สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

วงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรงแบบหลายระดับ

A MULTILEVEL MODULAR CAPACITOR CLAMPED DC-DC CONVERTER

โดย

นาย ชัยวัฒน์ ตังควัฒนภักดี

นาย ทวีศักดิ์ ช่างสลัก

นาย สุรศิลป์ จาดเปรม

วพ.
TK4322
2550
เลขหมู่.....
ทะเบียน 82942
วัน,เดือน,ปี 29 ก.ค. 2551

b 11956219
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2550

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง วงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรงแบบหลายระดับ

ผู้จัดทำ

1. นาย ชัยวัฒน์ ดังควัฒนภักดี
2. นาย ทวีศักดิ์ ช่างสลัก
3. นาย สุรศิลป์ จาดเปรม

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ. ประภาส ไพรสุวรรณ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร. สุรินทร์ คำฝอย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรงแบบหลายระดับ

นาย ชัยวัฒน์ ดังควัฒนภักดี
นาย ทวีศักดิ์ ช่างสลัก
นาย สุรศิลป์ จาดเปรม
รศ. ประภาษ ไพรสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษา
ดร. สุรินทร์ คำฝอย อาจารย์ที่ปรึกษา

บทคัดย่อ

วงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรงแบบหลายระดับ สามารถทำงานได้เหมือนกับหม้อแปลงไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งสามารถที่จะแปลงแรงดันขึ้นและลงได้ กระบวนการในการเปลี่ยนแปลงแรงดันนี้ สามารถใช้โหมดของตัวเก็บประจุในการชาร์จและดิสชาร์จ ดังนั้นเทคนิคดังกล่าวนี้จึงไม่ต้องใช้ตัวเหนี่ยวนำ ทำให้วงจรมีน้ำหนักที่เบา และเหมาะสำหรับการประยุกต์ใช้ในรถยนต์ระบบไฮบริดจ์ และการควบคุมสัญญาณในวงจรนี้ทำได้โดยง่าย: สัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม 50% จะถูกใช้เพื่อสร้างแรงดันกระแสตรงที่สมดุล และแต่ละบล็อกของคอนเวอร์เตอร์จะเป็นลักษณะโมดูล ทำให้การผลิตหรือการดูแลรักษาสามารถทำได้โดยง่าย. และวงจรต้นแบบนี้ เราได้สร้างคอนเวอร์เตอร์ขนาดพิกัด 1 kW ซึ่งสามารถที่ประยุกต์และพัฒนาต่อไปได้ ซึ่งได้แสดงถึงวัตถุประสงค์การทำงานของคอนเวอร์เตอร์อย่างน่าพอใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A MULTILEVEL MODULAR CAPACITOR CLAMPED DC-DC CONVERTER

Chaiwat Tangkawattanaphakde
Taweesak Changsalak
Surasin Jadprem
Assoc. Prapad Paisuwan advisor
Dr. Surin kumfoi advisor

ABSTRACT

This thesis proposes a multilevel modular capacitor clamped dc-dc converter . The proposed dc-dc multilevel converter can operate as an electronic dc transformer which can step up or step down required voltages. The process of changing dc voltage can be achieved by using charged and discharged mode of a capacitor. Therefore, this proposed technique is inductorless dc-dc converter; as a result, the dc-dc converter is lightweight and suitable for hybrid vehicle applications. Additionally the control signal used for the dc-dc converter is very simple: a 50% square waveform can be used to generate the requested dc voltage. moreover, each cell of this dc-dc converter is modular; thereupon, the manufacturing and maintenance is convenience. The prototype of 1 kW dc-dc converter is also developed. The results show that the proposed dc-dc converter is working satisfactorily.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในโครงงานนี้ เป็นโครงงานที่ศึกษาเกี่ยวกับ วงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรง เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC-DC Converter) แบบหลายระดับ ซึ่งทางกลุ่มรู้สึกเป็นเกียรติอย่างยิ่ง ที่ได้ท่านอาจารย์ทั้งสองท่าน คือ ดร.สุรินทร์ คำฝอย และ รศ. ประภาษ ไพรสุวรรณ มาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในโครงงานครั้งนี้ ซึ่งท่านอาจารย์ทั้งสอง ได้คอยให้คำแนะนำ เกี่ยวกับแนวทางการทำงาน โดยเริ่มต้นจากการให้คำแนะนำในด้านทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมไปถึงการให้คำปรึกษาต่างๆเมื่อเกิดปัญหาในการทำงาน ซึ่งท่านอาจารย์จะคอยสอบถามถึงความคืบหน้า และปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงาน และท่านจะคอยให้คำปรึกษาอย่างเป็นกันเอง ทำให้บรรยากาศการทำงานภายในกลุ่มเป็นไปอย่างสบาย ซึ่งทางกลุ่มขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ทั้งสองเป็นอย่างยิ่ง และนอกเหนือจากนี้ทางกลุ่มก็ต้องขอกราบขอบพระคุณทางเจ้าหน้าที่ประจำอาคาร ECC ทุกท่าน ที่คอยให้ความสะดวก ในหลายๆโอกาส และก็ต้องขอขอบคุณเพื่อนๆทุกๆคน ที่ได้มาทำงานร่วมกันภายในห้องปฏิบัติงาน ที่คอยให้ความช่วยเหลือในครั้งที่มีปัญหา และอำนวยความสะดวกในส่วนของอุปกรณ์บางชนิด

และท้ายสุดนี้ พวกเราก็ขอกราบขอบพระคุณพระคุณอันยิ่งใหญ่ที่สุดที่คอยให้การสนับสนุนในทุกสิ่งทุกอย่าง มาโดยตลอด ก็คือท่านคุณพ่อ คุณแม่ของพวกเรา

โครงงานในครั้งนี้ หากปราศจากความอุปการะจากบุคคลที่ได้กล่าวถึงแม้เพียงคนหนึ่งคนใด โครงงานก็ไม่อาจจะที่สำเร็จ และสมบูรณ์ได้ตามเป้าหมายที่วางไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อ I

ABSTRACT II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ V

สารบัญภาพ VI

สารบัญตาราง VII

บทที่ 1บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงงาน 1

1.4 วิธีการใช้ในโครงงาน 2

1.5 แผนการดำเนินโครงงาน 3

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงงาน 3

1.7 การจัดโครงสร้างของเนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ (Theses Structure) 3

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (Related Theories) 4

2.1 ส่วนนำ 4

2.2 Fly-back converter 5

2.3 Push– Pull Converter 6

2.4วงจร Flying capacitor Multilevel DC-DC converter (FCMDC) 7

2.4.1หลักการทำงานของ FCMDC (Step up dc Voltage) 9

2.4.2 หลักการทำงาน FCMDC (Step down dc voltage) 15

2.5 สาเหตุที่พัฒนามาใช้ Multilevel Modular Capacitor-Clamped DC-DC Converter (MMCCC) 21

2.6 Multilevel modular capacitors clamp DC-DC converter (MMCCC) 23

2.6.1 MMCCC (Step up dc voltage) 25

2.6.2 MMCCC (Step down dc voltage) 28

บทที่ 3 การออกแบบและสร้าง 32

3.1 วงจรควบคุม 32

3.2 วงจรกำลัง 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้า 34
3.4 วงจรขับเกต 35

บทที่ 4 ผลการทดลอง 37
4.1 ทดสอบที่การใส่โหลดในระดับที่ความถี่ 1.5K 38
4.2ทดสอบการใส่โหลดในระดับที่ความถี่ 2.0K 40

บทที่ 5 บทสรุปและเสนอแนวทางที่จะดำเนินการ 43
บรรณานุกรม 44
ภาคผนวก 45
ภาคผนวก ก ข้อมูลอุปกรณ์ 46
ภาคผนวก ข แสดงผลการจำลองการทำงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์ 48
ภาคผนวก ค ลายแผ่นปริ้นวงจรที่ใช้ทำโครงงาน 55
ประวัติผู้เขียน 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

บทที่ 1 บทนำ

รูปที่ 1 รูปแบบของโปรแกรม Power simulation 2

บทที่ 2ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (Related Theories)

รูปที่ 2.1 Typical topological arrangement of Hybrid fuel cell vehicle drive train 5
รูปที่ 2.2(ก) วงจร Fly-back converter 5
รูปที่ 2.2(ข) Fly-back converter ขณะนำกระแส 5
รูปที่ 2.3 วงจร Push – Pull Converter 6
รูปที่ 2.4(ก) A conventional 5-level FCMDC 7
รูปที่ 2.4(ข) แสดงสัญญาณการ Turn on, off ของ FCMDC 8
รูปที่ 2.4(ค) 5-level FCMDC (Step up dc voltage) 9
รูปที่ 2.4(ง) การไหลของกระแสในวงจรโหมดที่ 1 และแรงดันตกคร่อม C_1 10
รูปที่ 2.4(จ) แสดงสัญญาณการ turn on, off ในโหมดที่ 1 10
รูปที่ 2.4(ฉ) การไหลของกระแสในวงจรโหมดที่ 2 และแรงดันตกคร่อมที่ C_1,C_2 และ C_5 11
รูปที่ 2.4(ช) แสดงสัญญาณการ turn on, off ในโหมดที่ 2 11
รูปที่ 2.4(ซ) การไหลของกระแสในวงจรโหมดที่ 3 และแรงดันตกคร่อมที่ C_2, C_3 และ C_5 11
รูปที่ 2.4(ฌ) แสดงสัญญาณการ turn on, off ในโหมดที่ 3 12
รูปที่ 2.4(ญ) การไหลของกระแสในวงจรโหมดที่ 4 และแรงดันตกคร่อมที่ C_3 และ C_4 13
รูปที่ 2.4(ฏ) แสดงสัญญาณ turn on, off ในโหมดที่ 4 13
รูปที่ 2.4(ฏ) การไหลของกระแสในวงจรโหมดที่ 5 และแรงดันคร่อมที่ C_4 และ C_5 14
รูปที่ 2.4(ฐ) แสดงสัญญาณ turn on, off ในโหมดที่ 5 14
รูปที่ 2.4(ฑ) FCMDC (Step down dc voltage) 15
รูปที่ 2.4(ฒ) การไหลของกระแสในวงจรโหมดที่ 1 และแรงดันตกคร่อมใน C_5 และ C_1 16
รูปที่ 2.4(ณ) แสดงสัญญาณ turn on, off ในโหมดที่ 1 16
รูปที่ 2.4(ด) การไหลของกระแสในวงจรโหมดที่ 2 และแรงดันตกคร่อมที่ C_5, C_4 และ C_1 17
รูปที่ 2.4(ด) แสดงสัญญาณ turn on, off ในโหมดที่ 2 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.4(ถ) กระแสไหลในวงจรโหมดที่ 3 และแรงดันตกคร่อม C_4, C_3 และ C_1..... 18
รูปที่ 2.4(ท) แสดงการ Turn on, off ในโหมดที่ 3 18
รูปที่ 2.4(ธ) กระแสไหลในวงจรโหมดที่ 4 และแรงดันตกคร่อมที่ C_1, C_2, C_3..... 19
รูปที่ 2.4(น) แสดงสัญญาณการ Turn on, off ในโหมดที่ 4..... 19
รูปที่ 2.4(บ) กระแสไหลในวงจรโหมดที่ 5 และแรงดันตกคร่อมที่ C_2 และ C_1 20
รูปที่ 2.4(ป) แสดงสัญญาณการ Turn on, off ในโหมดที่ 5..... 20
รูปที่ 2.4(ผ) รูปแบบการ Step up and down voltage ของ FCMDC 21
รูปที่ 2.6(ก) 5 level MMCCC 23
รูปที่ 2.6(ข) MMCCCในหนึ่งบล็อก 24
รูปที่ 2.6(ค) แสดงสัญญาณการ Turn on, off ของ MMCCC..... 24
รูปที่ 2.6(ง) 5- level MMCCC (Step up dc voltage)..... 25
รูปที่ 2.6(จ) การไหลของกระแสในวงจรโหมดที่ 1 26
และแรงดันตกคร่อมที่C_1, C_2 ,C_3 ,C_4 และ C_5 และ แสดงสัญญาณ
การ Turn on, off ในโหมดที่ 1
รูปที่ 2.6 (ฉ) การไหลในวงจรโหมดที่2 และแรงดันตกคร่อมที่ C_5 , C_4 , C_3 ,C_2..... 27
และ C_1 และ แสดงสัญญาณการ Turn on, off ในโหมดที่ 2
รูปที่ 2.6(ช) 5- level MMCCC (Step down dc voltage)..... 28
รูปที่ 2.6(ซ) การไหลของกระแสในวงจรโหมดที่1 และ แรงดันตกคร่อมที่ C_5, C_4.... 29
C_3, C_2 และ C_1 และ แสดงสัญญาณการ Turn on, off ในโหมดที่ 1
รูปที่ 2.6(ฌ) การไหลในวงจรโหมดที่ 2 และแรงดันตกคร่อมที่ C_5, C_4, C_3, C_2..... 30
และ C_1 และแสดง สัญญาณการ Turn on, off ในโหมดที่ 2
รูปที่ 2.6(ญ) รูปแบบการ Step up and down voltage MMCCC..... 31

บทที่ 3 การออกแบบและสร้าง

รูปที่ 3.1 แสดงการออกแบบวงจรควบคุม TL 494 32
รูปที่ 3.2 แสดงวงจรกำลัง(main circuit) 3 ระดับ 33
รูปที่ 3.3 แสดงการออกแบบวงจรกำลัง (main circuit) 3 ระดับ..... 33
รูปที่ 3.4 แสดงวงจร Bridge Diode Rectifier จริง 34
รูปที่ 3.5 แสดงวงจร Supply จริง..... 34
รูปที่ 3.6 แสดงการออกแบบวงจร Supply..... 35
รูปที่ 3.7 วงขับเกต TLP 250..... 35
รูปที่ 3.8 วงจรขับเกต TLP 250 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.9 แสดงชิ้นงานจริงที่สมบูรณ์..... 36

บทที่ 4 ผลการทดลอง

รูปที่ 4(ก) สัญญาณที่กำเนิดโดย TL494..... 37

รูปที่ 4(ข) สัญญาณขับเกตโดยใช้ TLP 250..... 37

4.1 ทดสอบที่การใส่โหลดในระดับที่ความถี่ 1.5K

รูปที่ 4.1.1(ก) แสดงกระแสและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะขาเข้าสู่วงจรกำลัง 38

รูปที่ 4.1.1(ข) แสดงกระแสและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะขาออกเมื่อใส่โหลดที่..... 38
Level 2

รูปที่ 4.1.1(ค) แสดงกระแสและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะขาออกเมื่อใส่โหลดที่..... 39
Level 3

รูปที่ 4.1.2(ก) แสดงกระแสและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะขาเข้าสู่วงจรกำลัง 39

รูปที่ 4.1.2(ข) แสดงกระแสและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะขาออกเมื่อใส่โหลดที่..... 40
Level 3

4.2 ทดสอบการใส่โหลดในระดับที่ความถี่ 2.0K

รูปที่ 4.2.1(ก) แสดงกระแสและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะขาเข้าสู่วงจรกำลัง 40

