

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

วงจรเอชซีซีโอปเปอร์แบบบั๊ก – บูสต์เฟสเดียว
SINGLE – PHASE BUCK - BOOST AC CHOPPER



โดย

นาย ภาคภูมิ เทียนพัฒนะกุล

นาย ภาณุมาศ จำปาเงิน

นาย ภาณุมาศ อยู่สินธุ์

๒๗.
๓๑๑๔๖
๒๕๕๐

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....

82946

29 08 2551

b. 11956811
i.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา ๒๕๕๐

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2550

วงจรเอชซีซีโอปเปอร์แบบบั๊ก – บูสต์เฟสเดียว
SINGLE - PHASE BUCK - BOOST AC CHOPPER



อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. สมภพ ผลไม้

ผศ.ดร. สุวัฒน์ กิตติรัตน์สัจจา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2550

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง วจรเอชซีซีอปเปอร์แบบเฟสเดียว

ผู้จัดทำ

1. นาย ภาคภูมิ เทียนพัฒนกุล
2. นาย ภาณุมาศ จำปาเงิน
3. นาย ภาณุมาศ อยู่สินธุ์



.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร. สมภาพ ผลไม้)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวัฒน์ กิตติรัตน์สัจจา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SINGLE - PHASE BUCK – BOOST AC CHOPPER

Parkpoom Thainpattanakul

Panumas Jumpagern

Panumas Yoosin

Asst. Prof. Dr. Supat Kittiratsatcha Supervisor

Dr. Sompob Polmai Supervisor

2007

ABSTRACT

This thesis presents a single-phase buck-boost ac chopper. 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 input 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดีด้วยคำแนะนำ และคำปรึกษาจากอาจารย์ ดร. สมภพ ผลไม้ และผศ.ดร. สุวัฒน์ กิตติรัตน์สัจจา ซึ่งเป็นโครงการผู้ควบคุมปริญญา นิพนธ์ ตลอดจนอาจารย์ในภาควิชาทุกท่านที่ช่วยประสิทธิ์ประสาทให้กับผู้จัดทำ ผู้จัดทำรู้สึก ซาบซึ้งในคุณความกรุณาในครั้งนี้ จึงขอกราบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณพี่เอกวัฒน์ สุขประจันทร์ พี่ท่านอื่นๆ เพื่อน น้องในห้อง Power Applications and Energy Conversion Research Laboratory (Pearl Lab) ทุกคนที่ให้ คำแนะนำต่างๆ และให้กำลังใจเสมอมา

คุณประโยชน์อันพึงมีมาจากปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบให้กับบุพการีทุกท่าน สุดท่ายนี้ทางผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา บุพการี และกำลังใจจาก ครอบครัวที่ให้การสนับสนุน ทำให้ข้าพเจ้าสามารถสำเร็จการเรียนในระดับปริญญาตรีลุล่วงไป ด้วยอย่างดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	I
ABSTRACT.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญภาพ.....	
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ.....	2
1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงการ.....	2
1.5 แผนการดำเนินโครงการ.....	3
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	3
1.7 การจัดโครงสร้างของเนื้อหาภายในปฏิญานิพนธ์.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 บทนำ.....	5
2.2 วงจรเอซีช้อปเปอร์แบบบีก-บูสต์เฟสเดียว.....	6
2.3 สมการที่ใช้คำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ.....	7
2.4 การทำงานของวงจรเอซีช้อปเปอร์แบบบีก-บูสต์เฟสเดียว.....	9
2.4.1 โหมดชาร์จ (Charging Mode).....	10
2.4.2 โหมด Bypass (Bypass Mode).....	12
2.4.3 โหมดดิสชาร์จ (Discharging Mode).....	15
บทที่ 3 การจำลองระบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	18
3.1 บทนำ.....	18
3.2 การจำลองการควบคุมแรงดันของวงจรเอซีช้อปเปอร์แบบบีก-บูสต์เฟสเดียว.....	18
3.2.1 วงจรกำลัง.....	18
3.2.2 วงจร Control.....	20
3.2.2.1 วงจรสร้างสัญญาณ PWM.....	20
3.2.2.2 วงจรตรวจจับจุดผ่านศูนย์ (zero crossing).....	20
3.2.2.3 วงจรประวิงเวลา (deadtime).....	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.3	วงจรรวมสัญญาณ.....	22
3.2.4	วงจรขับนำ.....	23
3.2.5	วงจรการควบคุมแรงดันเอซีช็อบเปอร์แบบบีก-บูสต์เฟสเดียวแบบไม่มีการ ป้อนกลับ.....	23
3.2.5.1	ผลการตอบสนอง.....	24
3.2.5.2	ผลการตอบสนองในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทาน.....	28
3.2.5.3	ผลการตอบสนองในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ.....	31
3.3	สรุปผลการจำลองระบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	34
บทที่ 4	ออกแบบการทดลองและผลการทดลอง.....	35
4.1	บทนำ.....	35
4.2	การทดลองวงจรเอซีช็อบเปอร์.....	35
4.2.1	วงจร Control.....	36
4.2.1.1	วงจรสร้างสัญญาณ PWM.....	36
4.2.1.2	วงจรตรวจจับจุดผ่านศูนย์ (zero crossing).....	37
4.2.1.3	วงจรประวิงเวลา (deadtime).....	38
4.2.1.4	วงจรรวมสัญญาณ.....	39
4.2.1.5	วงจรขับนำ.....	40
4.2.2	วงจรกำลัง.....	41
4.3	การทดลองการควบคุมแรงดันเอซีช็อบเปอร์แบบไม่มีการป้อนกลับ.....	42
4.3.1	ผลการตอบสนองในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทาน.....	43
4.3.2	ผลการตอบสนองในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ.....	44
4.4	วิจารณ์ผลการทดลอง.....	46
บทที่ 5	บทสรุปและเสนอแนวทางที่จะดำเนินการ.....	47
5.1	สรุปผลการวิจัย.....	47
5.2	ข้อเสนอแนะ.....	48
บรรณานุกรม.....		49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก.....	50
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบที่ใช้ในการทดลอง.....	51
ภาคผนวก ข ผลงานวิจัยที่ใช้ในการอ้างอิง.....	54
ภาคผนวก ค ค่า THD_v ในขณะทำงาน.....	59
ค่า THD_v ในขณะทำงานเมื่อโหลดเป็นตัวต้านทาน (R) สถานะที่เป็นบ๊ิก ค่า duty ratio = 0.478.....	60
ค่า THD_v ในขณะทำงานเมื่อโหลดเป็นตัวต้านทาน (R) สถานะที่ไม่เป็นทั้งบ๊ิกและบูสต์ ค่า duty ratio = 0.5.....	61
ค่า THD_v ในขณะทำงานเมื่อโหลดเป็นตัวต้านทาน (R) สถานะที่เป็นบูสต์ ค่า duty ratio = 0.588.....	62
ค่า THD_v ในขณะทำงาน เมื่อโหลดเป็นตัวต้านทาน (R) กับตัวเหนี่ยวนำ (L) สถานะที่เป็นบ๊ิก ค่า duty ratio = 0.478.....	63
ค่า THD_v ในขณะทำงาน เมื่อโหลดเป็นตัวต้านทาน (R) กับตัวเหนี่ยวนำ (L) สถานะที่ไม่เป็นทั้งบ๊ิกและบูสต์ ค่า duty ratio = 0.5.....	64
ค่า THD_v ในขณะทำงาน เมื่อโหลดเป็นตัวต้านทาน (R) กับตัวเหนี่ยวนำ (L) สถานะที่เป็นบูสต์ ค่า duty ratio = 0.588.....	65
ประวัติผู้เขียน.....	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 วงจรตีชี่บักบูสต์คอนเวอร์เตอร์.....	5
2.2 วงจรเอชี่ช้อปเปอร์แบบบัก-บูสต์เฟสเดียวที่ใช้ในงานวิจัย.....	6
2.3 รูปบล็อกไดอะแกรมของการสร้างสัญญาณขับเกท.....	6
2.4 รูปคลื่นสัญญาณขับเกทด้วยสวิทช์ IGBT และสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ถูกสับ.....	7
2.5 วงจรสมมูลในสภาวะคงตัว.....	8
2.6 รูปคลื่นของเอชี่ช้อปเปอร์ที่โหมดการทำงานต่างๆ.....	10
2.7 รูปคลื่นการทำงานของโหมดชาร์จ.....	11
2.8 โหมดชาร์จ เมื่อ v_i เป็นบวก และ $i_L > 0$	11
2.9 โหมดชาร์จ เมื่อ v_i เป็นลบ และ $i_L < 0$	12
2.10 รูปคลื่นการทำงานของโหมด Bypass.....	12
2.11 โหมด Bypass เมื่อ v_i เป็นบวก กระแส $i_L > 0$	13
2.12 โหมด Bypass เมื่อ v_i เป็นบวก กระแส $i_L < 0$	13
2.13 โหมด Bypass เมื่อ v_i เป็นลบ กระแส $i_L > 0$	14
2.14 โหมด Bypass เมื่อ v_i เป็นลบ กระแส $i_L < 0$	14
2.15 รูปคลื่นการทำงานของโหมดดิสชาร์จ.....	15
2.16 โหมดดิสชาร์จเมื่อ v_i เป็นบวก และ $i_L > 0$	15
2.17 โหมดดิสชาร์จ เมื่อ v_i เป็นบวก และ $i_L < 0$	16
2.18 โหมดดิสชาร์จ เมื่อ v_i เป็นลบ และ $i_L > 0$	16
2.19 โหมดดิสชาร์จ เมื่อ v_i เป็นลบ และ $i_L < 0$	17
3.1 วงจร Buck – Boost Converter.....	19
3.2 วงจรกำลังของวงจร เอชี่ช้อปเปอร์แบบบัก-บูสต์เฟสเดียวที่ใช้ในการจำลอง.....	19
3.3 วงจรการสร้างสัญญาณ PWM ที่ใช้ในการจำลอง.....	20
3.4 รูปคลื่นของสัญญาณ PWM ที่ได้จากการจำลอง.....	20
3.5 วงจรตรวจจับจุดผ่านศูนย์ที่ใช้ในการจำลอง.....	21
3.6 รูปคลื่นสัญญาณตรวจจับจุดผ่านศูนย์ที่ได้จากการจำลอง.....	21
3.7 วงจรประวิงเวลาที่ใช้ในการจำลอง.....	21
3.8 รูปคลื่นของวงจรประวิงเวลาที่ได้จากการจำลอง.....	22
3.9 วงจรรวมสัญญาณที่ใช้ในการจำลอง.....	22
3.10 รูปคลื่นสัญญาณของวงจรรวมสัญญาณที่ได้จากการจำลอง.....	23
3.11 วงจรสร้างสัญญาณในการทดลองแบบไม่มีการป้อนกลับ.....	24
3.12 รูปคลื่นแรงดัน V_o , V_s , V_{o1} และรูปคลื่นกระแส i_L, i_o ที่ duty ratio = 0.4.....	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ในวงการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.13 รูปคลื่นแรงดัน V_o , V_s , V_{o1} และรูปคลื่นกระแส i_L , i_o ที่ duty ratio = 0.5.....	26
3.14 รูปคลื่นแรงดัน V_o , V_s , V_{o1} และรูปคลื่นกระแส i_L , i_o ที่ duty ratio = 0.7.....	27
3.15 ผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.478 สถานะที่เป็นบ๊ัก.....	28
3.16 ผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.5 สถานะที่ไม่เป็นทั้งบ๊ักและบูสต์.....	29
3.17 ผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.588 สถานะที่เป็นบูสต์.....	30
3.18 ผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.478 สถานะที่เป็นบ๊ัก.....	31
3.19 ผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.5 สถานะที่ไม่เป็นทั้งบ๊ักและบูสต์.....	32
3.20 ผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.588 สถานะที่เป็นบูสต์.....	33
3.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันขาออกกับค่าของ duty ratio ซึ่งเป็นการ เปรียบเทียบระหว่างค่าทางทฤษฎีและค่าที่ได้จากการจำลอง.....	34
4.1 วงจรเอชซีซีอปเปอร์แบบบ๊ัก-บูสต์เฟสเดียวที่ใช้ในการทดลอง.....	36
4.2 วงจรสร้างสัญญาณ PWM ที่ใช้ในการทดลอง.....	36
4.3 คลื่นของสัญญาณ PWM ที่ได้จากการทดลอง.....	37
4.4 วงจรตรวจจับจุดผ่านศูนย์ที่ใช้ในการทดลอง.....	37
4.5 คลื่นสัญญาณตรวจจับจุดผ่านศูนย์ที่ได้จากการทดลอง.....	38
4.6 วงจรประวิงเวลาที่ใช้ในการทดลอง.....	38
4.7 คลื่นของวงจรประวิงเวลาที่ได้จากการทดลอง.....	39
4.8 วงจรรวมสัญญาณที่ใช้ในการทดลอง.....	39
4.9 คลื่นสัญญาณของวงจรรวมสัญญาณที่ได้จากการทดลอง.....	40
4.10 วงจรขับนำที่ใช้ในการทดลอง.....	40
4.11 คลื่นสัญญาณ input และ output ของวงจรขับนำที่ได้จากการทดลอง.....	41
4.12 วงจรกำลังของเอชซีซีอปเปอร์แบบบ๊ัก-บูสต์เฟสเดียวที่ใช้ในการทดลอง.....	41
4.13 วงจรสร้างสัญญาณในการทดลองแบบไม่มีการป้อนกลับ.....	42
4.14 ผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.478 สถานะที่เป็นบ๊ัก.....	43
4.15 ผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.5 สถานะที่ไม่เป็นทั้งบ๊ักและบูสต์.....	44
4.16 ผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.588 สถานะที่เป็นบูสต์.....	44
4.17 ผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.478 สถานะที่เป็นบ๊ัก.....	45
4.18 ผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.5 สถานะที่ไม่เป็นทั้งบ๊ักและบูสต์.....	45
4.19 ผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.588 สถานะที่เป็นบูสต์.....	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

วงจรเอซีช็อบเปอร์แบบบีก-บูสต์เฟสเดียวได้ถูกนำมาใช้ในการปรับแรงดันไฟฟ้าเอซีเพื่อแทนที่วงจรแบบควบคุมเฟสโดยไทรสเตอร์ เนื่องจากมีข้อดีคือ

1. ในด้านของรูปคลื่นแรงดันขาออกของเอซีช็อบเปอร์จะให้รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าเป็นไซน์
2. เนื่องจากเอซีช็อบเปอร์ เป็นการตัดรูปคลื่นไซน์ด้วยความถี่สูง จึงใช้วงจรกรองด้านขาออกที่มีขนาดเล็ก

3.คุณภาพของกระแสด้านขาเข้าของวงจรดีกว่า มีความเพี้ยนทางฮาร์มอนิกส์ที่ต่ำกว่า วงจรแบบเฟสคอนโทรล เนื่องจากในเฟสคอนโทรล ฮาร์มอนิกส์ของกระแสจะเปลี่ยนไปตามมุมเฟสของการควบคุม แต่สำหรับเอซีช็อบเปอร์ ฮาร์มอนิกส์ของกระแสไม่ขึ้นกับ duty ratio

และสามารถนำไปใช้ได้อย่างกว้างขวางในระบบโรงงานอุตสาหกรรม ยกตัวอย่างเช่น การควบคุมระบบแสงสว่าง , ใช้เป็นวงจร soft start ในมอเตอร์ , ใช้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ หรือว่าปั๊ม หรือเกี่ยวกับระบบการให้ความร้อนในอุตสาหกรรม

แต่ส่วนใหญ่แล้วการควบคุมแรงดันแบบเฟสคอนโทรลเพื่อที่จะควบคุมแรงดันขาออกมักจะมีปัญหา นั่นก็คือแรงดันขาออกจะมีค่า power factor ที่ต่ำ และมีฮาร์มอนิกส์ที่ความถี่ต่ำของกระแสด้านขาเข้า ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาวงจรเอซีช็อบเปอร์เพื่อแก้ไขปัญหาเหล่านี้ โดยใช้หลักการของ PWM เข้ามาช่วย อย่างไรก็ตามวงจรเอซีช็อบเปอร์ยังต้องการ bidirectional switches และต้องคำนึงถึงการสับเปลี่ยนของสวิตช์ เนื่องจากแรงดัน spikes ฉะนั้นจึงถูกประยุกต์ให้ใช้ได้กับกำลังที่ไม่สูงมากนัก

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อให้เข้าใจถึงหลักการทำงานของวงจรเอซีช็อบเปอร์แบบบีก-บูสต์เฟสเดียว

1.2.2 เพื่อให้เข้าใจถึงหลักการทำงานของวงจรเอซีช็อบเปอร์แบบบีก-บูสต์เฟสเดียวโดยใช้หลักการ PWM

1.2.3 เพื่อให้เข้าใจถึงหลักการทำงานและผลกระทบเนื่องจากการมีโหลดเป็นตัวต้านทานของวงจรเอซีช็อบเปอร์แบบบีก-บูสต์เฟสเดียว

1.2.4 เพื่อให้เข้าใจถึงหลักการทำงานและผลกระทบเนื่องจากการมีโหลดเป็นตัวต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำของวงจรเอซีช็อบเปอร์แบบบีก-บูสต์เฟสเดียว

1.2.5 เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการนำวงจรเอซีช็อบเปอร์แบบบีก-บูสต์เฟสเดียวมาพัฒนาหรือนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไป

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ

ปฏิญานิพนธ์นี้มีขอบเขตของปฏิญานิพนธ์คือ ทำการจำลองและทำการทดลองวงจรเอชซีซีอปเปอร์แบบบีก-บัสต์เฟสเดียวไม่มีการป้อนกลับได้ โดยที่สามารถเพิ่มหรือลดขนาดแรงดันไฟฟ้าได้ รักษาแรงดันไฟฟ้าให้มีขนาดที่เราต้องการได้ เพื่อหาค่าผลของการตอบสนองในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทาน (R) และผลการตอบสนองในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ (R , L) โดยที่พิกัดกำลังไฟฟ้าของวงจรเอชซีซีอปเปอร์อยู่ที่ 1,000 W.

1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงการ

1) ช่วงแรก เริ่มศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงการที่เราทำ คือศึกษาเกี่ยวกับวงจรเอชซีซีอปเปอร์แบบบีก-บัสต์เฟสเดียว โดยศึกษาจากหนังสือ บทความและวิทยานิพนธ์ที่เกี่ยวข้องกับเอชซีซีอปเปอร์

2) ถึงแม้ว่าโครงการของเราจะเป็นชิ้นงาน (Hardware) แต่ก็จำเป็นต้องทำการจำลองในคอมพิวเตอร์ เพื่อตรวจสอบค่าแต่ละอย่างตามที่เราศึกษาและคำนวณในหน้ากระดาษ เราขอเรียกการทำงานในส่วนนี้ว่า Software คือจะมีขั้นตอน ดังนี้

- คิดคำนวณหาค่า parameter ต่างๆ ภายในวงจร เช่น ค่า C , R , L เป็นต้น
- ทำการจำลองวงจรต่างๆ ลงในโปรแกรม PSCAD (Student Version) จากนั้นให้โปรแกรมประมวลผลให้ได้ผลตามที่ต้องการ
- เมื่อได้ผลตามที่ต้องการและเหมาะสมแล้ว ก็จะเป็นการทำในส่วนของ Hardware ต่อไป

3) ลำดับวัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในโครงการเพื่อทำในส่วนของ Hardware โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ

- อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชุดทดลองขึ้นมาก่อน คือ ทดลองต่อลงใน Photoboard แล้วจึงทำการต่อลงบนแผ่นปริ๊นอเนกประสงค์
- อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชุดต้นแบบ

4) ชื่อหาวัสดุและอุปกรณ์ที่ได้ลำดับไว้แล้ว ที่ร้านอิเล็กทรอนิกส์

5) หลังจากที่เรามีอุปกรณ์ครบตามที่ต้องการ จึงเริ่มทำการทดลองต่อวงจรต่างๆที่ใช้ในโครงการลงใน Photoboard จากนั้นทำการตรวจสอบค่าต่างๆ ที่ได้ให้ถูกต้องตามที่ต้องการแล้วจึงทำการต่อลงในแผ่นปริ๊นอเนกประสงค์

6) เมื่อชิ้นงานจำลอง (ที่ต่อลงในแผ่นปริ๊นอเนกประสงค์) เสร็จแล้ว ทำการตรวจสอบและวัดค่าที่ได้อีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) ในระหว่างที่ทำการทดลองจริง จะมีอุปสรรคค่อนข้างมาก ซึ่งทางเราได้ทำการรับมือกับการแก้ปัญหาโดยการ แบ่งหน้าที่แต่ละคนให้เป็นสัดส่วนก่อน ซึ่งแต่ละคนจะมีหน้าที่หลักที่รับผิดชอบแตกต่างกันไป เมื่อพบปัญหาจะทำการช่วยกันคิดโดยมีอาจารย์ที่ปรึกษาและรุ่นพี่เป็นผู้ให้คำชี้แนะแนวทาง

8) หลังจากแก้ปัญหาเสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็รวบรวมข้อมูลที่ได้จัดหาไว้ในระหว่างการทำงาน เพื่อไปทำเป็นปริศยานิพนธ์ต่อไป

9) สรุปผลโครงการและเสนอแนะแนวทางข้อแก้ไข ข้อเสนอแนะต่างๆ

1.5 แผนการดำเนินโครงการ

ในส่วนแรกของเทอมที่ 1 เราจะดำเนินการโดยการทำการจำลองระบบการทำงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ส่วนนี้เราจะใช้โปรแกรม PSCAD เพื่อประมวลผลออกมาก่อน ว่าได้ตามที่ต้องการหรือไม่ และอาจจะศึกษาหาวิธีการแบบใหม่เพื่อมาทดลองในการทำโครงการ เพื่อให้ได้ผลที่ดีที่สุด แล้วจะทำการต่อวงจรในส่วนของ Hard ware ซึ่งได้แก่ วงจรควบคุมจะประกอบด้วย วงจรสร้างสัญญาณ PWM วงจรตรวจจับจุดผ่านศูนย์ (zero crossing) วงจรประวิงเวลา (deadtime) วงจรรวมสัญญาณ วงจรขับนำ และวงจรการควบคุมแรงดันเอซีช็อบเปอร์แบบไม่มีการป้อนกลับ

ในส่วนแรกของเทอมที่ 2 เราจะดำเนินการโดยการทำการทดลองต่อวงจรต่างๆ โดยทำการใส่ค่าต่างๆ ของอุปกรณ์ตามค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ได้จากการจำลองระบบการทำงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในภาคเรียนที่ 1 ได้แก่ วงจรขับนำ และวงจรการควบคุมแรงดันเอซีช็อบเปอร์แบบบีก-บูสต์เฟสเดียวแบบไม่มีการป้อนกลับ พร้อมทั้งทดลองปรับค่าขนาดของแรงดันไฟฟ้าให้มีขนาดเพิ่มหรือลดขนาด หลังจากนั้นหาค่าของผลการตอบสนองในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทาน (R) และผลการตอบสนองในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ (R , L) โดยที่พิกัดกำลังไฟฟ้าของวงจรเอซีช็อบเปอร์อยู่ที่ 1,000 W.

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

สามารถนำวิธีการควบคุมแรงดันของเอซีช็อบเปอร์แบบบีก-บูสต์เฟสเดียวไปประยุกต์ใช้กับเครื่องสร้างแรงดันไฟตกชั่วขณะ เครื่องรักษาแรงดันไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ หรือแหล่งจ่ายไฟแบบปรับค่าได้ เป็นต้น

ช่วยให้ผู้ที่สนใจประหยัดเงินตราที่จะต้องไปซื้อเทคโนโลยีจากต่างประเทศ โดยที่คุณภาพไม่แตกต่างกันและมีราคาที่ย่อมเยาว่า และอีกประการหนึ่งคือเมื่อเป็นเทคโนโลยีของคนไทยแล้ว ย่อมทำให้ผู้ใช้ซึ่งเป็นคนไทยเองทำการใช้งานและเรียนรู้ได้เข้าใจอย่างถ่องแท้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อประโยชน์ในการพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพที่ดียิ่งขึ้น ง่ายแก่การใช้และราคาสมเหตุสมผล อีกทั้งหากทำออกมาแล้วมีคุณภาพที่ดีสมราคา ก็เป็นไปได้ที่จะผลิตขายในรูปแบบสินค้าภายในประเทศ หรือว่าสินค้าส่งออก

1.7 การจัดโครงสร้างของเนื้อหาภายในปฏิญานิพนธ์

วงจรถือช้อปเปอร์แบบบีก-บัสต์เฟสเดียวในงานปฏิญานิพนธ์นี้สามารถแบ่งเป็นแต่ละบทดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงความสำคัญและที่มาของปัญหา วัตถุประสงค์ของโครงการ ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ วิธีการที่ใช้ในโครงการ แผนการดำเนินโครงการ ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย การจัดโครงสร้างของเนื้อหาภายในปฏิญานิพนธ์

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง กล่าวถึงพื้นฐานของวงจรถือช้อปเปอร์แบบบีก-บัสต์เฟสเดียว และหลักการวิเคราะห์การทำงานของวงจรถือช้อปเปอร์แบบบีก-บัสต์เฟสเดียว สมการที่ใช้ในการคำนวณแรงดันขาออกของวงจรถือช้อปเปอร์แบบบีก-บัสต์เฟสเดียว

บทที่ 3 การจำลองระบบการทำงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ กล่าวถึงส่วนประกอบต่างๆ ของวงจรถือช้อปเปอร์แบบบีก-บัสต์เฟสเดียว พร้อมทั้งการทำงานบนคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม PSCAD

บทที่ 4 การทดลองการควบคุมแรงดันของเอชช้อปเปอร์แบบบีก-บัสต์เฟสเดียวกล่าวถึงส่วนประกอบต่างๆ ของวงจรถือช้อปเปอร์แบบบีก-บัสต์เฟสเดียวและระบบการควบคุม พร้อมทั้งทำการทดลองวงจรถือช้อปเปอร์แบบบีก-บัสต์เฟสเดียวแบบไม่มีการป้อนกลับเพื่อหาค่าผลของการตอบสนองในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทาน (R) และผลการตอบสนองในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ (R, L)

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

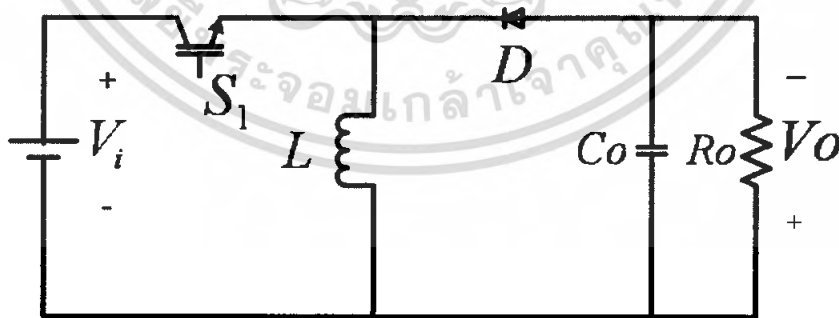
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

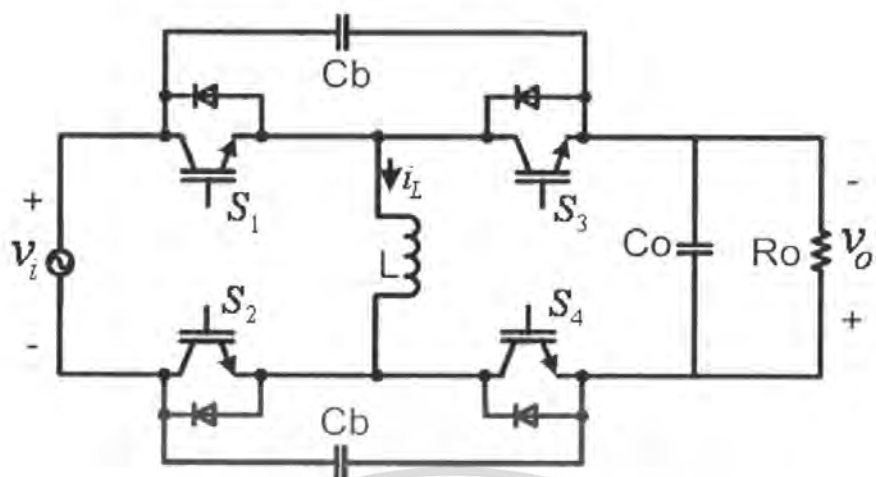
วงจรเอชซีซีอปเปอร์แบบบัก-บูสต์เฟสเดียวที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้เป็นวงจรแบบแปลงจากแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งวงจรเอชซีซีอปเปอร์นี้นั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นเครื่องรักษาแรงดันไฟฟ้าตก เครื่องรักษาแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ หรืออาจจะนำไปประยุกต์ใช้แทนออตโตทรานส์ฟอร์มเมอร์ เป็นต้น วิทยานิพนธ์ในบทนี้จะกล่าวถึงสมการของวงจรเอชซีซีอปเปอร์ และโหมดการทำงานในช่วงต่างๆ ของวงจรเอชซีซีอปเปอร์

