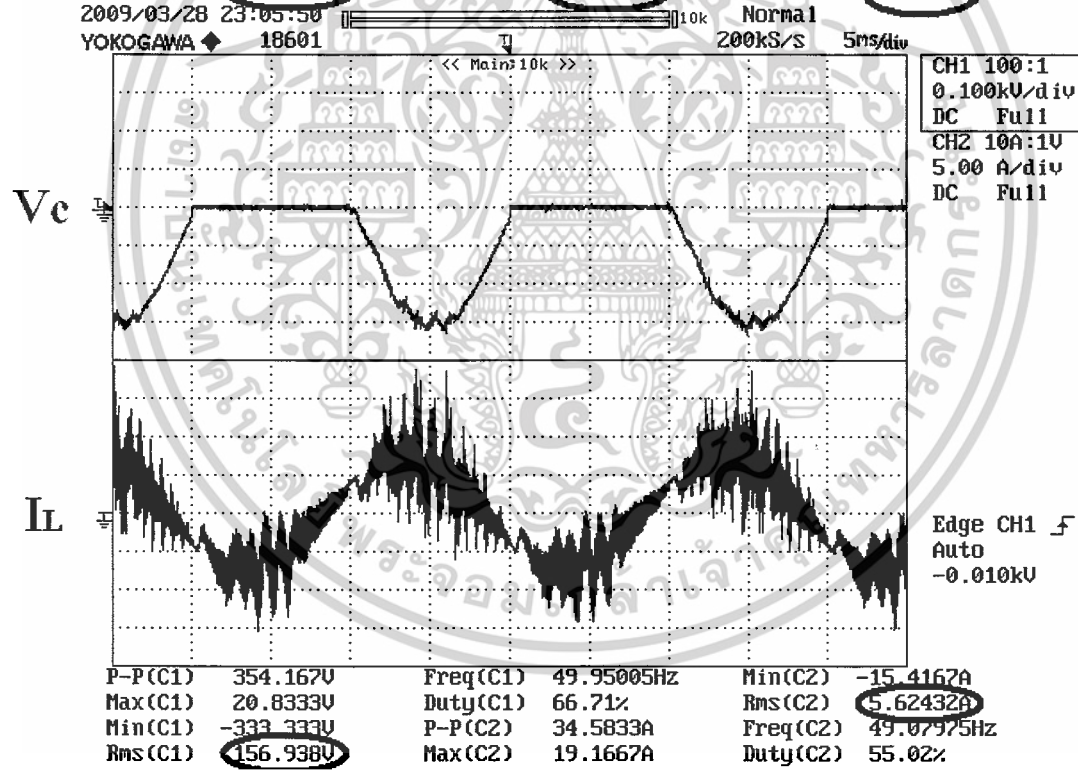
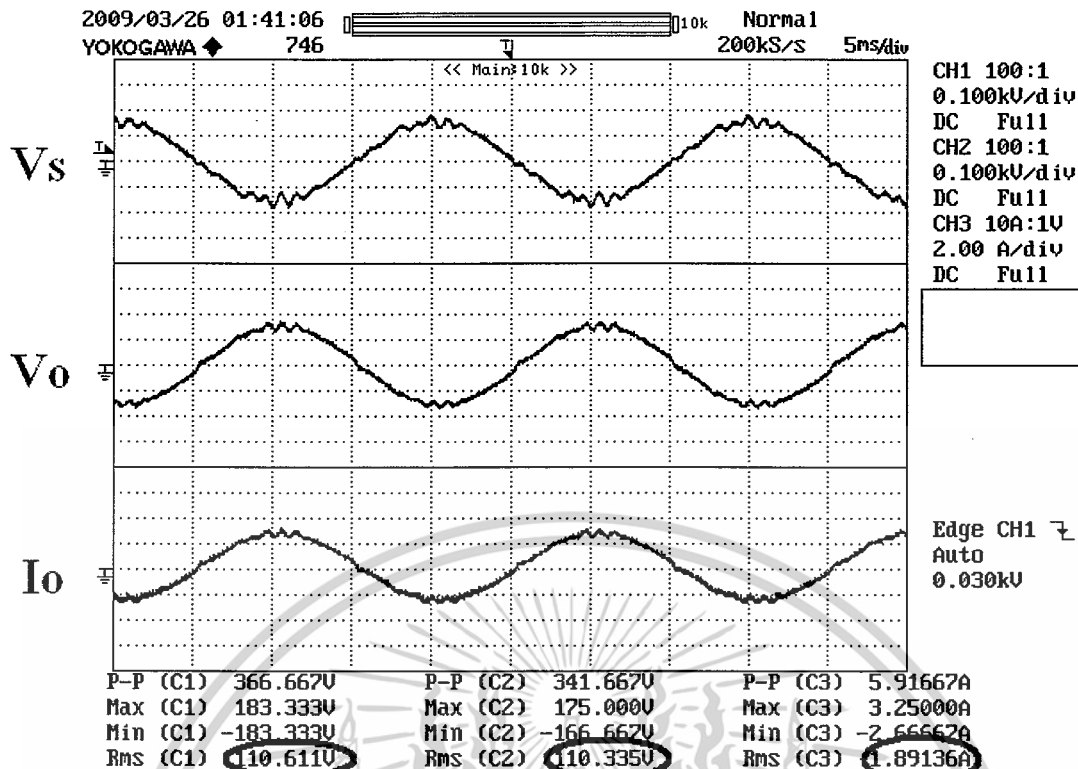
เมื่อต้องการรักษาแรงดันไฟฟ้าด้านขาเข้าให้มีค่าเท่ากับค่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาออก แสดงในรูปที่ 4.23 แสดงผลของการตอบสนองเมื่อมีสถานะที่ไม่เป็นทั้งบีกและบูสต์

เมื่อต้องการแปลงแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้า ให้ค่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาออกมีค่าขนาดเพิ่มขึ้น แสดงในรูปที่ 4.24 แสดงผลของการตอบสนองเมื่อมีสถานะเป็นบูสต์