รูปที่ 4.2.1(ข) แสดงกระแสและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะขาออกจากวงจรกำลัง 41

รูปที่ 4.2.1(ค) แสดงกระแสและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะขาออกจากวงจรกำลังเมื่อ 41
ใส่โหลด level 3

รูปที่ 4.2.2(ก) แสดงกระแสและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะขาเข้าสู่วงจรกำลัง 42

รูปที่ 4.2.2(ข) แสดงกระแสและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะขาออกจากวงจรกำลัง..... 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.4(ก) แสดงความแตกต่างของจำนวนเท่า (ratio)..... 8
ของทิศทางการไหลของกำลังไฟฟ้า
ตารางที่ 2.4(ข) สรุปการ Charge และ Discharge ของ FCMDC..... 21
ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสีย..... 22
ตารางที่ 2.6 สรุปการ Charge และ Discharge ของ MMCCC..... 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

เนื่องจากอุปกรณ์แปลงผันแรงดันไฟฟ้ามีน้ำหนักมาก และก็ยังมีข้อจำกัดต่างๆ เช่น การสูญเสียพลังงานในรูปของความร้อน เนื่องจากสาเหตุ เกิดแรงดันตกคร่อมมากเกินเป็นต้น ซึ่งถือเป็นการใช้พลังงานอย่างไม่เต็มประสิทธิภาพ

โดยแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจะต้องทราบถึงสาเหตุของการใช้พลังงานอย่างไม่เต็มประสิทธิภาพ ซึ่งทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะวงจรที่ใช้ในการแปลงผันแรงดันไฟฟ้าอาจจะเกิด dynamic loss สูง หรือ มีน้ำหนักที่มาก ซึ่งทำให้ในโครงงานนี้ เราได้มุ่งสนใจศึกษาไปที่วงจร Multilevel modular capacitor clamped dc-dc converter (MMCCC) ซึ่งมีข้อได้เปรียบดรงที่ มีโครงสร้างเป็นตัวเก็บประจุ ในการชาร์จพลังงาน แทนที่การใช้ตัวเหนี่ยวนำ ทำให้วงจรมีขนาดและน้ำหนักไม่มาก ซึ่งจะสามารถช่วยลดอัตราการใช้พลังงานได้

เนื่องจากเหตุผลที่ได้ทำการศึกษา วงจรMMCCC ก็เนื่องมาจากได้มีความตระหนักถึงความสำคัญในการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างคุ้มค่า และ เต็มประสิทธิภาพ เพื่อเป็นการลดอัตราการใช้พลังงานอื่นๆ เช่น พลังงานจากปิโตรเคมี ซึ่งเป็นสาเหตุของมลภาวะ และสิ่งแวดล้อมที่เป็นพิษต่อโลก ดังเช่น ปรากฏการณ์เรือนกระจก รวมไปถึง ภาวะโลกร้อน

โดยที่ถ้าโครงงานชิ้นนี้ สำเร็จ จะเป็นประโยชน์อย่างมากในการเป็นต้นแบบ รวมไปถึง เป็นฐานความรู้ที่จะสามารถต่อยอดในการพัฒนา เพื่อการผลิต อุปกรณ์การแปลงผันพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ในการใช้งานจริง ในยานพาหนะที่ใช้ระบบไฮบริดจ์

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน (Project Objectives)

เพื่อเป็นการศึกษาการทำงานของวงจร dc-dc converter ที่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

เพื่อทำการสร้างอุปกรณ์ที่ใช้ในการแปลงไฟฟ้ากระแสตรง เป็น ไฟฟ้ากระแสตรงแบบหลายขั้น หรือ MMCCC

โดยที่การวิจัยในโครงงานนี้ เป็นการวิจัยเพื่อสร้างอุปกรณ์ต้นแบบ ที่มีขอบเขตจำกัด โดยมีช่วงการแปลงผันแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ในช่วง 20 ถึง 60 โวลต์ รวมไปถึงพิกัดกำลัง ไม่เกิน 2 kw

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงงาน

โครงงานนี้เป็นการออกแบบสร้างคอนเวอร์เดอร์แบบหลายขั้น โดยใช้ Power mosfet เป็นอุปกรณ์สวิทช์ชิ่ง ส่วนในการสร้างสัญญาณขับเกตจะใช้ TL 494

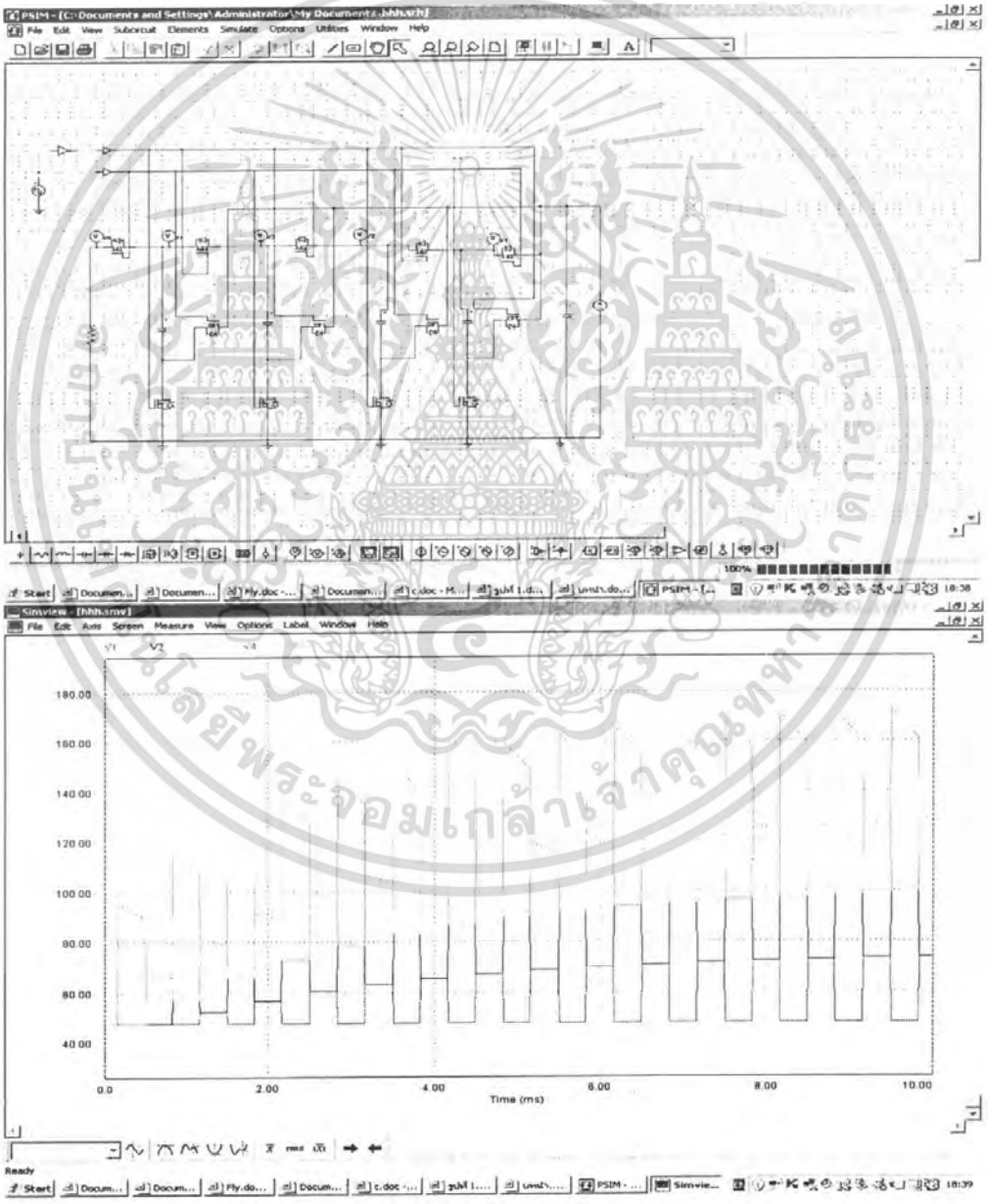
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ชุดภาคกำลังคอนเวอร์เตอร์แบบหลายขั้น
- ภาคสัญญาณใช้ TL 494 เป็นตัวสร้างสัญญาณ PWM ความถี่ 2 kHz
- ทดลองกับหลอดไฟเผาไส้

1.4 วิธีการใช้ในโครงงาน

- Computer simulation : Power Simulation demo

Feature



รูปที่ 1 รูปแบบของโปรแกรม Power simulation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 แผนการดำเนินโครงงาน

- ศึกษาการทำงานของคอนเวอร์เดอร์แบบต่างๆ โดยใช้โปรแกรม Power Simulation demo ในการจำลองบนคอมพิวเตอร์
- ศึกษาการควบคุมคอนเวอร์เดอร์ โดยใช้ IC เบอร์ TL 494 ในการสร้างสัญญาณขับเกต
- ออกแบบสร้างวงจรคอนเวอร์เดอร์ และทำการทดลองแบบ Real-Time พร้อมทั้งปรับปรุงวงจร

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการโครงงาน

- เข้าใจทฤษฎีเกี่ยวกับคอนเวอร์เดอร์
- มีประสบการณ์การทำงานในด้าน Power Electronic
- มีประสบการณ์ในการทำงานเป็นกลุ่ม

1.7 การจัดโครงสร้างของเนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์

- ในบทที่ 1 เป็นบทนำ จะกล่าวถึงวัตถุประสงค์ ขอบเขตของโครงงาน แผนการดำเนินงาน
- บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐาน ที่เกี่ยวข้องกับวงจรคอนเวอร์เดอร์
- บทที่ 3 เป็นการออกแบบและสร้างวงจร
- บทที่ 4 เป็นผลการทดลอง
- บทที่ 5 จะเป็นสรุปและข้อเสนอแนะ
- ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (Related Theories)

2.1 ส่วนนำ

Multilevel modular capacitor clamped dc-dc converter (MMCCC) กำลังเป็นที่นิยมสำหรับการแปลงกำลังไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงแต่ก่อนได้ใช้ Flying capacitor Modular DC-DC converter (FCMDC) ในการประยุกต์ใช้งานในยานพาหนะแบบลูกผสม (Hybrid electric vehicle)เพื่อที่จะจัดการการส่งกำลังไฟฟ้าจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งทีมีแรงดันไฟฟ้าต่างกัน

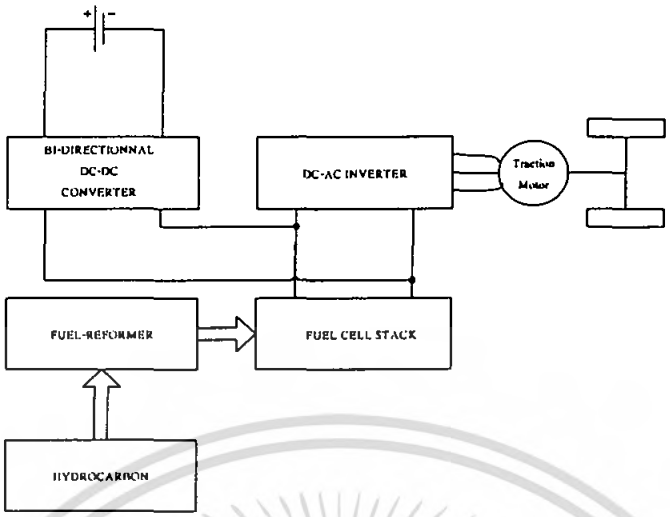
การแปลงผันแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรงแบบหลายระดับ "Multilevel modular capacitor clamped dc-dc converter" MMCCC เป็นวงจรเพิ่มและลดทอนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงโดยกำหนดให้มีแรงดันระหว่าง 20-60V โดยจะมีการไหลของพลังงานได้ทั้งสองทิศทางโดยจะมีข้อดีคือน้ำหนักเบา มีโครงสร้างแบบบล็อก (Modular) สามารถนำมาต่อเรียงกัน ทำให้สะดวกและง่ายต่อการติดตั้ง และสับเปลี่ยน ที่จะให้ความสำคัญในอนาคตสำหรับรถแบบลูกผสม (Hybrid vehicles) ซึ่งในวงจรจะใช้มอสเฟส เป็นตัว Turn on , off เพื่อที่จะใช้หลักการ Charge และ Discharge ตัวเก็บประจุ การถ่ายเทพลังงานระหว่างตัวเก็บประจุเป็นขั้นๆ ในการเพิ่มและลดทอนของแรงดัน

การเพิ่มของแรงดันแบบหลายขั้น ได้เปรียบเทียบการทำงาน ระหว่าง Flying capacitor Modular DC-DC converter (FCMDC) กับ MMCCC ซึ่งโครงงานที่ทำเป็น MMCCC เพราะ มีข้อดีกว่า FCMDC หลายอย่างโดยจะกล่าวในทฤษฎี อุปกรณ์หลักๆที่ใช้ในวงจร MMCCC

- ฮาร์ดแวร์ ส่วนหลักๆประกอบด้วยได้แก่ ตัวเก็บประจุ มอสเฟส แบดเดอรี่ วงจรขับเกด
- ซอฟท์แวร์ ได้แก่ โปรแกรม Powersim demo และ Matlab ในการ Simulation

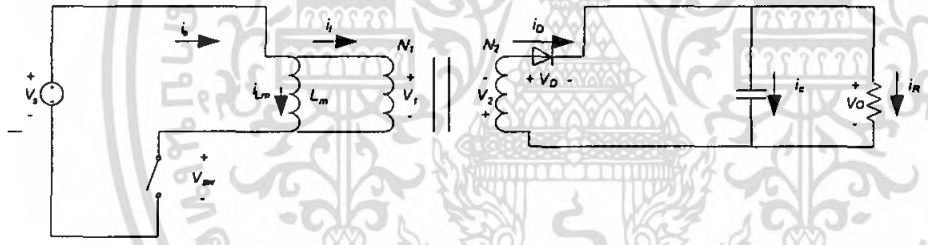
นอกจากนี้เรายังได้เปรียบเทียบกับวงจร Fly-back converter และ Push – Pull Converter ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

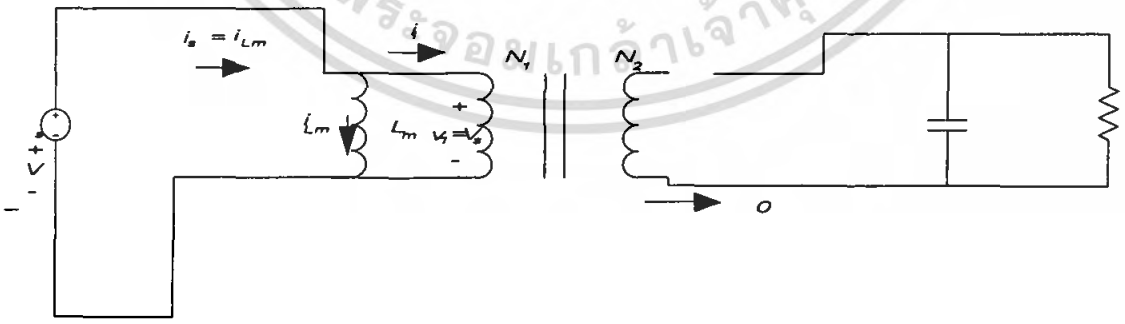


รูปที่ 2.1 Typical topological arrangement of Hybrid fuel cell vehicle drive train