2.2 วงจรเอชซีซีอปเปอร์

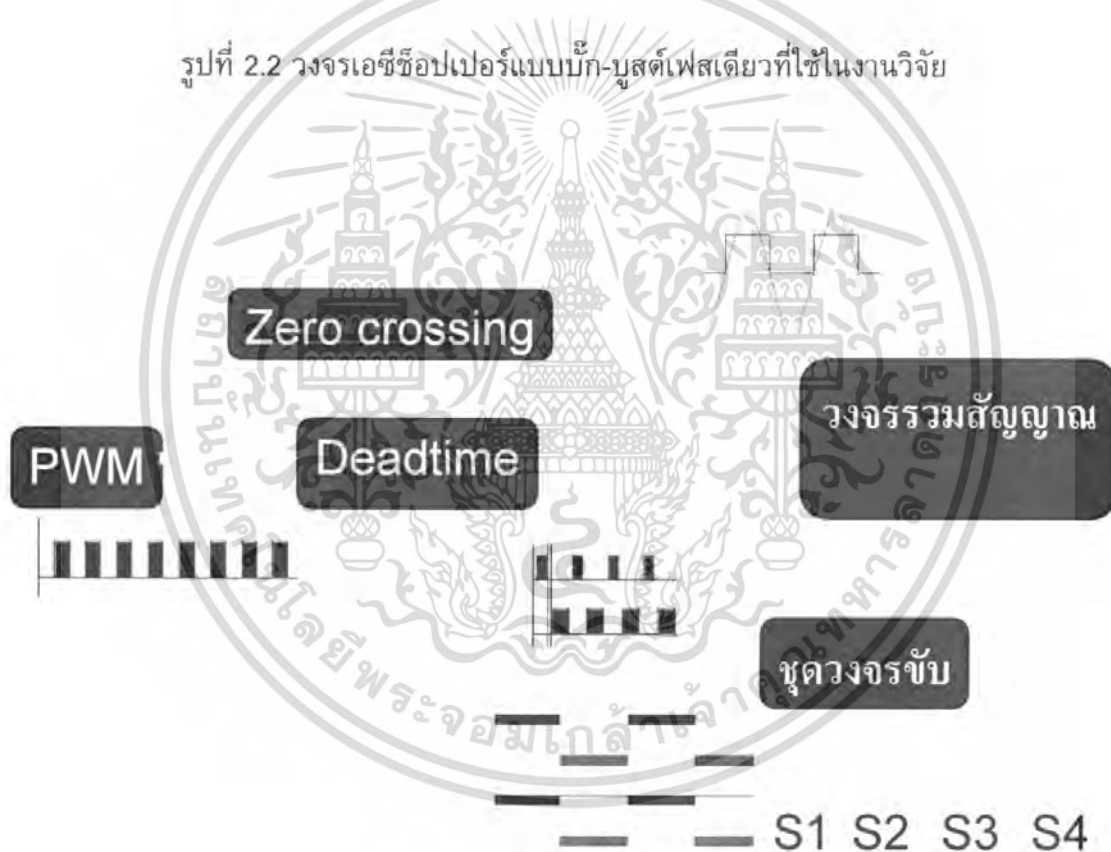
วงจรเอชซีซีอปเปอร์แบบบัก-บูสต์เฟสเดียวที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้ ได้ถูกประยุกต์มาจากวงจรตีชี่บักบูสต์คอนเวอร์เตอร์ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งวงจรตีชี่บักบูสต์คอนเวอร์เตอร์นั้นเป็นวงจรแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสตรง สวิตช์ที่ใช้จึงเป็นสวิตช์ทางเดียวคือใช้ IGBT กับไดโอดมาเป็นทางผ่านของกระแส ซึ่งวงจรเอชซีซีอปเปอร์แบบบัก-บูสต์เฟสเดียวที่ใช้ในงานวิจัยนี้แสดงในรูปที่ 2.2 เป็นวงจรเอชซีซีอปเปอร์แบบบัก-บูสต์เฟสเดียวซึ่งแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ โดยใช้ IGBT เป็นสวิตช์ 4 ตัว เพื่อสร้างทางไหลของกระแส 2 ทิศทาง คือ ในช่วงทางด้านบวกกับทางด้านลบและยังมีชุดกรองผ่านความถี่ต่ำ เพื่อกำจัดริปลิวลิวความถี่สูงของแรงดันไฟฟ้าขาออก ซึ่งจะทำให้ได้แรงดันไฟฟ้าทางด้านขาออกที่เป็นไซน์



รูปที่ 2.1 วงจรตีชี่บักบูสต์คอนเวอร์เตอร์



รูปที่ 2.2 วงจรเอชซีซีอปเปอร์แบบบิก-บูสต์เฟสเดียวที่ใช้ในงานวิจัย

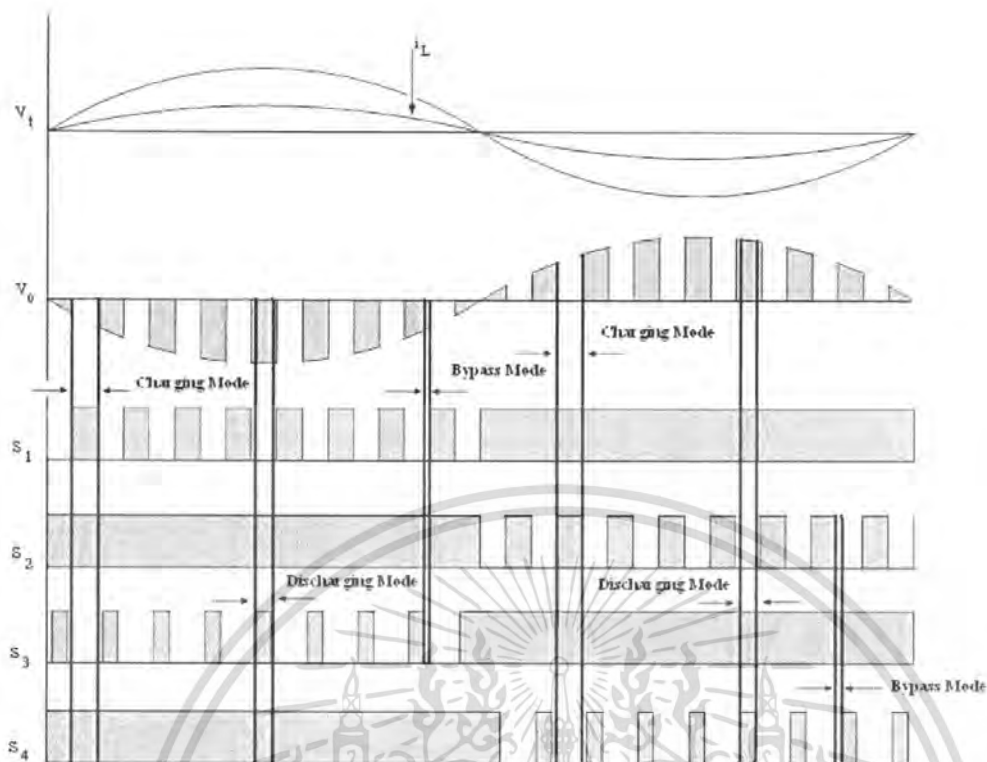


รูปที่ 2.3 บล็อกไดอะแกรมของการสร้างสัญญาณขับเกท

โดยในรูปที่ 2.3 เป็นรูปบล็อกไดอะแกรมของการสร้างสัญญาณขับเกทด้วยสวิตช์ IGBT ซึ่งรูปคลื่นสัญญาณขับเกทด้วยสวิตช์ IGBT และสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ถูกสับได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.4 โดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าขาออก และแรงดันขาเข้าของ

เอชซีซีอปเปอร์ได้แสดงไว้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนเวลาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 รูปคลื่นสัญญาณขับเคลื่อนด้วยสวิตช์ IGBT และสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ถูกสับ

2.3 สมการที่ใช้คำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

การหาค่าสมการที่ใช้คำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เราจะกำหนดให้ในระหว่างคาบของการสวิตช์ แรงดันไฟฟ้าขาเข้าและขาออก จะถูกพิจารณาให้คงที่ และแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยของตัวเหนี่ยวนำใน 1 คาบของการสวิตช์ เมื่อ $T_s = 1/f_s$ จะเป็น

$$v_L(t) = Dv_i(t) - (1-D)v_o(t) \tag{1}$$

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

แรงดันไฟฟ้าของตัวเหนี่ยวนำจะเท่ากับ

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

เมื่อ $i_L(t)$ คือแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยของตัวเหนี่ยวนำใน 1 คาบการสวิตช์ กระแสไฟฟ้าในตัวเหนี่ยวนำจะเป็นตัวสร้างกระแสไฟฟ้าขาออกในโหมดฟรีวิลลิง และกระแสไฟฟ้าในตัวเหนี่ยวนำจะได้มาจากแหล่งจ่ายในโหมดแอกทีฟ ดังนั้นจะได้ความสัมพันธ์ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

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

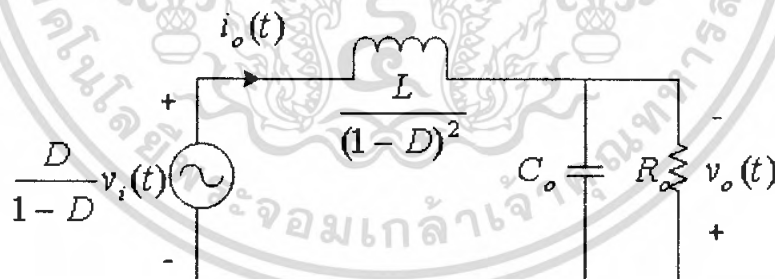
$$v_L(t) = \frac{L}{(1-D)} \frac{d}{dt} i_o(t) \quad (5)$$

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

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

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

สมการนี้เป็นตัวแทนของวงจรสมมูลสำหรับ Buck – Boost AC Chopper ดังรูป



รูปที่ 2.5 วงจรสมมูลในสภาวะคงตัว

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

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

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

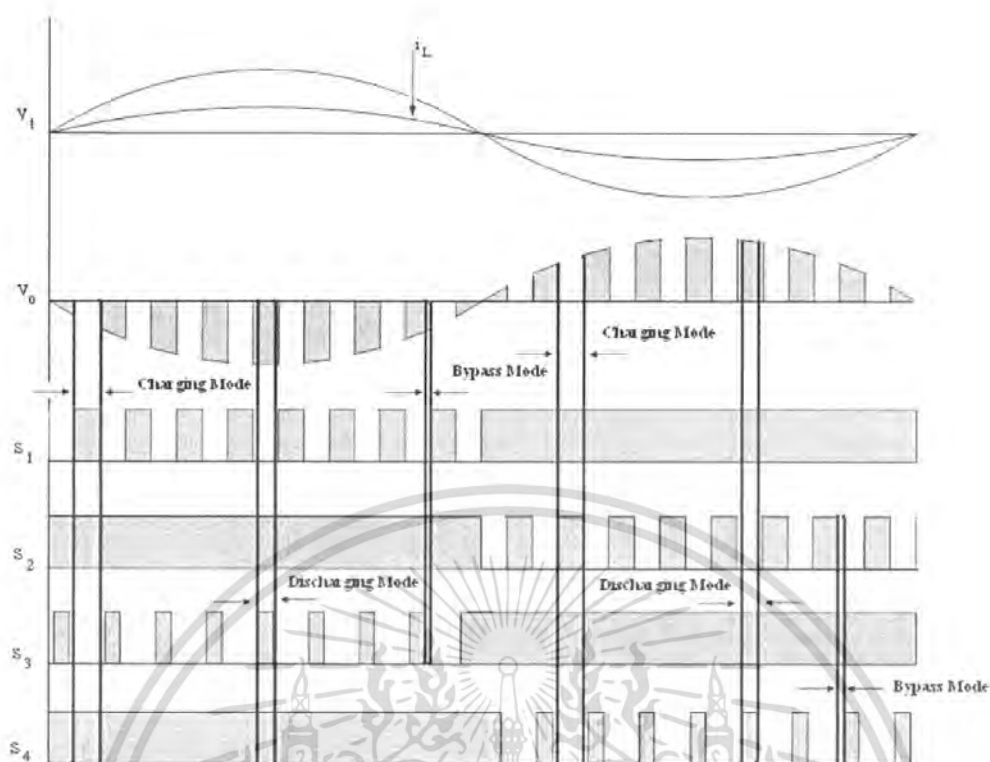
$$\frac{DR_o(1-D)^2}{(1-D)[LS + LC_o R_o s^2 + R_o(1-D)^2]} = \frac{V_o(s)}{V_i(s)} \quad (14)$$

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

2.4 การทำงานของวงจรเอชซีซีโอปเปอร์แบบบีก-บัสต์เฟสเดียว

วงจรเอชซีซีโอปเปอร์ ที่ใช้ในการทำโครงงานนี้เป็นวงจรเอชซีซีโอปเปอร์แบบบีก-บัสต์เฟสเดียว โดยใช้ IGBT เป็นอุปกรณ์ในการสวิตช์ ดังนั้นเมื่อนำแรงดันไฟฟ้าไปผ่านไฟสลับไปผ่านชุดของคอนเวอร์เตอร์ จะทำให้ได้แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ถูกสลับและเมื่อแรงดันไฟฟ้าที่ถูกสลับไปผ่านชุดวงจร LC low pass filter ค่าของแรงดันที่เป็นความถี่สูงจะถูกกรองออกไปเหลือแต่เพียงค่าของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความถี่มูลฐาน

ในรูปที่ 2.6 เป็นรูปคลื่นของเอชซีซีโอปเปอร์แบบบีก-บัสต์เฟสเดียวที่โหมดการทำงานต่างๆ โดยที่วงจรเอชซีซีโอปเปอร์แบบบีก-บัสต์เฟสเดียวได้แบ่งโหมดการทำงานเป็นโหมดต่างๆ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.6 รูปคลื่นของเอชซีซีออปเปอร์แบบบิก-บัสต์เฟสเดียวที่มีโหมดการทำงานต่างๆ

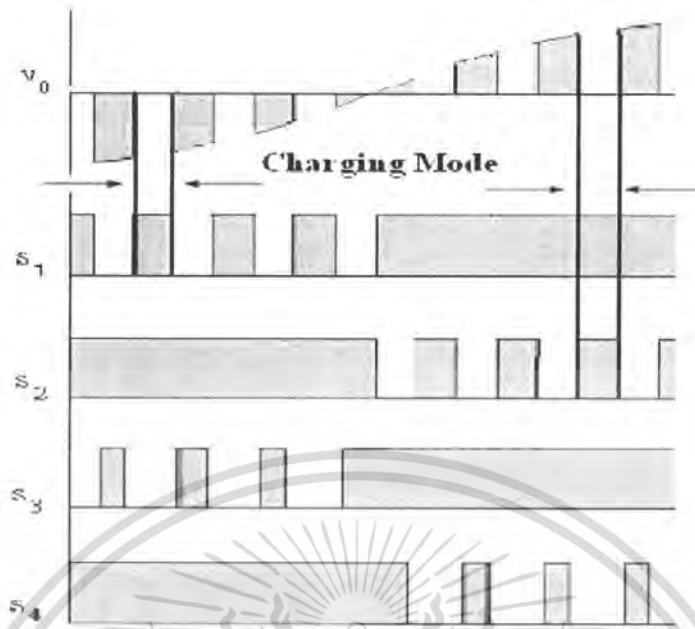
การทำงานของวงจรเอชซีซีออปเปอร์แบบบิก-บัสต์เฟสเดียวที่มีโหมดการทำงานทั้งหมด 3 โหมดการทำงานด้วยกัน

- ประกอบด้วย 1. โหมดชาร์จ (Charging Mode)
 2. โหมด Bypass (Bypass Mode)
 3. โหมดดิสชาร์จ (Discharging Mode)

ดังแสดงได้ดังต่อไปนี้

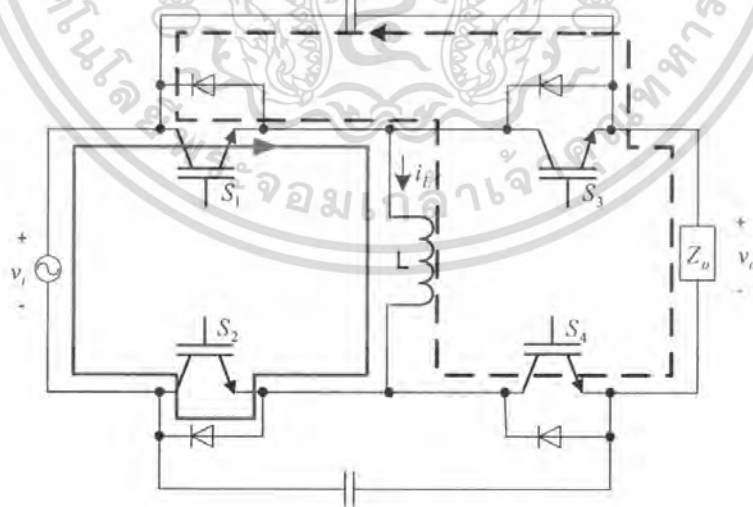
2.4.1 โหมดชาร์จ (Charging Mode)

ในโหมดการทำงานโหมดนี้ จะเป็นโหมดที่ L จะทำการชาร์จกระแส โดยจะเหนี่ยวนำผ่านทางด้านขาเข้า ซึ่งได้แสดงรูปคลื่นการทำงาน ในรูปที่ 2.7 ดังนั้นในโหมดนี้สวิตช์ S1 และ S2 มีการทำงานดังนี้



รูปที่ 2.7 รูปคลื่นการทำงานของโหมดชาร์จ

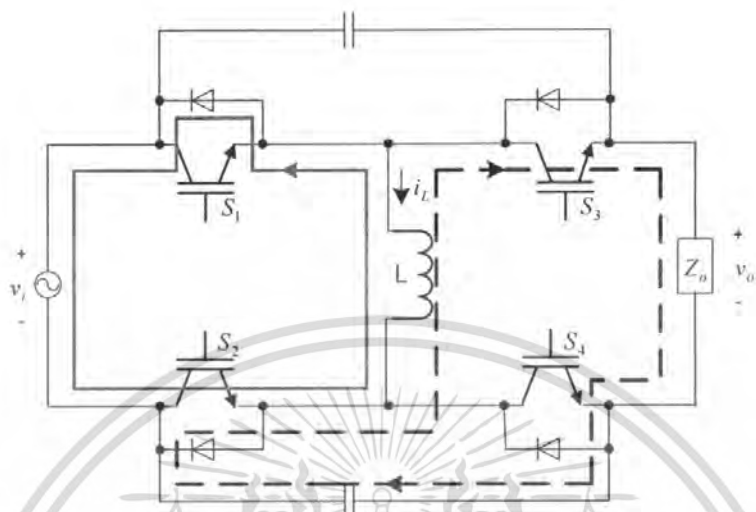
- เมื่อ v_o เป็นบวก ให้สวิตช์ S_2 กับ S_4 ทำงานค้างไว้ตลอดในช่วงที่ v_o เป็นบวก เมื่อมีสัญญาณสวิตช์ S_1 ป้อนเข้ามา จะเป็นการชาร์จกระแสที่ L โดยมีกระแสไหลผ่าน S_1 และไดโอดคร่อม S_2 และจะมีกระแสส่วนหนึ่งไหลผ่านสวิตช์ S_3 ที่ On อยู่ ไหลผ่านโหลด แล้วไปชาร์จประจุที่ C สนับเบอร์ของสวิตช์ S_1 และ S_3 ดังแสดงในรูปที่ 2.8



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

- เมื่อ v_o เป็นลบ ให้สวิตช์ S_1 กับ S_3 ทำงานค้างไว้ตลอดในช่วงที่ v_o เป็นลบ เมื่อมีสัญญาณสวิตช์ S_2 ป้อนเข้ามา จะเป็นการชาร์จกระแสที่ L โดยมีกระแสไหลผ่าน S_2 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

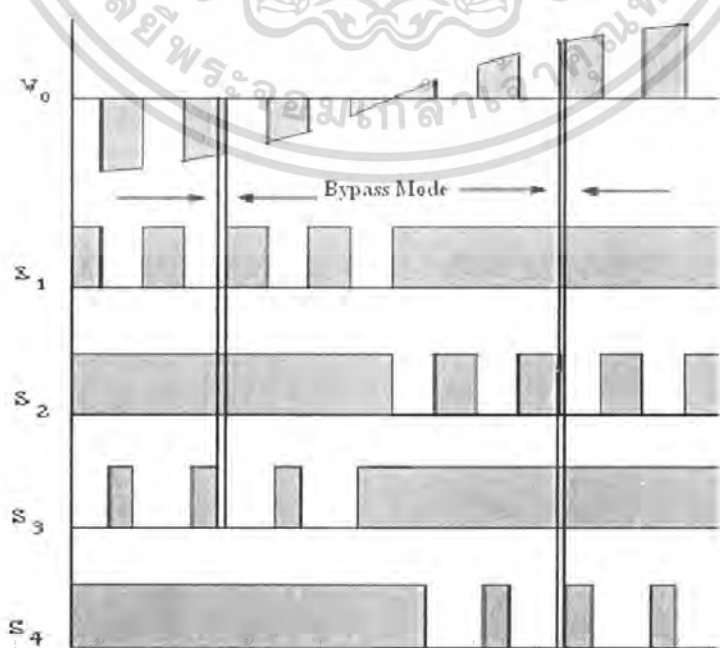
และไดโอดคร่อม S_1 และจะมีกระแสส่วนหนึ่งไหลผ่านสวิตช์ S_3 ที่ On อยู่ ผ่านโหลดแล้วไป ชาร์จประจุที่ C สลับเบอร์ของสวิตช์ S_2 และ S_4 ดังแสดงในรูปที่ 2.9



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

2.4.2 โหมด Bypass (Bypass mode)

เนื่องจากถ้าโหลดมีค่าความเป็นตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งจะส่งผลทำให้กระแสจะล่าหลังแรงดัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องสร้างเส้นทางไหลของกระแสไว้ล่วงหน้าเพื่อป้องกันการเกิด Spike และป้องกันการลัดวงจรของสวิตช์ IGBT ในวงจร อันเนื่องมาจากการทำงานพร้อมกันของสวิตช์ ดังนั้นกระแสจะสามารถไหลผ่านไปได้ทั้งทางด้านขาเข้าและขาออก โดยขึ้นอยู่กับทิศทาง กระแสของตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งได้แสดงรูปคลื่นการทำงานในรูปที่ 2.10

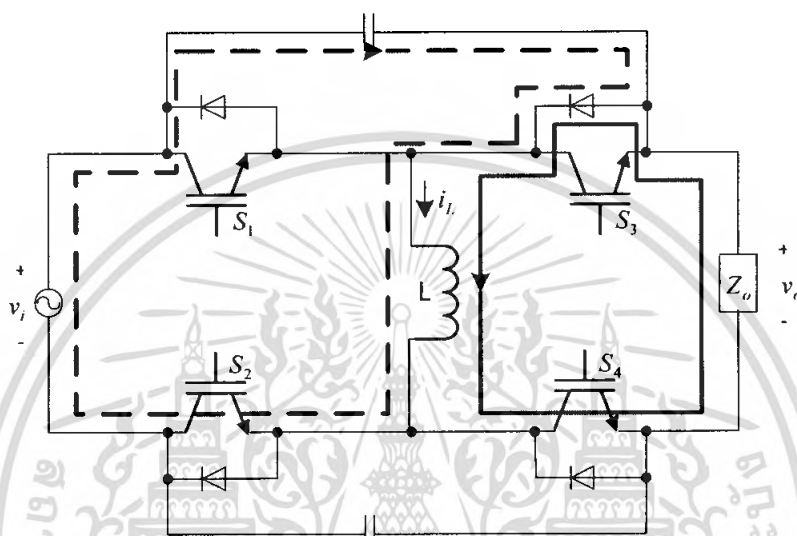


รูปที่ 2.10 รูปคลื่นการทำงานของโหมด Bypass

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

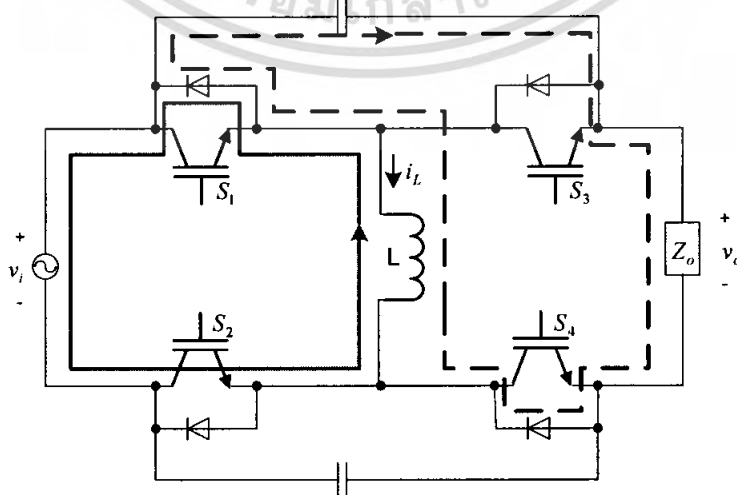
- เมื่อ v_i เป็นบวก ให้สวิตช์ S_2 กับ S_4 ทำงานค้างไว้ตลอด ในขณะที่ช่วงเดดไทม์นี้ สวิตช์ S_1 กับสวิตช์ S_3 จะไม่มีการทำงาน

ดังนั้นกรณีนี้ที่กระแส $i_L > 0$ กระแสจะดิสชาร์จจากตัวเหนี่ยวนำไหลผ่านทางด้านเอาต์พุตโดยผ่านสวิตช์ S_4 และไดโอดที่คร่อมสวิตช์ S_3 ส่วนประจุที่ถูกชาร์จไว้ที่ C สนับเบอร์ของสวิตช์ S_1 และ S_3 จะคายประจุผ่านไดโอดที่คร่อมสวิตช์ S_3 และผ่าน L ผ่านไดโอดคร่อมสวิตช์ S_2 กลับคืนสู่แหล่งจ่าย ดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 โหมด Bypass เมื่อ v_i เป็นบวก กระแส $i_L > 0$

ถ้ากระแส $i_L < 0$ กระแสจะไหลผ่านทางด้านขาเข้า โดยสวิตช์ S_2 และผ่านไดโอดที่คร่อมสวิตช์ S_1 และประจุที่ถูกชาร์จไว้ที่ C สนับเบอร์ของสวิตช์ S_1 และ S_3 จะคายประจุผ่านโหลด และผ่านไดโอดที่คร่อมสวิตช์ S_4 และผ่าน L ผ่านไดโอดคร่อมสวิตช์ S_1 ดังแสดงในรูปที่ 2.12

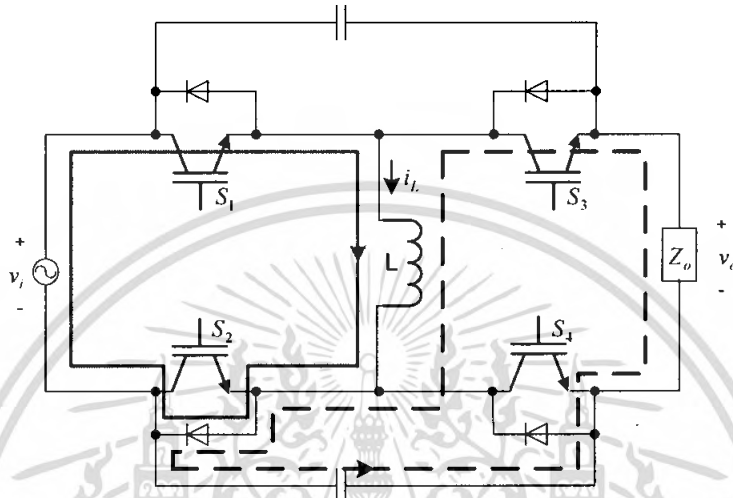


รูปที่ 2.12 โหมด Bypass เมื่อ v_i เป็นบวก กระแส $i_L < 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

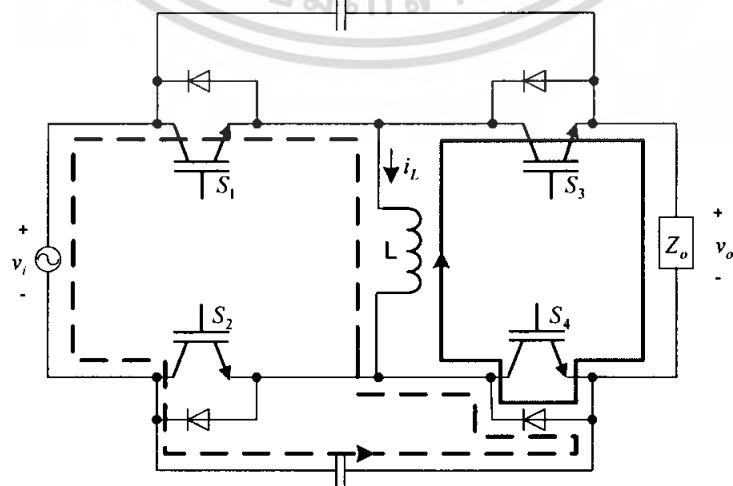
ดังนั้นถ้ากระแส $i_L > 0$ กระแสจะไหลผ่านไดโอดที่คร่อมสวิตช์ S_2 และผ่านสวิตช์ S_1 กลับคืนสู่แหล่งจ่าย และประจุที่ถูกชาร์จไว้ที่ C สนับเบอร์ของสวิตช์ S_2 และ S_4 จะคายประจุผ่านโหลด และไดโอดที่คร่อมสวิตช์ S_3 และผ่าน L ผ่านไดโอดคร่อมสวิตช์ S_2 ดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 โหมด Bypass เมื่อ v_i เป็นลบ กระแส $i_L > 0$