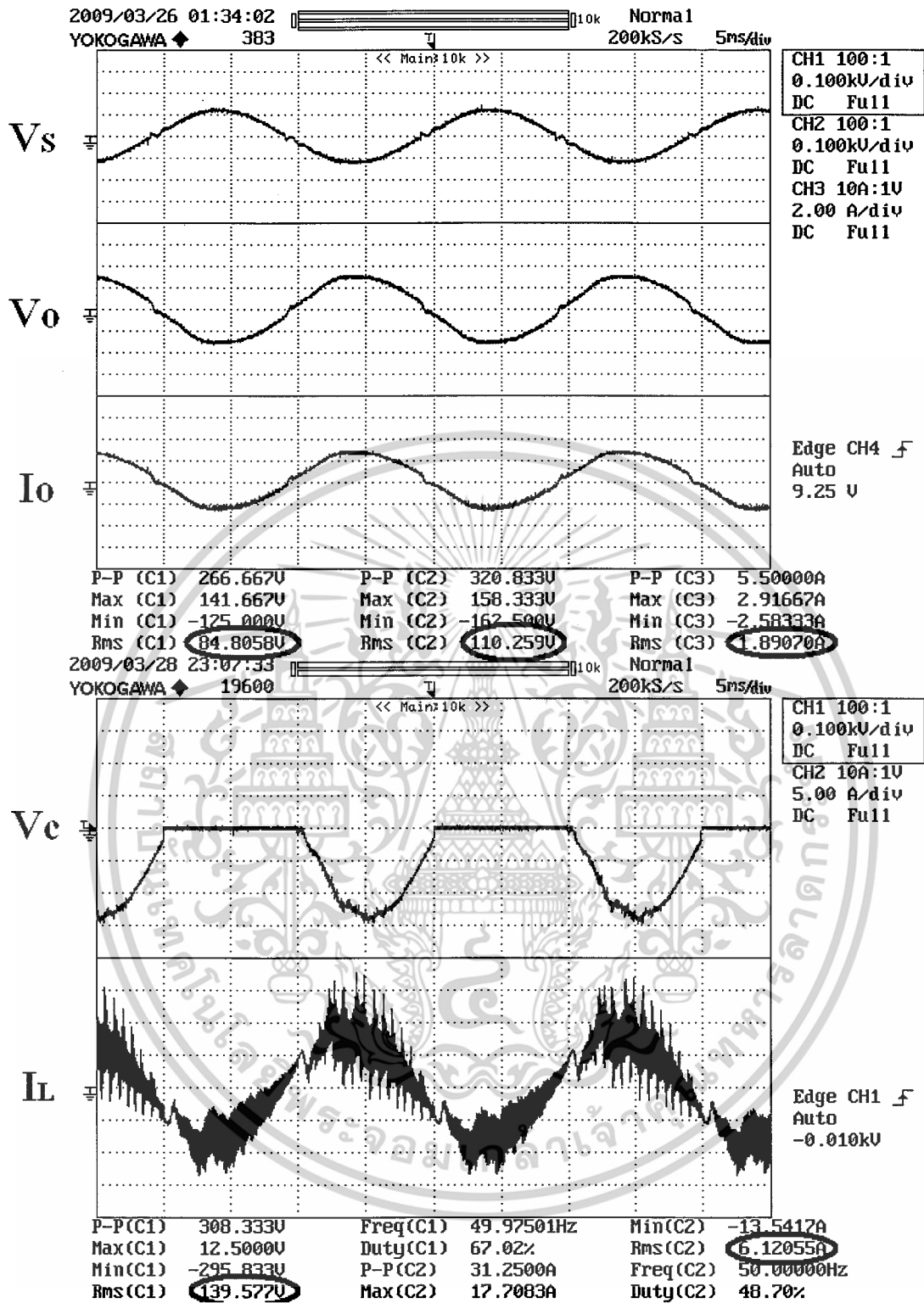
รูปที่ 4.22 แสดงผลการตอบสนอง ในสถานะที่เป็นบั๊ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 แสดงผลการตอบสนอง ในสถานะที่ไม่เป็นบักและบุงส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24 แสดงผลการตอบสนอง ในสถานะที่เป็นนุสต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 ผลการตอบสนองในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ

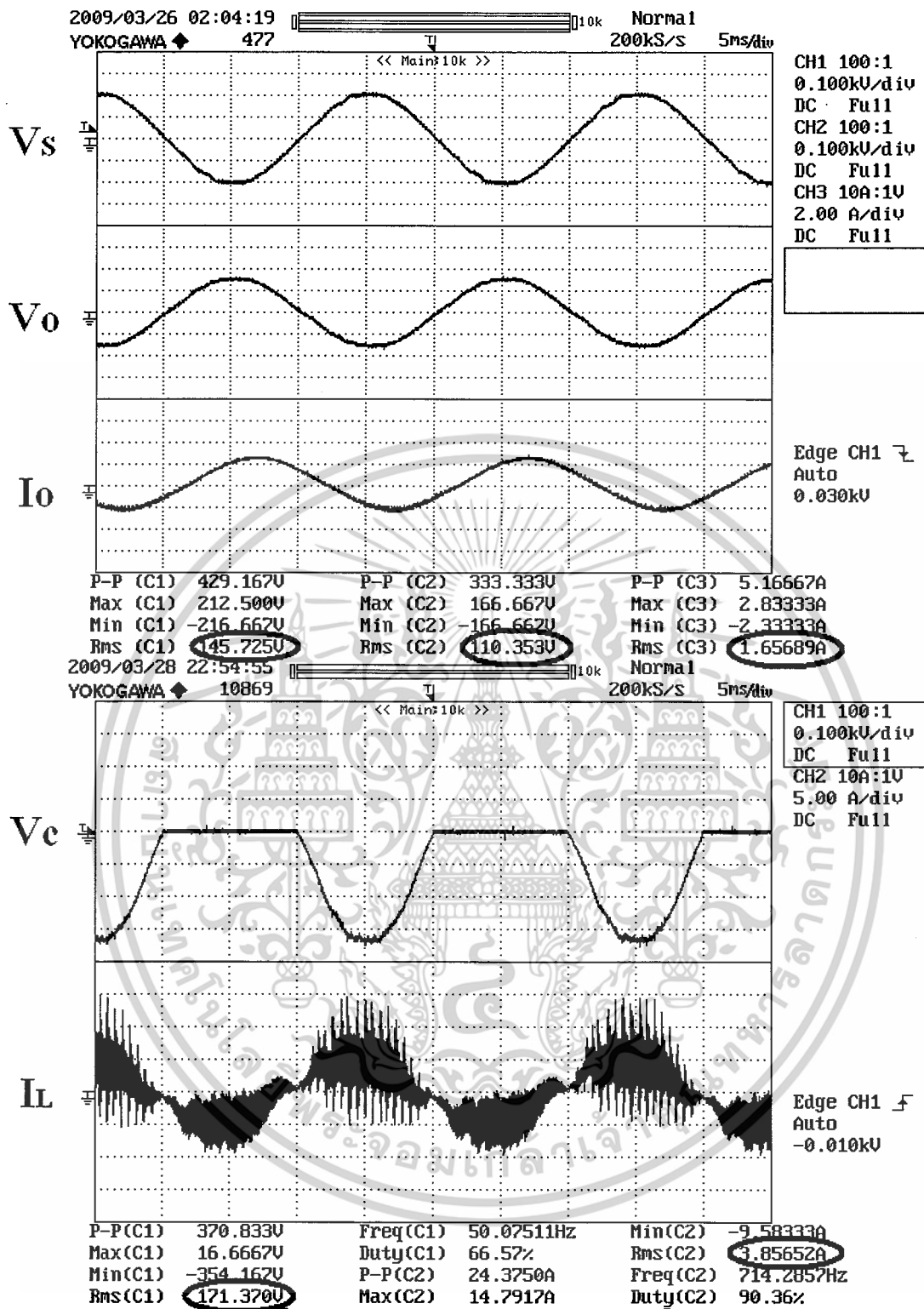
โดยที่การทดลองนี้ โหลดที่ใช้เป็นตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งโหลดที่ใช้เป็นโหลดหลอดไฟและตัวเหนี่ยวนำต่ออนุกรมกัน ซึ่งโหลดหลอดไฟที่ใช้มีค่าเท่ากับ 1,000 W และตัวเหนี่ยวนำที่ใช้มีค่าเท่ากับ 0.5 mH เมื่อต้องการแปลงแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้า