2.2 Fly-back converter



รูปที่2.2(ก) วงจร Fly-back converter



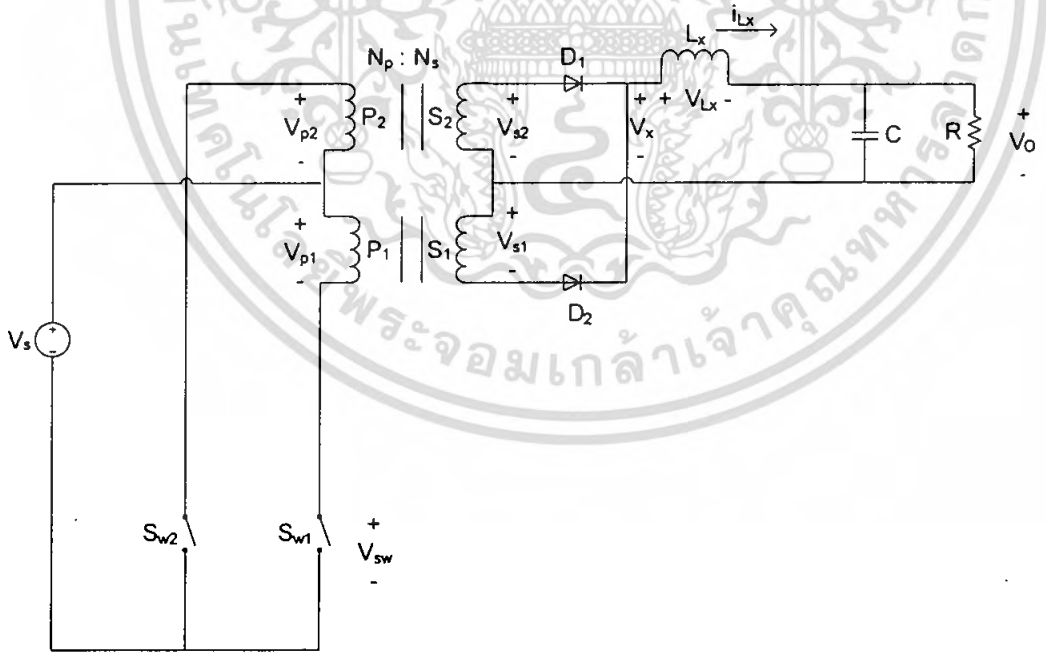
รูปที่ 2.2(ข) Fly-back converter ขณะนำกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสวิตช์ของวงจร Fly-back converter นำกระแสดังแสดงในรูป 2.2(2) แรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายจะดกค่อมตัวเหนี่ยวนำ L_m และทำให้เกิดกระแส i_{Lm} ที่เพิ่มขึ้นอย่างเป็นเชิงเส้น ซึ่งจะเป็นเวลาเดียวกันที่ไอโอดด้านออกถูกไบอัส กลับ และตัวเก็บประจุด้านออกถูก bias กลับและตัวเก็บประจุด้านออกทำการจ่ายพลังงานให้กับโหลดในช่วงเวลาที่ได้จากการ Experiment ในทำนองกลับกันเมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส ดังแสดงในรูปที่ 1 ตัวเหนี่ยวนำ L_m จะคายพลังงานไปด้านทุติยภูมิ เป็นผลทำให้ไดโอดด้านออกได้รับ bias ตรง ทำให้พลังงานถูกถ่ายเทไปยังโหลดและตัวเก็บประจุด้านออกทำการสะสมประจุ นอกจากนั้นความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าด้านออกและด้านเข้าจะเหมือนกับกรณีวงจรบั๊ก-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์ แตกต่างกันแต่เพียงค่าอัตราส่วนจำนวนรอบที่เพิ่มขึ้นมาเท่านั้น

2.3 Push – Pull Converter

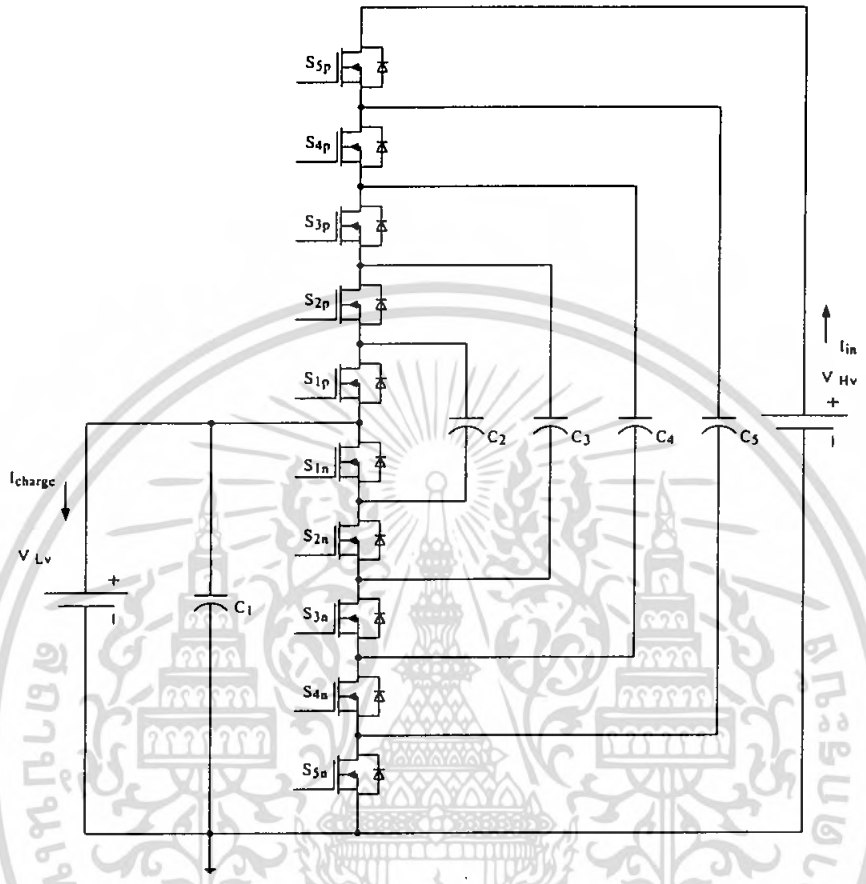
เป็นวงจร buck converter อีกแบบหนึ่งที่ใช้ Transistor 2ตัว ทำหน้าที่เปิด-ปิดสลับกันเพื่อให้มีกระแสไหลสร้างสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นในแกนเหล็ก 2 ทิศทางเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าให้เกิดที่ขดลวด Secondary ผ่านวงจร rectifier ให้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งการทำงานของ Transistor แต่ละตัวจะมี duty ratio ไม่เกิน 50 % เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการ short circuit



รูปที่ 2.3 วงจร Push – Pull Converter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 วงจร Flying capacitor Multilevel DC-DC converter (FCMDC)



รูปที่ 2.4(ก) A conventional 5-level FCMDC

จากรูปที่2.4(1) วงจร FCMDC แบบ 5 ระดับ ซึ่งจะประกอบด้วย มอสเฟสและไดโอด 10 ตัวโดยการเพิ่มหรือลดของแต่ระดับก็จะเป็นการเพิ่มลดมอสเฟสและไดโอดที่ละ 2 ตัว

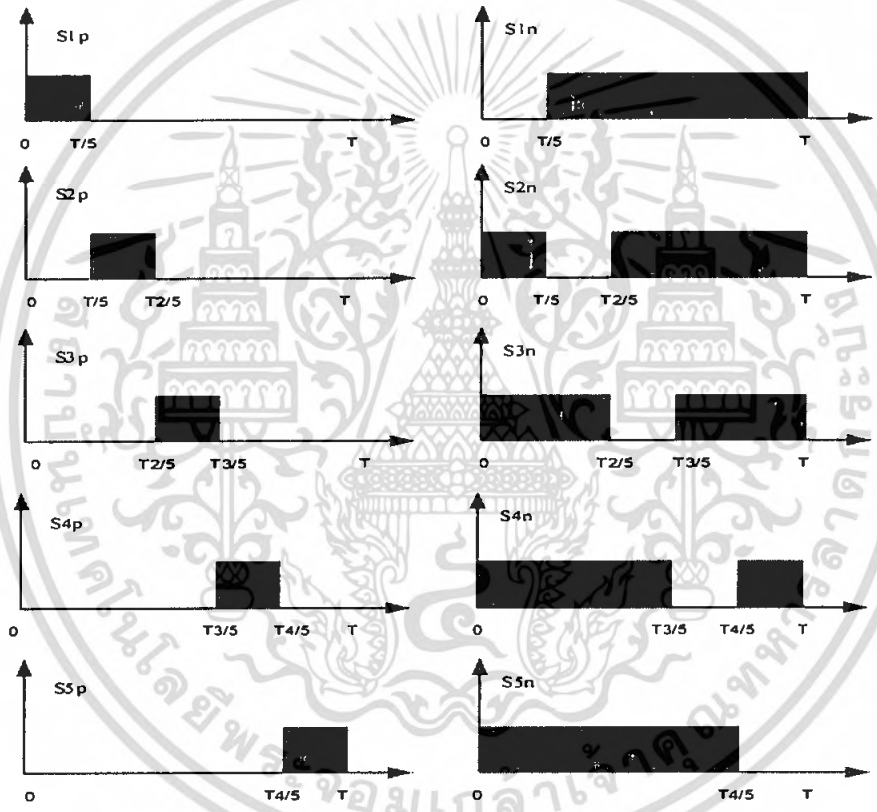
วงจร FCMDC เป็นวงจรที่กำลังไฟฟ้าสามารถไหลได้ 2 ทิศทาง สำหรับการเพิ่มหรือลดทอนแรงดันกระแสตรงเป็นกระแสตรง ในการเพิ่มแรงดันหรือลดทอนแรงดันนั้น จะขึ้นอยู่กับลำดับขั้นของระดับ เช่น FCMDC แบบ 5 ขั้นก็จะมีค่า ratio ประมาณ 5 ซึ่งก็คือประมาณ 5 เท่า

การไหลของกำลังไฟฟ้าทั้ง 2 ทิศทาง จากแบตเตอรี่แรงดันสูงไปแบตเตอรี่ต่ำ หรือจากสูงไปต่ำนั้น จะขึ้นอยู่กับแรงดันทั้งสองฝั่ง สำหรับ FCMDC 5 ขั้น ถ้าฝั่งแรงดันแบตเตอรี่สูง มีค่ามากกว่า 5 เท่าของแรงดันแบตเตอรี่ต่ำ กำลังไฟฟ้าจะไหลจากแรงดันแบตเตอรี่สูงไปแรงดันแบตเตอรี่ต่ำ และละเหมือนกัน ถ้าฝั่งแรงดันแบตเตอรี่สูงมีค่าน้อยกว่า 5 เท่าของฝั่งแรงดันแบตเตอรี่ต่ำ กำลังไฟฟ้าจะไหลจากแรงดันแบตเตอรี่ต่ำไปแรงดันแบตเตอรี่สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4(ก) แสดงความแตกต่างของจำนวนเท่า (ratio) ของทิศทางการไหลของกำลังไฟฟ้า

กรณี	จำนวนเท่าของแรงดันแบตเตอรี่ (ratio)	ทิศทางการไหลของของกำลังไฟฟ้า	ทิศทางกำลังไฟฟ้าไหลจากแรงดันสูงไปต่ำ	ทิศทางกำลังไฟฟ้าไหลจากแรงดันต่ำไปสูง
1.	มากกว่า 5 เท่า	แรงดันสูงไปต่ำ	เป็นไปได้	เป็นไปไม่ได้
2.	น้อยกว่า 5 เท่า	จากต่ำไปสูง	เป็นไปไม่ได้	เป็นไปได้



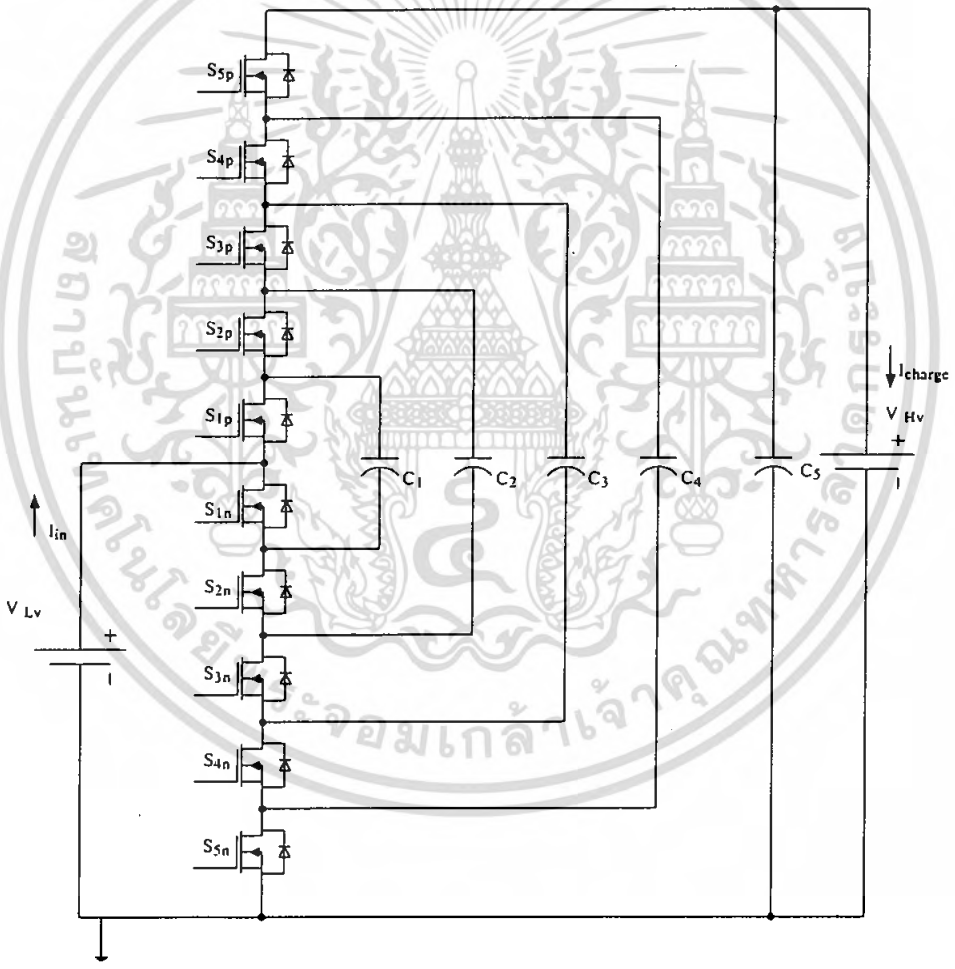
รูปที่ 2.4(ข) แสดงสัญญาณการ Turn on, off ของ FCMDC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 หลักการทำงานของ FCMDC (Step up dc Voltage)