- เมื่อ v_i เป็นลบ ให้สวิตช์ S_1 กับ S_3 ทำงานค้างไว้ตลอดในช่วงที่ v_i เป็นลบ เพราะขณะช่วงเดดไทม์ของสวิตช์ S_2 กับสวิตช์ S_4 จะไม่มีการทำงาน

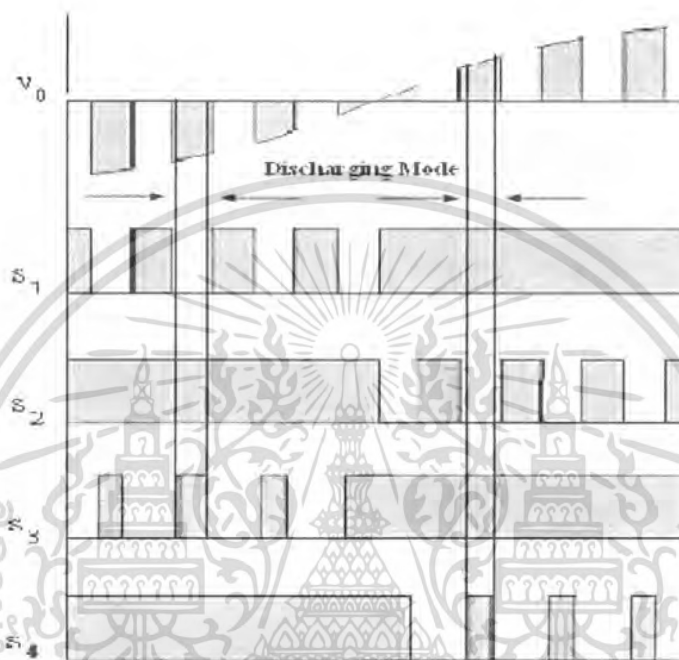
ดังนั้นถ้ากระแส $i_L < 0$ กระแสไหลจาก L ผ่านสวิตช์ S_3 ผ่านโหลด และผ่านไดโอดที่คร่อมสวิตช์ S_4 และประจุที่ถูกชาร์จไว้ที่ C สนับเบอร์ของสวิตช์ S_2 และ S_4 จะคายประจุผ่านไดโอดที่คร่อมสวิตช์ S_4 ผ่าน L และผ่านสวิตช์ S_1 กลับคืนสู่แหล่งจ่าย ดังรูปที่ 2.14



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้รูปที่ 2.14 โหมด Bypass เมื่อ v_i เป็นลบ กระแส $i_L < 0$ ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

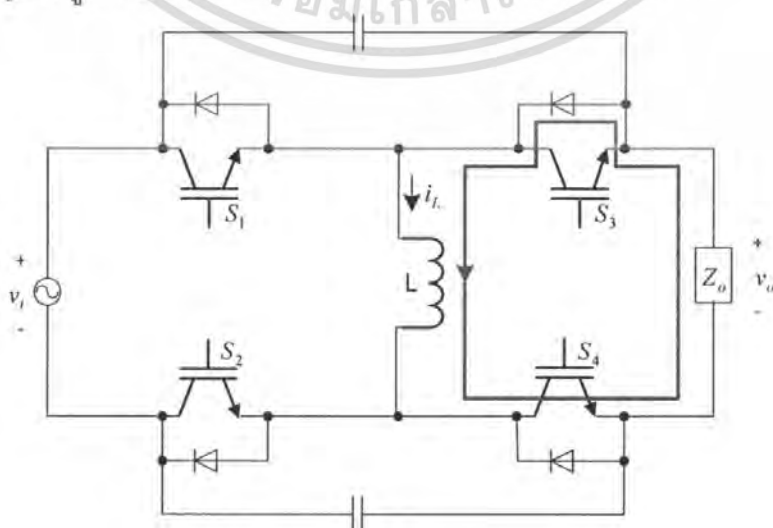
2.4.3 โหมดดิสชาร์จ (Discharging mode)

ในโหมดการทำงาน ซึ่งได้แสดงในรูปคลื่นการทำงานในรูปที่ 2.15 จะมีการทำงานในช่วงเวลาที่ตรงข้ามกับ Charging Mode โดยในโหมดนี้จะทำให้พลังงานที่สะสมในตัวเหนี่ยวนำเกิดการคายพลังงาน ดังรูปที่ 2.15



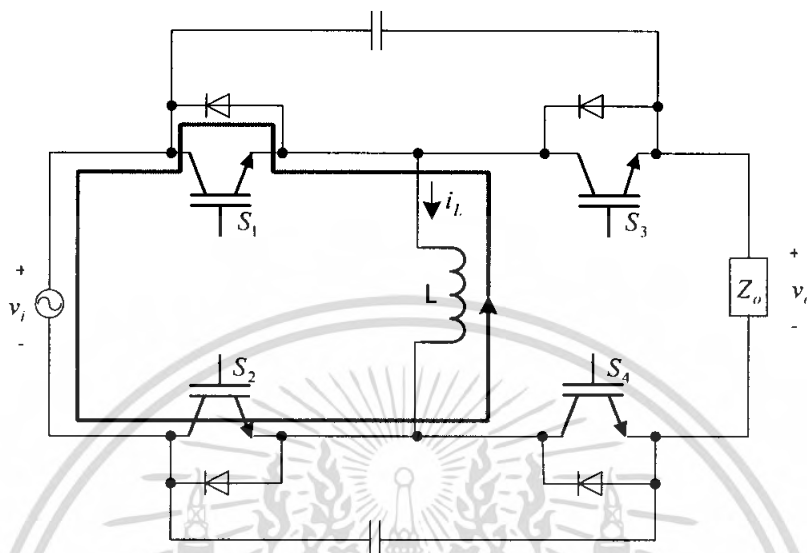
รูปที่ 2.15 รูปคลื่นการทำงานของโหมดดิสชาร์จ

- เมื่อ v_1 เป็นบวก และ $i_L > 0$ ให้สวิตช์ S_2 กับ S_4 ทำงานค้างไว้ตลอดในช่วงที่ v_1 เป็นบวก ดังนั้นกระแสที่สะสมอยู่ใน L จะฟรีวิลผ่านสวิตช์ S_4 ไปยังโหลด และผ่านไดโอดที่คร่อมสวิตช์ S_3 ดังรูปที่ 2.16



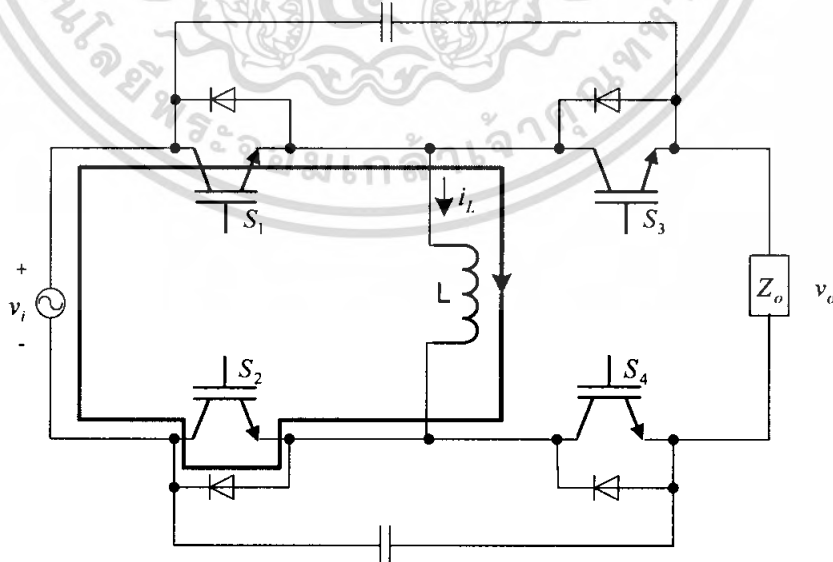
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 2.16 โหมดดิสชาร์จเมื่อ v_1 เป็นบวก และ $i_L > 0$
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อ v_i เป็นบวก และ $i_L < 0$ ให้สวิตช์ S_2 กับ S_4 ทำงานค้างไว้ตลอดในช่วงที่ v_i เป็นบวก ดังนั้นกระแสที่สะสมอยู่ใน L จะฟรีวิลผ่านไดโอดที่ครอบสวิทช์ S_1 และสวิตช์ S_2 กลับคืนสู่แหล่งจ่าย ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 โหมดดิสชาร์จ เมื่อ v_i เป็นบวก และ $i_L < 0$

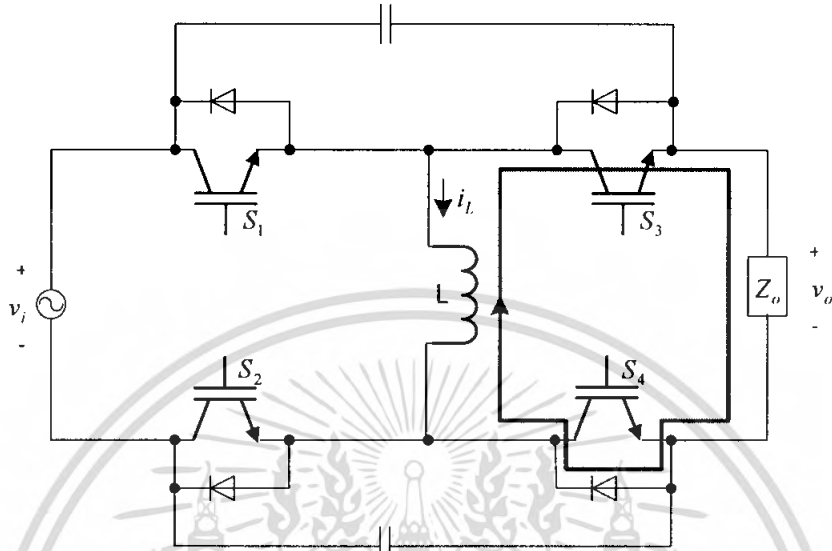
- เมื่อ v_i เป็นลบ และ $i_L > 0$ ให้สวิตช์ S_1 กับ S_3 ทำงานค้างไว้ตลอดในช่วงที่ v_i เป็นลบ ดังนั้นกระแสที่สะสมอยู่ใน L จะฟรีวิลผ่านไดโอดที่ครอบสวิทช์ S_2 และสวิตช์ S_1 กลับคืนสู่แหล่งจ่าย ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 โหมดดิสชาร์จ เมื่อ v_i เป็นลบ และ $i_L > 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อ v_i เป็นลบ และ $i_L < 0$ ให้สวิตช์ S_1 กับ S_3 ทำงานค้างไว้ตลอดในช่วงที่ v_i เป็นลบ ดังนั้นกระแสที่สะสมอยู่ใน L จะฟรีวิลผ่านสวิตช์ S_3 ไปยังโหลด และผ่านไดโอดที่คร่อมสวิตช์ S_4 ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 โหมดดิสชาร์จ เมื่อ v_i เป็นลบ และ $i_L < 0$

82946

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การจำลองระบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.1 บทนำ

ปฏิยานิพนธ์ในบทนี้แสดงให้เห็นถึงผลการจำลองของการควบคุมแรงดันเอชไอซีอ็อปเปอร์แบบบิก-บูสต์เฟสเดียว โดยได้ทำการจำลองในส่วนของการควบคุมแรงดันแบบที่ไม่มีกร็องกลับ โดยที่สามารถเพิ่มหรือลดขนาดแรงดันไฟฟ้าได้ รักษาแรงดันไฟฟ้าให้มีขนาดที่เราต้องการได้ เพื่อหาค่าผลของการตอบสนองในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทาน (R) และผลการตอบสนองในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ (R, L)

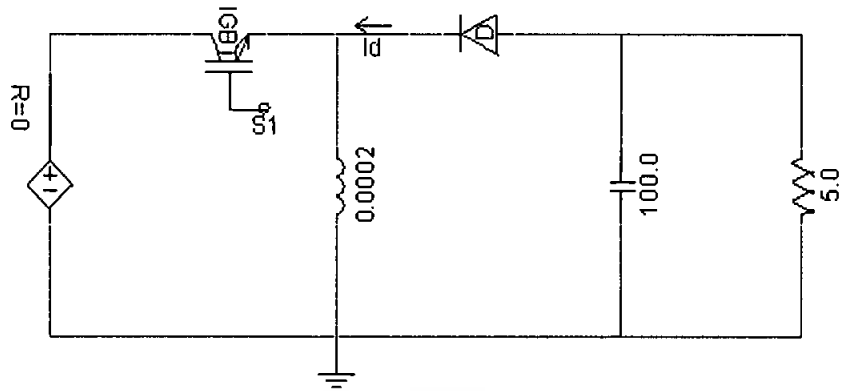
การทดลองการทำงานของเอชไอซีอ็อปเปอร์แบบบิก-บูสต์เฟสเดียวสามารถแยกออกเป็นทางด้านซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ ทางด้าน Software สามารถทำการจำลองด้วยโปรแกรม PSCAD โดยวงจรที่ใช้ในการจำลองเป็นวงจรเอชไอซีอ็อปเปอร์แบบบิก-บูสต์เฟสเดียว ข้อดีของโปรแกรม PSCAD นี้คือ สามารถแสดงผลการทำงานได้อย่างรวดเร็ว แต่ข้อเสียของโปรแกรมนี้คือ ผลที่ได้จะเป็นอุดมคติ ส่วนทางด้าน Hardware จะทำการสร้างวงจรในการควบคุมการสวิตช์ของ IGBT หลังจากนั้นจึงสร้างวงจรถ่ายของเอชไอซีอ็อปเปอร์แบบบิก-บูสต์เฟสเดียว

3.2 การจำลองการควบคุมแรงดันของวงจรเอชไอซีอ็อปเปอร์แบบบิก-บูสต์เฟสเดียว

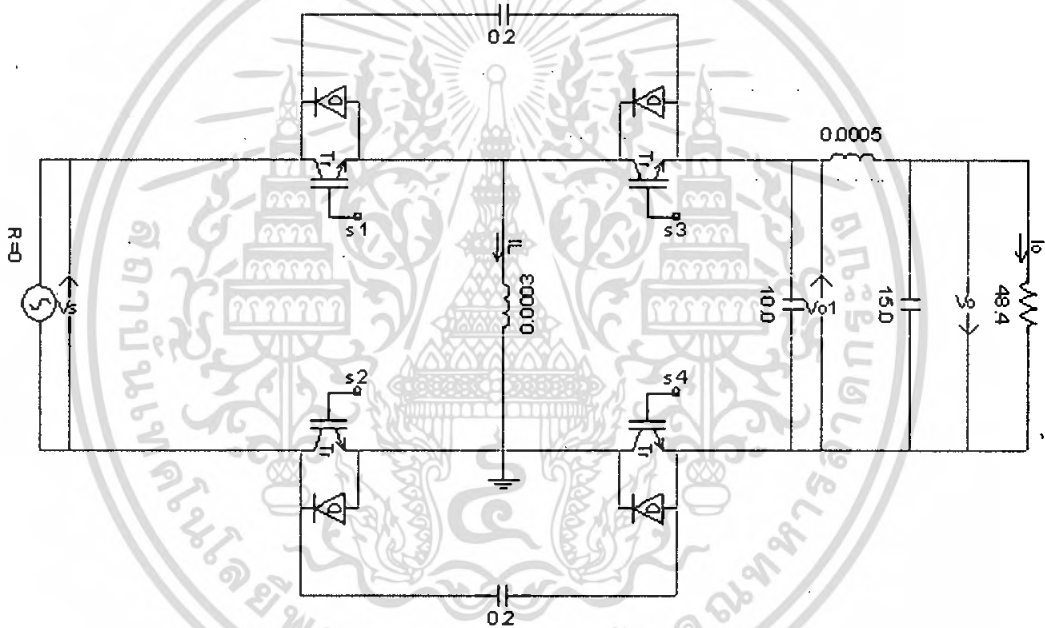
3.2.1 วงจรกำลัง

วงจรเอชไอซีอ็อปเปอร์แบบบิก-บูสต์เฟสเดียวที่ใช้ในปฏิยานิพนธ์เล่มนี้ ได้ถูกประยุกต์มาจากวงจร Buck Boost DC Converter ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ซึ่งวงจรนี้เป็นวงจรแปลงจากแรงดันไฟดีซีเป็นแรงดันไฟดีซี สวิตช์ที่ใช้ในนี้จึงเป็นสวิตช์ทางเดียวคือใช้ IGBT และมีไดโอดเป็นทางผ่านของกระแส

ส่วนวงจรเอชไอซีอ็อปเปอร์ที่ใช้ในโครงการนี้ ดังรูปที่ 3.2 จะประกอบไปด้วย IGBT ที่ใช้เป็นสวิตช์ 4 ตัว เพื่อสร้างทางไหลของกระแสให้ไหลได้ 2 ทิศทาง คือ ในช่วงทางด้านไฟบวกและทางด้านไฟลบโดยมีสแน็บเบอร์ต่อคร่อมอยู่ และทางด้านขาออกของวงจรจะมีวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำ ที่ใช้ LC ต่อคร่อมอยู่ เพื่อกรองเอาความถี่ Harmonic ออก ให้เหลือแต่ความถี่มูลฐาน จะได้รูปคลื่นแรงดันขาออกเรียบมากขึ้น โหลดที่ใช้ เป็นโหลดความต้านทาน



รูปที่ 3.1 วงจร Buck – Boost Converter



รูปที่ 3.2 วงจรกำลังของวงจรเอชไอซี้อุปเปอร์แบบบิก-บูสต์เฟสเดียวที่ใช้ในการจำลองค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลอง

ส่วนของวงจร AC Chopper

Supply voltage 220 V rms AC 50 Hz

Switching frequency 15.4 kHz

C Snubber 0.2 μF

L Storage 0.3 mH

ส่วนของ Load-side low pass filter

Lf 0.5 mH

Cf 10,15 μF

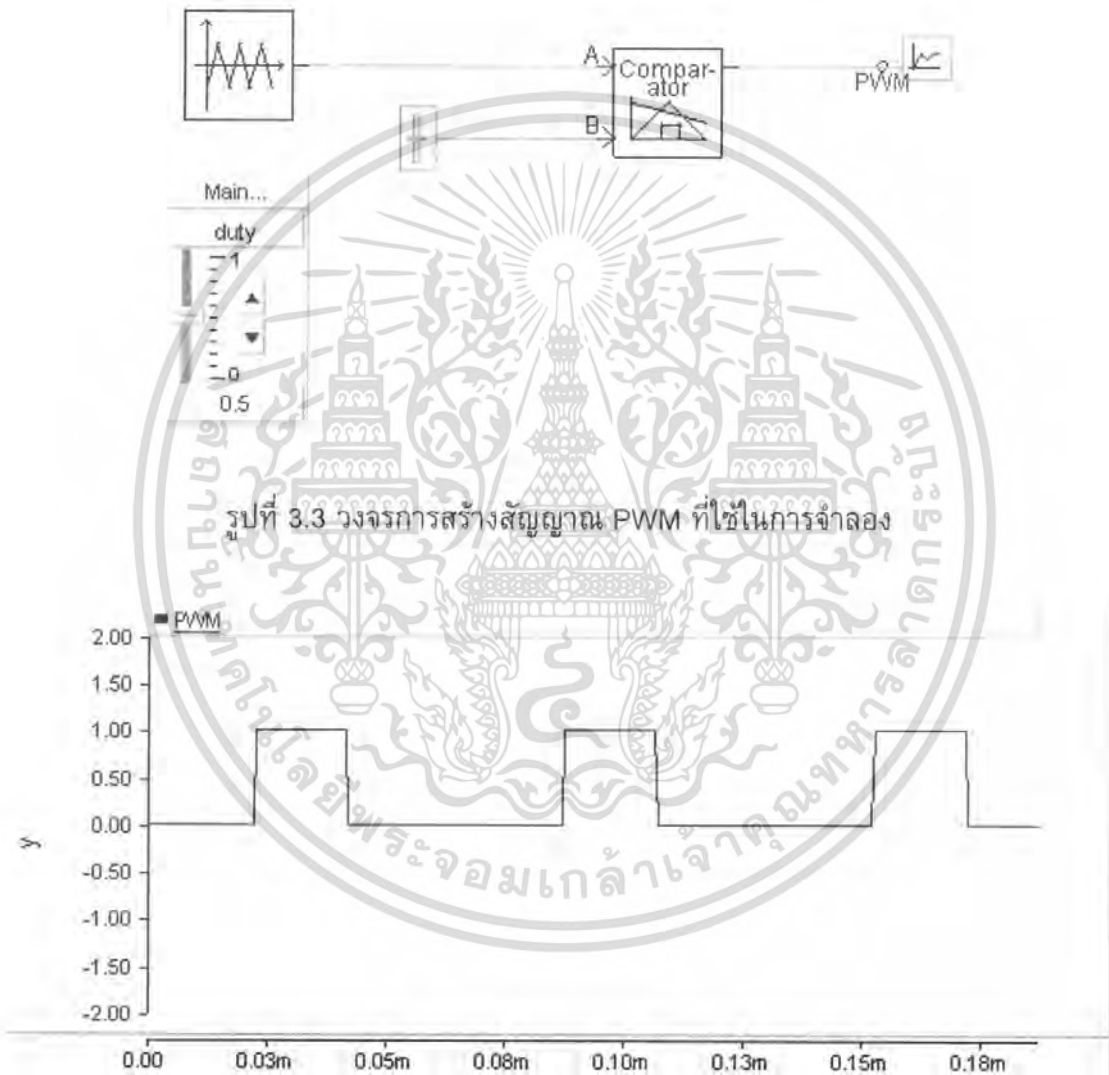
Load Output 48.4 ohm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 วงจร Control

3.2.2.1 วงจรสร้างสัญญาณ PWM

เป็นวงจรที่ใช้สร้างสัญญาณ PWM โดยการจำลองนี้ใช้สัญญาณรูปคลื่นสามเหลี่ยมนำมาเปรียบเทียบกับสัญญาณที่มีขนาดเท่ากับค่า duty ratio สัญญาณ PWM เป็นสัญญาณที่มีความถี่คงที่ ความถี่ที่ใช้งานคือ 15.4 kHz รูปที่ 3.3 แสดงวงจรการสร้างสัญญาณ PWM ที่ใช้ในการจำลอง และรูปที่ 3.4 รูปคลื่นของสัญญาณ PWM ที่ได้จากการจำลอง



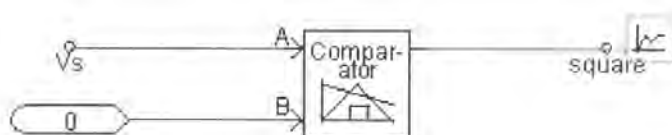
รูปที่ 3.3 วงจรการสร้างสัญญาณ PWM ที่ใช้ในการจำลอง

รูปที่ 3.4 รูปคลื่นของสัญญาณ PWM ที่ได้จากการจำลอง

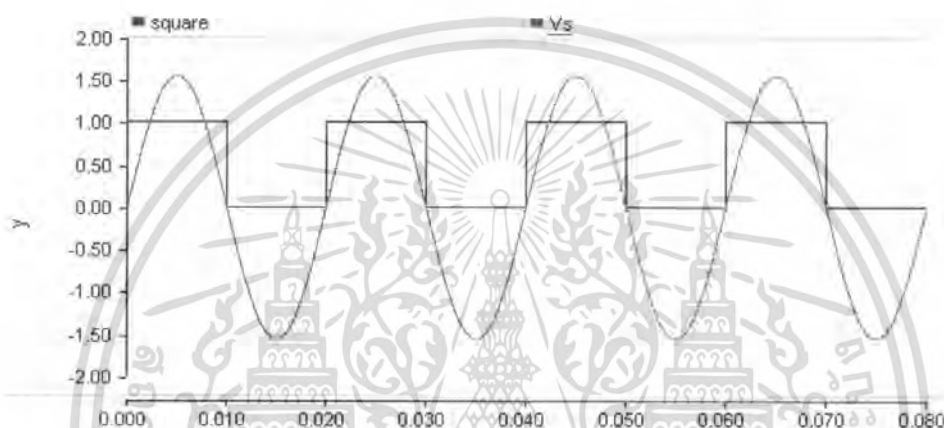
3.2.2.2 วงจรตรวจจับจุดผ่านศูนย์ (zero crossing)

เป็นวงจรที่ใช้ตรวจจับจุดผ่านศูนย์ของรูปคลื่นไซน์ โดยการนำเอารูปคลื่นสัญญาณ sine มาเปรียบเทียบกับสัญญาณที่เป็นศูนย์ ซึ่งรูปคลื่นสัญญาณที่ได้จะเป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยม ซึ่งตรงจุดศูนย์ของรูปคลื่นจะเป็นตำแหน่งเดียวกับจุดศูนย์ของรูปคลื่นไซน์ รูปที่ 3.5 แสดงวงจรไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจจับจุดผ่านศูนย์ที่ใช้ในการจำลอง และรูปที่ 3.6 แสดงรูปคลื่นสัญญาณตรวจจับจุดผ่านศูนย์ที่ได้จากการจำลอง



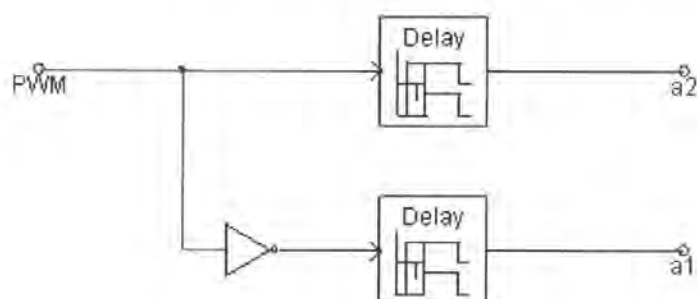
รูปที่ 3.5 วงจรตรวจจับจุดผ่านศูนย์ที่ใช้ในการจำลอง



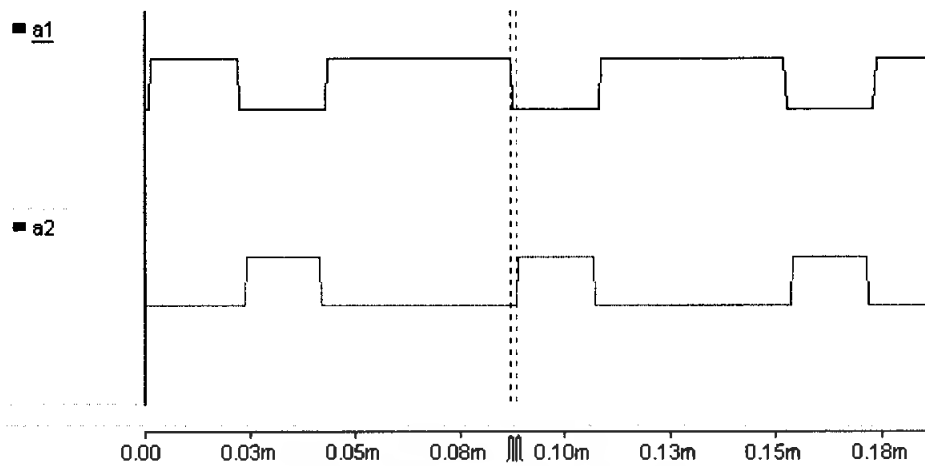
รูปที่ 3.6 รูปคลื่นสัญญาณตรวจจับจุดผ่านศูนย์ที่ได้จากการจำลอง

3.2.2.3 วงจรประวิงเวลา (deadtime)

วงจรประวิงเวลาเป็นวงจรป้องกันการทำงานพร้อมกันระหว่างสวิตช์ S1 กับ S2 และ S3 กับ S4 เพราะถ้าสวิตช์เหล่านี้ทำงานพร้อมกันจะทำให้เกิดการลัดวงจรของ IGBT ขึ้น รูปที่ 3.7 แสดงวงจรประวิงเวลาที่ใช้ในการจำลอง และรูปที่ 3.8 แสดงรูปคลื่นของวงจรประวิงเวลาที่ได้จากการจำลอง



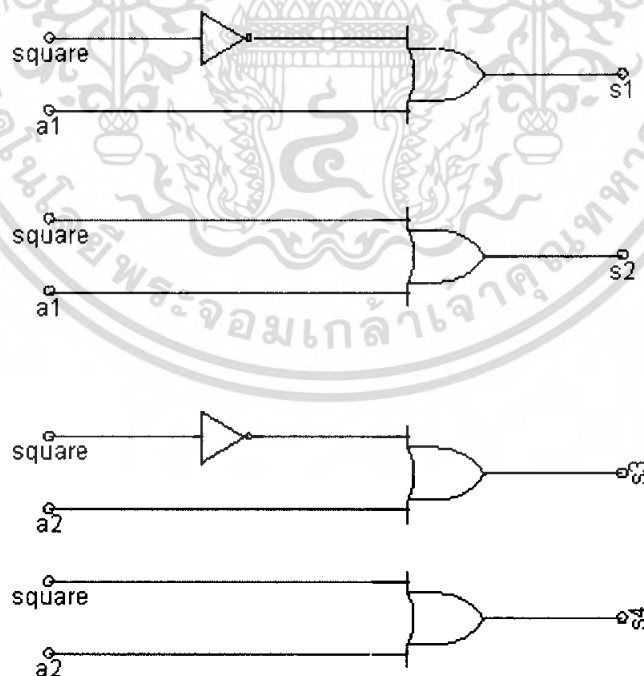
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานวิจัยเท่านั้น ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 รูปคลื่นของวงจรประวิงเวลาที่ได้จากการจำลอง