เมื่อต้องการแปลงแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้า ให้ค่าแรงดันไฟฟ้าด้านขาออกมีขนาดลดลง แสดงในรูปที่ 4.25 แสดงผลการตอบสนองเมื่อมีสถานะเป็นบัก

เมื่อต้องการรักษาแรงดันไฟฟ้าด้านขาเข้าให้มีค่าเท่ากับค่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาออก แสดงในรูปที่ 4.26 แสดงผลการตอบสนองเมื่อมีสถานะที่ไม่เป็นทั้งบักและบูสต์

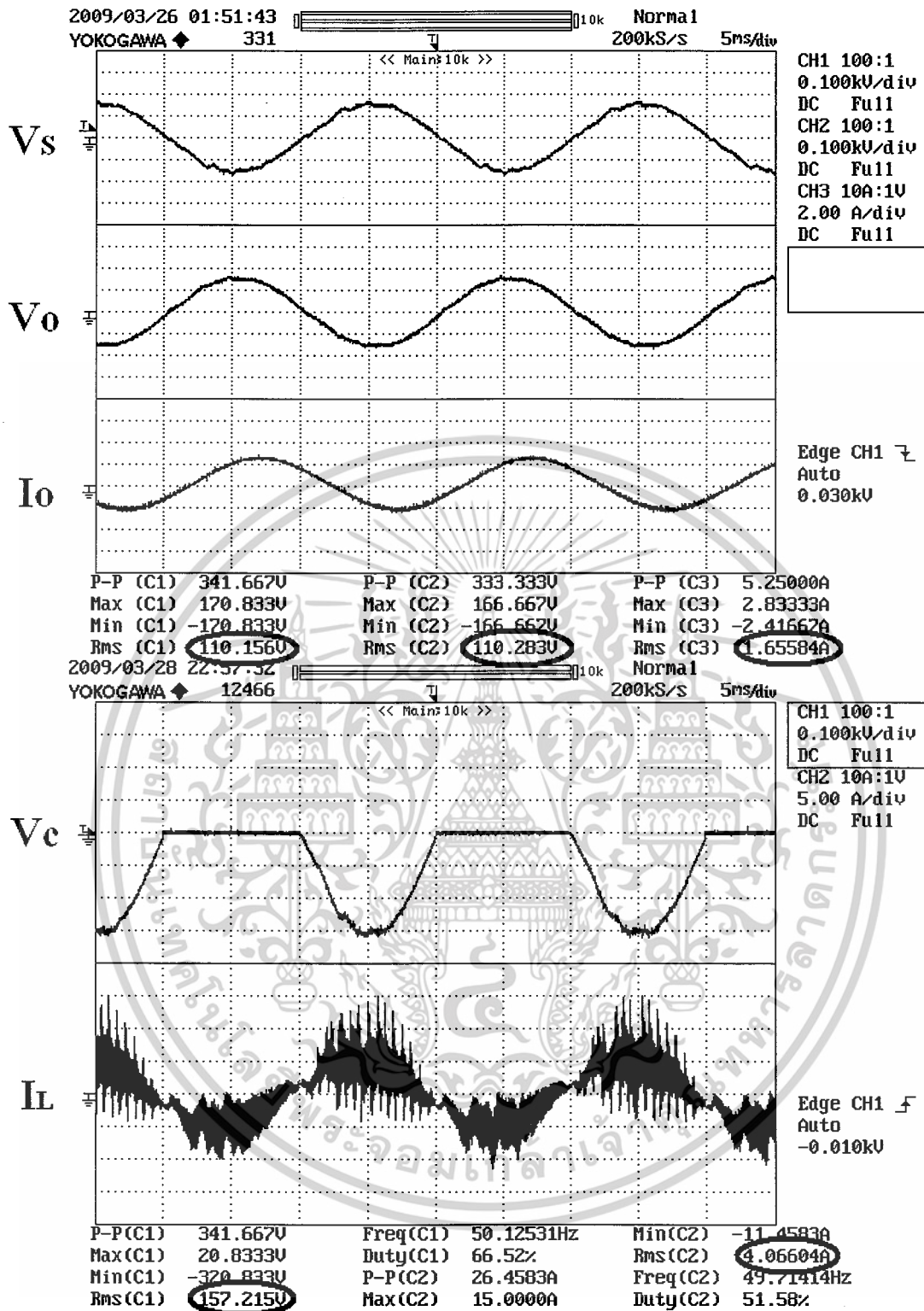
เมื่อต้องการแปลงแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้า ให้ค่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาออกมีค่าขนาดเพิ่มขึ้น แสดงในรูปที่ 4.27 แสดงผลการตอบสนองเมื่อมีสถานะเป็นบูสต์