การทำงานของ (FCMDC) ในการแปลงผันแรงดันไฟกระแสตรงให้สูงขึ้น (Step up dc voltage) โดยส่วนประกอบหลักของวงจร จะมี MOSFETs, ตัวเก็บประจุ และแหล่งจ่าย การทำงานจะอาศัยการสวิตช์ Turn on, off ของ MOSFETs เพื่อนำกระแส และไม่นำกระแสในวงจร ซึ่งกระแสที่ไหลจะเป็นการ Charge, Discharge ตัวเก็บประจุโดยจะมีโหมดการทำงานในหนึ่งคาบเวลาแบ่งได้เป็น 5 โหมดการทำงาน

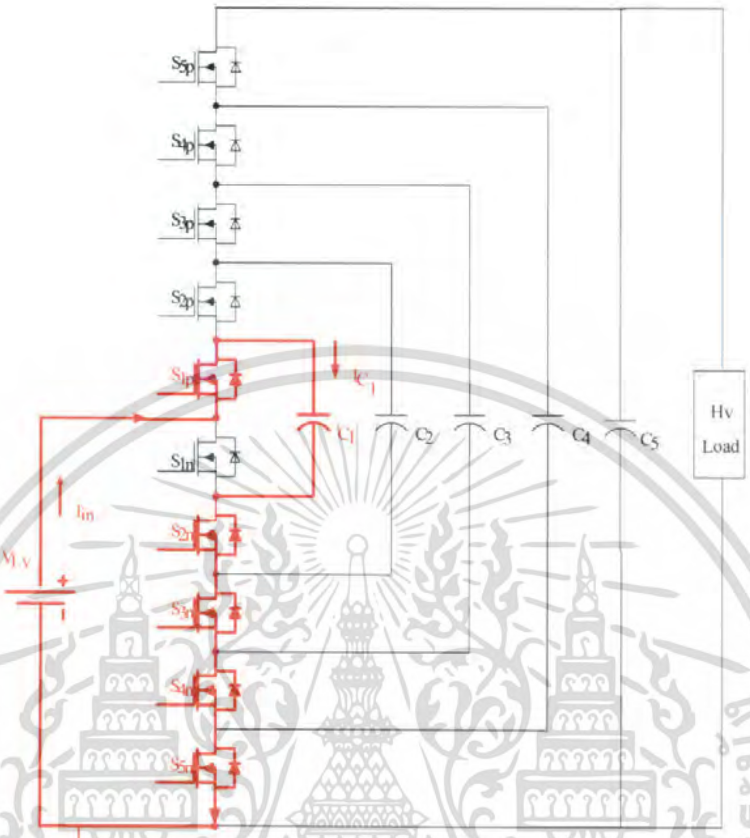
การอธิบายการทำงานของวงจร โดยจาก LV-HV กำหนดให้ V_{Lv} มีค่าทำกับ 1V และ Hv load มีค่าน้อยมาก



รูปที่ 2.4(ค) 5-level FCMDC (Step up dc voltage)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมดที่1



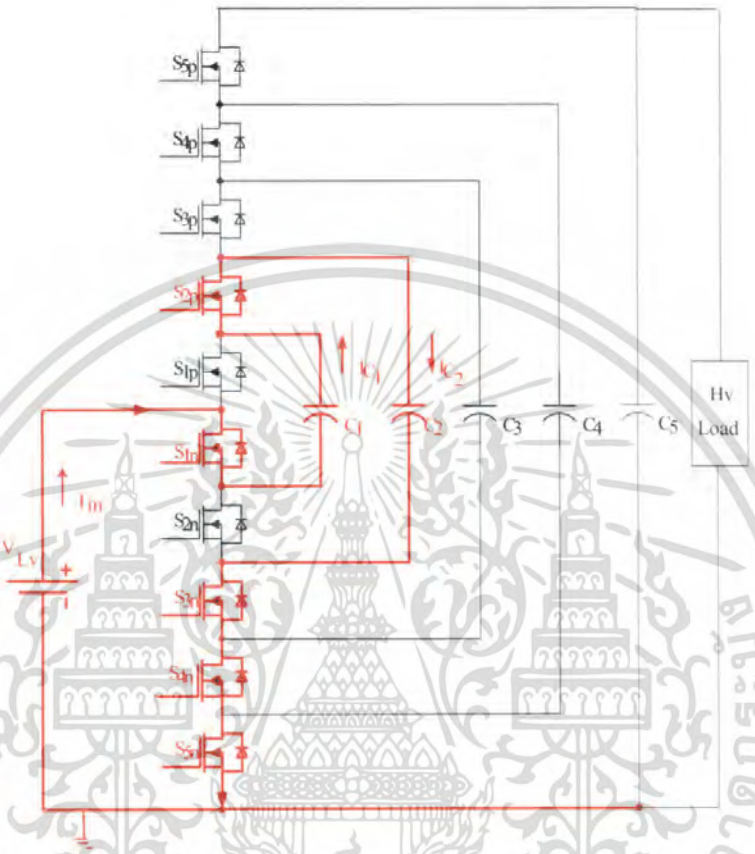
รูปที่ 2.4(ง) การไหลของกระแสในวงจรโหมดที่ 1 และแรงดันตกคร่อม C_1

รูปที่ 2.4(จ) แสดงสัญญาณการ turn on, off ในโหมดที่ 1

การ Turn on, off ของ MOSFETs จะทำให้มีกระแสไหลผ่านในวงจรตามเส้นสีแดง ซึ่งในโหมดที่ 1กระแสไหลเข้า C_1 ซึ่ง แรงดันที่ C_1 มีค่า 0V เป็นการ Charge C_1 ด้วย V_{Lv} = 1V จึงทำให้ C_1 มีแรงดันประมาณ 1 V โดยมีการเปลี่ยนแปลงแรงดัน ในระดับที่ 1 โหมด 1 คือประมาณ 0-1V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมดที่2



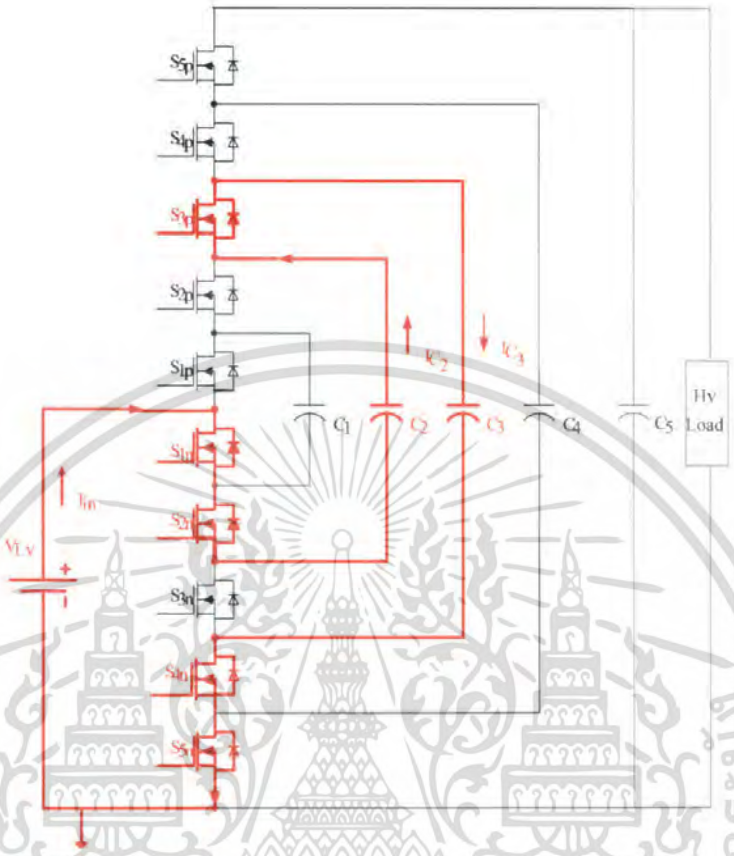
รูปที่ 2.4(ฉ) การไหลของกระแสในวงจรโหมดที่ 2 และแรงดันตกคร่อมที่ C_1, C_2 และ C_5

รูปที่ 2.4(ช) แสดงสัญญาณการ turn on, off ในโหมดที่ 2

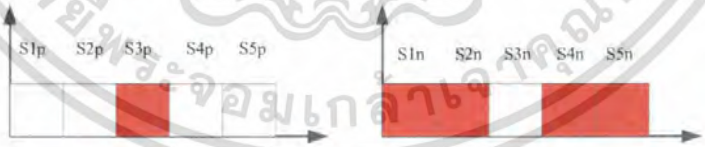
การ Turn on, off ของ MOSFETs จะทำให้มีกระแสไหลผ่านในวงจรตามเส้นสีแดงซึ่งในโหมดที่ 2 กระแสไหลออก C_1 กระแสไหลเข้า C_2 ซึ่ง C_1 เปรียบเสมือนแหล่งจ่ายเป็นการ Discharge เข้า Charge C_2 เป็นการ Charge C_2 ซึ่งในโหมดนี้ แรงดันที่ C_1 ประมาณ 1V รวมกับ V_{Lv} = 1V Discharge เข้า Charge C_2 จึงทำให้ C_2 มีแรงดันประมาณ 2 V โดยมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันในระดับที่ 2 โหมดที่ 2 คือประมาณ 1-2 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมดที่3



รูปที่ 2.4(ช) การไหลของกระแสในวงจรโหมดที่ 3 และแรงดันตกคร่อมที่ C_2, C_3 และ C_5

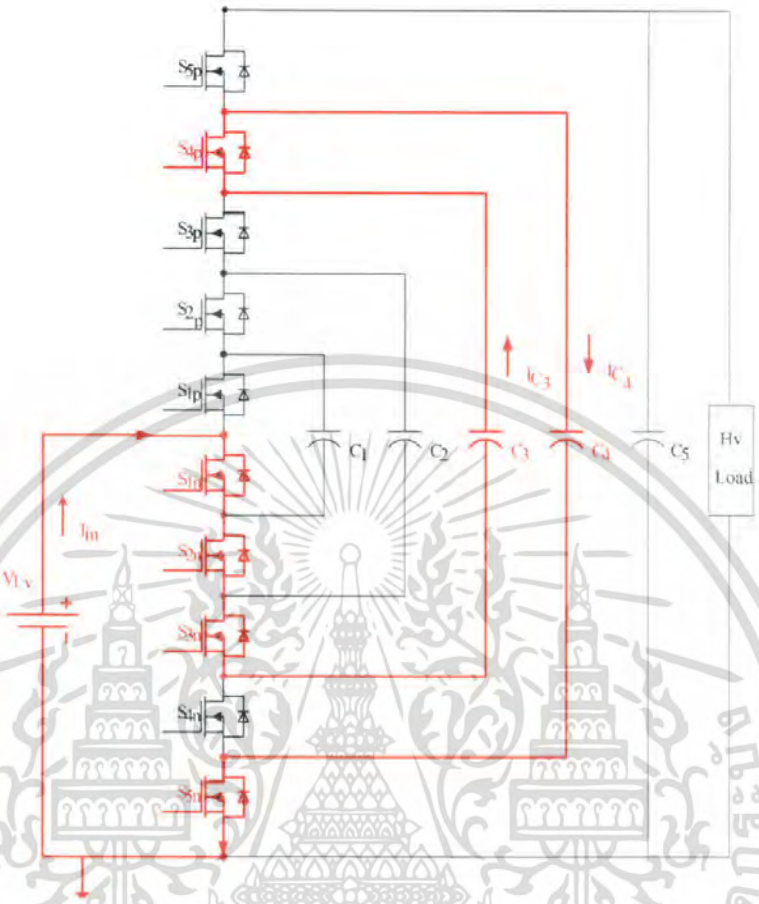


รูปที่2.4(ฌ) แสดงสัญญาณการ turn on, off ในโหมดที่ 3

การ Turn on, off ของ MOSFETs จะทำให้มีกระแสไหลตามเส้นสีแดงผ่านในวงจร ซึ่งในโหมดที่ 3 กระแสไหลออก C_2 กระแสไหลเข้า C_3 ซึ่ง C_2 เปรียบเสมือนแหล่งจ่ายเป็นการ Discharge เข้า Charge C_3 ซึ่งในโหมดนี้ แรงดันที่C_2 ประมาณ 2V รวมกับ V_{Lv} = 1V Discharge เข้า Charge C_3 จึงทำให้ C_3 มีแรงดันประมาณ 3 V โดยมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันในระดับที่ 3 โหมด 3 คือประมาณ 2-3 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมดที่4



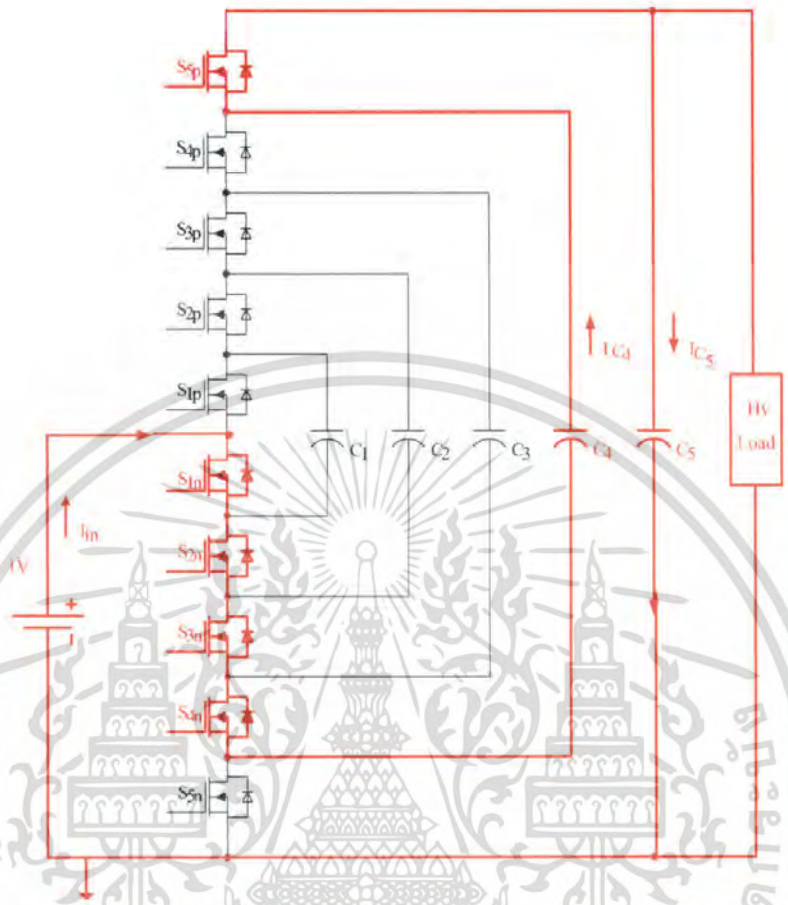
รูปที่ 2.4(ญ) การไหลของกระแสในวงจรโหมดที่ 4 และแรงดันตกคร่อมที่ C_3 และ C_4