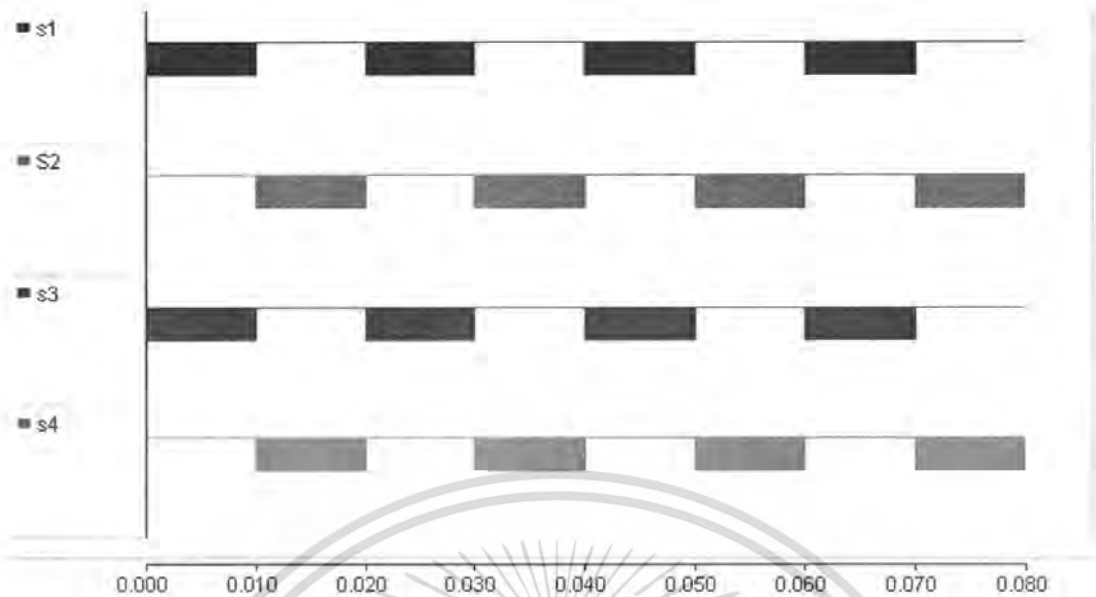
3.2.3 วงจรรวมสัญญาณ

วงจรรวมสัญญาณเป็นวงจรที่ใช้รวมสัญญาณ PWM ที่ผ่านชุดวงจรประวิงเวลากับสัญญาณจากวงจรตรวจจับจุดผ่านศูนย์กลาง ก่อนที่จะนำไปเข้าชุดขับนำ รูปที่ 3.9 แสดงวงจรรวมสัญญาณที่ใช้ในการจำลอง และรูปที่ 3.10 แสดงรูปคลื่นสัญญาณของวงจรรวมสัญญาณที่ได้จากการจำลอง



รูปที่ 3.9 วงจรรวมสัญญาณที่ใช้ในการจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 รูปคลื่นสัญญาณของวงจรรวมสัญญาณที่ได้จากการจำลอง

3.2.4 วงจรขับนำ

วงจรขับนำเป็นวงจรที่ใช้แยกกราวด์ของวงจรควบคุมกับกราวด์ของวงจรกำลังและใช้ในการรักษาระดับแรงดันของสัญญาณขับเกทเพื่อให้เพียงพอต่อการทำให้ IGBT สามารถทำงานได้ตลอดช่วงเวลาของการ ON

3.2.5 วงจรการควบคุมแรงดันเอซีช็อบเปอร์แบบบิก-บูสต์เฟสเดียวแบบไม่มีการบ็อนกลับ

การจำลองการควบคุมแรงดันเอซีช็อบเปอร์แบบบิก-บูสต์เฟสเดียวแบบไม่มีการบ็อนกลับในการจำลองนี้ได้ทำการจำลองโดยที่ไม่มีการควบคุมค่าของแรงดันขาออกของเอซีช็อบเปอร์ซึ่งรูปวงจรที่ใช้ในการจำลองได้ใช้วงจรในรูปที่ 3.11 ในการจำลอง และได้นำค่าพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้มาใช้

ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลอง

ส่วนของวงจร AC Chopper

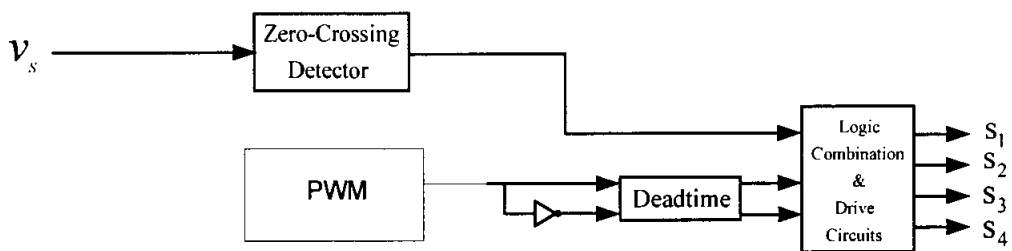
Supply voltage	220 V rms AC 50 Hz
Switching frequency	15.4 kHz
C Snubber	0.2 μ F
L Storage	0.3 mH

ส่วนของ Load-side low pass filter

Lf	0.5 mH
Cf	10,15 μ F
Load Output	48.4 ohm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้เฉพาะเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทำการจำลองเพื่อหาค่าต่างๆ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.11 วงจรสร้างสัญญาณในการทดลองแบบไม่มีการป้อนกลับ

3.2.5.1 ผลการตอบสนอง

จะแสดงถึงค่า duty ratio ในค่าต่างๆ

- ซึ่งประกอบด้วย
1. กราฟแสดงผลของแรงดันไฟฟ้าขาเข้า
 2. กราฟแสดงผลของแรงดันแรงดันไฟฟ้าขาออก
 3. กราฟแสดงผลของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวเหนี่ยวนำที่เก็บสะสมพลังงาน
 4. กระแสไฟฟ้าขาออกเมื่อแรงดันขาเข้าเป็น 110 V

ประกอบด้วย

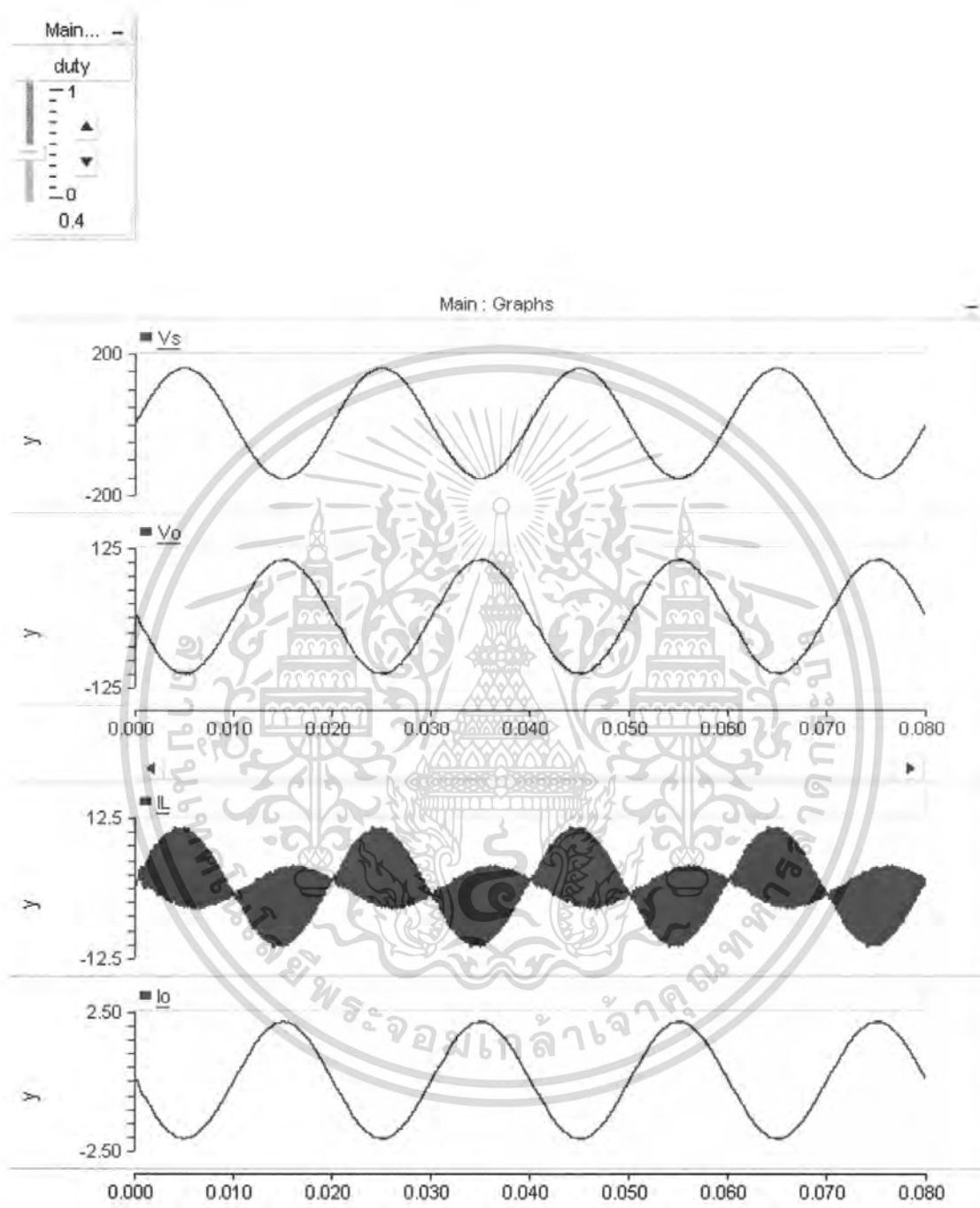
รูปที่ 3.12 รูปคลื่นแรงดัน V_o , V_s , V_{o1} และรูปคลื่นกระแส i_L , i_o ที่ duty ratio = 0.4

รูปที่ 3.13 รูปคลื่นแรงดัน V_o , V_s , V_{o1} และรูปคลื่นกระแส i_L , i_o ที่ duty ratio = 0.5

รูปที่ 3.14 รูปคลื่นแรงดัน V_o , V_s , V_{o1} และรูปคลื่นกระแส i_L , i_o ที่ duty ratio = 0.7

ซึ่งผลของการจำลองจากโปรแกรม PSCAD จะแตกต่างกันไปตามค่า duty ratio ในค่าต่าง ๆ โดยจะมีสถานะต่างกันขึ้นอยู่กับค่า duty ratio คือถ้าค่า duty ratio มีค่าต่ำกว่า 0.50 วงจรเอชซีซีอปเปอร์จะมีสถานะที่เป็นบ๊ัก ถ้าค่า duty ratio มีค่าสูงกว่า 0.50 วงจรเอชซีซีอปเปอร์จะมีสถานะที่เป็นบูสต์ และถ้าค่า duty ratio มีค่าเท่ากับ 0.50 วงจรเอชซีซีอปเปอร์จะมีสถานะที่ไม่เป็นทั้งบ๊ักและบูสต์ โดยที่ค่า duty ratio จะมีค่าตั้งแต่ 0 - 1

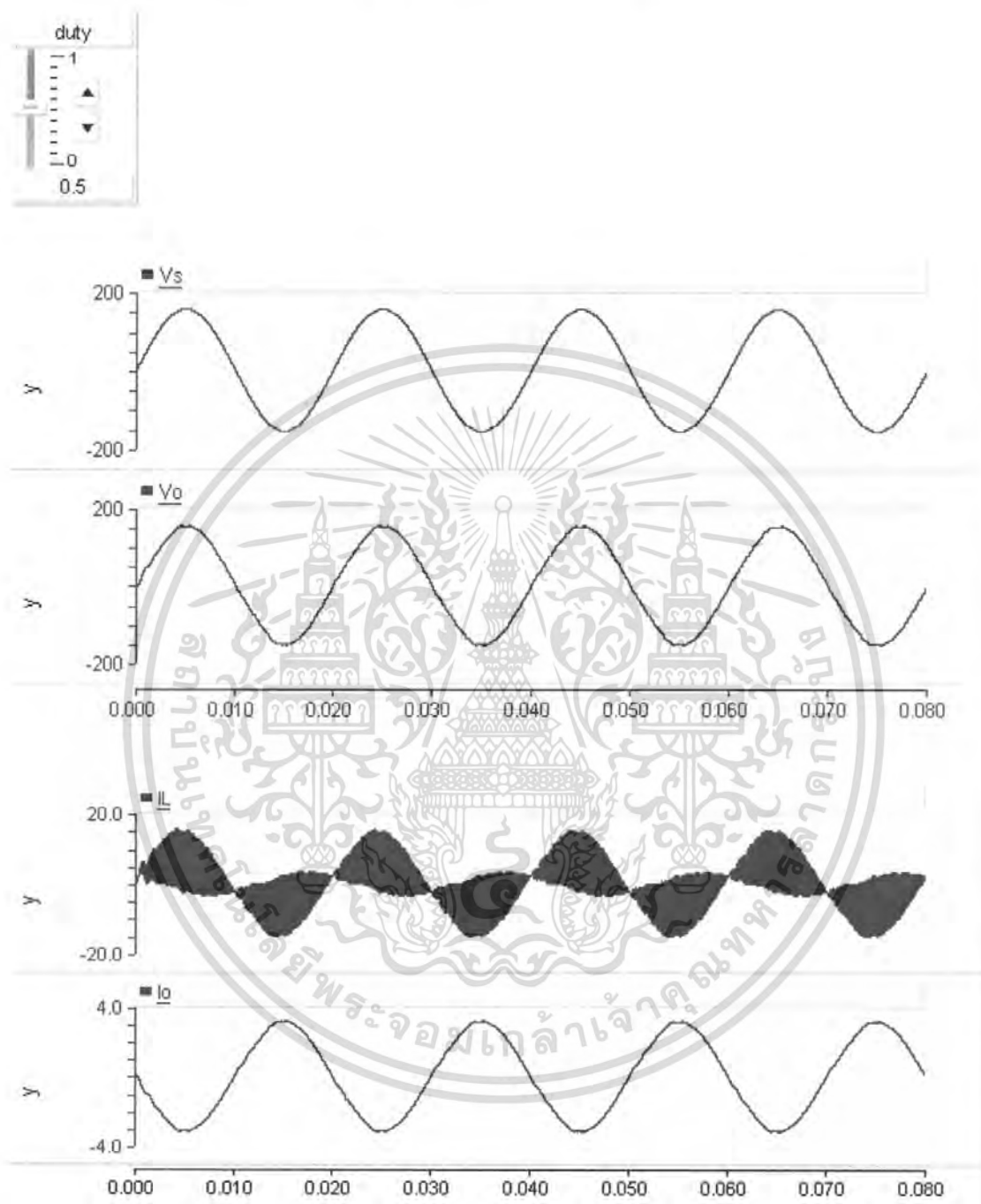
ผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.4 สถานะที่เป็นบั๊ก



รูปที่ 3.12 รูปคลื่นแรงดัน V_o , V_s , V_{o1} และรูปคลื่นกระแส i_L , i_o ที่ duty ratio = 0.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

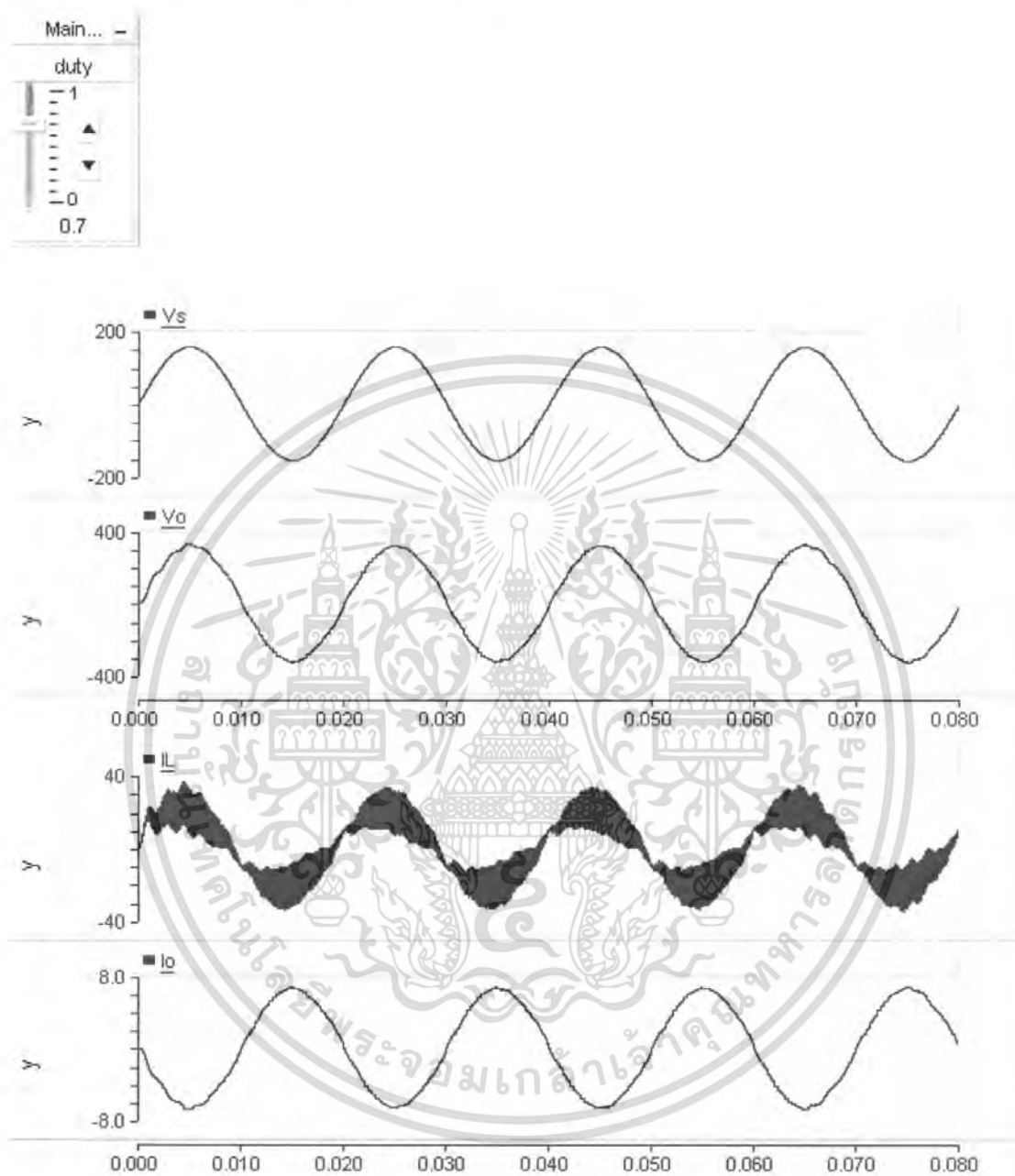
ผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.5 สถานะที่ไม่เป็นทั้งบิกและบูสต์



รูปที่ 3.13 รูปคลื่นแรงดัน V_o , V_s , V_o1 และรูปคลื่นกระแส i_L , i_o ที่ duty ratio = 0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.7 สถานะที่เป็นบวมสุด

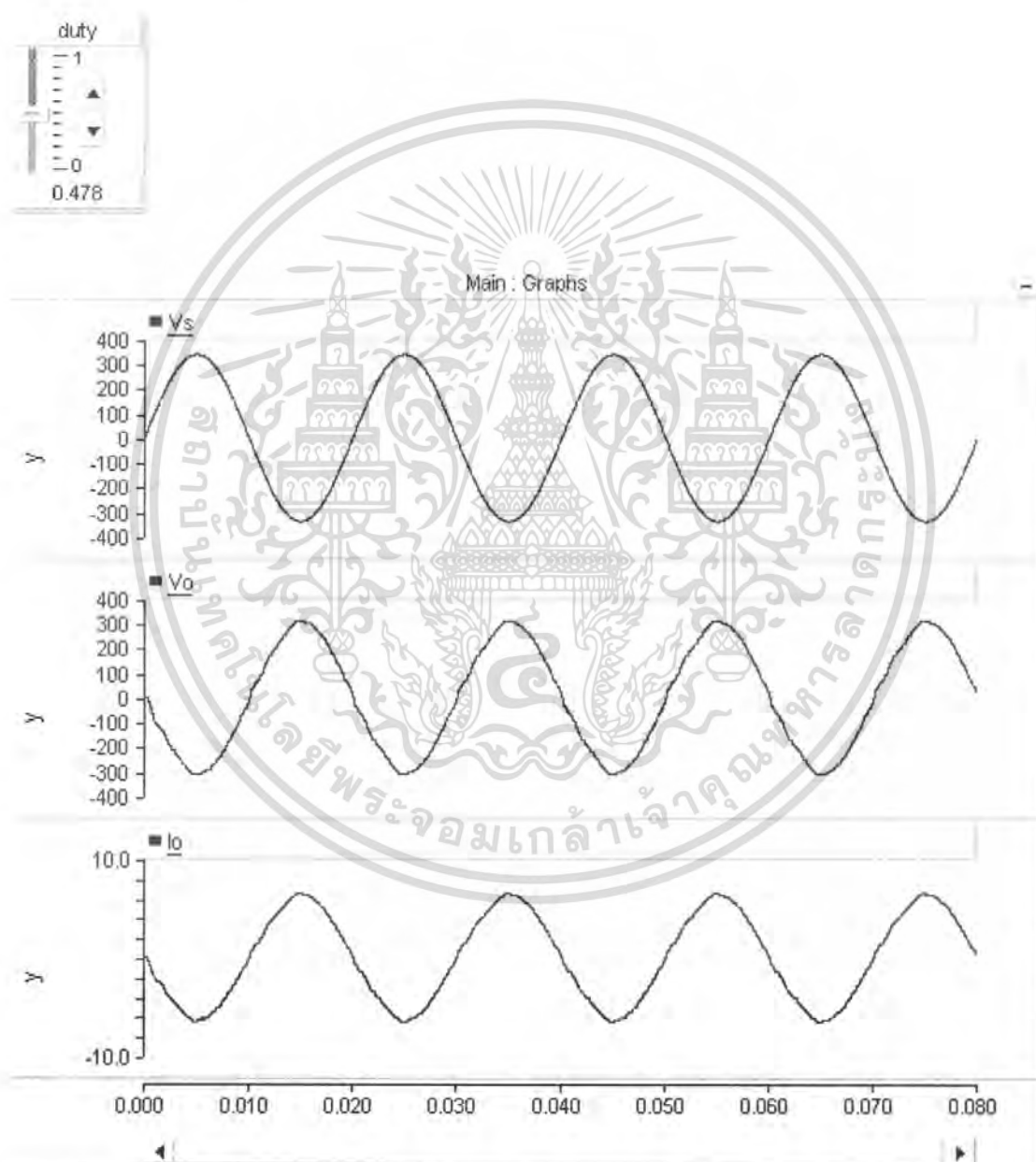


รูปที่ 3.14 รูปคลื่นแรงดัน V_o , V_s , V_o1 และรูปคลื่นกระแส i_L , i_o ที่ duty ratio = 0.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

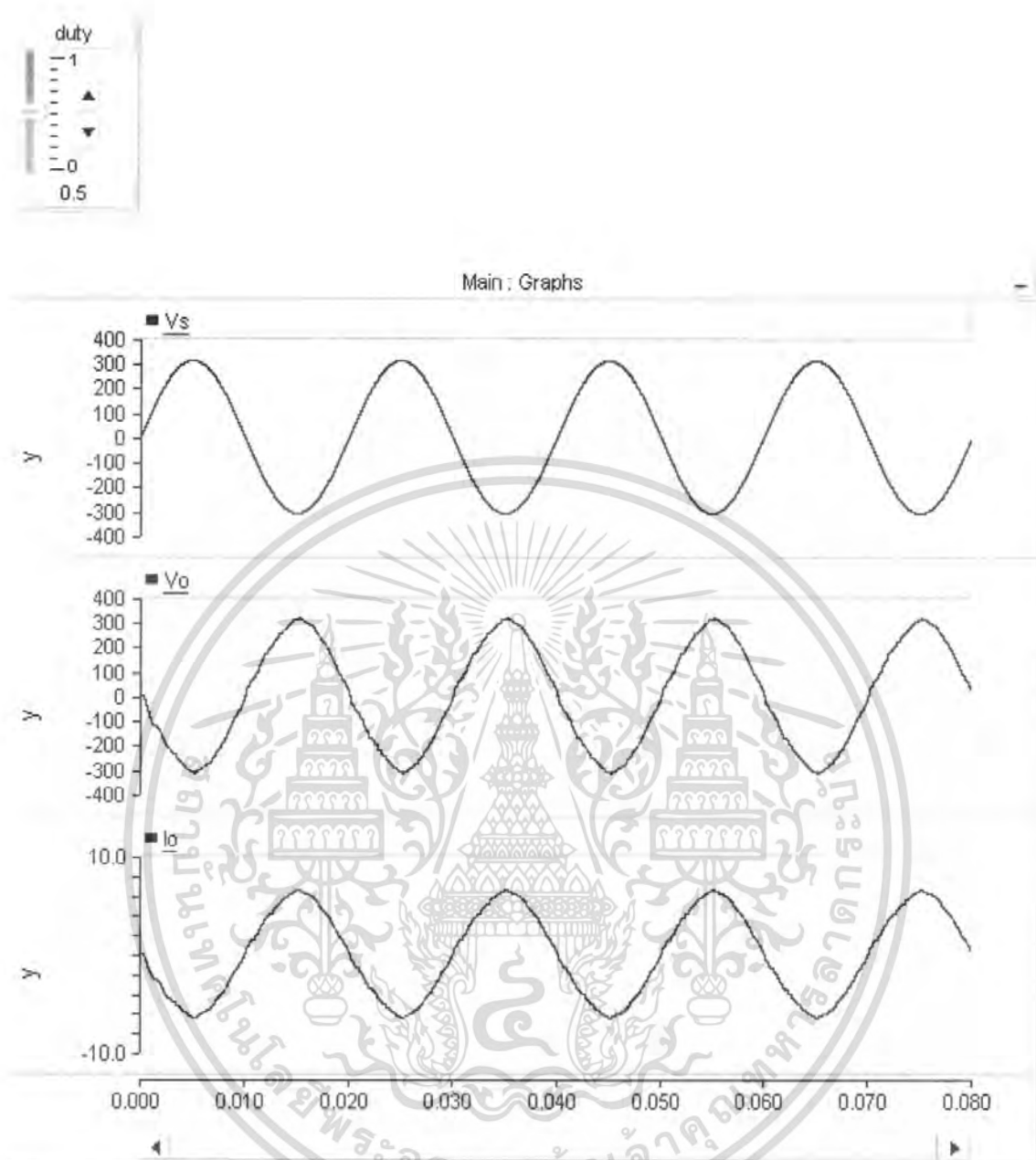
3.2.5.2 ผลการตอบสนองในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทาน

โดยที่ในการจำลองโหลดที่ใช้เป็นตัวต้านทานเพียงอย่างเดียว ซึ่งค่าความต้านทานที่ใช้มีค่าเท่ากับ 48Ω โดยในรูปที่ 3.15 แสดงผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.478 สถานะที่เป็นบ๊ิก รูปที่ 3.16 แสดงผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.5 สถานะที่ไม่เป็นทั้งบ๊ิกและบูสต์ รูปที่ 3.17 แสดงผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.588 สถานะที่เป็นบูสต์