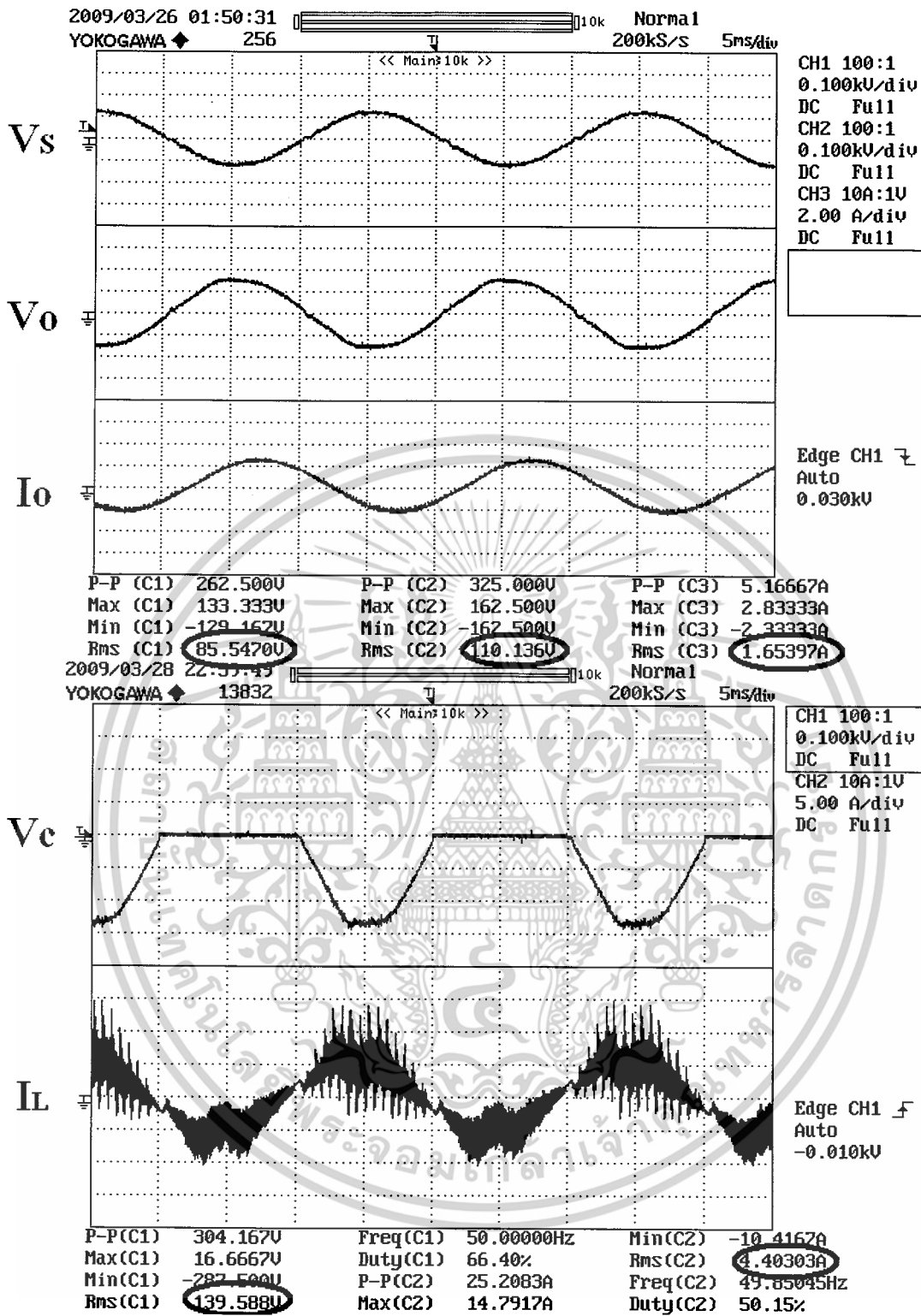
รูปที่ 4.25 แสดงผลการตอบสนองเมื่อมีสถานะเป็นบ๊ัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.26 แสดงผลการตอบสนองเมื่อมีสถานะที่ไม่เป็นทั้งบิกและไม่เป็นทั้งบูสต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.27 แสดงผลการตอบสนองเมื่อมีสถานะเป็นบัสต์

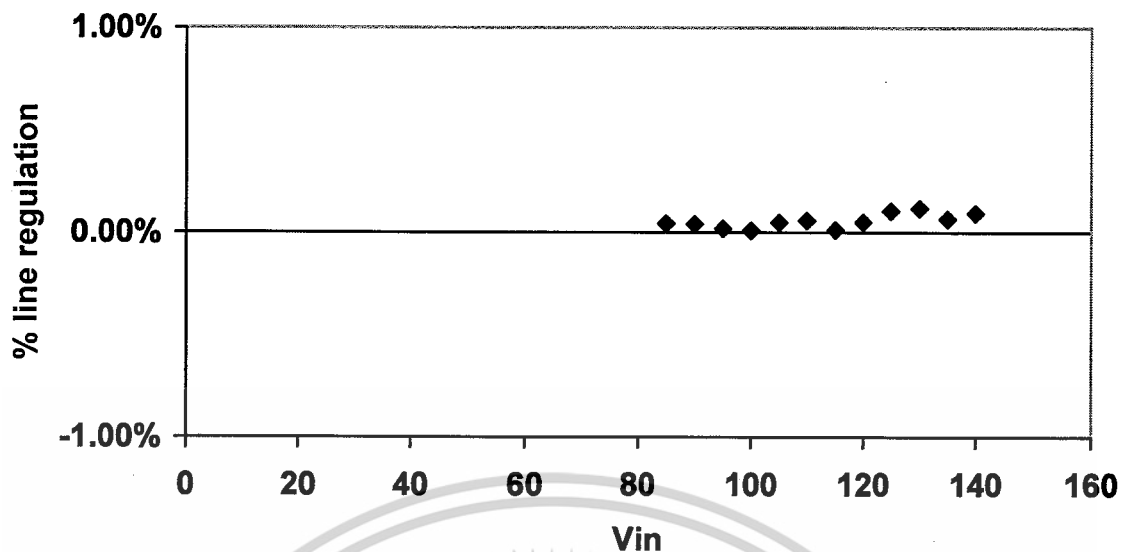
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การทดลองหาค่า line regulation และ load regulation

ทำการทดลองหาค่า line regulation โดยทำการวัดค่าแรงดันเอาต์พุตที่ต่อกับโหลด 150 W และจ่ายแรงดันอินพุตดังตารางที่ 4.4 จากนั้นนำค่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้มาทำการคำนวณหาค่า line regulation แล้วนำไปสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันอินพุตกับค่า line regulation ดังรูปที่ 4.28

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงค่าแรงดันอินพุตและแรงดันเอาต์พุต

(Vrms)	Vout(V)
85	110.049
90	110.045
95	110.021
100	110.011
105	110.054
110	110.064
115	110.014
120	110.055
125	110.116
130	110.130
135	110.072
140	110.104