รูปที่ 2.4(ฎ) แสดงสัญญาณ turn on, off ในโหมดที่ 4

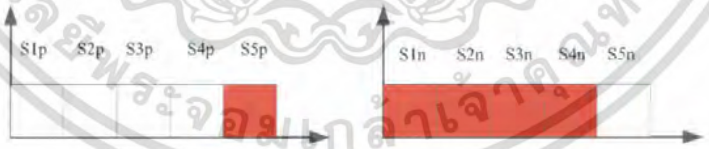
การ Turn on, off ของ MOSFETs จะทำให้มีกระแสไหลผ่านในวงจรตามเส้นสีแดง ซึ่งในโหมดที่ 4 กระแสไหลออก C_3 กระแสไหลเข้า C_4ซึ่ง C_3เปรียบเสมือนแหล่งจ่ายเป็นการ Discharge เข้า Charge C_4 ซึ่งในโหมดนี้ แรงดันที่ C_3 ประมาณ 3V รวมกับ V_{Lv}= 1V Discharge เข้า Charge C_4 จึงทำให้ C_4 มีแรงดันประมาณ 4 V โดยมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันในระดับที่ 4 โหมดที่4 คือ ประมาณ 3- 4 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมดที่ 5



รูปที่2.4(ฎ) การไหลของกระแสในวงจรโหมดที่ 5 และแรงดันคร่อมที่ C_4 และ C_5

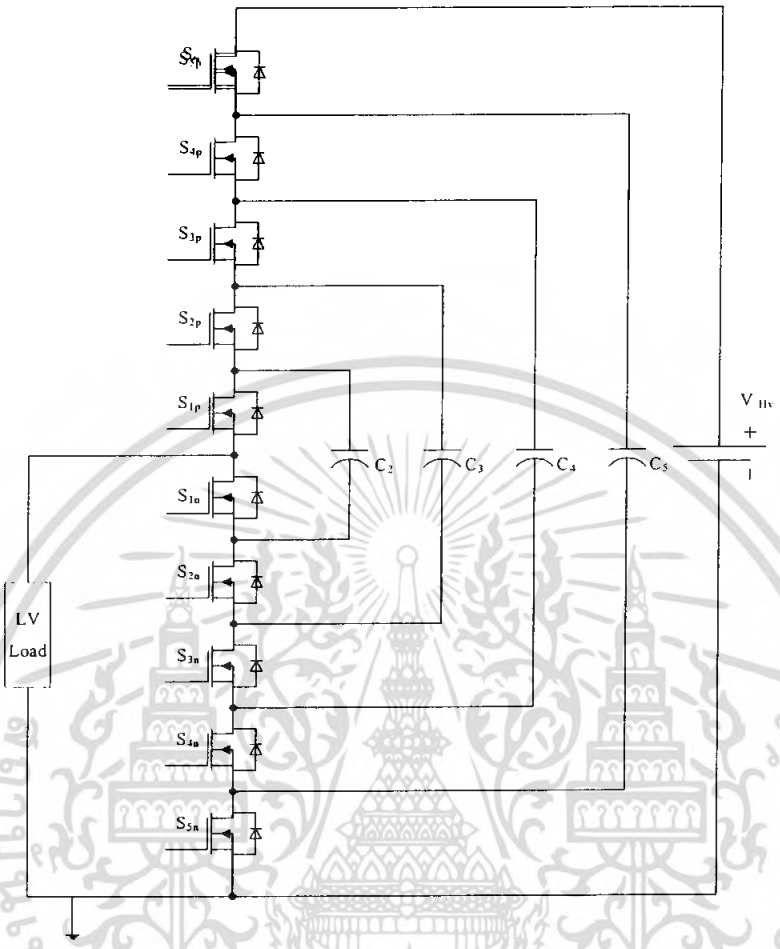


รูปที่2.4(ฐ) แสดงสัญญาณ turn on, off ในโหมดที่ 5

การ Turn on, off ของ MOSFETs จะทำให้มีกระแสไหลผ่านในวงจรตามเส้นสีแดง ซึ่งในโหมดที่ 5 กระแสไหลออก C_4 กระแสไหลเข้า C_5 ซึ่ง C_4 เปรียบเสมือนแหล่งจ่ายเป็นการ Discharge ซึ่งในโหมดนี้ แรงดันที่ C_4 ประมาณ 4V รวมกับ V_{Lv} = 1V Discharge เข้า Charge C_5 จึงทำให้ C_5 มีแรงดันประมาณ 5V ซึ่ง C_5 ทำหน้าที่กรองแรงดันให้มีแรงดันขาออกที่เรียบขึ้นที่โหลด 5V โดยมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันในโหมด 5 คือ ประมาณ 4-5V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 หลักการทำงาน FCMDC (Step down dc voltage)



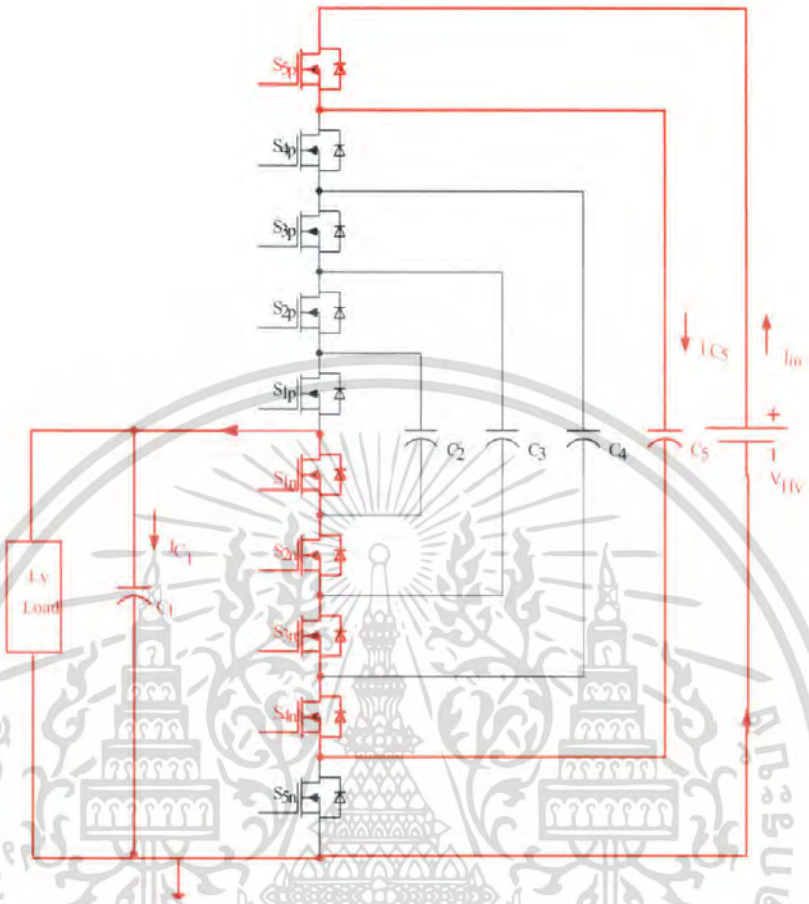
รูปที่ 2.4(ท) FCMDC (Step down dc voltage)

การทำงานของ (FCMDC) ในการแปลงผันแรงดันไฟกระแสตรงให้ลดลง (Step down dc voltage) โดยส่วนประกอบหลักของวงจร จะมี MOSFETs, ตัวเก็บประจุ และแหล่งจ่าย การทำงานจะอาศัยการสวิตช์ Turn on, off ของ MOSFETs เพื่อนำกระแส และไม่นำกระแสในวงจร ซึ่งกระแสที่ไหลจะเป็นการ Charge, discharge ตัวเก็บประจุโดยจะมีโหมดการทำงานแบ่งได้เป็น 5 โหมดการทำงาน

การอธิบายการทำงานของวงจร HV-LV กำหนดให้ V_{HV} มีค่าทำกับ 5V และ Lv load มีค่าน้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมดที่1



รูปที่ 2.4(ฒ) การไหลของกระแสในวงจรโหมดที่ 1 และแรงดันตกคร่อมใน C_5 และ C_1

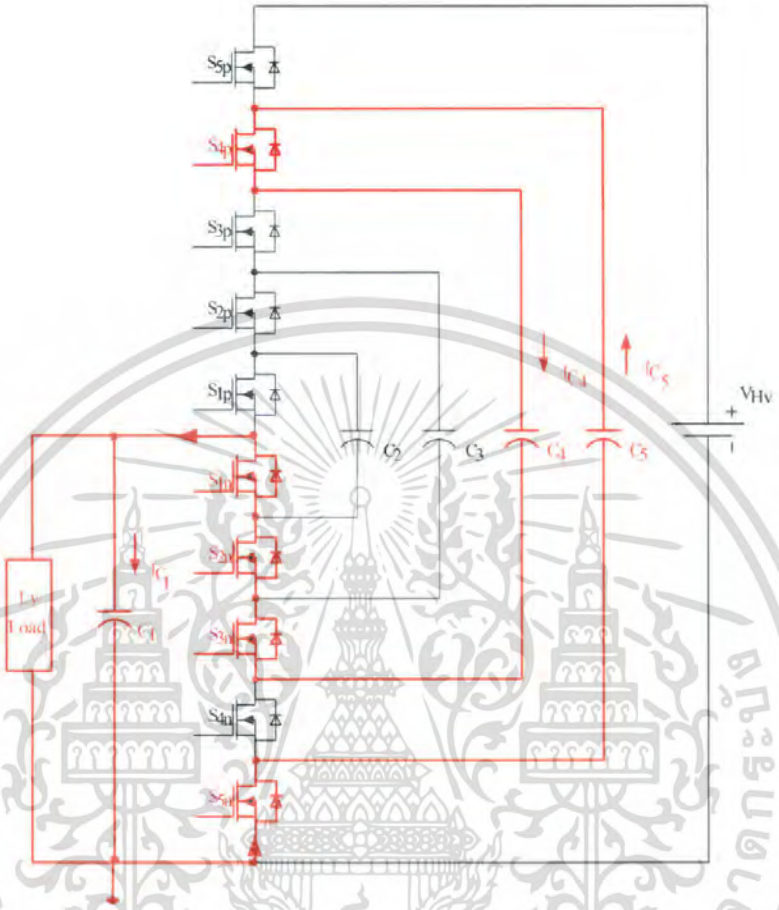
รูปที่ 2.4(ณ) แสดงสัญญาณ turn on, off ในโหมดที่ 1

การ Turn on, off ของ MOSFETs จะทำให้มีกระแสไหลผ่านในวงจรตามเส้นสีแดง ซึ่งในโหมด ที่1 กระแสไหลเข้า C_5 และ C_1 เป็นการ Charge ซึ่งในโหมดนี้ แรงดันที่ V_{Hv} ที่มีค่า 5V Discharge เข้า Charge C_5 และ C_1 ทำให้ C_5 มีแรงดันประมาณ 4V และ C_1 มีแรงดัน 1V โดยมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันในระดับที่ 1 โหมด 1 คือ ประมาณ 5-4V

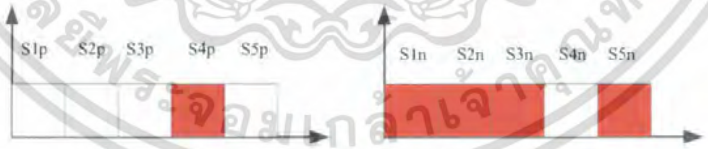
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

โหมดที่2



รูปที่ 2.4(ด) การไหลของกระแสในวงจรโหมดที่ 2 และแรงดันตกคร่อมที่ C_5, C_4 และ C_1

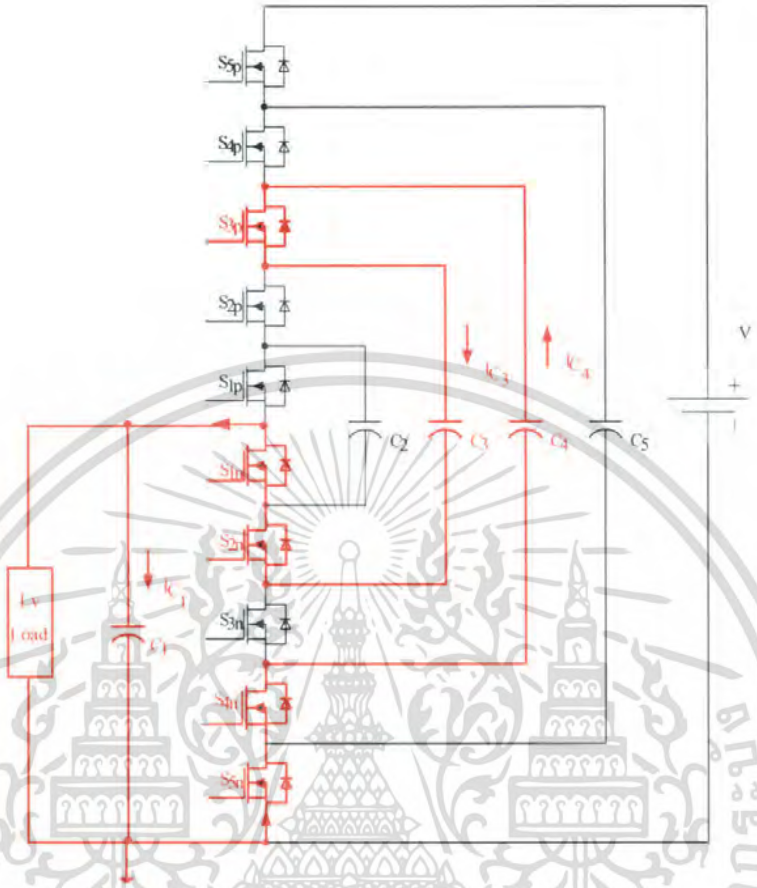


รูปที่ 2.4(ต) แสดงสัญญาณ turn on, off ในโหมดที่ 2

การ Turn on, off ของ MOSFETs จะทำให้มีกระแสไหลผ่านในวงจรตามเส้นสีแดง ซึ่งในโหมดที่ 2 กระแสไหลเข้า C_4 และ ไหลออกจาก C_5 เป็นการ Discharge โดย C_5 ทำหน้าที่เปรียบเสมือนแหล่งจ่าย ซึ่งในโหมดนี้ แรงดันที่ C_5 ที่มีค่า 4V Discharge เข้า Charge C_4 และ C_1 ทำให้ C_4 มีแรงดันประมาณ 3V และ C_1 มีแรงดัน 1V โดยมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันในโหมด 2 คือ ประมาณ 4-3V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
82942