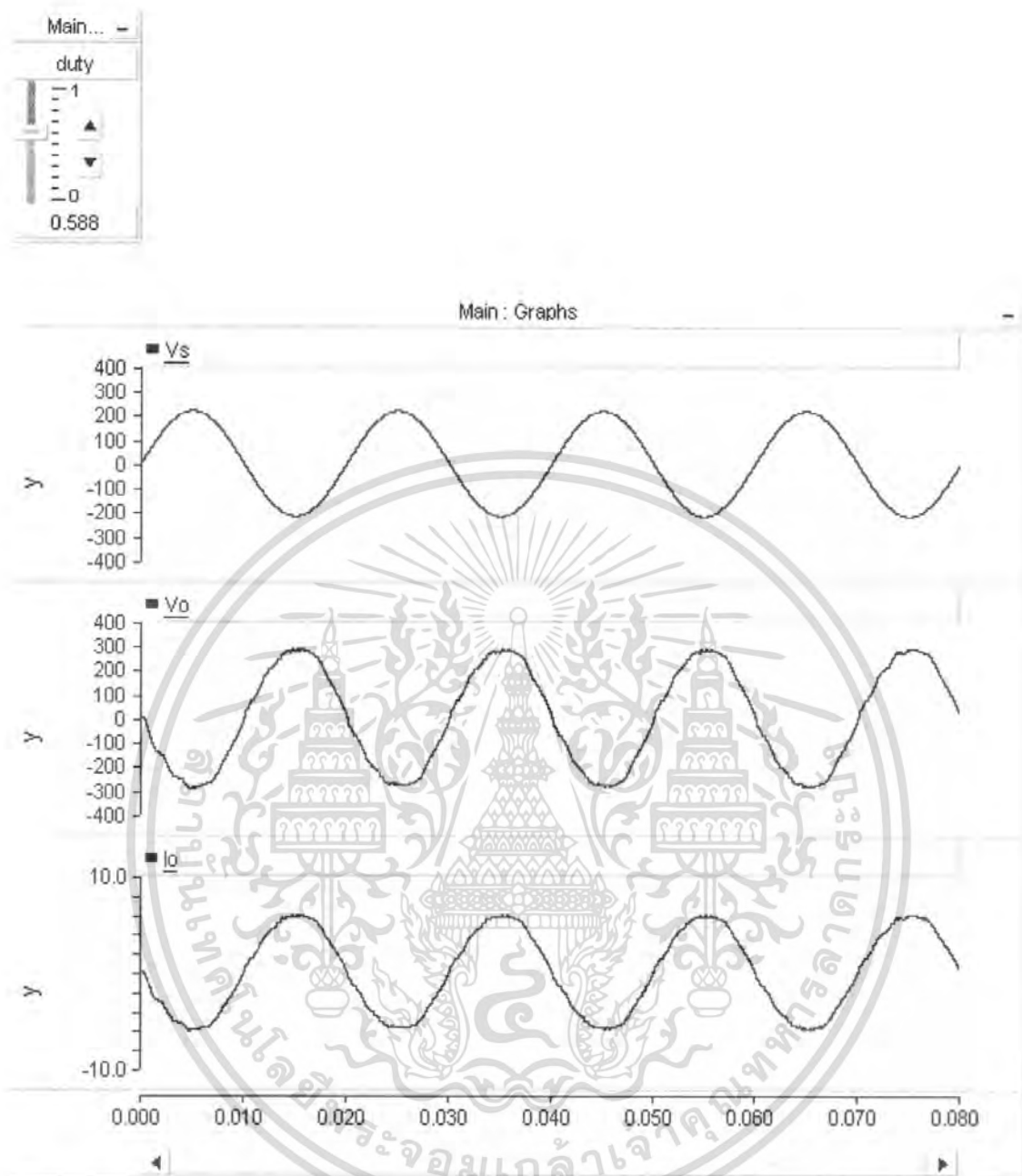
รูปที่ 3.15 ผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.478

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 ผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

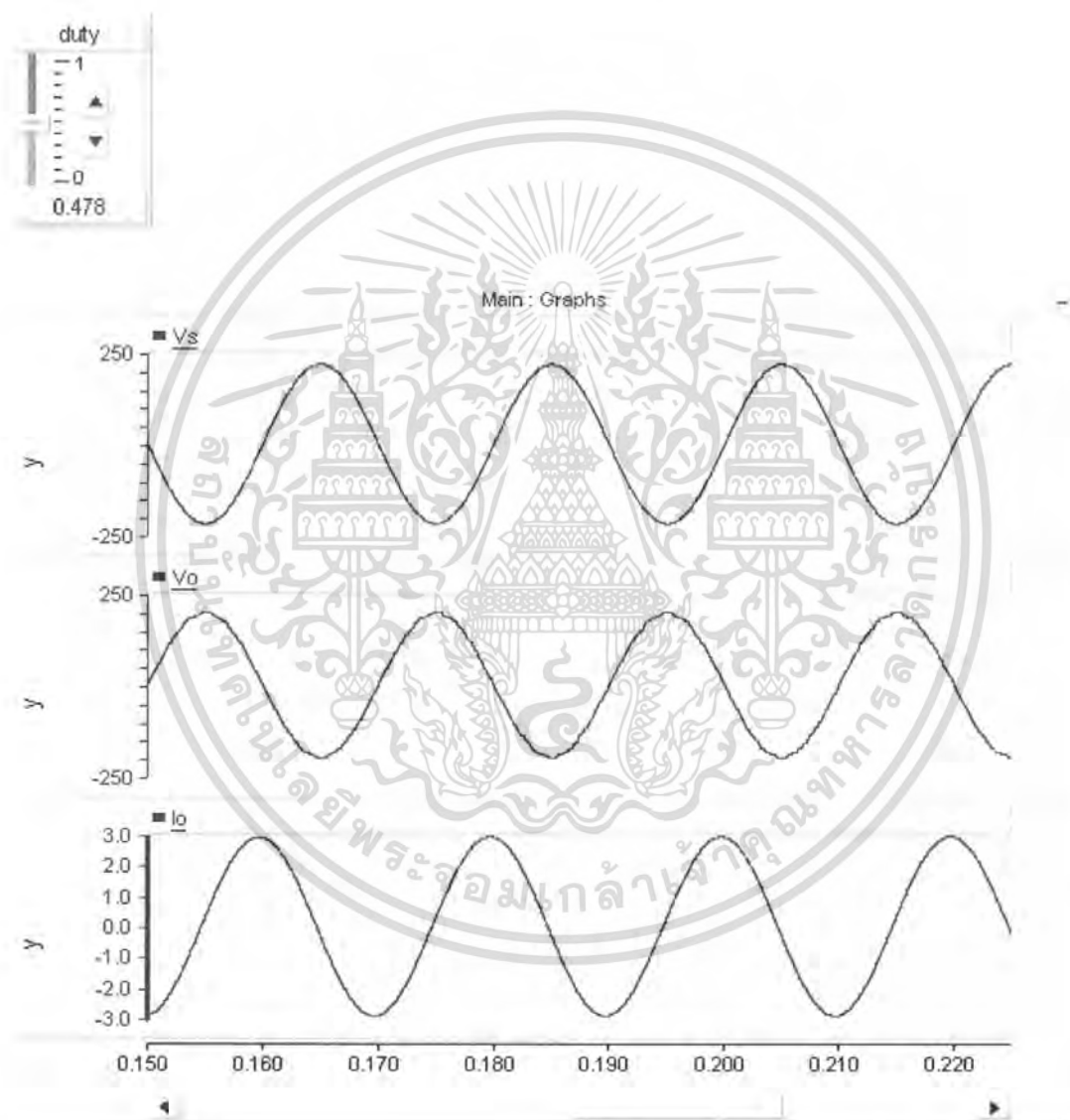


รูปที่ 3.17 ผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.588

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

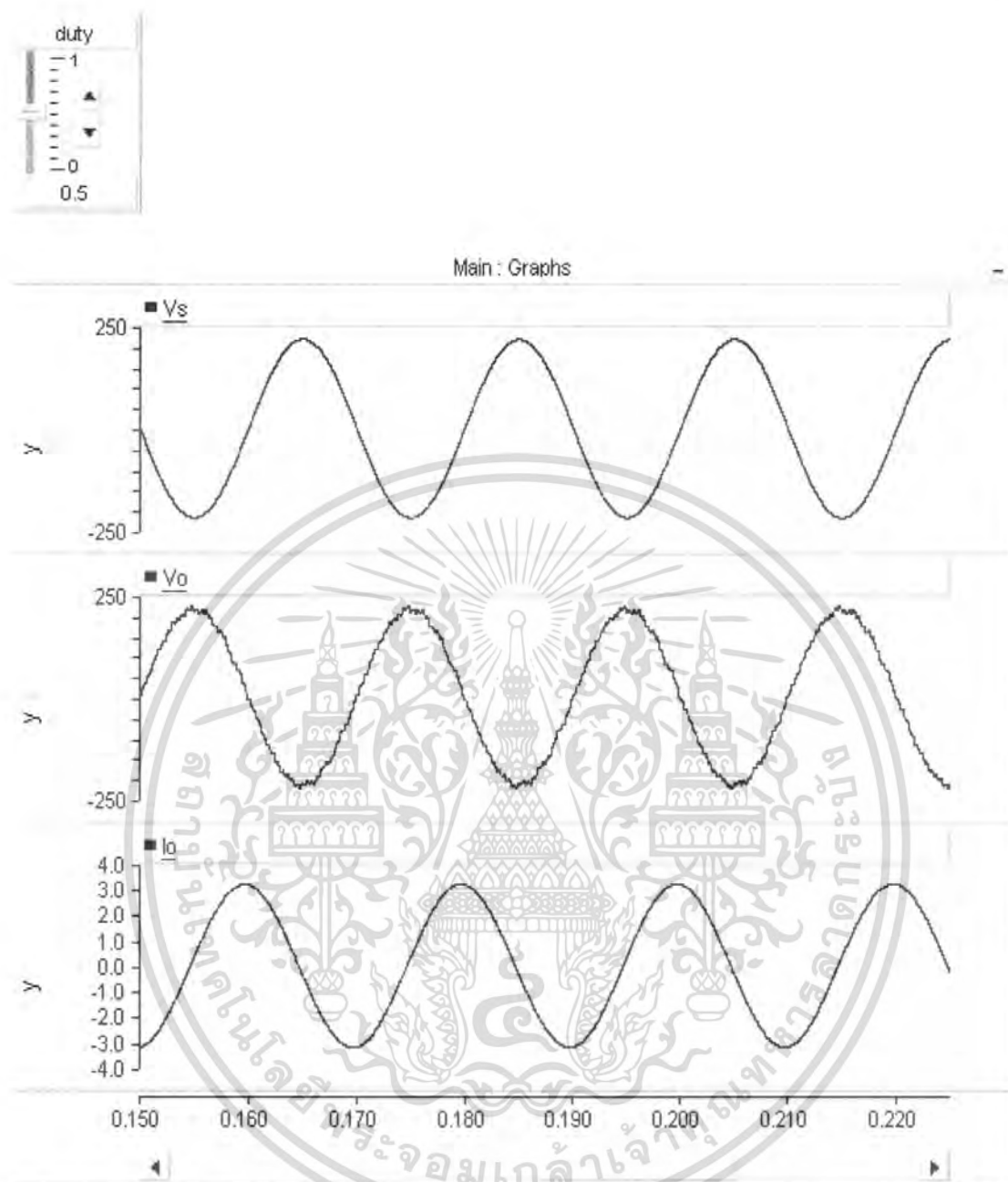
3.2.5.3 ผลการตอบสนองในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ

โดยที่ในการจำลองโหลดที่ใช้เป็นตัวต้านทานเพียงอย่างเดียว ซึ่งค่าความต้านทานที่ใช้มีค่าเท่ากับ 6.84Ω และตัวเหนี่ยวนำใช้ค่าเท่ากับ 0.214 H โดยในรูปที่ 3.18 แสดงผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.478 สถานะที่เป็นบ๊ัก รูปที่ 3.19 แสดงผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.5 สถานะที่ไม่เป็นทั้งบ๊ักและบูสต์ รูปที่ 3.20 แสดงผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.588 สถานะที่เป็นบูสต์



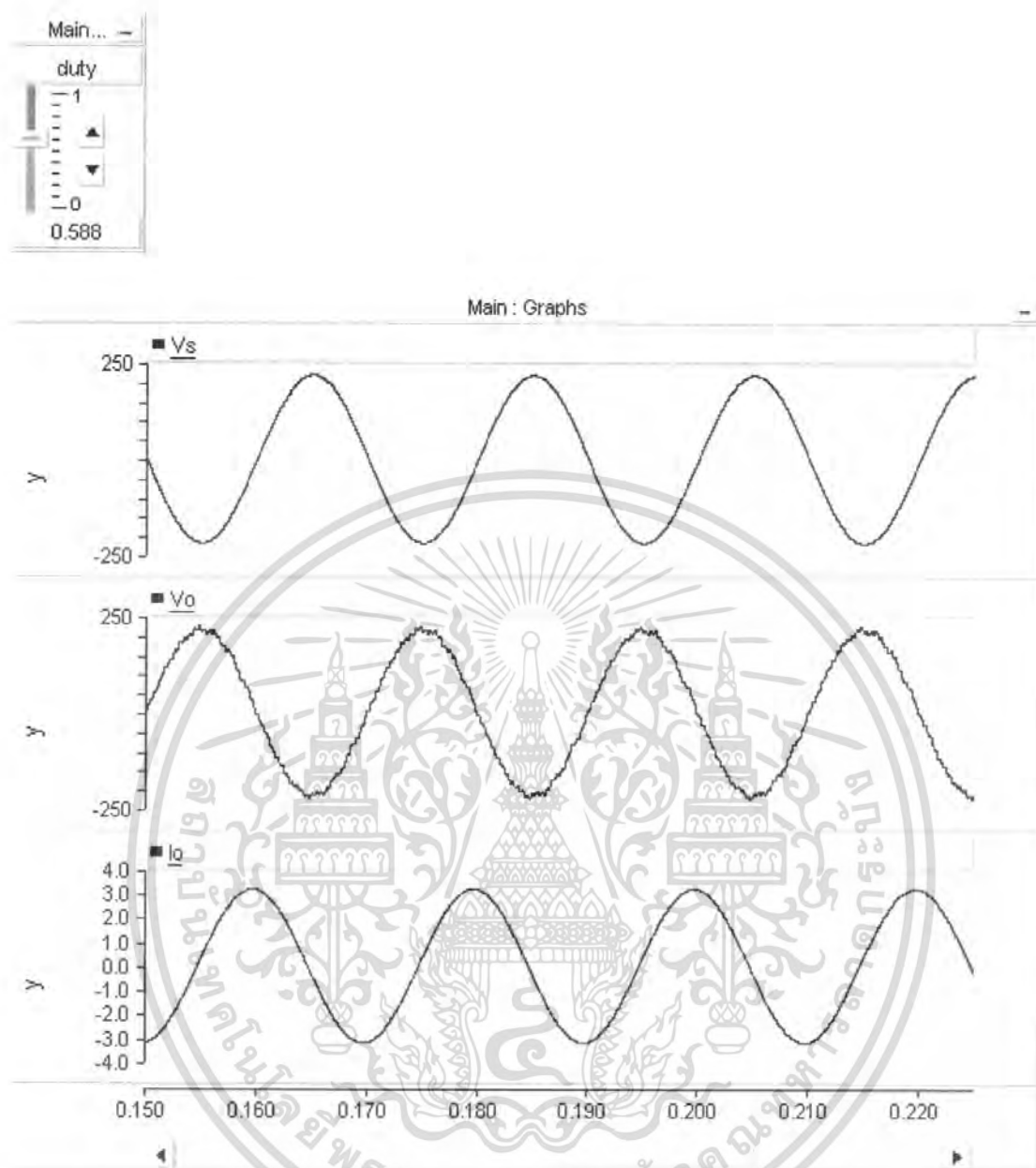
รูปที่ 3.18 ผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.478

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 ผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

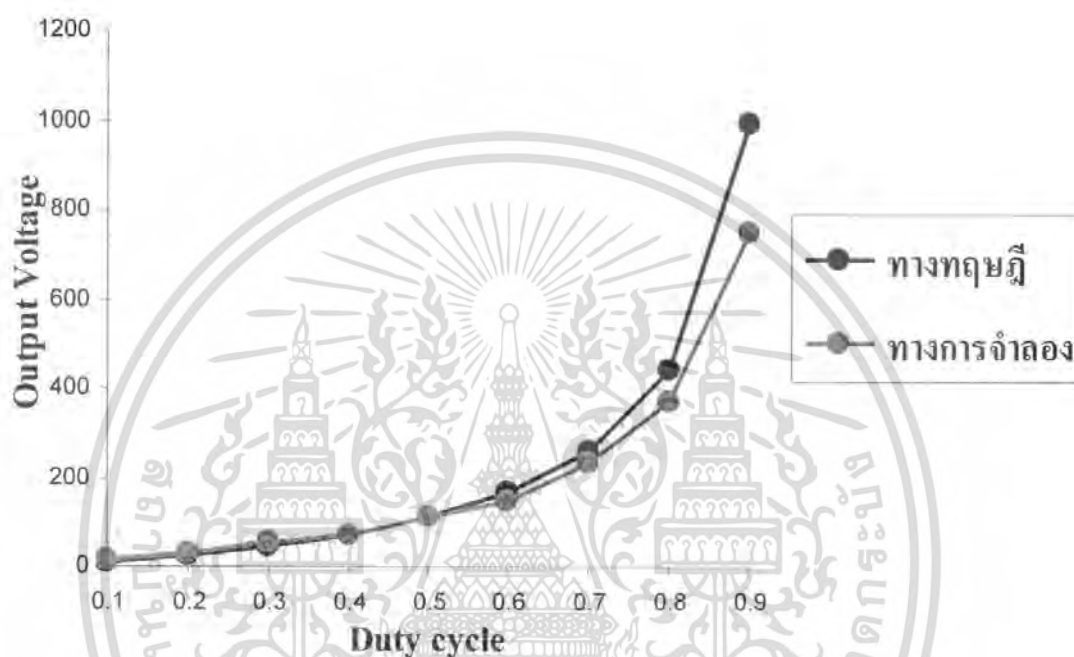


รูปที่ 3.20 ผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.588

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 สรุปผลการจำลองระบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

รูปที่ 3.21 เป็นรูปภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าขาออกกับค่าของ duty ratio ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบระหว่างค่าทางทฤษฎีและค่าที่ได้จากการจำลอง กล่าวคือถ้าค่า duty ratio มาก ค่าแรงดันไฟฟ้าขาออกที่ได้ก็จะมีค่ามาก แต่ถ้าค่าของ duty ratio มีค่าน้อยค่าแรงดันขาออกที่ได้ก็จะมีค่าน้อย



รูปที่ 3.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันขาออกกับค่าของ duty ratio ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบระหว่างค่าทางทฤษฎีและค่าที่ได้จากการจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ออกแบบการทดลองและผลการทดลอง

4.1 บทนำ

ปฏิยานิพนธ์ในบทนี้แสดงให้เห็นผลการทดลองของวงจรเอชซีซีโอพีเปอร์แบบบีก-บูสต์เฟสเดียว เพื่อหาค่าความสัมพันธ์ต่างๆ ของวงจรเอชซีซีโอพีเปอร์แบบบีก-บูสต์เฟสเดียว เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างค่า duty ratio กับค่าของแรงดันด้านขาออก ค่าประสิทธิภาพ เป็นต้น ซึ่งได้ทำการทดลองในส่วนของการควบคุมแรงดันแบบที่ไม่มีกร็องกลับ เพื่อที่จะนำผลการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการจำลอง โดยหัวข้อที่ทำการทดลองและเปรียบเทียบคือ ผลตอบสนอง ผลการตอบสนองในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทาน และผลการตอบสนองในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ

ในส่วนของการออกแบบการทดลองได้ทำการออกแบบในส่วนของวงจรควบคุมสวิตช์ IGBT ซึ่งประกอบไปด้วย วงจรสร้างสัญญาณ PWM , วงจรตรวจจับจุดผ่านศูนย์ (zero crossing) , วงจรประวิงเวลา (deadtime) , วงจรรวมสัญญาณ และวงจรขับนำ

4.2 การทดลองวงจรเอชซีซีโอพีเปอร์แบบบีก-บูสต์เฟสเดียว

โดยในการทดลองวงจรเอชซีซีโอพีเปอร์นี้ วงจรเอชซีซีโอพีเปอร์ที่ใช้ในปฏิยานิพนธ์นี้เป็นวงจรเอชซีซีโอพีเปอร์แบบบีก-บูสต์เฟสเดียว ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 4.1 โดยได้ใช้ค่าพารามิเตอร์ดังข้างล่างนี้ มาทำการทดลอง

ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

ส่วนของวงจร AC Chopper

Supply voltage 220 V rms AC 50 Hz

Switching frequency 15.4 kHz

C Snubber 0.2 μ F

L Storage 0.3 mH

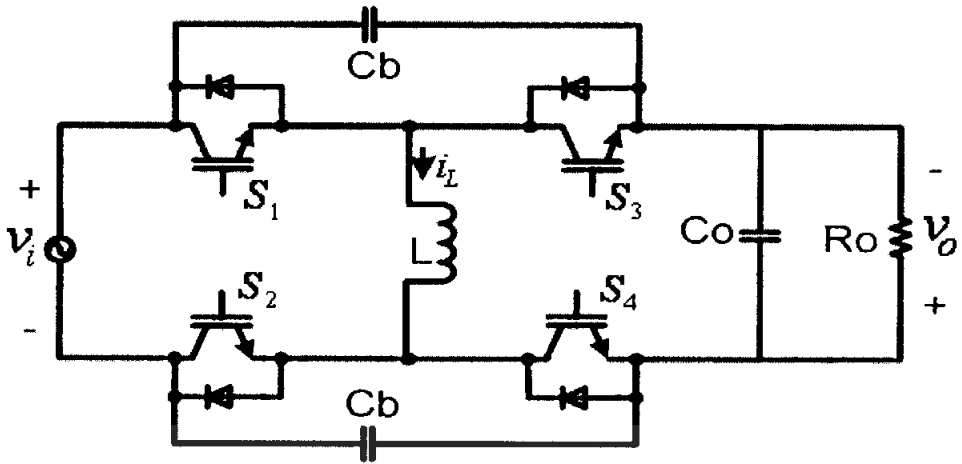
ส่วนของ Load-side low pass filter

Lf 0.5 mH

Cf 10,15 μ F

Load Output 48.4 ohm

และวงจรส่วนประกอบที่ใช้ในการทดลอง แบ่งได้เป็นวงจรต่างๆ ดังนี้

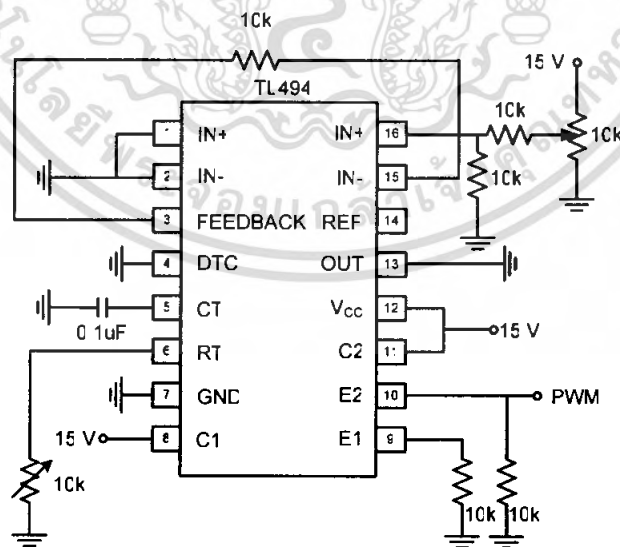


รูปที่ 4.1 วงจรเอชซีซีอปเปอร์แบบบัค-บูสต์เฟสเดียวที่ใช้ในการทดลอง

4.2.1 วงจร Control

4.2.1.1 วงจรสร้างสัญญาณ PWM

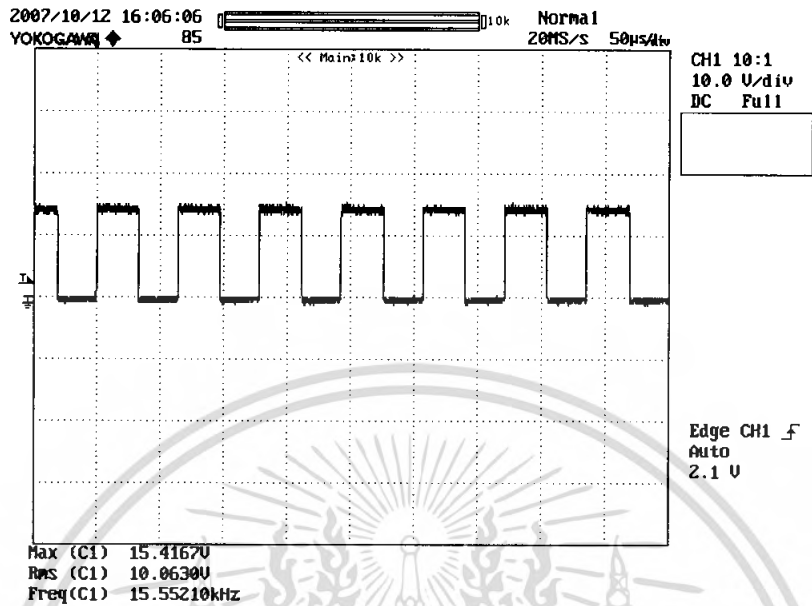
เป็นวงจรที่ใช้สร้างสัญญาณ PWM ที่มีความถี่คงที่ แต่สามารถปรับค่า duty ratio ได้ ความถี่ที่ใช้ในการทดลองนี้คือ 15.4 kHz และ IC ที่ใช้ในการทดลองเป็น IC เบอร์ TL494 สามารถปรับความถี่ได้ด้วย การปรับค่าความถี่ RC Oscillator ที่ขา 5,6 และปรับค่า duty ratio ที่ขา 3,15,16 โดยการปรับเปลี่ยนค่าความต้านทาน โดยรูปที่ 4.2 แสดงรูปวงจรที่ใช้ในการทดลอง และรูปที่ 4.3 แสดงรูปคลื่นที่ได้จากการทดลอง



รูปที่ 4.2 วงจรสร้างสัญญาณ PWM ที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

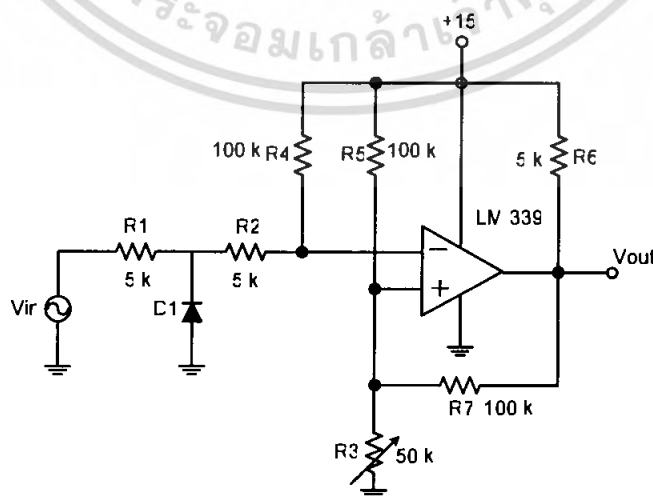
รูปคลื่นสัญญาณที่ได้จากวงจรมีค่าความถี่เท่ากับ 15.5521 kHz ซึ่งในการจำลองใช้ที่ 15.4 kHz และมีค่าแรงดันเฉลี่ยประมาณ 10 V. ซึ่งแสดงไว้ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 รูปคลื่นของสัญญาณ PWM ที่ได้จากการทดลอง

4.2.1.2 วงจรตรวจจับจุดผ่านศูนย์ (zero crossing)

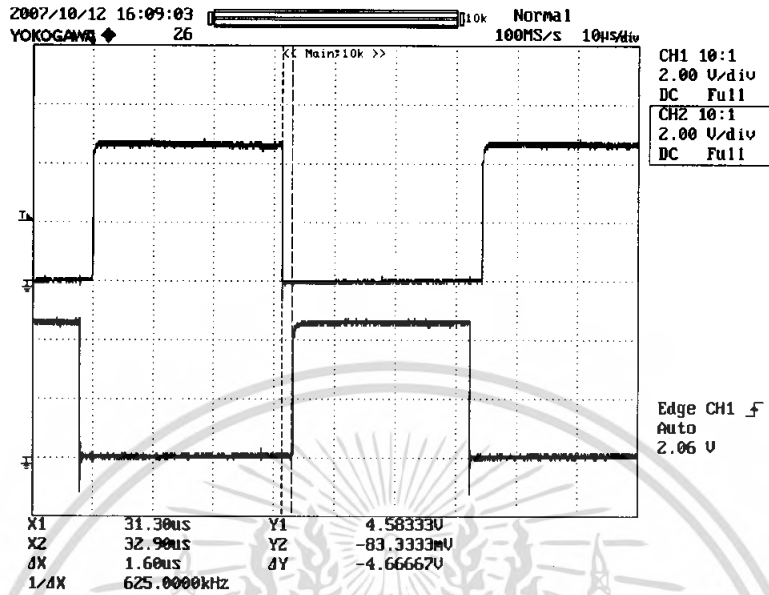
เป็นวงจรที่ใช้ตรวจจับจุดผ่านศูนย์ของรูปคลื่นไซน์ ซึ่งรูปคลื่นสัญญาณที่ได้จะเป็นรูปคลื่นสัญญาณสี่เหลี่ยม ซึ่งตรงจุดศูนย์ของรูปคลื่นสี่เหลี่ยมจะเป็นตำแหน่งเดียวกับจุดศูนย์ของรูปคลื่นไซน์ IC ที่ใช้ในการทดลองได้ใช้ IC เบอร์ LM339 ป้อนสัญญาณ sine ที่แรงดัน 18 V สามารถปรับขอบของสัญญาณให้จุดศูนย์อยู่ตรงกับจุดศูนย์ของรูปคลื่นสัญญาณ sine โดยการปรับค่าความต้านทาน R3 โดยในรูปที่ 4.4 แสดงวงจรที่ใช้ในการทดลอง รูปที่ 4.5 แสดงรูปคลื่นที่ได้จากการทดลอง



รูปที่ 4.4 วงจรตรวจจับจุดผ่านศูนย์ที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