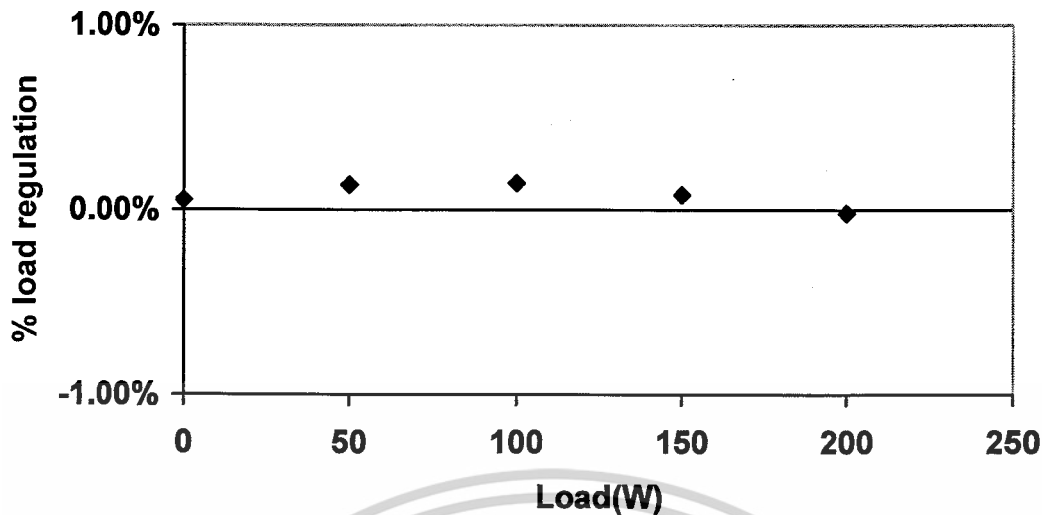


รูปที่ 4.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันอินพุต กับค่า line regulation

ทำการทดลองหาค่า load regulation โดยทำการจ่ายแรงดันอินพุตคงที่ที่ 100 วัตต์ค่าแรงดันเอาต์พุตที่ต่อกับโหลดโดยต่อโหลดมีหน่วยเป็นวัตต์ตามค่าดังตารางที่ 4.5 จากนั้นนำค่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้มาทำการคำนวณหาค่า load regulation แล้วนำไปสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าโหลด กับค่า load regulation ดังรูปที่ 4.29

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงค่าโหลดที่แรงดันอินพุต 100 v และแรงดันเอาต์พุต 110 v

Load(W)	Vout(V)
0	110.06
50	110.15
100	110.16
150	110.09
200	110.98



รูปที่ 4.29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าโหลดกับค่า load regulation

4.6 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองวงจรเอซีซี้อปเปอร์ แบบ บั๊ก – บูสต์ เฟสเดียวในช่วงการทำงานแบบต่างๆ และทดลองใช้กับโหลดที่เป็นชนิดตัวต้านทาน (R) และโหลดชนิดที่เป็นตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ (R , L) พบว่าในช่วงบั๊กและบูสต์ ของโหลดที่เป็นชนิดตัวต้านทาน (R) และโหลดชนิดที่เป็นตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ (R , L) รูปคลื่นแรงดัน และรูปคลื่นกระแสขาออกค่อนข้างจะได้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการจำลอง แต่อาจจะมีปัญหาในด้านของแรงดันตกไปตกที่โหลดตัวต้านทาน ส่วนในช่วงบูสต์ของทั้งโหลดที่เป็นชนิดตัวต้านทาน (R) และโหลดชนิดที่เป็นตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ (R , L) รูปคลื่นแรงดันและรูปคลื่นกระแสขาออก ค่อนข้างจะมีความผิดเพี้ยนไปจากรูปคลื่นไซน์ เล็กน้อย เมื่อทดลองหาค่า line regulation และ load regulation พบว่าที่ค่าความผิดพลาดน้อยมาก

บทที่ 5

บทสรุปและเสนอแนวทางที่จะดำเนินการ

5.1 สรุปผลการวิจัย

วงจรเอซีซีออปเปอร์แบบบีก – บูสต์เฟสเดียวแบบไม่มีการป้อนกลับ สามารถเพิ่มหรือลดขนาดของแรงดันไฟฟ้าได้ รักษาแรงดันไฟฟ้าให้มีขนาดตามที่เรากำลังต้องการได้ และหาค่าของผลการตอบสนองในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทาน (R) และผลของการตอบสนองในกรณีที่โหลดเป็นทั้งตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ (R, L) โดยที่ขนาดพิกัดกำลังไฟฟ้าของวงจรเอซีซีออปเปอร์มีขนาดอยู่ที่ 1,000 W

จากที่ได้ทำการทดลองวงจรเอซีซีออปเปอร์แบบบีก – บูสต์เฟสเดียว ในช่วงการทำงานต่างๆ และทดลองใช้กับโหลดที่เป็นตัวต้านทาน (R) และที่เป็นตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ (R, L) พบว่าในช่วงบีก, บีก – บูสต์ ของทั้งโหลดที่เป็นตัวต้านทาน (R) และที่เป็นตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ (R, L) รูปคลื่นแรงดันและรูปคลื่นของกระแสด้านขาออกค่อนข้างจะใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการจำลอง แต่อาจจะมีปัญหาคือในด้านแรงดันตกไปตกที่โหลดตัวต้านทาน ในส่วนของช่วงบูสต์ของตัวทั้งโหลดที่เป็นตัวต้านทาน (R) และที่เป็นตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ (R, L) รูปคลื่นแรงดันและรูปคลื่นของกระแสด้านขาออก ค่อนข้างจะมีค่าผิดเพี้ยนไปจากรูปคลื่นไซน์เล็กน้อย

ส่วนเมื่อทำการทดลองการควบคุมวงจรเอซีซีออปเปอร์แบบบีก – บูสต์เฟสเดียว โดยใช้วิธีป้อนกลับด้วยค่าแรงดันเฉลี่ย และทดลองใช้กับโหลดที่เป็นตัวต้านทาน (R) และที่เป็นตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ (R, L) พบว่า ทั้งช่วง บีก, บีก – บูสต์ และบูสต์ รูปคลื่นแรงดันและรูปคลื่นกระแสขาออกค่อนข้างจะเป็นไปตามผลที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม PSCAD แต่ยังมีปัญหาคือ เกิดการกระเพื่อมของสัญญาณหรือ spike ตามบริเวณของยอดคลื่น ซึ่งจะแก้ปัญหานี้ได้โดยการใส่ตัวต้านทาน (R) เข้าไปที่ส่วนของ Input และส่วนของ Output เพื่อทำการกรองสัญญาณทั้งขาเข้า และขาออก จะทำให้เกิดการกระเพื่อมของสัญญาณที่น้อยลงและสัญญาณที่ได้มีความเรียบมากขึ้น สามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้เป็นเครื่องรักษาแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ หรือเครื่องสร้างแรงดันไฟตก และแหล่งจ่ายไฟแบบปรับเปลี่ยนค่าได้ เป็นต้น