โหมดที่3



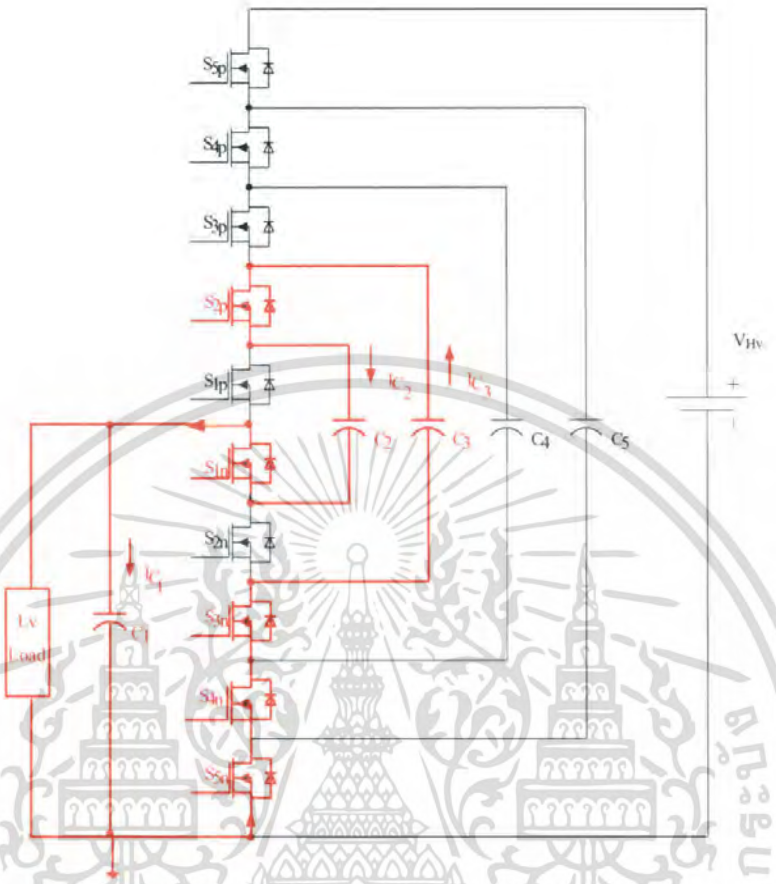
รูปที่ 2.4(ถ) กระแสไหลในวงจรโหมดที่ 3 และแรงดันตกคร่อม C_4, C_3 และ C_1

รูปที่ 2.4(ท) แสดงการ Turn on, off ในโหมดที่ 3

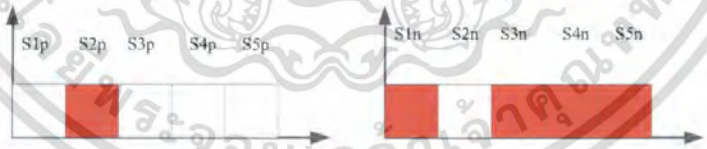
การ Turn on, off ของ MOSFETs จะทำให้มีกระแสไหลผ่านในวงจรตามเส้นสีแดง ซึ่งในโหมด ที่3 กระแสไหลเข้า C_3 และ C_1 กระแสไหลออกจาก C_4 เป็นการ Dischargeโดย C_4 เปรียบเสมือนแหล่งจ่าย ซึ่งในโหมดนี้ แรงดันที่ C_4 ที่มีค่า 3V Discharge เข้า Charge C_3 และ C_1 ทำให้ C_3 มีแรงดันประมาณ 2V และ C_1 มีแรงดัน 1V โดยมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันในระดับที่ 3 โหมด 3 คือ ประมาณ 3-2V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมดที่4



รูปที่ 2.4(ธ) กระแสไหลในวงจรโหมดที่4 และแรงดันตกคร่อมที่ C_3, C_2 และ C_1

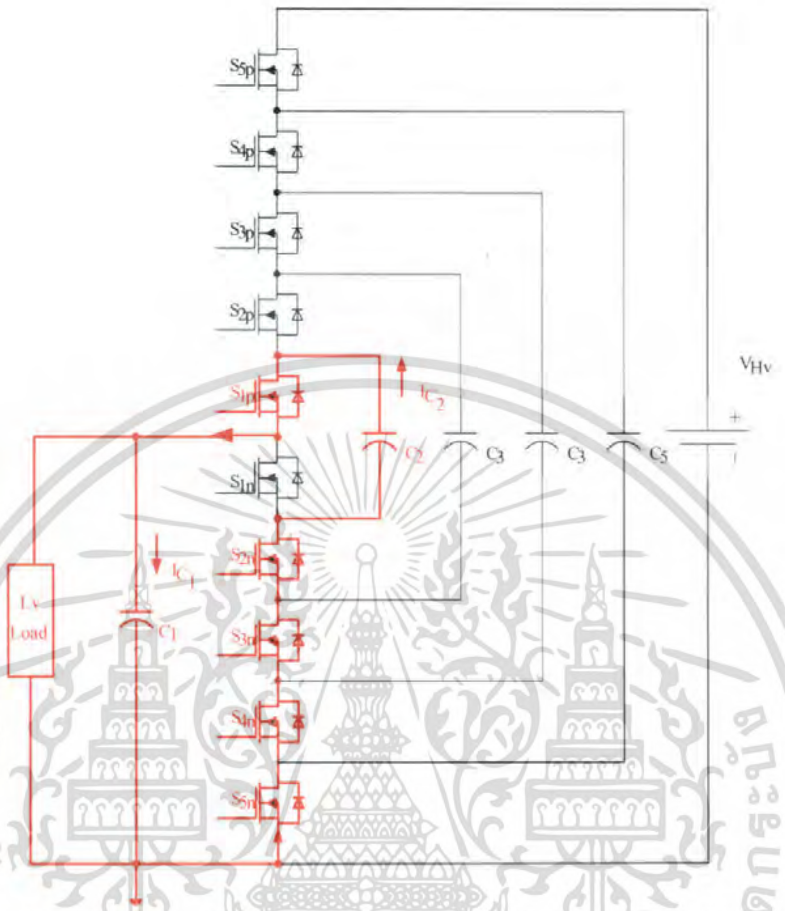


รูปที่2.4(น) แสดงสัญญาณการ Turn on, off ในโหมดที่ 4

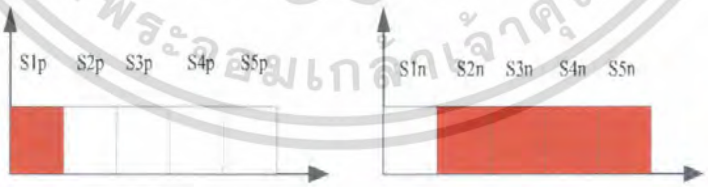
การ Turn on, off ของ MOSFETs จะทำให้มีกระแสไหลผ่านในวงจร ซึ่งในโหมดที่ 4 กระแสไหลเข้า C_2 และ C_1 กระแสไหลออก C_3 โดย C_3 เป็นการ Discharge ซึ่งในโหมดนี้ แรงดันที่ C_3 ที่มีค่า 2V Discharge เข้า Charge C_2 และ C_1 ทำให้ C_2 มีแรงดันประมาณ 1V และ C_1 มีแรงดัน 1V โดยมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันในโหมดที่ 4 คือ ประมาณ 2-1V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมดที่5



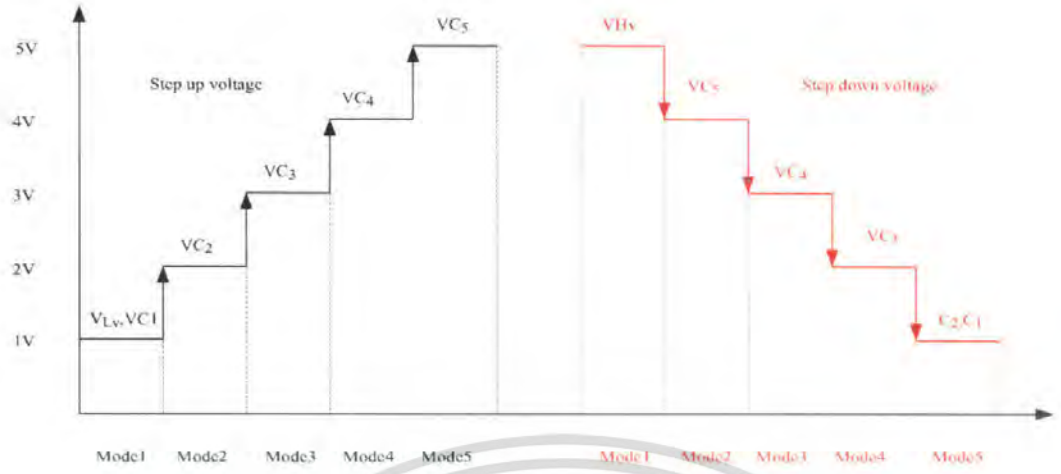
รูปที่ 2.4(บ) กระแสไหลในวงจรโหมดที่ 5 และแรงดันตกคร่อมที่ C_2 และ C_1



รูปที่ 2.4(ป) แสดงสัญญาณการ Turn on, off ในโหมดที่ 5

การ Turn on, off ของ MOSFETs จะทำให้มีกระแสไหลผ่านในวงจร ซึ่งในโหมดที่5 กระแสไหลเข้า C_1 กระแสไหลออก C_2 เป็นการ Discharge C_2 โดยทำหน้าที่เปรียบเสมือนแหล่งจ่าย ซึ่งในโหมดนี้ แรงดันที่ C_2 ที่มีค่า 1V Discharge เข้า Charge C_1 ทำให้ C_1 มีแรงดัน 1V โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงแรงดันในโหมด 5 แต่เป็นการกรองแรงดัน ให้เรียบขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4(ผ) รูปแบบการ Step up and down voltage ของ FCMDC

ตารางที่ 2.4(ข) สรุปการ Charge และ Discharge ของ FCMDC

โหมด	การทำงาน (Step up voltage)	โหมด	การทำงาน (Step down voltage)
1.	$V_{Lv} \rightarrow C_4\uparrow \rightarrow C_5\downarrow$	1.	$V_{Hv} \rightarrow C_5\downarrow \rightarrow C_1\downarrow$
2.	$V_{Lv} \rightarrow C_3\uparrow \rightarrow C_4\downarrow \rightarrow C_5\uparrow$	2.	$C_5\uparrow \rightarrow C_4\downarrow \rightarrow C1\downarrow$
3.	$V_{Lv} \rightarrow C_2\uparrow \rightarrow C_3\downarrow \rightarrow C_5\uparrow$	3.	$C_4\uparrow \rightarrow C_3\downarrow \rightarrow C_1\downarrow$
4.	$V_{Lv} \rightarrow C_1\uparrow \rightarrow C_2\downarrow \rightarrow C_5\uparrow$	4.	$C_3\uparrow \rightarrow C_2\downarrow \rightarrow C_1\downarrow$
5.	$V_{Lv} \rightarrow C_1\uparrow \rightarrow C_5\downarrow$	5.	$C_2\uparrow \; C_1\downarrow$

2.5 สาเหตุที่เราพัฒนามาใช้ Multilevel Modular Capacitor Clamped DC-DC converter (MMCCC)

วงจร MMCCC มีข้อดีที่ดีกว่าวงจร Flying capacitor multilevel DC-DC converter (FCMDC), Fly-back converter และ Push – Pull Converter โดยยกตัวอย่างดังต่อไปนี้

1. มีน้ำหนักเบาเมื่อเทียบกับ Fly-back converter และ Push – Pull Converter
2. MMCCC มี module สมบูรณ์แบบกว่า FCMDC
3. MMCCC ป้อนขา gate วงจรขับได้เมื่อเทียบกับ FCMDC
4. ความถี่สูงทำให้มีประสิทธิภาพดีกว่า
5. ripple ของกระแส input/output ต่ำ
6. Voltage drop ต่ำ ในสภาวะ Turn on
7. การจัดการการไหลของกระแสของ Power ให้ไหล 2 ทิศทาง

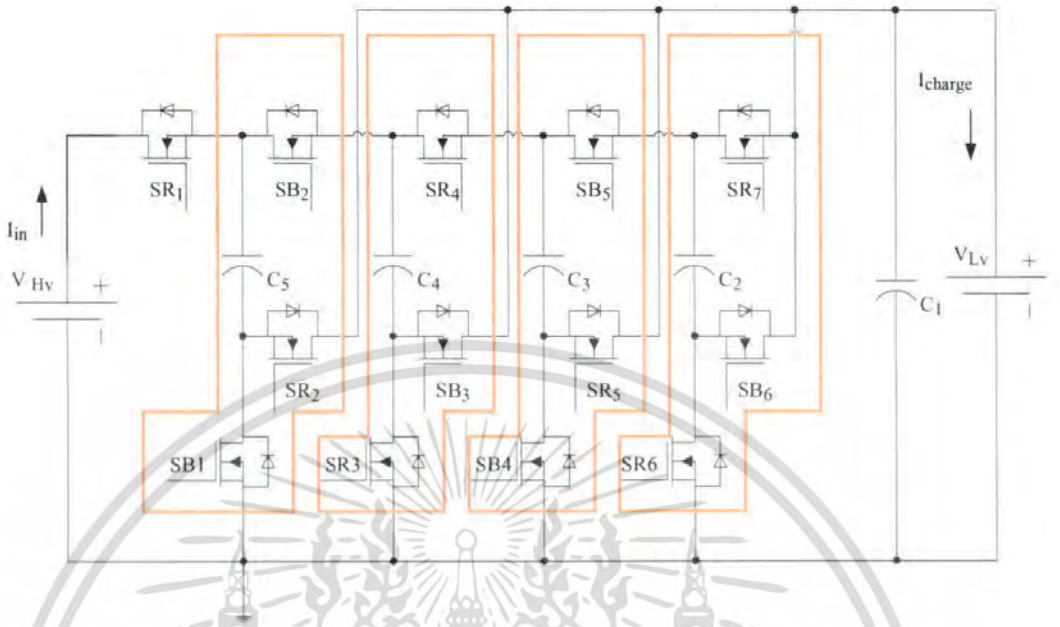
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสีย

Fly-back converter	
ข้อดี Fly back converter 1. ใช้ Inductor ขนาดเล็กเพราะขดลวด Secondary ขดลวดของหม้อแปลงมีค่า Inductance 2. ดอบสนองการควบคุม closed loop ได้ดี	**ข้อเสีย** Fly back converter 1. อุปกรณ์สวิตชิ่งต้องทนกระแส peak ได้สูงขึ้น (ประมาณ 2 เท่าของ DC-DC converter ทั่วไป) 2. Capacitor มีขนาดใหญ่ (กระแส peak มีค่าสูง) 3. มีขดลวด L เข้ามาเกี่ยวข้องจึงทำให้มีน้ำหนักมาก
Push – Pull Converter	
ข้อดี Push – Pull Converter 1. ประสิทธิภาพการทำงานดี 2. ขนาดกะทัดรัด 3. input และ output แยกกันทางไฟฟ้า 4. หม้อแปลงมีการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าได้ดี 5. ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าเดียวกันสำหรับ bias ขา base หรือ ป้อนขา gate วงจรขับได้	**ข้อเสีย** Push – Pull Converter 1. Transistor ต้องทำหน้าที่ในการ switching ในแต่ละ period ได้อย่างสมบูรณ์ 2. พิกัดแรงดันไฟฟ้า ของ Transistor (V_{ceo}) สามารถ ทน แรงดันไฟฟ้าได้เท่ากับ 2 V_{dc} 3. มีขดลวด L เข้ามาเกี่ยวข้องจึงทำให้มีน้ำหนักมาก
Flying Capacitor multilevel DC-DC Converter	
ข้อดี 1.น้ำหนักเบาเนื่องจากไม่มีขดลวด L เข้ามาเกี่ยวข้อง 2.กระแสไหลได้ 2 ทิศทาง	**ข้อเสีย** 1.โครงสร้างไม่เป็นบล็อก(modular)จึงยากแก่การแยกชิ้นส่วน 2. switching ทำได้ยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