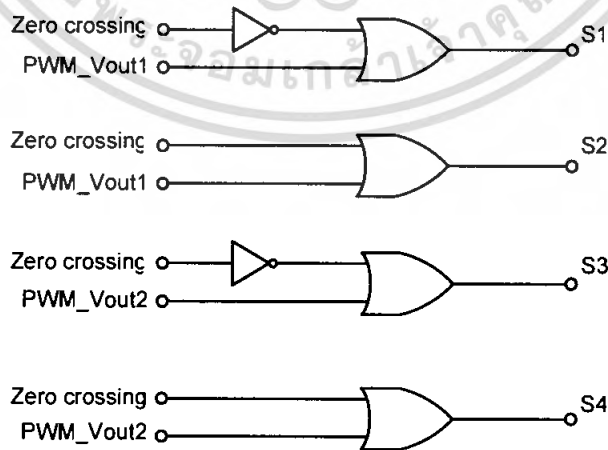
สัญญาณที่ออกมา 2 สัญญาณนั้นจะมีค่าของการ on , off ไม่ตรงกัน ซึ่งในการจำลองตั้งค่า deadtime ไว้ที่ 1.5 μ s แต่จากการทดลองจริงปรับไว้ที่ 1.6 μ s



รูปที่ 4.7 รูปคลื่นของวงจรประวิงเวลาที่ได้จากการทดลอง

4.2.1.4 วงจรรวมสัญญาณ

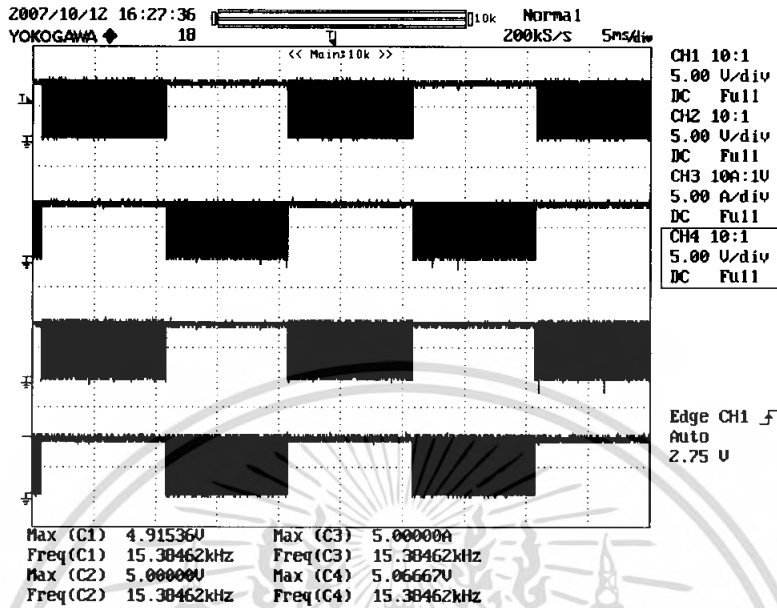
เป็นวงจรที่ใช้รวมสัญญาณ PWM ที่ผ่านชุดวงจรประวิงเวลากับสัญญาณที่ได้จากการตรวจจับจุดผ่านศูนย์ ก่อนที่จะนำไปเข้าชุดขับนำ โดยใช้ IC เบอร์ 74LS04 และ เบอร์ 74LS32 ในการรวมสัญญาณ เพื่อให้ได้สัญญาณออกมา 4 สัญญาณเพื่อที่นำไปเข้าวงจรขับในลำดับต่อไป ในรูปที่ 4.8 รูปวงจรที่ใช้ในการทดลอง และรูปที่ 4.9 แสดงรูปคลื่นที่ได้จากการทดลอง



รูปที่ 4.8 วงจรรวมสัญญาณที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

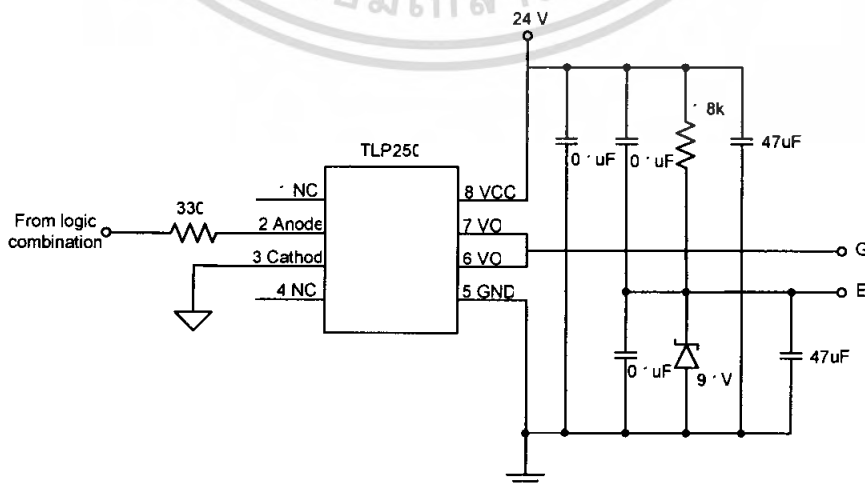
สัญญาณที่ได้จะมี 4 สัญญาณด้วยกัน ซึ่ง S1 และ S3 ต้องไม่ on พร้อมกัน และ S2 และ S4 ต้องไม่ on พร้อมกัน และมีค่าแรงดันสูงสุดเท่ากับ 5 V



รูปที่ 4.9 รูปคลื่นสัญญาณของวงจรรวมสัญญาณที่ได้จากการทดลอง

4.2.1.5 วงจรขับนำ

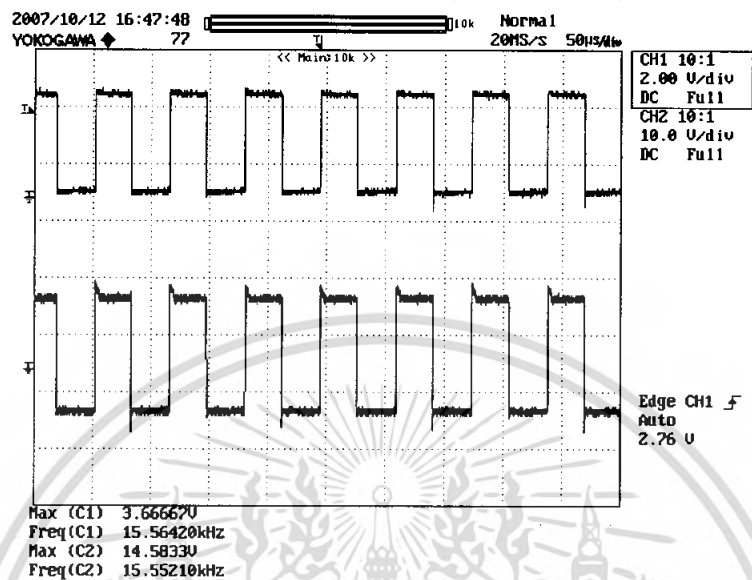
เป็นวงจรที่ใช้แยกกราวด์ของวงจรควบคุมกับกราวด์ของวงจรถูกกำลังและใช้ในการรักษา ระดับแรงดันของสัญญาณขับเกท เพื่อให้เพียวพอดต่อการทำให้ IGBT สามารถทำงานได้ตลอด ช่วงเวลาการ ON ซึ่งในปริภูมิงานนี้ได้ใช้ IC เบอร์ TLP250 เพื่อใช้ในการขับสวิตช์ ซึ่งต้อง ต่อวงจรนี้เป็นจำนวน 4 ชุดด้วยกันเพื่อขับสวิตช์ 4 ตัว โดยรูปที่ 4.10 แสดงรูปวงจรที่ใช้ในการ ทดลอง และรูปที่ 4.11 แสดงรูปคลื่นที่ได้จากการทดลอง



รูปที่ 4.10 วงจรขับนำที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

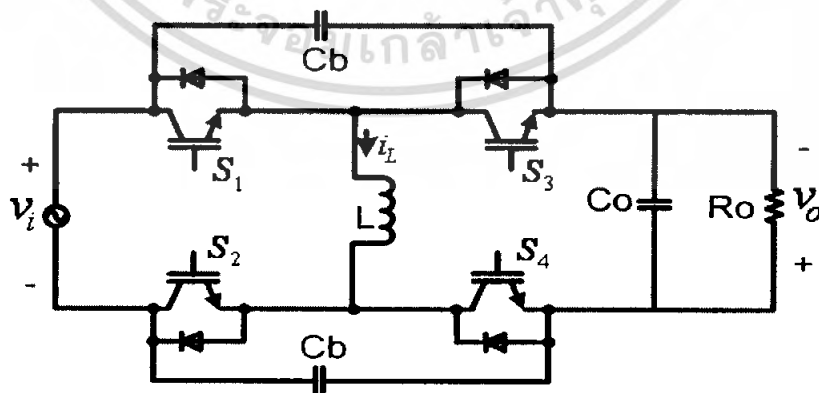
จากรูปที่ 4.11 สัญญาณด้านบนเป็นสัญญาณก่อนเข้าวงจรขับนำซึ่งมีแรงดันเป็นบวกที่ประมาณ 3.66 V และสัญญาณด้านล่างเป็นสัญญาณที่ออกจากวงจรขับนำซึ่งจะต้องมีแรงดันบวกประมาณ 15 V และแรงดันลบที่ประมาณ 9V



รูปที่ 4.11 รูปคลื่นสัญญาณ input และ output ของวงจรขับนำที่ได้จากการทดลอง

4.2.2 วงจรกำลัง

ดังแสดงในรูปที่ 4.12 ซึ่งในวงจรกำลังจะประกอบไปด้วย IGBT ที่ใช้ในสวิตช์ทั้ง 4 ตัว และได้ต่อเป็นวงจรเอชซีซีอปเปอร์แบบบีก-บูสต์เฟสเดียว โดยที่ทางด้านขาออกของวงจรเอชซีซีอปเปอร์มีวงจรกรองผ่านความถี่ต่ำแบบใช้ LC ต่อคร่อมอยู่ เพื่อกรองเอาค่าความถี่ฮาร์มอนิกส์ออกให้เหลือเพียงความถี่มูลฐาน



รูปที่ 4.12 วงจรกำลังของเอชซีซีอปเปอร์แบบบีก-บูสต์เฟสเดียวที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยในการทดลองการทำงานของวงจรเอชซีซีโอพีเปอร์แบบบีก-บูสต์เฟสเดียว ให้ค่าของแรงดันไฟฟ้าด้านขาเข้าเป็น 220 V ค่าความถี่ของการสวิตช์เท่ากับ 15.4 kHz โดยหัวข้อที่ได้ทำการทดลอง คือ ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า duty ratio กับ ค่าของแรงดันไฟฟ้าด้านขาออก

4.3 การทดลองการควบคุมแรงดันเอชซีซีโอพีเปอร์แบบบีก-บูสต์เฟสเดียวแบบไม่มีการป้อนกลับ

การทดลองควบคุมแรงดันเอชซีซีโอพีเปอร์แบบบีก-บูสต์เฟสเดียวแบบไม่มีการป้อนกลับ ในการทดลองนี้ได้นำวงจรการสร้างสัญญาณตามรูปที่ 4.13 และค่าพารามิเตอร์ดังนี้ทำการทดลอง

ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

ส่วนของวงจร AC Chopper

Supply voltage 220 V rms AC 50 Hz

Switching frequency 15.4 kHz

C Snubber 0.2 μ F

L Storage 0.3 mH

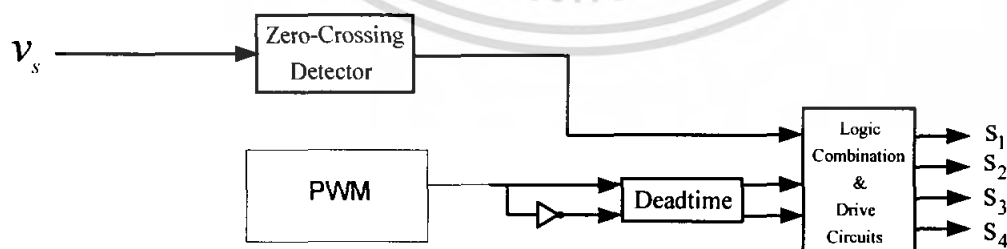
ส่วนของ Load-side low pass filter

Lf 0.5 mH

Cf 22,22 μ F

Load Output 48.4 ohm

โดยที่ในการทดลองนี้ไม่มีการควบคุมค่าของแรงดันไฟฟ้าด้านขาออกของเอชซีซีโอพีเปอร์แบบบีก-บูสต์เฟสเดียว โดยที่ในส่วนของผลการตอบสนองได้ทำการทดลองทั้งกรณีทีโหลดเป็นตัวต้านทานและโหลดที่เป็นตัวต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ ได้ทำการทดลองต่างๆ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.13 วงจรสร้างสัญญาณในการทดลองแบบไม่มีการป้อนกลับ

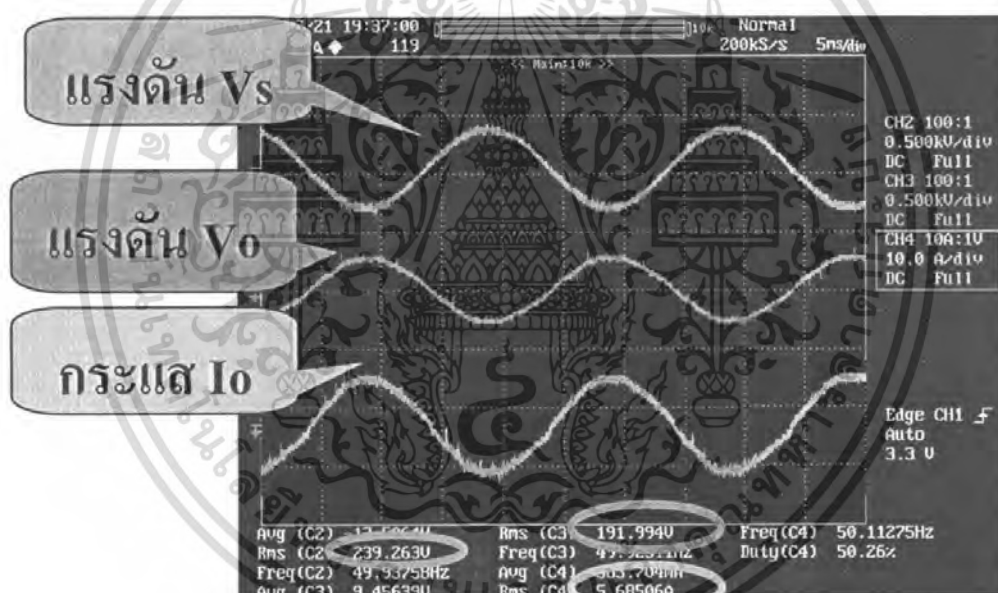
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 ผลการตอบสนองในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทาน

โดยที่ในการทดลองนี้โหลดที่ใช้เป็นตัวต้านทานเพียงอย่างเดียว ซึ่งโหลดที่ใช้เป็นหลอดไฟ 1,000 W เมื่อต้องการแปลงแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้าให้ค่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาออกมีขนาดลดลง แสดงในรูปที่ 4.14 แสดงผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.478 สถานะที่เป็นบั๊ก

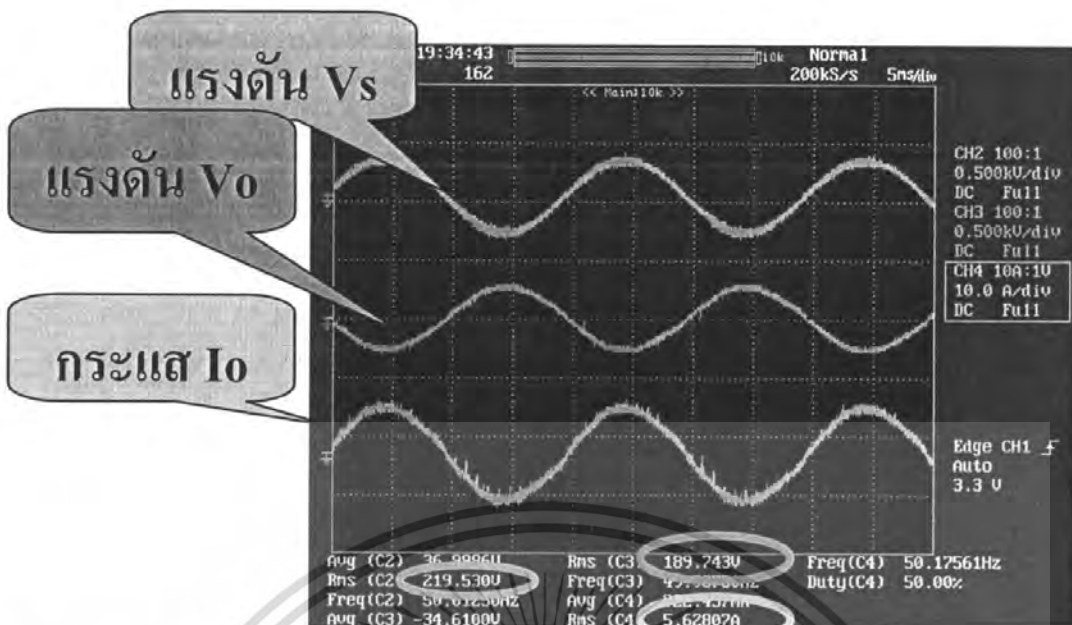
เมื่อต้องการรักษาแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้าให้มีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาออก แสดงในรูปที่ 4.15 แสดงผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.5 สถานะที่ไม่เป็นทั้งบั๊กและบูสต์

เมื่อต้องการแปลงแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้าให้ค่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาออกมีขนาดเพิ่มขึ้น แสดงในรูปที่ 4.16 แสดงผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.588 สถานะที่เป็นบูสต์

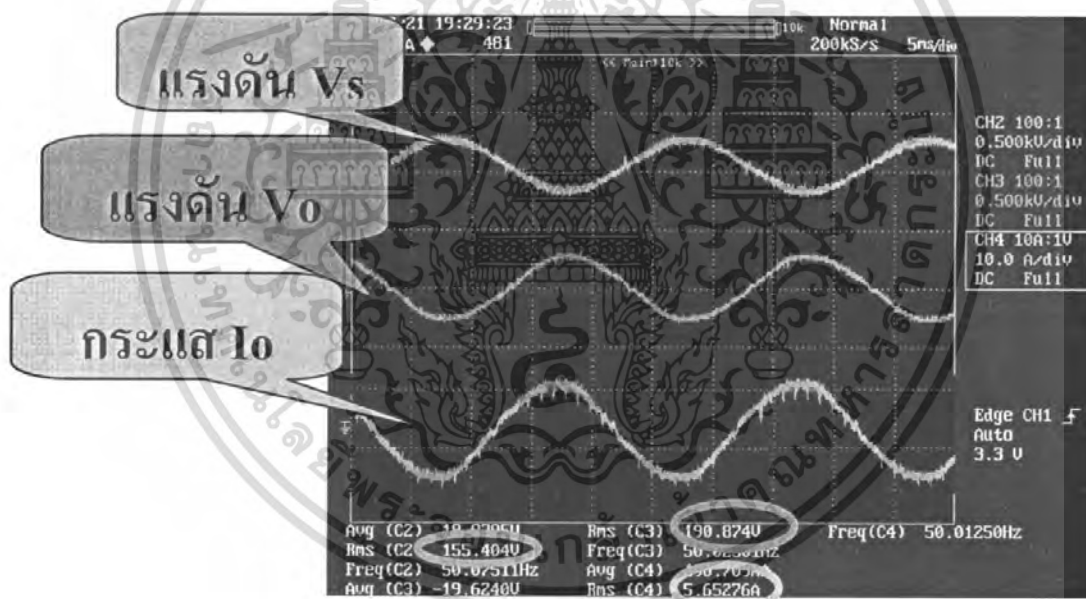


รูปที่ 4.14 ผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.478 สถานะที่เป็นบั๊ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 ผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.5 สถานะที่ไม่เป็นทั้งบ๊ิกและบูสต์



รูปที่ 4.16 ผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.588 สถานะที่เป็นบูสต์

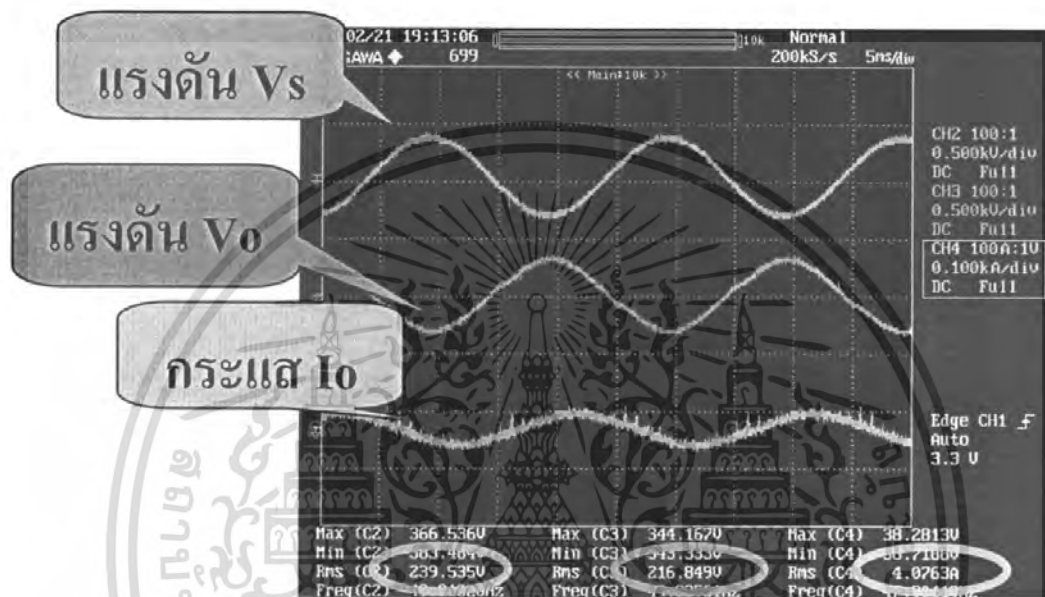
4.3.2 ผลการตอบสนองในกรณีที่โหลดเป็นตัวต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ

โดยที่ในการทดลองนี้โหลดที่ใช้เป็นตัวต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งโหลดที่ใช้เป็นโหลดไฟกับตัวเหนี่ยวนำอนุกรมกัน ซึ่งโหลดหลอดไฟที่ใช้คือ 1,000 W และตัวเหนี่ยวนำที่ใช้มีค่าเท่ากับ เมื่อต้องการแปลงแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้าให้ค่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาออกมีขนาดลดลง แสดงในรูปที่ 4.17 แสดงผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.478 สถานะที่เป็นบ๊ิก

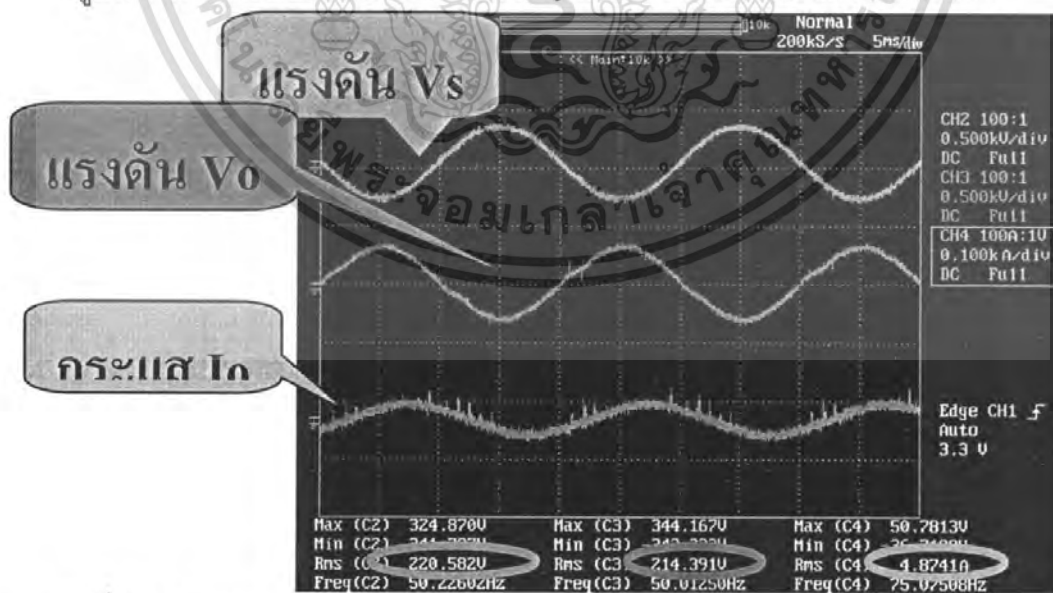
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อต้องการรักษาแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้าให้มีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาออก แสดงในรูปที่ 4.18 แสดงผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.5 สถานะที่ไม่เป็นทั้ง บั๊กและบูสต์

เมื่อต้องการแปลงแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้าให้ค่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาออกมีขนาด เพิ่มขึ้น แสดงในรูปที่ 4.19 แสดงผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.588 สถานะที่เป็นบูสต์

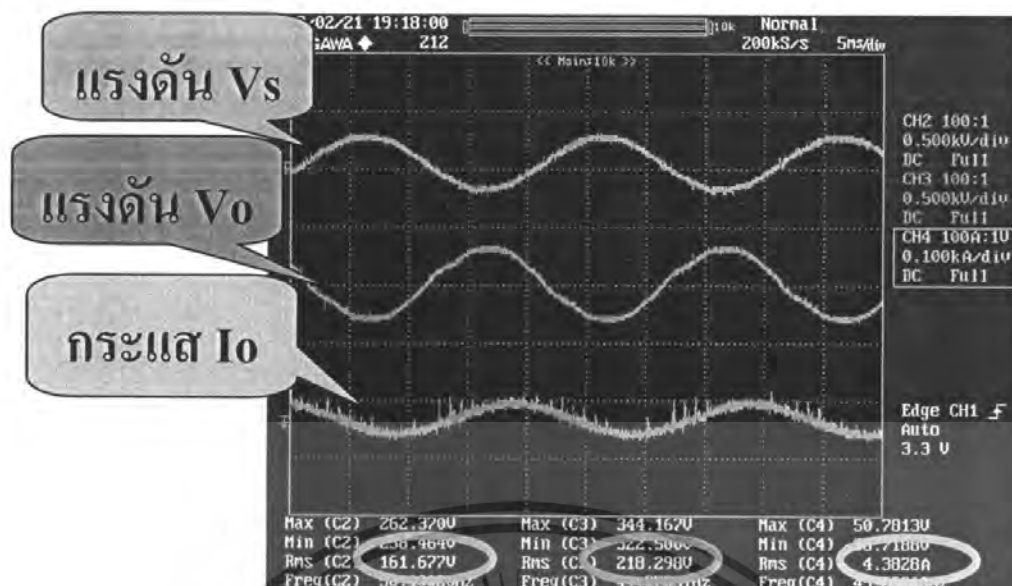


รูปที่ 4.17 ผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.478 สถานะที่เป็นบั๊ก



รูปที่ 4.18 ผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.5 สถานะที่ไม่เป็นทั้งบั๊ก และบูสต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 ผลการตอบสนองเมื่อผลที่ duty ratio เท่ากับ 0.588 สถานะที่เป็นบวสต์

4.4 วิจัยรณผลการทดลอง

จากการทดลองวงจรเอชซีซีอปเปอร์แบบบัก-บวสต์เฟสเดียวในช่วงการทำงานต่างๆ และทดลองใช้กับโหลดที่เป็นตัวต้านทาน(R) และตัวต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ (R , L) พบว่าในช่วงบัก และ บัก-บวสต์ ของทั้งโหลดความต้านทาน(R) และตัวต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ (R , L) รูปคลื่นแรงดันและรูปคลื่นกระแสขาออกค่อนข้างจะใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการจำลอง แต่อาจจะมีปัญหาในด้านแรงดันตกไปตกที่โหลดตัวต้านทาน ส่วนในช่วงบวสต์ของทั้งโหลดความต้านทาน(R) และตัวต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ (R , L) รูปคลื่นแรงดันและรูปคลื่นกระแสขาออกค่อนข้างจะมีค่าผิดเพี้ยนไปจากรูปคลื่นไซน์เล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุปและเสนอแนวทางที่จะดำเนินการ

5.1 สรุปผลการวิจัย

วงจรเอซีช้อปเปอร์แบบบีก-บูสต์เฟสเดียวแบบไม่มีการป้อนกลับ สามารถเพิ่มหรือลดขนาดแรงดันไฟฟ้าได้ รักษาแรงดันไฟฟ้าให้มีขนาดที่เราต้องการได้ และหาค่าผลของการตอบสนองในกรณีที่เกิดเป็นตัวต้านทาน (R) และผลการตอบสนองในกรณีที่เกิดเป็นตัวต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ (R , L) โดยที่พิกัดกำลังไฟฟ้าของวงจรเอซีช้อปเปอร์อยู่ที่ 1 kW