นอกจากนี้ วงจรเอซีซีออปเปอร์แบบบีก – บูสต์เฟสเดียวสามารถที่จะทำควบคุมได้อีกวิธีหนึ่งคือการป้อนกลับด้วยค่าแรงดันชั่วขณะ ซึ่งจะทำให้ผลของการตอบสนองมีความรวดเร็วและแม่นยำมากยิ่งขึ้น สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นเครื่องรักษาแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ หรือเครื่องสร้างแรงดันไฟตก และแหล่งจ่ายไฟแบบปรับเปลี่ยนค่าได้ เป็นต้น ซึ่งจะมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้เครื่องรักษาแรงดันมีประสิทธิภาพมากที่สุดนั้น นอกจากวิธีการควบคุมโดยการป้อนกลับด้วยค่าแรงดันเฉลี่ยแล้วอาจจะทำการควบคุมโดยใช้วิธีการป้อนกลับด้วยค่าแรงดันชั่วขณะ ซึ่งจะให้มีประสิทธิภาพมากกว่าการควบคุมโดยวิธีป้อนกลับโดยใช้ค่าแรงดันเฉลี่ย ซึ่งจะให้ผลการตอบสนองที่รวดเร็วและมีความแม่นยำเที่ยงตรง และติดตั้งวงจรกรองสัญญาณในวงจรให้เพียงพอเพื่อที่จะทำให้สัญญาณที่ได้มีความเรียบและมีความสมบูรณ์มากที่สุด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] Jong – Hyun Kim, Byung – Duk Min, Bong – Hwan Kwon and Sang – Chul Won,
“ A PWM Buck – Boost AC Chopper “ IEEE Transaction on industrial
Electronics, Vol.45, No.5 October 1998
- [2] B.D. Min and B.H. Kwon, “Novel PWM line conditioner with fast output voltage
Control”
- [3] N.H.M. Hofmeester, P. P. J. van den Bosch, and J. B. Klaassens
“ Modeling and control of an ac/ac boost – buck converter ” in Powerelectronics
and Application, 1993 Vol.7, No.377
- [4] เอกวัฒน์ สุขประจันทร์ “ การควบคุมแรงดันชั่วขณะของเอชซีซีบเปอร์เฟสเดียว ”
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2549

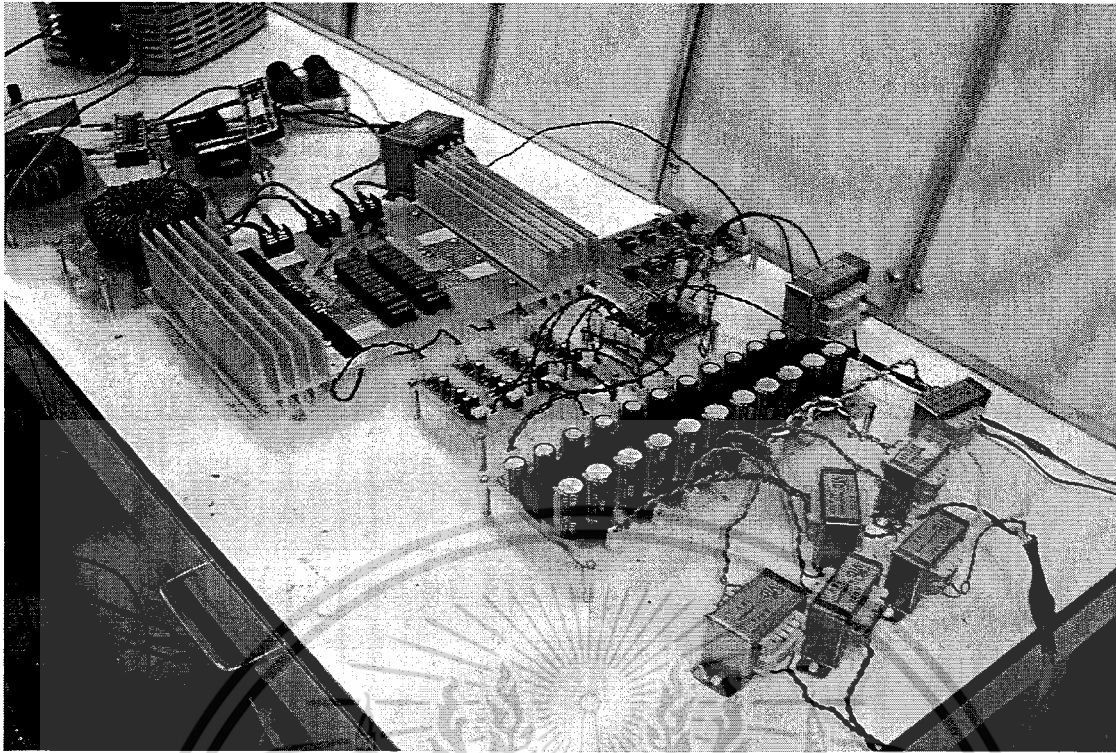




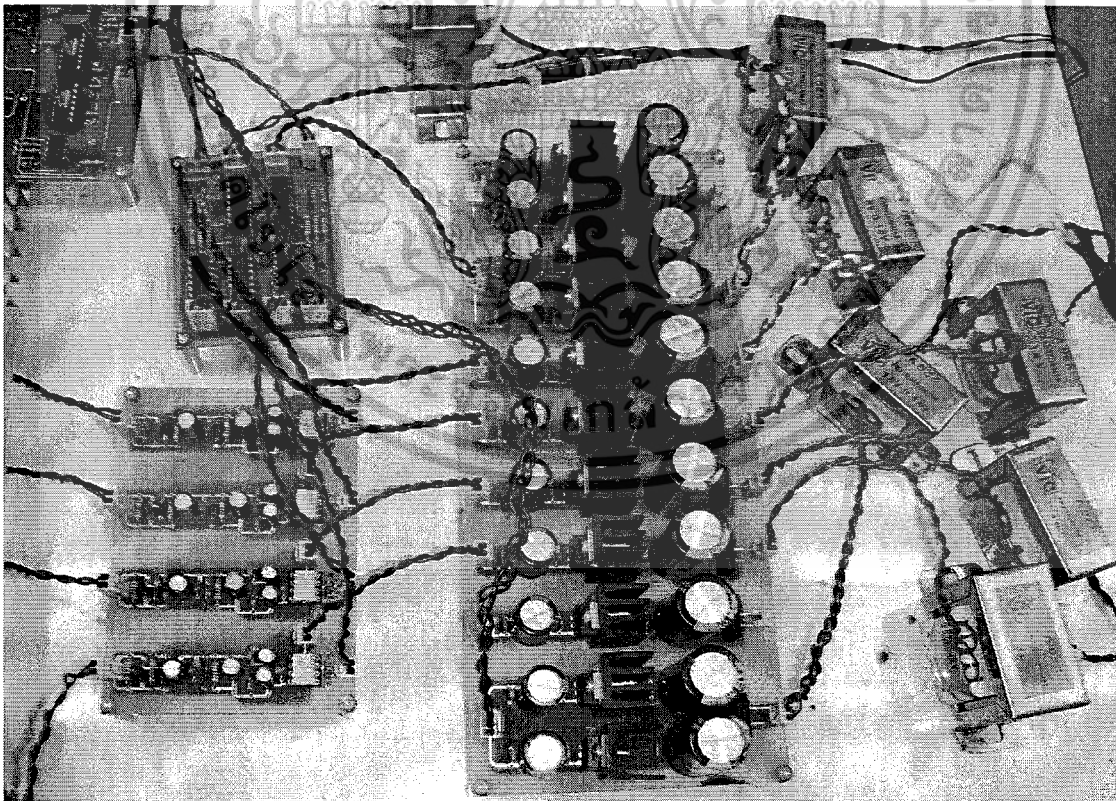
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