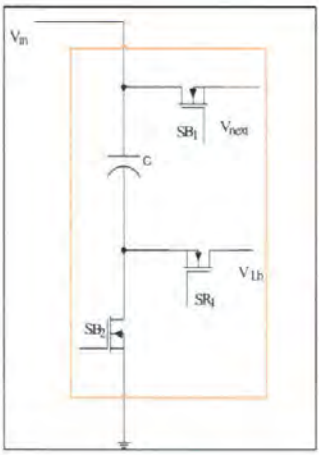
2.6 Multilevel modular capacitor clamped DC-DC converter (MMCCC)



รูปที่ 2.6(ก) 5- level MMCCC

MMCCC เป็นวงจรแปลงผันแรงดันที่กำลังไฟฟ้าสามารถไหลได้ทั้ง 2 ทิศทางซึ่งจะมีโครงสร้างเป็นแบบบล็อก (Modular) ซึ่งในหนึ่งบล็อก มีตัวเก็บประจุ 1 ตัว และมอสเฟส 3 ตัว ดังรูปที่แสดงรูปที่ 2.21 คือ จุดปลายของ V_{in} จะเชื่อมต่อกับ output ของบล็อกแรงดันสูงกว่าหรือ บล็อกก่อน และปลาย output ของV_{next} จะเชื่อมต่อ input ของบล็อกถัดไป และปลาย output ตัวอื่นๆ V_{Lb} จะเชื่อมต่อกับฝั่งแรงดันต่ำ รวมกับปลายของแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6(ข) MMCCC ในหนึ่งบล็อก

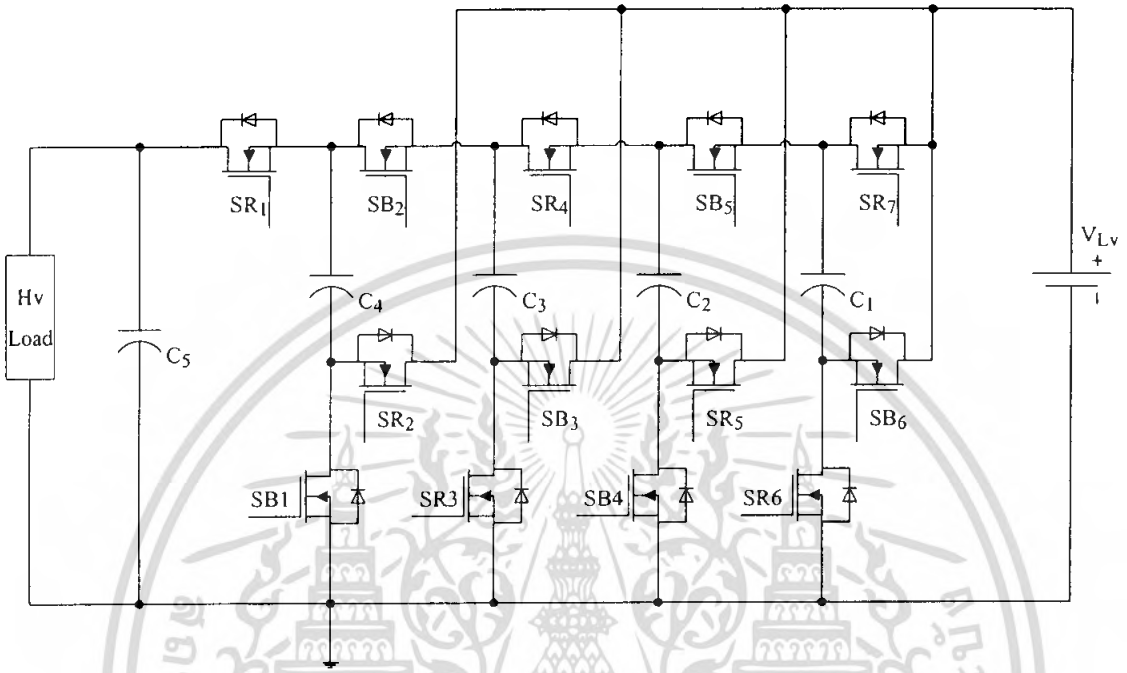
การไหลของกำลังไฟฟ้าทั้ง 2 ทิศทางของ MMCCCจากแบตเตอรี่แรงดันสูงไปแบตเตอรี่ต่ำ หรือจากสูงไปต่ำนั้น จะเหมือนกับ FCMDC ก็คือจะขึ้นอยู่กับแรงดันทั้งสองฝั่ง สำหรับ MMCCC แบบ 5ชั้น ถ้าฝั่งแรงดันแบตเตอรี่สูงมีค่ามากกว่า 5 เท่าของแรงดันแบตเตอรี่ต่ำ กำลังไฟฟ้าจะไหลจากแรงดันแบตเตอรี่สูงไปแรงดันแบตเตอรี่ต่ำ และเหมือนกัน ถ้าฝั่งแรงดันแบตเตอรี่สูงมีค่าน้อยกว่า 5 เท่าของฝั่งแรงดันแบตเตอรี่ต่ำ กำลังไฟฟ้าจะไหลจากแรงดันแบตเตอรี่ต่ำไปแรงดันแบตเตอรี่สูง

โดยการทำงานของ MMCCC แบ่งเป็นการทำงานแบบ Step up voltage และ Step down voltage

รูปที่ 2.6(ค) แสดงสัญญาณการ Turn on, off ของ MMCCC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 MMCCC (Step up dc voltage)



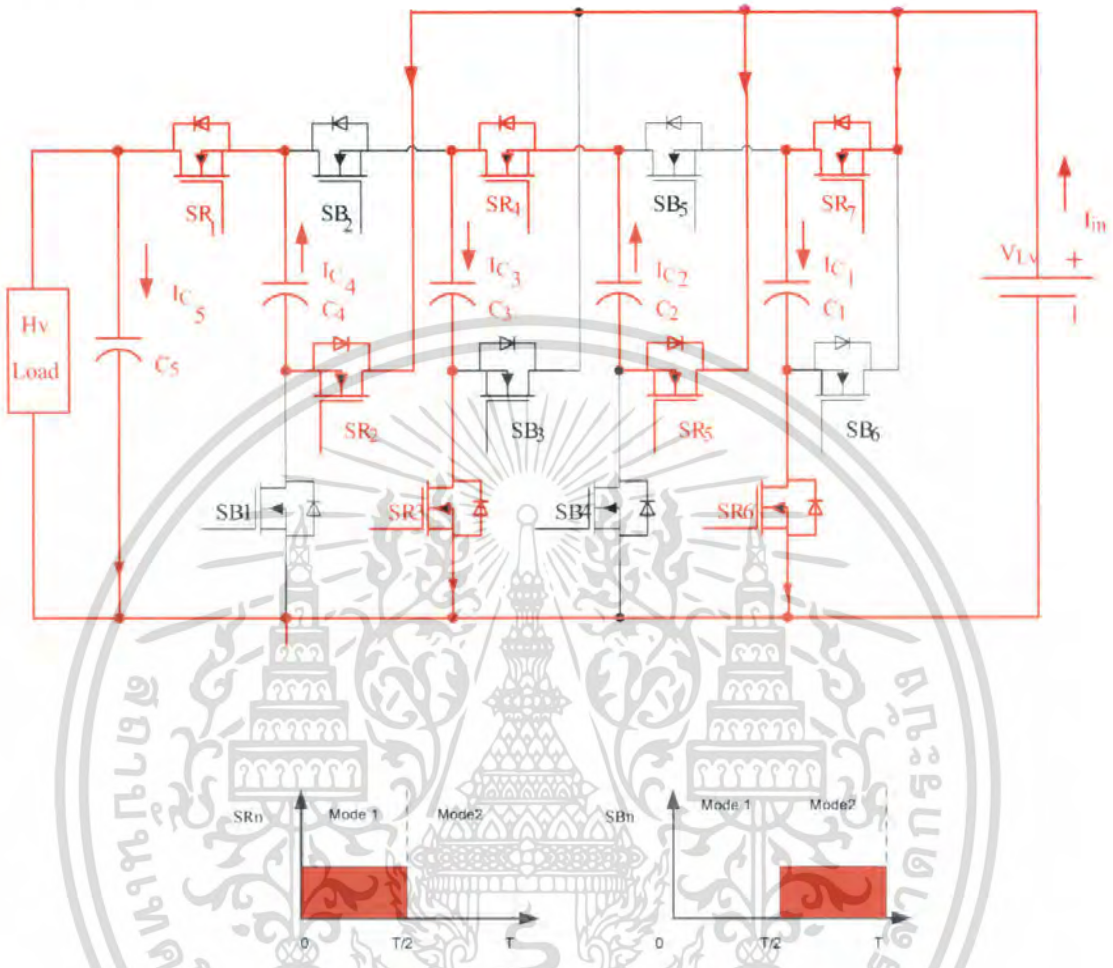
รูปที่ 2.6(ง) 5- level MMCCC (Step up dc voltage)

การทำงานของ (MMCCC) ในการเพิ่มแรงดันไฟกระแสตรง (Step up dc voltage) โดยส่วนประกอบหลักของวงจร จะมี MOSFETs, ตัวเก็บประจุ และ แหล่งจ่าย การทำงานจะอาศัยการสวิตช์ Turn on, off ของ MOSFETs เพื่อนำกระแส และไม่นำกระแสในวงจร ซึ่งกระแสที่ไหลจะเป็นการ Charge, dischargeตัวเก็บประจุโดยจะมีโหมดการทำงานในหนึ่งคาบเวลาแบ่งได้เป็น 2 โหมดการทำงาน

การอธิบายการทำงานของวงจรจาก Lv-Hv ได้ทำการอธิบายโดยมี กำหนดให้ V_{Lv} มีค่าทำกับ 1V และ Hv load มีค่าน้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมดที่1

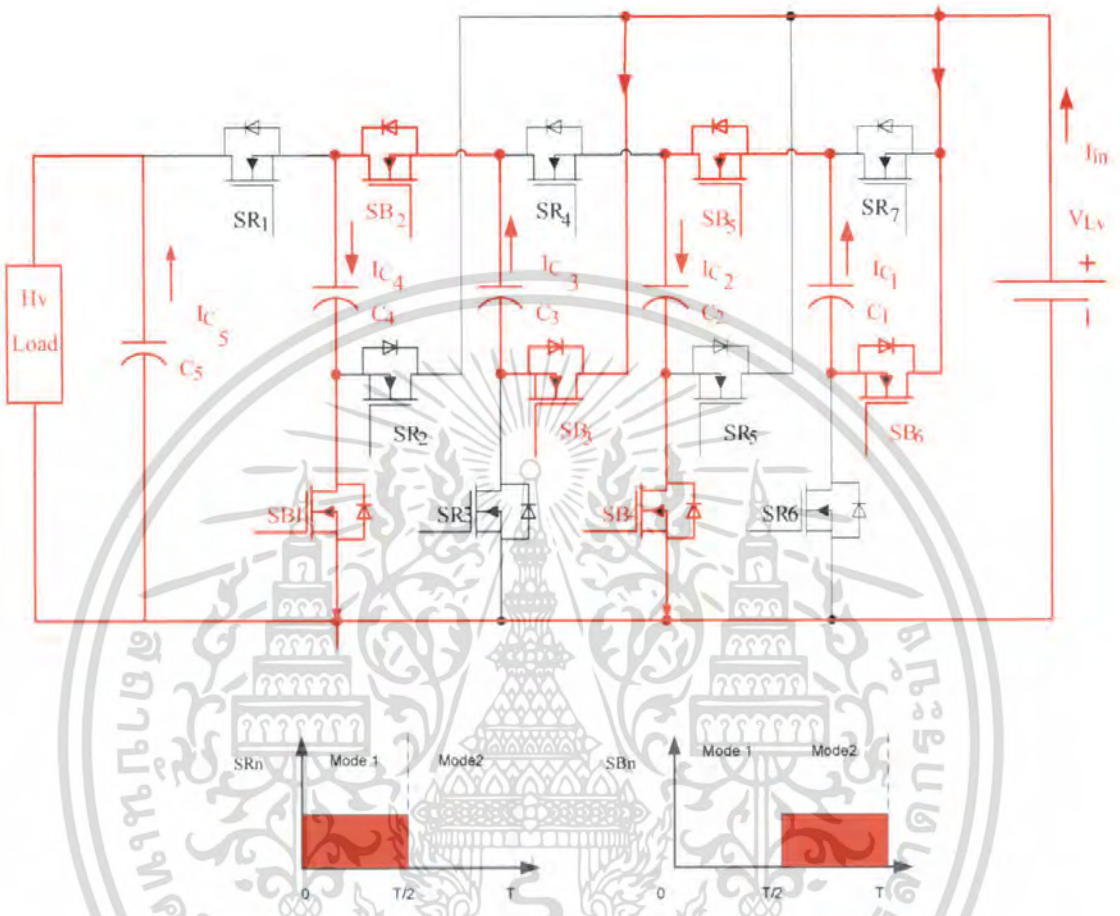


รูปที่ 2.6(จ) การไหลของกระแสในวงจรโหมดที่ 1และแรงดันตกคร่อมที่ C_1, C_2, C_3 ,C_4 และ C_5 และ แสดงสัญญาณการ Turn on, off ในโหมดที่ 1

การทำงานของ MMCCC (step up dc voltage)โหมดที่1 มอสเฟส S_{Rn} Turn on และ มอสเฟส S_{Bn} turn off ทำให้กระแสไหลตามเส้นสีแดงในรูป 2.6(จ) คือ กระแสไหลเข้า C_1 , C_3 , C_5 เป็นการ Charge C_1 , C_3 และ C_5 กระแสไหลออกจาก C_2 และ C_4 เป็นการ Discharge ซึ่งใน โหมดที่1 V_{Lv} มีค่าเท่ากับ 1V Dischargeเข้า Charge C_1 ทำให้ C1 มีแรงดันประมาณ 1V และในขณะเดียวกัน V_{Lv} กับ C_2 ที่มีแรงดันประมาณ 2V รวมกัน Dischargeเข้า Charge C_3 ทำให้แรงดันที่ C_3 มีค่าประมาณ 3V และอีกช่วงเวลาเดียวกัน V_{Lv} รวมกับ C_4 ที่มีแรงดันประมาณ 4 V Dischargeเข้า Charge C_5 ทำให้มีแรงดันประมาณ 5V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมดที่ 2