จากที่ได้ทำการทดลองวงจรเอซีช้อปเปอร์แบบบีก-บูสต์เฟสเดียวในช่วงการทำงานต่างๆ และทดลองใช้กับโหลดที่เป็นตัวต้านทาน(R) และตัวต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ (R , L) พบว่าในช่วงบีก บีก-บูสต์ ของทั้งโหลดความต้านทาน(R) และตัวต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ (R , L) รูปคลื่นแรงดันและรูปคลื่นกระแสขาออกค่อนข้างจะใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการจำลอง แต่อาจจะมีปัญหาในด้านแรงดันตกไปตกที่โหลดตัวต้านทาน ในส่วนช่วงบูสต์ของทั้งโหลดความต้านทาน(R) และตัวต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ (R , L) รูปคลื่นแรงดันและรูปคลื่นกระแสขาออกค่อนข้างจะมีค่าผิดเพี้ยนไปจากรูปคลื่นไซน์เล็กน้อย

วงจรเอซีช้อปเปอร์แบบบีก-บูสต์เฟสเดียว สามารถทำการป้อนกลับวงจรได้ อาจจะใช้วิธีต่างๆ ซึ่งอาจจะใช้วิธีการควบคุมแรงดันขาออกของเอซีช้อปเปอร์แบบใช้ค่าเฉลี่ย (PI Control) เพื่อให้สามารถรักษาแรงดันไฟฟ้าขาออกได้แบบอัตโนมัติ สามารถนำไปประยุกต์เป็นเครื่องรักษาแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติได้ แหล่งจ่ายไฟแบบปรับค่าได้ เครื่องสร้างแรงดันไฟตกและไฟเกินชั่วคราว

5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรทำการป้องกันล้นวงจร โดยอาจใช้วิธีการควบคุมแรงดันขาออกของเอซีชอปเปอร์แบบใช้ค่าเฉลี่ย (PI Control) เพื่อให้สามารถรักษาแรงดันไฟฟ้าขาออกได้แบบอัตโนมัติ สามารถนำไปประยุกต์เป็นเครื่องรักษาแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติได้ แหล่งจ่ายไฟแบบปรับค่าได้ เครื่องสร้างแรงดันไฟตกและไฟเกินชั่วคราว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] Jong – Hyun Kim, Byung – Duk Min, Bong – Hwan Kwon and Sang – Chul Won, "A PWM Buck – Boost AC Chopper" IEEE Transactions 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] เอกวัฒน์ สุขประจันทร์ "การควบคุมแรงดันชั่วขณะของเอซีซีออปเปอร์เฟสเดียว" สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2549



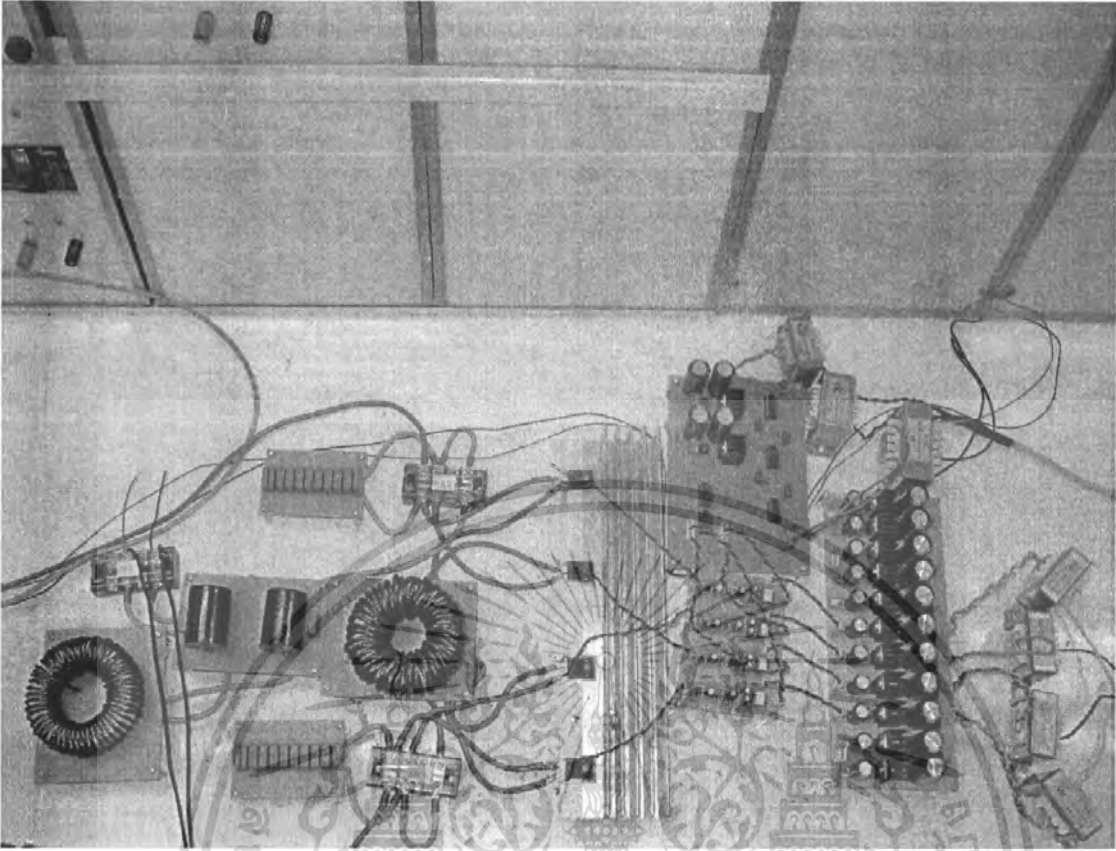
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



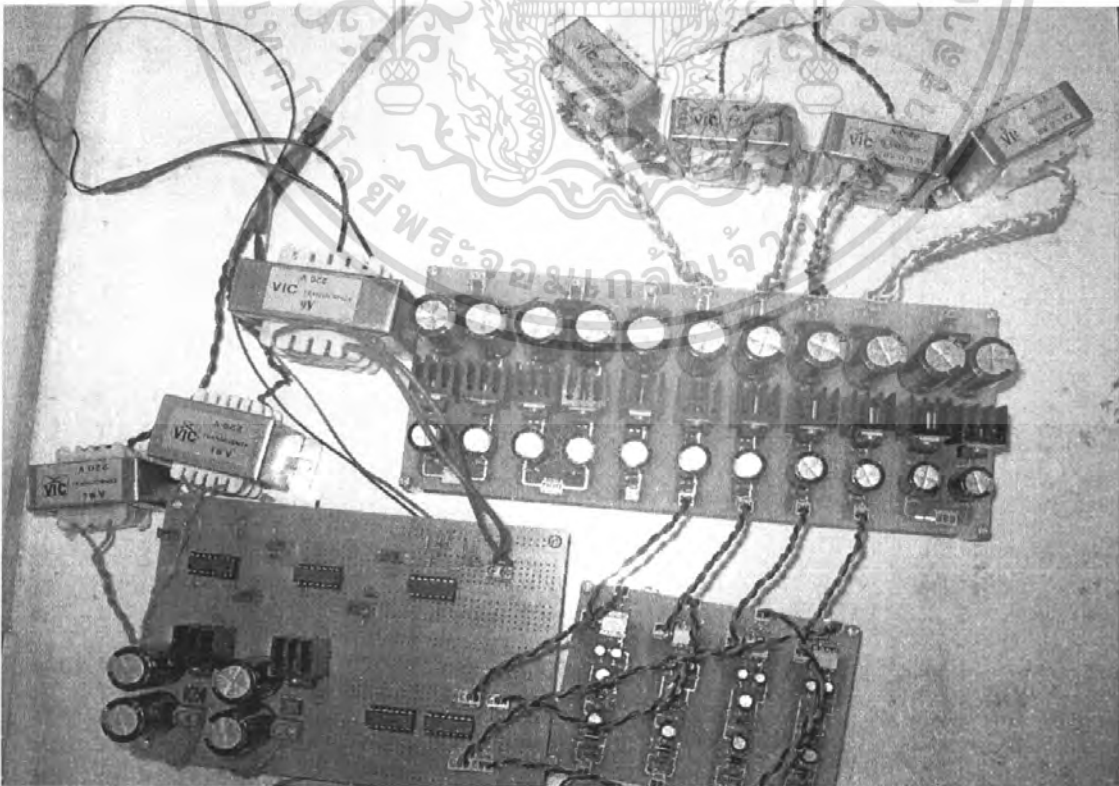
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

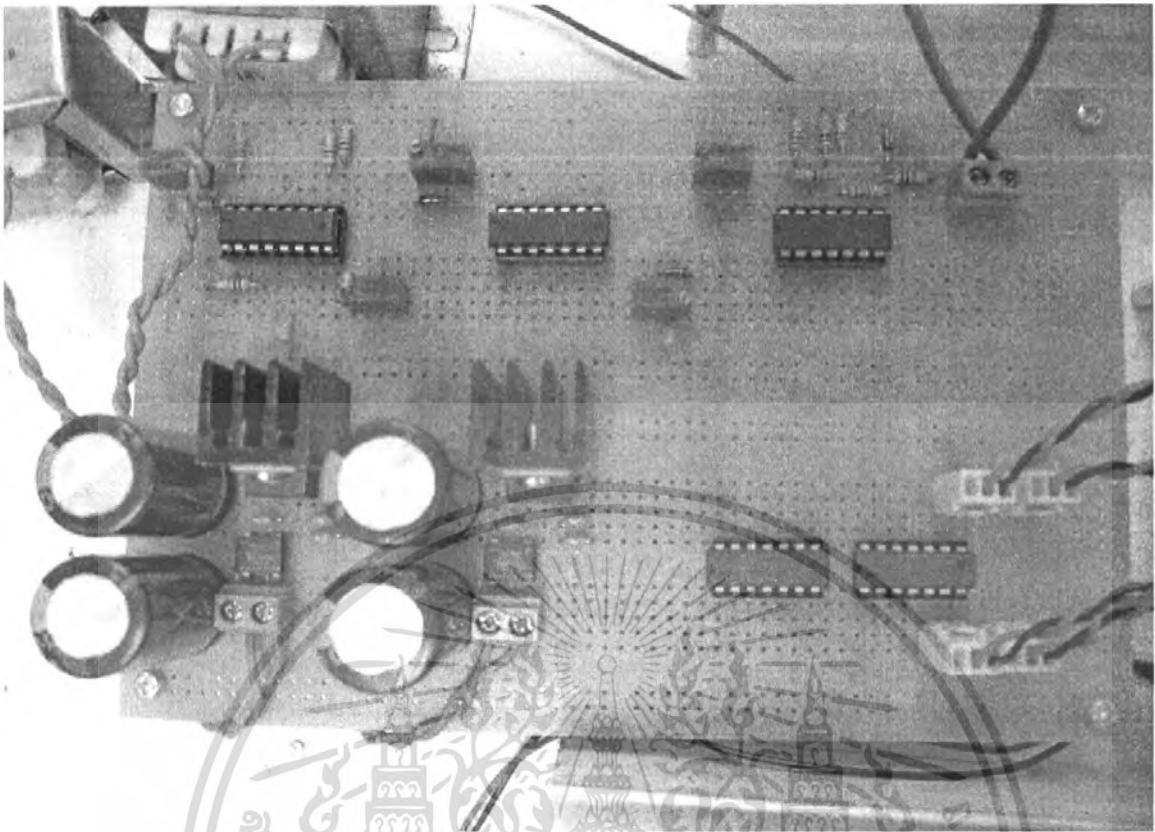


รูปที่ 1 แสดงระบบโดยรวมของวงจรเอชไอซีฮอปเปอร์แบบบีก-บูสต์เฟสเดียว

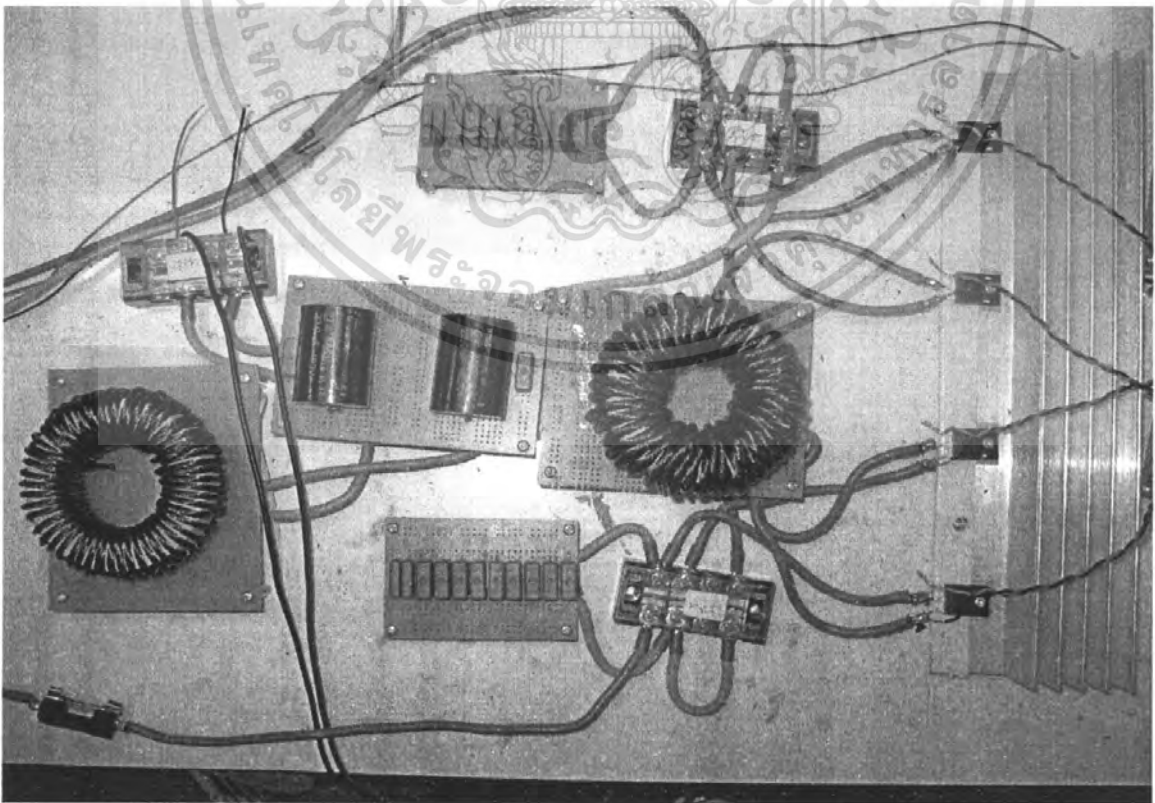


รูปที่ 2 แสดงชุดวงจรขั้วสวิตช์ IGBT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3 ชุดวงจรควบคุมสวิตช์ IGBT



รูปที่ 4 ชุดวงจรกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข.
ผลงานวิจัยที่ใช้อ้างอิง

[1] Jong – Hyun Kim, Byung – Duk Min, Bong – Hwan Kwon and Sang – Chul Won,
"A PWM Buck – Boost AC Chopper" IEEE Transactions on industrial
electronics, Vol.45, No.5 October 1998

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Letters to the Editor

A PWM Buck-Boost AC Chopper Solving the Commutation Problem

Jong-Hyun Kim, Byung-Duk Min, Bong-Hwan Kwon,
and Sang-Chul Won

Abstract—A novel pulsewidth modulation buck-boost ac chopper using regenerative dc snubbers is proposed and analyzed. Compared to the previous buck-boost ac choppers, ac snubbers causing power loss are eliminated using regenerative dc snubbers. Experimental results show that the proposed scheme gives good steady-state performance of the ac chopper, which coincides with the theoretical results.

Index Terms—AC snubbers, pulsewidth modulation ac chopper, regenerative dc snubbers.

I. INTRODUCTION

Line frequency ac choppers are widely used in applications such as industrial heating, lighting control, soft starting of an induction motor, and speed controllers for fans and pumps. Most of them are phase controlled to control the magnitude of the output voltage. They have inherent drawbacks, such as poor power factor and large low-frequency harmonics of the line current. To overcome these drawbacks, attempts have been made to apply pulsewidth modulation (PWM) techniques to ac choppers [1]–[5]. However, the standard ac chopper requires bidirectional switches and, with the commutation problem causing high-voltage spikes, it is limited to small power applications. The commutation of switches is critical, and an alternate current path has to be provided when both switches are turned off. A number of ac choppers can be derived from dc choppers. For instance, flyback ac converters can be derived from flyback dc converters [2]. [3] Buck-boost ac converters can be derived from the buck-boost Cuk dc converters [4]. However, these converters still have the commutation problem or require bidirectional switches.

In this letter, a novel PWM buck-boost ac chopper using regenerative dc snubbers is proposed. Since proper switching operation for solving the commutation problem is utilized, the proposed ac chopper is reliable and power loss due to ac snubbers is eliminated.

II. DESCRIPTION AND STEADY-STATE ANALYSIS OF THE CONVERTER

A buck-boost dc chopper consists of one switch, an inductor, a diode, and an output filter capacitor, as shown in Fig. 1(a). From the dc chopper, a buck-boost ac chopper, which requires two isolated gate drives and ac snubbers, can be derived, as shown in Fig. 1(b), and, furthermore, this circuit can be converted equivalently to the proposed buck-boost ac chopper using regenerative dc snubbers, as shown in Fig. 1(c), which requires four isolated gate drives. Standard switch modules which are commercially available can be used in this circuit, and regenerative dc snubbers are attached directly to standard switch modules to absorb energy stored in line stray inductance. These dc snubbers feature a very simple structure

consisting of a capacitor only, with no need for discharge resistance or for a complicated regenerative circuit for snubber energy. This is because snubber energy is regenerated during the charging mode. The conventional ac chopper in Fig. 1(b) uses bidirectional switches capable of bidirectional current control. Therefore, the snubber circuit of bidirectional switches must be an ac snubber circuit that can absorb bidirectional turn-off spike energy due to line stray inductance. However, the circuit shown in Fig. 1(c) is regenerating the snubber energy without using any additional regenerative circuit. The control of the switches is based on the equal PWM technique. This ensures that the output voltage is sinusoidal for a sinusoidal ac input voltage. The output voltage is controlled by changing the duty cycle of the control pulses. Three different modes exist during one switching period. Each switching cycle consists of the charging mode, bypass mode, and discharging mode.

Let v_i be the total voltage of the input voltage and output voltage, i.e., $v_i = v_o + v_L$. A switching policy solving the commutation problem depends on the voltage v_i : the switches S_2 and S_1 for $v_i > 0$ are turned on additionally, and the switches S_3 and S_4 for $v_i < 0$ are turned on during the bypass mode for safe commutation without respect to the control signal. The inductor current i_L conducts through the input side during the charging mode and through the output side during the discharging mode. However, the inductor current is bypassed through the input side or output side, depending on its direction during the bypass mode. Fig. 2 shows three possible modes during one switching cycle for the positive v_i . During the charging mode (t_1 – t_1'), the switches S_2 and S_1 are turned on and the inductor current i_L conducts through the input side. As a result, inductor current conducts through S_2 and diode across S_1 for $v_i > 0$ or S_1 and diode across S_2 for $v_i < 0$, as shown in Fig. 2(a). During this mode, the snubber energy which is absorbed during the bypass mode is regenerated, and a current path for the snubber energy is plotted in dotted lines. The discharging mode (t_2 – t_2') is complementary to the charging mode. During this mode, the switches S_3 and S_4 are turned on and the inductor current i_L conducts through the output side, as shown in Fig. 2(b). To avoid current spikes of nonideal switches, the deadtime t_d is required and, at the same time, a current path of the inductive load to avoid voltage spikes must be established. So, the bypass mode is indispensable. In the bypass mode (t_1 – t_2 or t_1' – t_2'), the switches for safe commutation are turned on or off according to the status of the voltage v_i . When the total voltage v_i is positive, the switches S_2 and S_1 are turned on, and the switches S_3 and S_4 are turned off for safe commutation, as shown in Fig. 2(c) and (d). If the inductor current i_L is positive, the inductor current is bypassed through the input side, as shown in Fig. 2(c). If the inductor current i_L is negative, the inductor current is bypassed through the output side, as shown in Fig. 2(d). When the total voltage v_i is negative, the switches S_3 and S_4 are turned on, and the switches S_2 and S_1 are turned off for safe commutation. Thus, a current path for the inductor current always exists in every current direction during the bypass mode. Fig. 2(e) shows typical operation signals of the proposed buck-boost ac chopper.

To facilitate the analytical procedure in order to obtain an equivalent circuit for the buck-boost ac chopper, all components are assumed ideal, the source inductance L_s is negligible, and the switching frequency f_s is much greater than the line frequency f ,

Manuscript received August 12, 1997; revised March 13, 1998. Abstract published on the Internet July 3, 1998.

The authors are with the Department of Electronic and Electrical Engineering, Pohang University of Science and Technology, Pohang, 790-784 Korea.
Publisher Item Identifier S 0278-0046(98)07029-4.

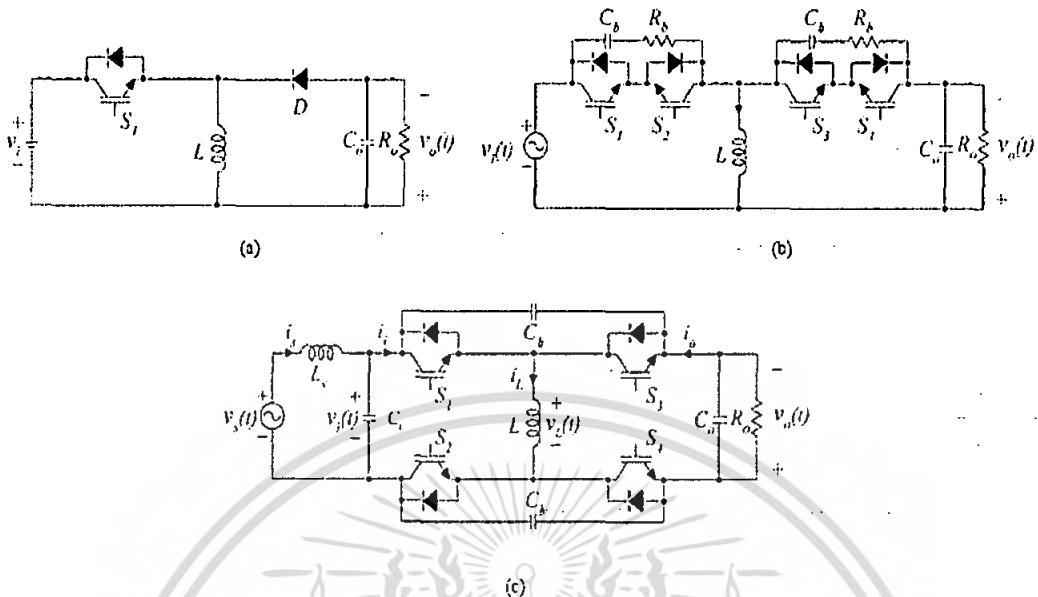


Fig. 1. A buck-boost dc chopper and ac choppers. (a) DC chopper. (b) AC chopper using bidirectional switches and ac snubbers. (c) AC chopper using standard switch modules and dc snubbers.

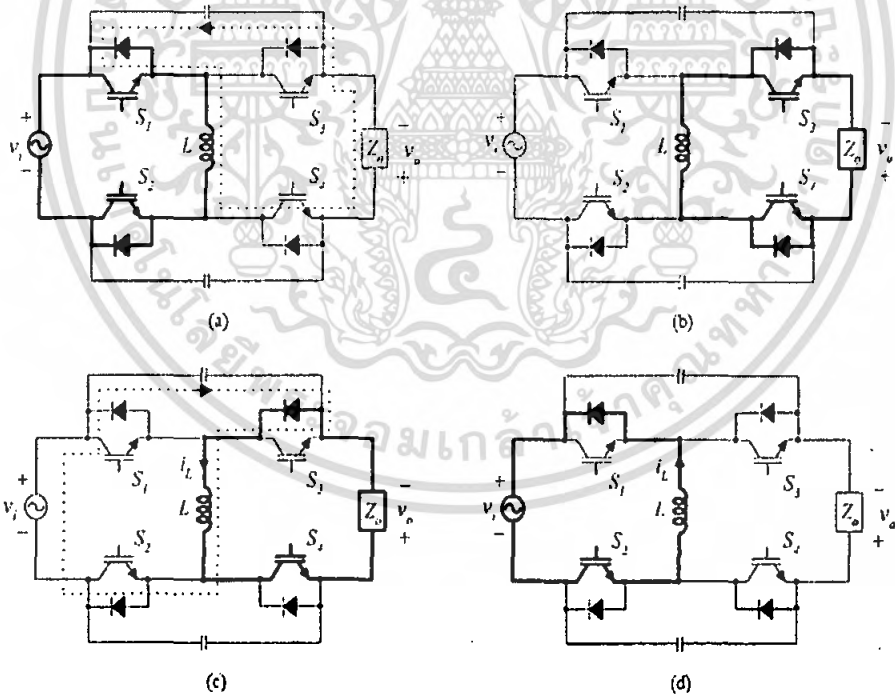


Fig. 2. Operational modes for the ac chopper using dc snubbers for $v_i > 0$ and steady-state equivalent circuit. (a) Charging mode. (b) Discharging mode. (c) Bypass mode for $i_L > 0$. (d) Bypass mode for $i_L < 0$.

so that during a switching period, the input and output voltage can be considered constant. The average inductor voltage during one switching period $T_s = 1/f_s$ is given by

$$v_L(t) = Dv_i(t) - (1 - D)v_o(t) \tag{1}$$

where $v_i(t)$ and $v_o(t)$ are the average ac input voltage and output voltage, respectively, during the switching period, and D is the duty

ratio. The inductor voltage is given by

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

where $i_L(t)$ is the average inductor current during the switching period. The inductor current produces the output current during the discharging mode, and the inductor current is caused by the input current during the charging mode. Hence, the following relations are

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

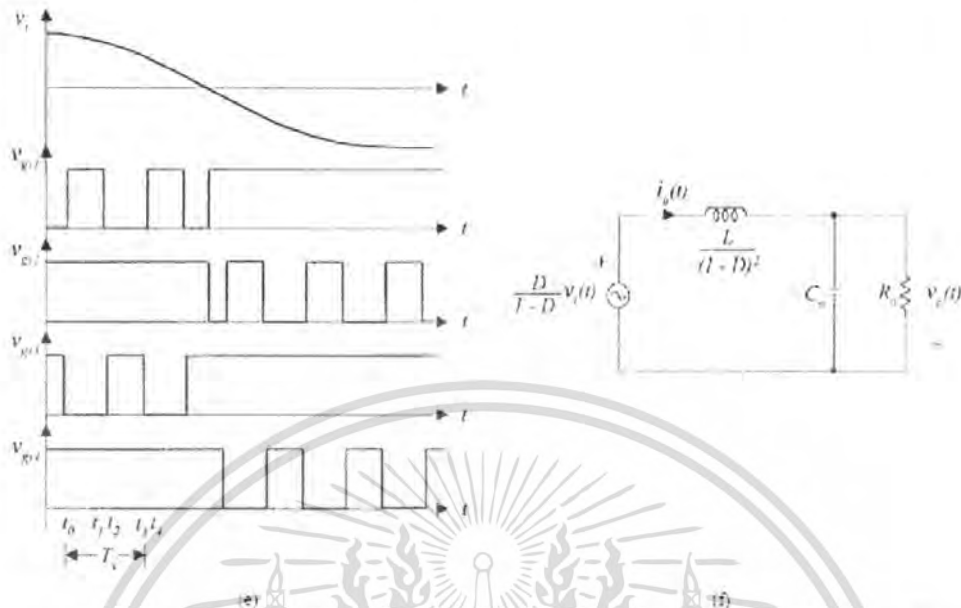


Fig. 2 (Continued) Operational modes for the ac chopper using dc snubbers for $D < 1$ and steady-state equivalent circuit. (e) Total voltage $v(t)$ and drive signals. (f) Steady-state equivalent circuit.