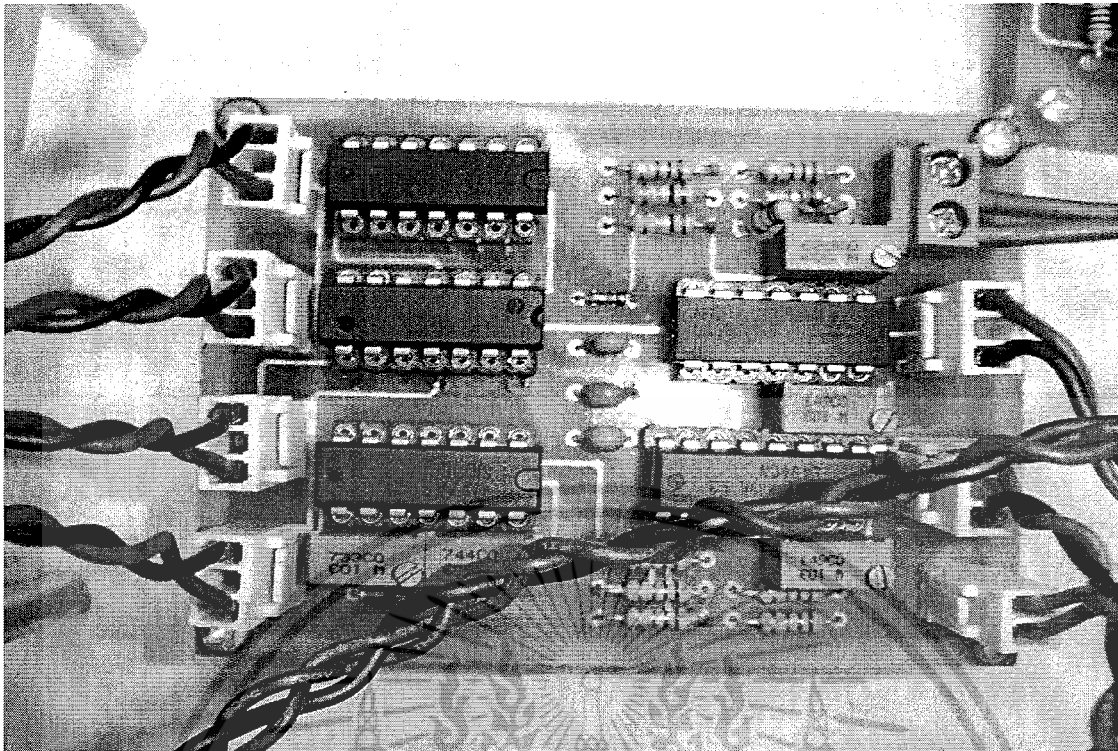


รูปที่ 1 แสดงระบบโดยรวมของวงจรเอชซีซีอปเปอร์แบบบัก-บูสต์ เฟสเดียว

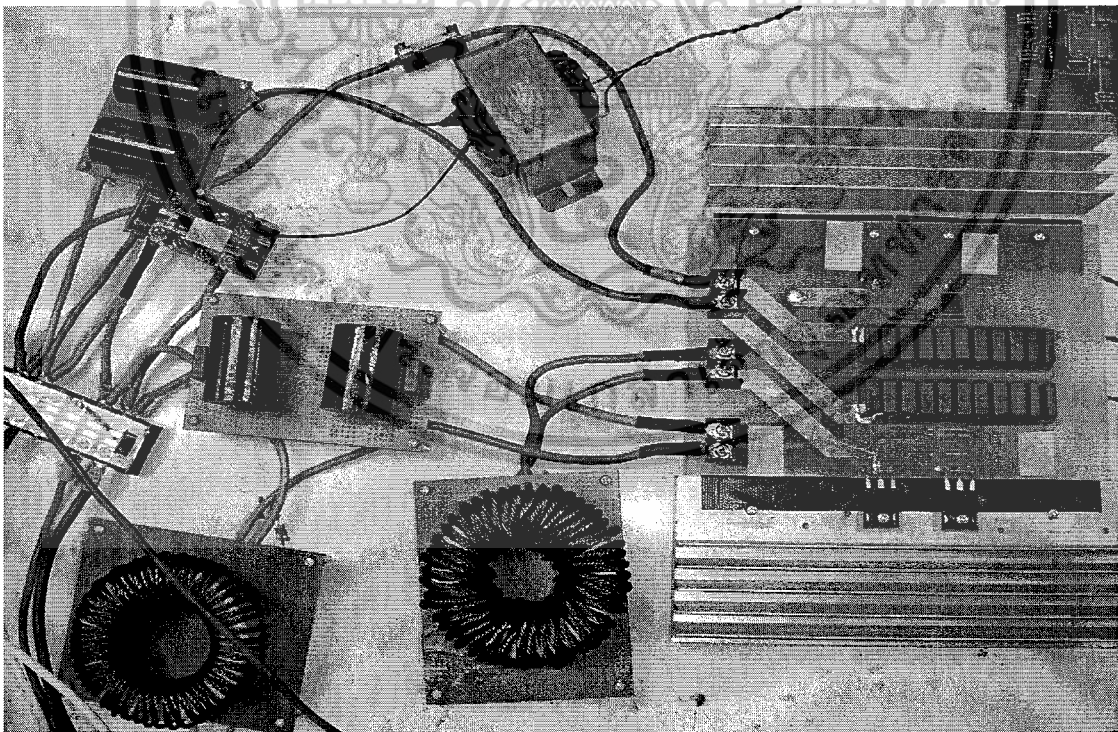


รูปที่ 2 แสดงชุดวงจรขับสวิตช์ IGBT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