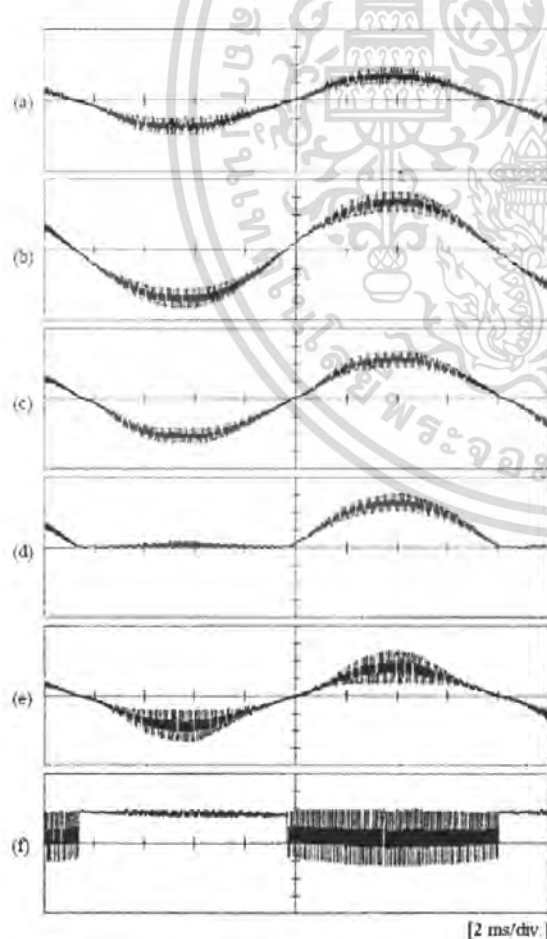


Fig. 3 Experimental waveforms. (a) Input current i_s (10 A/div). (b) Input voltage v_s (50 V/div). (c) Output voltage v_o (50 V/div). (d) Bypass capacitor voltage v_c (100 V/div). (e) Inductor current i_L (20 A/div). (f) Waveform of gating pulses of switch S_1 (5 V/div).

$$v_o(t) = \frac{D}{1-D}v_i(t) \quad (3)$$

$$i_o(t) = \frac{L}{(1-D)^2} \frac{dv_o(t)}{dt} + v_o(t) \quad (4)$$

where $i_o(t)$ is the average input current during the switching period. From (1)–(3), the following relation is obtained:

$$\frac{D}{1-D}v_i(t) = \frac{L}{(1-D)^2} \frac{dv_o(t)}{dt} + v_o(t) \quad (5)$$

This equation represents an equivalent circuit for the buck–boost ac chopper shown in Fig. 2(f). From the equivalent circuit, the transfer function of the output voltage $V_o(s)$ with respect to the input voltage $V_i(s)$ is obtained as

$$\frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{D(1-D)R_o}{s^2LC_oR_o + sL + (1-D)^2R_o} \quad (6)$$

III. EXPERIMENTAL RESULTS AND CONCLUSION

In order to verify the proposed topology, a buck–boost ac chopper using regenerative dc snubbers, as shown in Fig. 1(c), is implemented with the following parameters:

$$\begin{aligned} V_s &= 110 \text{ V}, & C_b &= 0.2 \text{ } \mu\text{F}, & C_s &= 10 \text{ } \mu\text{F}, & L &= 1 \text{ mH}, \\ f &= 60 \text{ Hz}, & f_s &= 15.4 \text{ kHz}, & C_o &= 10 \text{ } \mu\text{F}, \\ R_o &= 8 \text{ } \Omega, & D &= 0.15. \end{aligned}$$

The period of the bypass mode is $1.5 \text{ } \mu\text{s}$. A test model of the converter is built using 600-V 50-A insulated gate bipolar transistors (IGBT's). From (3)–(6), rms output voltage V_o , phase ϕ_o of the output voltage with respect to the input voltage v_s , rms inductor current I_L , rms input current I_s , and power factor $\cos \phi_s$ of the fundamental input current with respect to the input voltage v_s can be calculated as follows:

$$\begin{aligned} V_o &= 89 \text{ V}, & \phi_o &= -8.9^\circ, & I_L &= 20.4 \text{ A}, \\ I_s &= 0.2 \text{ A}, & \cos \phi_s &= 0.99. \end{aligned}$$

Fig. 3(a) and (b) shows that the input current is a sinusoidal waveform and almost in phase with the input voltage. Fig. 3(c)–(e) shows the

output voltage, bypass capacitor voltage, and the inductor current. Fig. 3(f) shows the gating pulses of the switch S_1 . The filter size of the proposed ac chopper is significantly reduced in contrast with that of the line frequency ac choppers and, at the same time, the ripple of the output voltage is small.

In this letter, a novel PWM buck-boost ac chopper using regenerative dc snubbers has been proposed and analyzed. The experimental results coincide with theoretical results. Because proper switching operation for solving the commutation problem is utilized and because the high-frequency PWM technique to control the output voltage is used, the proposed buck-boost ac chopper is reliable and has the following advantages: improved power factor, low harmonics, sinusoidal input current, fast dynamics, high reliability, efficiency, and significant reduction of the filter size.

REFERENCES

- [1] S. A. Hamed, "Steady-state modeling, analysis and performance of transistor-controlled ac power conditioning systems," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 5, pp. 305-313, July 1990.
- [2] I. D. T. Ngo, "A new flyback ac ac voltage converter," in *Conf. Rec. IEEE-IAS Annu. Meeting*, 1986, pp. 497-503.
- [3] I. Barbi, J. C. Fagundes, and E. V. Kassick, "A compact ac ac voltage regulator based on an ac ac high frequency flyback converter," in *Conf. Rec. IEEE PESC'91*, 1991, pp. 846-852.
- [4] N. H. M. Hofmeester, P. P. J. van den Bosch, and J. B. Klaassen, "Modeling and control of an ac ac boost-buck converter," in *Proc. European Conf. Power Electronics and Applications*, 1993, vol. 7, no. 377, pp. 85-89.
- [5] S. Srinivasan and G. Venkataramanan, "Comparative evaluation of PWM AC-AC converters," in *Conf. Rec. IEEE PESC'93*, 1993, pp. 529-535.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

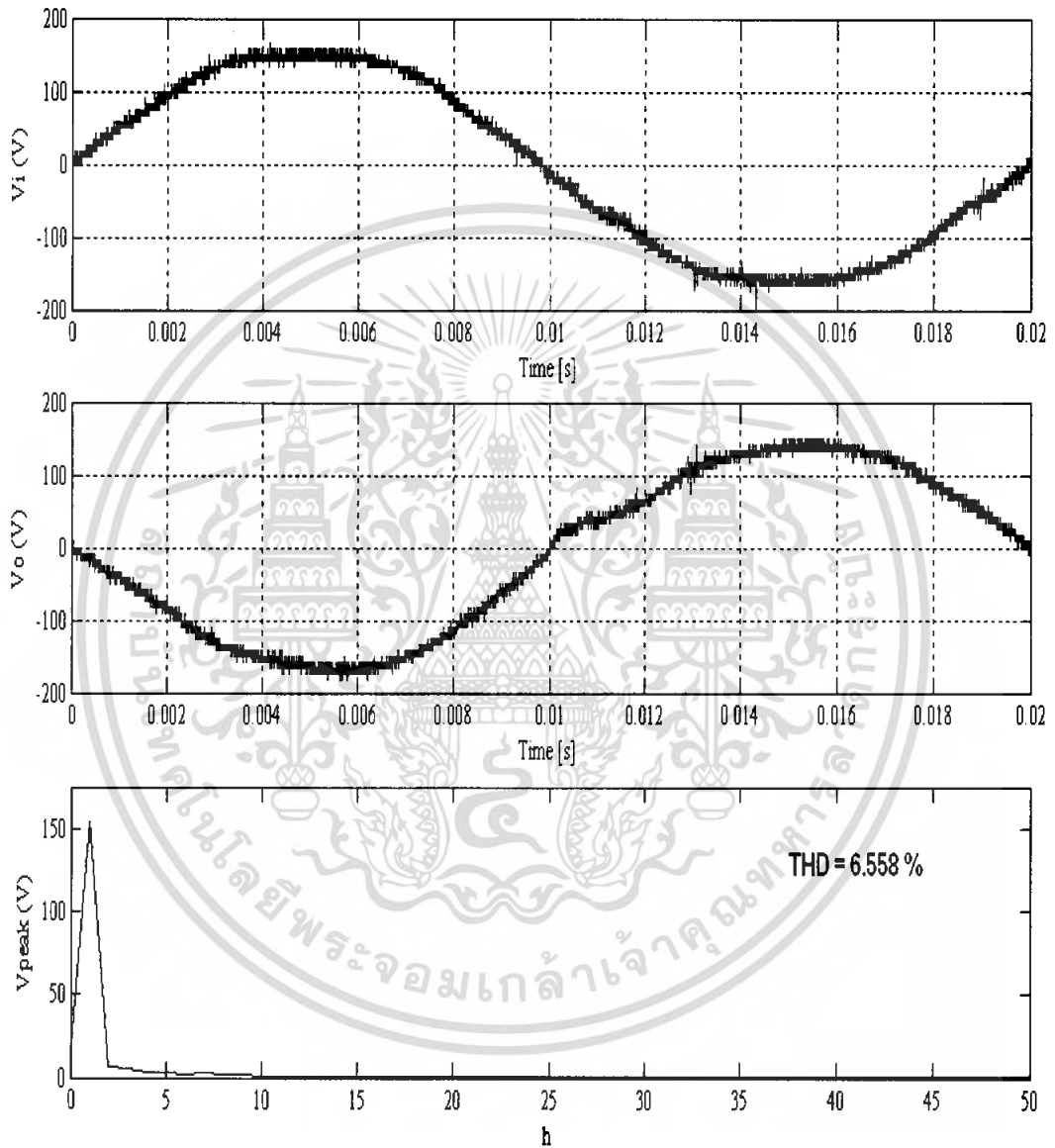


ภาคผนวก ค.
คำ THD_v ในขณะทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

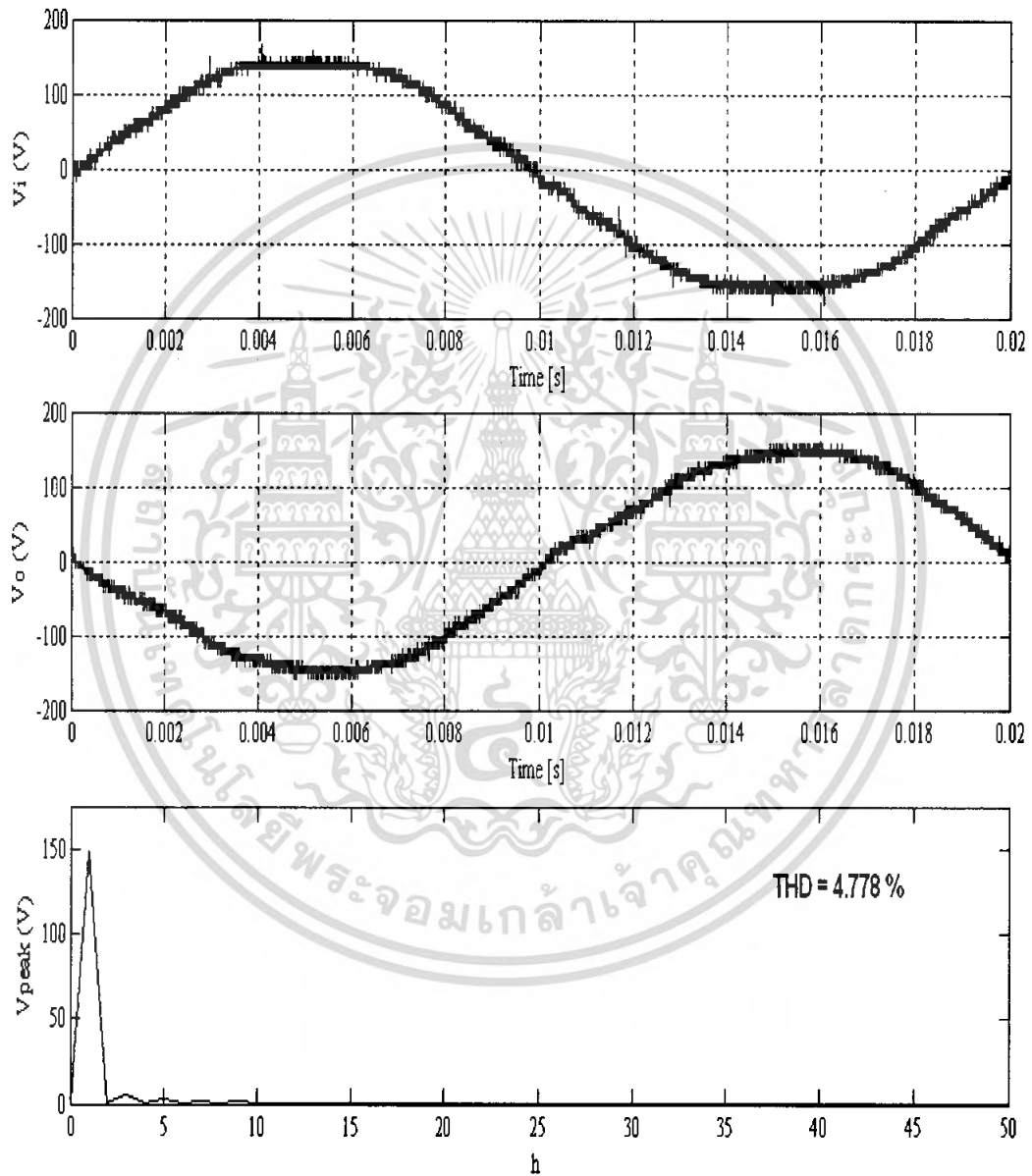
ค่า THD_v ในขณะทำงาน เมื่อโหลดเป็นตัวต้านทาน (R) สถานะที่เป็น บั๊ก

ค่า duty ratio = 0.478



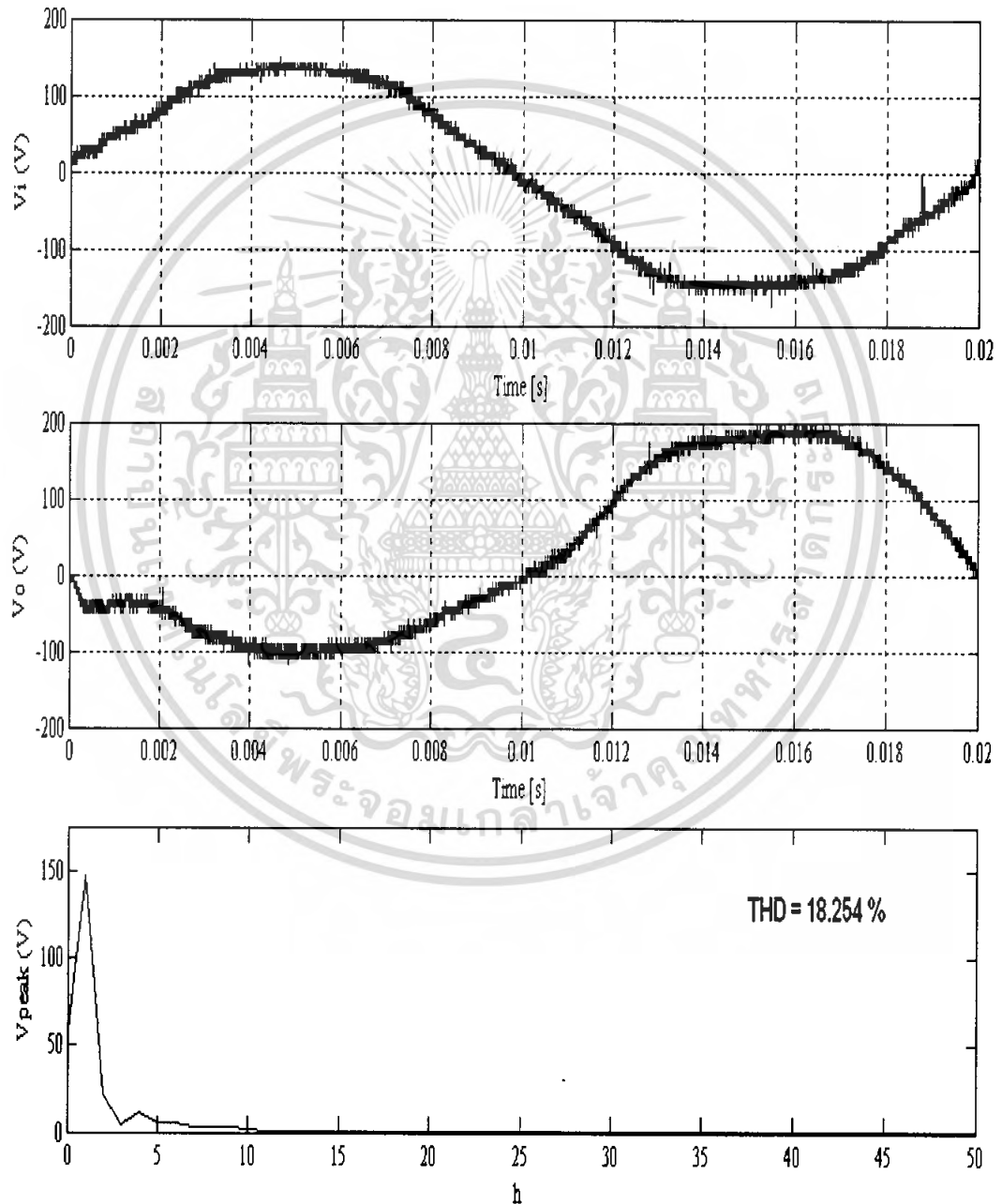
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า THD_v ในขณะทำงาน เมื่อโหลดเป็นตัวต้านทาน (R) สถานะที่ไม่เป็นทั้งบีกและบูสต์
 ค่า duty ratio = 0.5



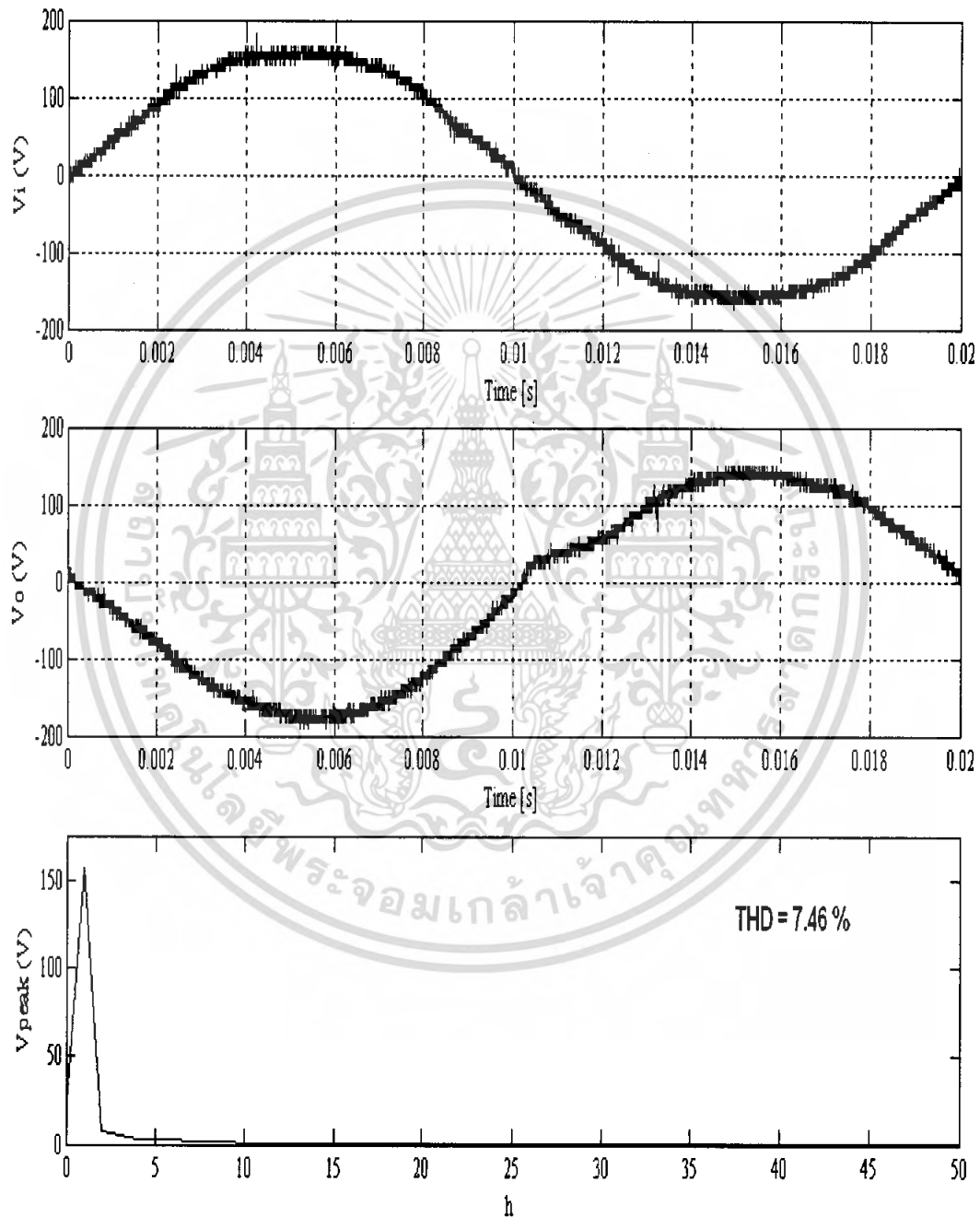
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า THD_v ในขณะทำงาน เมื่อโหลดเป็นตัวต้านทาน (R) สถานะที่เป็น บูสต์
 ค่า duty ratio = 0.588



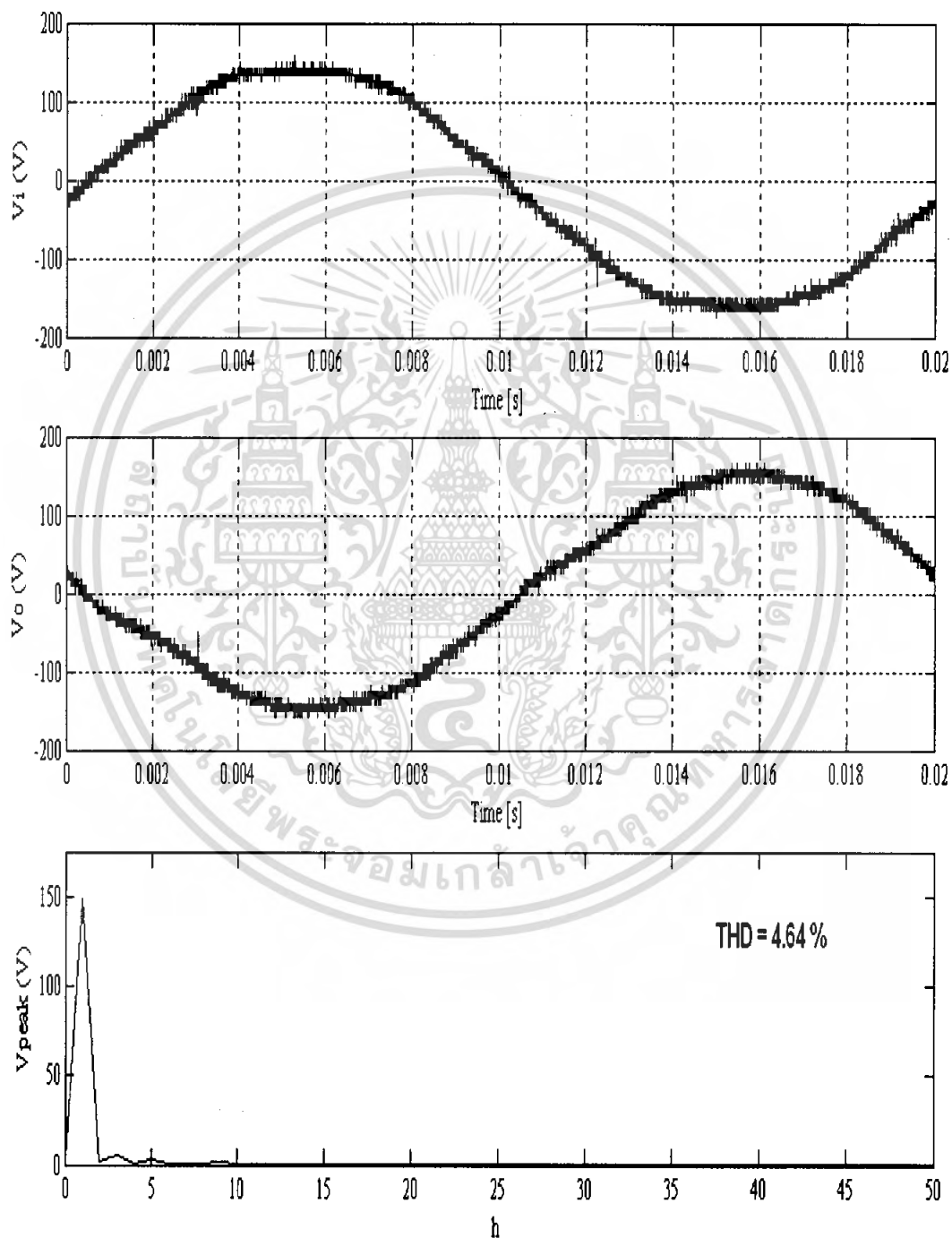
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า THD_v ในขณะทำงาน เมื่อโหลดเป็นตัวต้านทาน (R) กับตัวเหนี่ยวนำ (L)สถานะที่เป็น บั๊ก ค่า duty ratio = 0.478



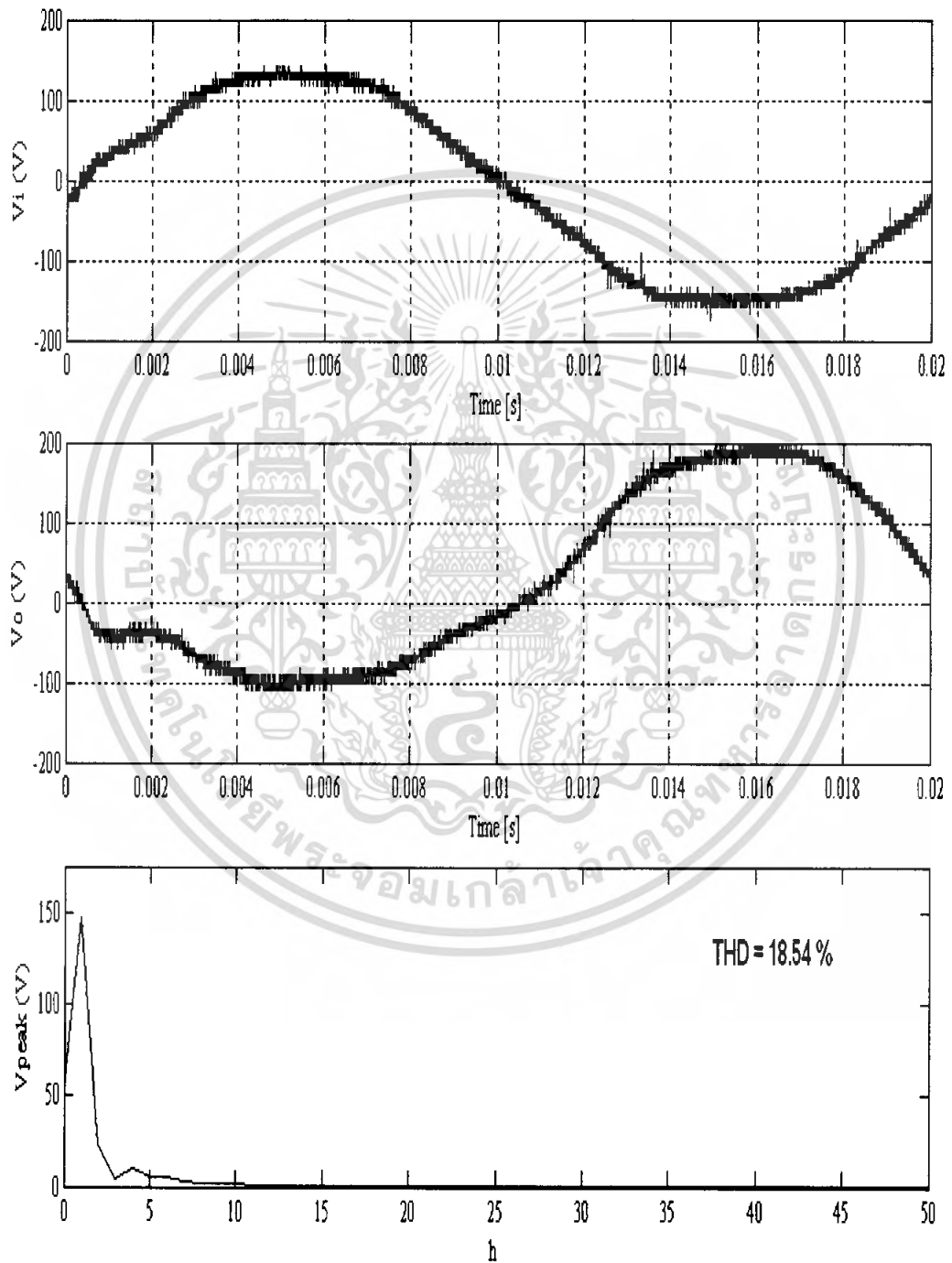
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า THD_v ในขณะทำงาน เมื่อโหลดเป็นตัวต้านทาน (R) กับตัวเหนี่ยวนำ (L)สถานะที่ไม่เป็นทั้งบีกและบอสต์ ค่า duty ratio = 0.5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า THD_v ในขณะทำงาน เมื่อโหลดเป็นตัวต้านทาน (R) กับตัวเหนี่ยวนำ (L)สถานะที่เป็นบุสต์ค่า duty ratio = 0.588



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



นาย ภาคภูมิ เทียนพัฒนะกุล (โบ๊ท) เกิดวันที่ 10 มกราคม พ.ศ.2529 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร ที่อยู่ปัจจุบัน 670/86 ถ.พหลโยธิน แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร 10400 สำเร็จการศึกษา มัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่โรงเรียนเซนต์คาเบรียล ปีการศึกษา 2547



นาย ภาณุมาศ จำปาเงิน (น๊อด) เกิดวันที่ 25 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2529 ที่จังหวัดสุพรรณบุรี ที่อยู่ปัจจุบัน 14 หมู่ 1 ต.ศรีประจันต์ อ.ศรีประจันต์ ถ.สุพรรณ ชัยนาท จ.สุพรรณบุรี 72140 สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย สุพรรณบุรี ปีการศึกษา 2547



นาย ภาณุมาศ อยู่สินธุ์ (เป้) เกิดวันที่ 19 พฤษภาคม พ.ศ.2528 ที่จังหวัดนนทบุรี ที่อยู่ปัจจุบัน 9/407 หมู่ 5 ถ.สังฆสันติสุข แขวงกระทุ่มราย เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร 10400 สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่โรงเรียนปากเกร็ด ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้