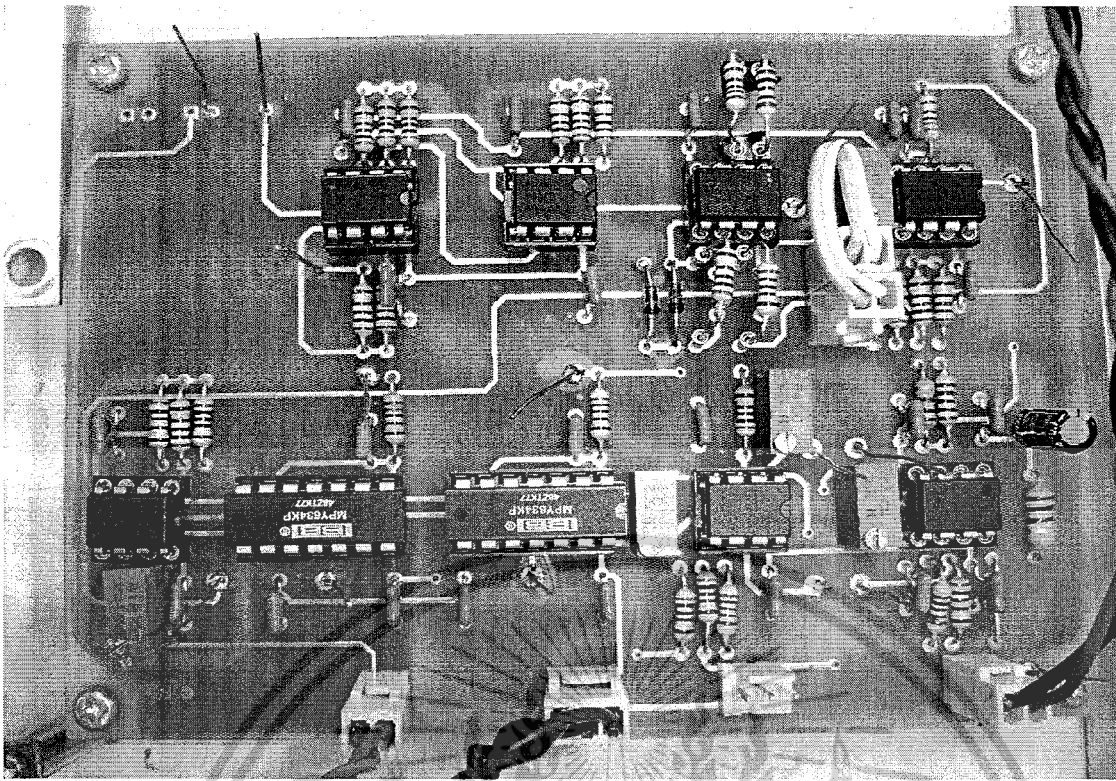


รูปที่ 3 แสดงชุดวงจรควบคุมสวิตช์ IGBT

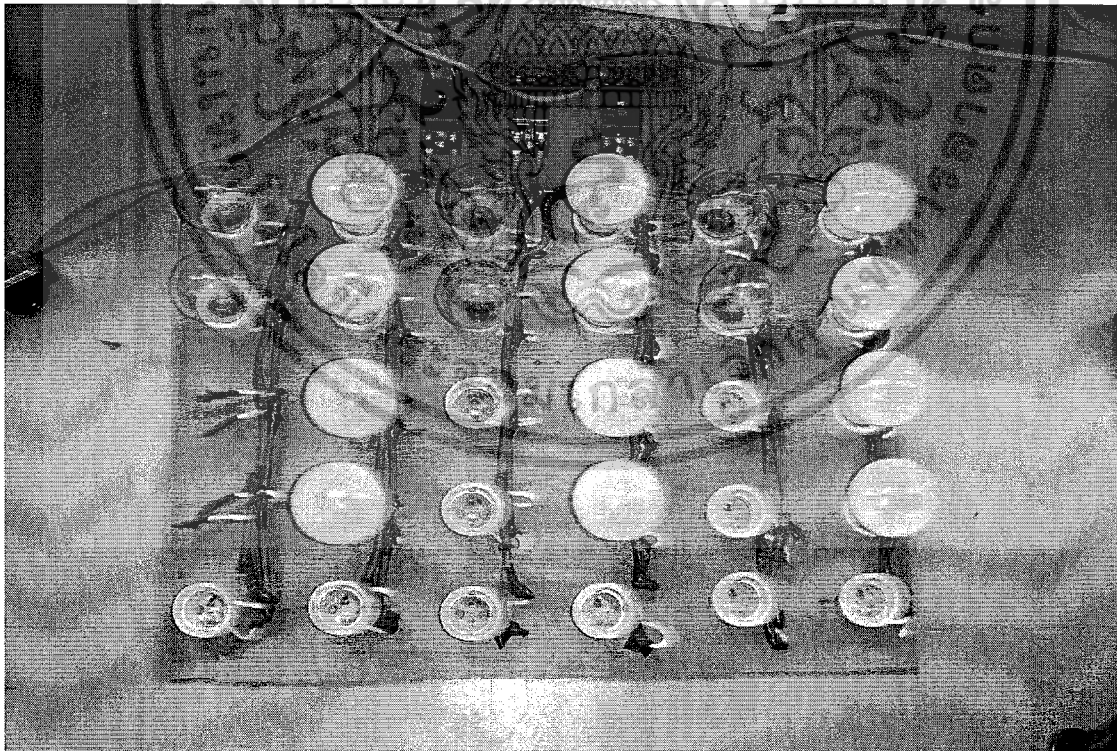


รูปที่ 4 แสดงชุดวงจรกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



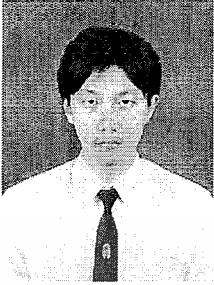
รูปที่ 5 แสดงวงจรการควบคุมแรงดันโดยมีการป้อนกลับแบบใช้ค่าเฉลี่ย
(PI Control)



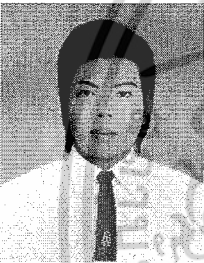
รูปที่ 6 แสดงชุดโหนดที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



นาย ปิตินนท์ พลอาสา
เกิดวันที่ 2 พฤศจิกายน พ.ศ. 2529 ที่จังหวัด กำแพงเพชร
ที่อยู่ปัจจุบัน 83 หมู่ 2 ต.อ่าทอง อ.เมือง จ.กำแพงเพชร 62000
สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนกำแพงเพชรพิทยาคม
ปีการศึกษา 2548



นาย ปุณณวัชร ทองดี
เกิดวันที่ 11 พฤศจิกายน พ.ศ. 2529 ที่จังหวัด กระบี่
ที่อยู่ปัจจุบัน 50/261 หมู่ 14 ต.บางแก้ว อ.บางพลี จ.
สมุทรปราการ 10540
สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนราชวินิตบางแก้ว
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้