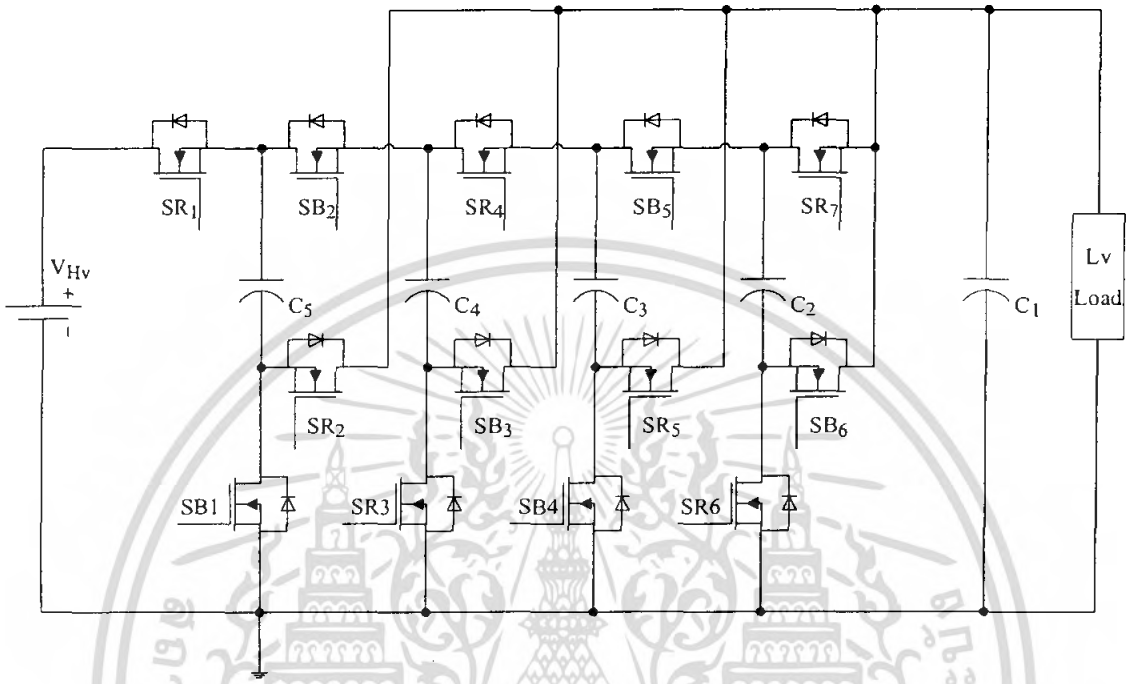


รูปที่ 2.6(ฉ) การไหลในวงจรโหมดที่2 และแรงดันตกคร่อมที่ C_5 , C_4 , C_3 ,C_2 และ C_1 และแสดงสัญญาณการ Turn on, off ในโหมดที่ 2

การทำงานของ MMCCC (step up dc voltage) โหมดที่ 2 มอสเฟส S_{Bn} Turn on และ มอสเฟส S_{Rn} Turn off ทำให้กระแสไหลตามรูป 2.6(ฉ) คือ กระแสไหลออก C_1 , C_3 เปรียบเสมือนแหล่งจ่าย Discharge กระแสไหลเข้า C_2 , C_4 เป็นการ ChargeC_2 ,C_4 และกระแส C_5 Dischargeซึ่งในโหมดที่2 V_{Lv} มีค่าเท่ากับ 1V รวมกับ C1 ที่มีแรงดันประมาณ 1V Dischargeเข้า Charge C_2 ทำให้มีแรงดันที่ C_2 ประมาณ 2V ในขณะเดียวกัน V_{Lv} กับ C_3 ที่แรงดันประมาณ 3V Dischargeเข้า Charge C_4 ทำให้แรงดันที่ C_4 มีค่าประมาณ 4V และมี C_5 โดยมีแรงดันประมาณ 5V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 MMCCC (Step down dc voltage)



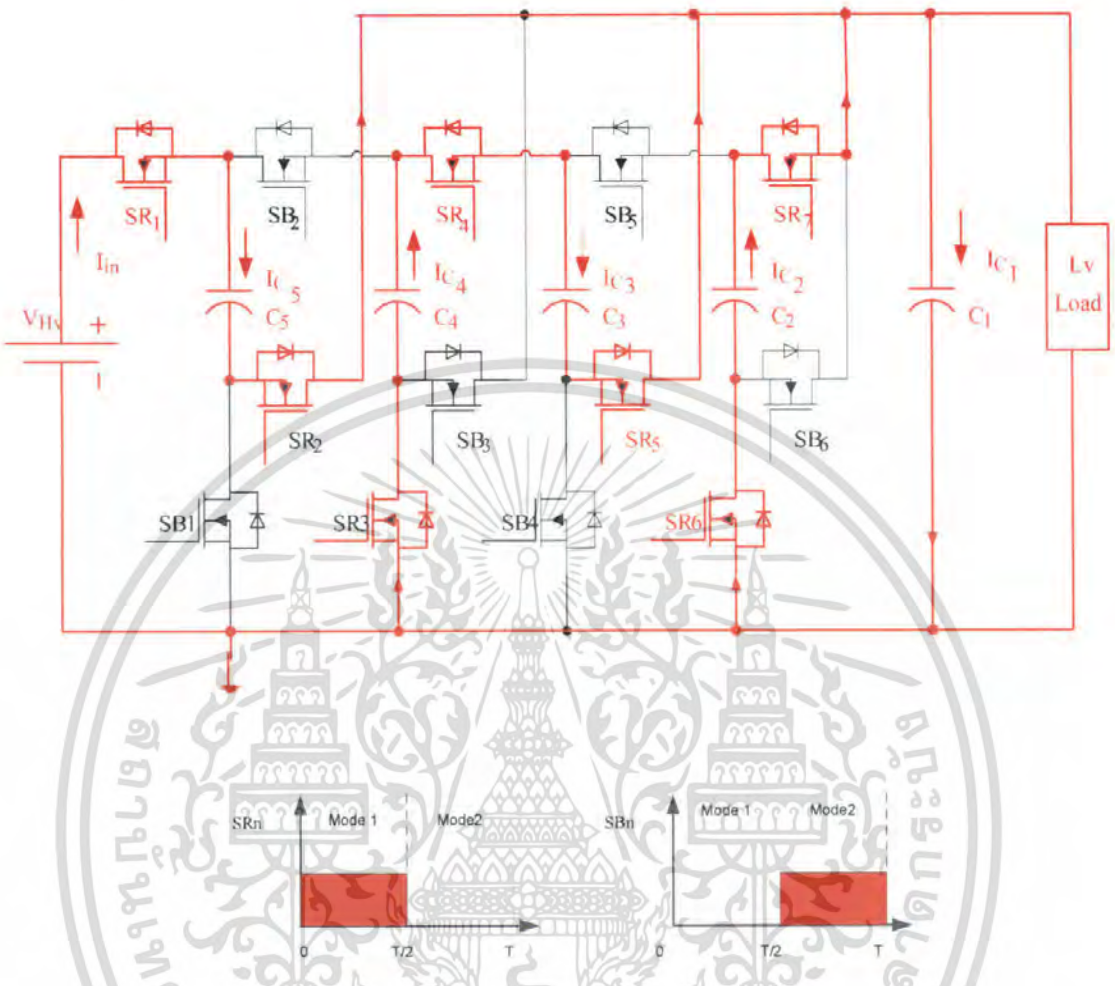
รูปที่ 2.6(ช) 5- level MMCCC (Step down dc voltage)

การทำงานของ (MMCCC) ในการเพิ่มแรงดันไฟกระแสตรง (Step up down voltage) โดยส่วนประกอบหลักของวงจร จะมี MOSFETs, ตัวเก็บประจุ และ แหล่งจ่าย การทำงานจะอาศัยการสวิตช์ Turn on, off ของ MOSFETs เพื่อนำกระแส และไม่นำกระแสในวงจร ซึ่งกระแสที่ไหลจะเป็นการ Charge, discharge ตัวเก็บประจุโดยจะมีโหมดการทำงานแบ่งได้เป็น 2 โหมดการทำงาน

การอธิบายการทำงานของวงจร Hv-Lv ได้ทำการอธิบายโดยมีการกำหนด V_{Hv} เป็น 5V และโหลดมีค่าน้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมดที่1

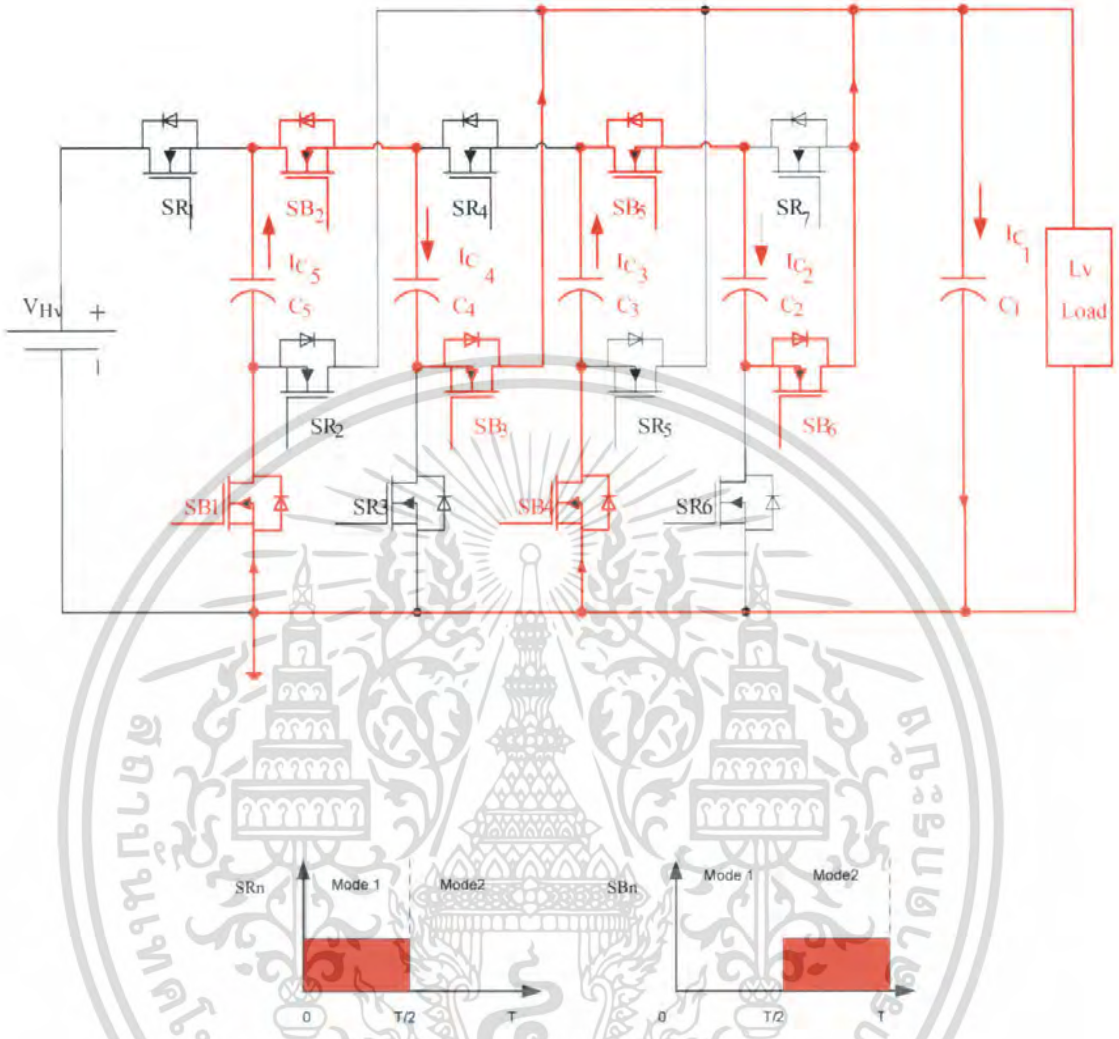


รูปที่ 2.6(ซ) การไหลของกระแสในวงจรโหมดที่1 และแรงดันตกคร่อมที่ C_5, C_4, C_3, C_2 และC_1 และ แสดงสัญญาณการ Turn on, off ในโหมดที่ 1

การทำงานของ MMCCC (step down dc voltage) โหมดที่1 มอสเฟต S_{Rn} Turn on และ มอสเฟส S_{Bn} Turn off ทำให้กระแสไหลตามรูป 2.6(ซ) คือ กระแสไหลเข้า C_5, C_3, C_1 เป็นการ Charge C_1, C_3 และ C_5 กระแสไหลออกจาก C_2 และ C_4 เป็นการ Discharge ซึ่งใน โหมดที่1 H_{Lv} มีค่าเท่ากับ 5V Dischargeเข้า Charge C_5 และ C_1 ทำให้ C_5 และ C_1 มีแรงดันประมาณ 4Vและ 1V ตามลำดับ และในขณะเดียวกัน C_4 โดยที่มีแรงดันโดยประมาณ 3V Dischargeเข้า Charge C_3 ทำให้ C_3 มีแรงดันประมาณ 2V และ C_2 ที่มีแรงดัน ประมาณ 1V Discharge ออกไปที่ C_1 และโหลด ทำให้มีแรงดันที่ C_1 ประมาณ 1V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

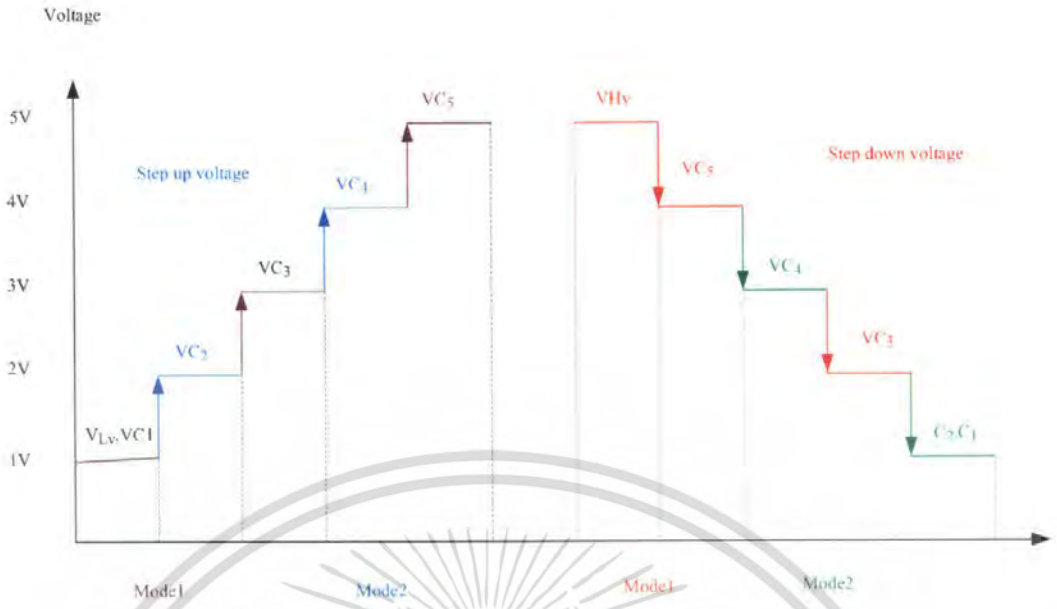
โหมดที่2



รูปที่ 2.6(ฌ) การไหลในวงจรโหมดที่ 2 และแรงดันตกคร่อมที่ C_5, C_4, C_3, C_2 และ C_1 และแสดง สัญญาณการ Turn on, off ในโหมดที่ 2

การทำงานของ MMCCC (step down dc voltage) โหมดที่1 มอสเฟส S_{Bn} Turn on และ มอสเฟส S_{Rn} Turn off ทำให้กระแสไหลตามรูป 2.6(ฌ) คือ กระแสไหลออก C_1 เปรียบเสมือนแหล่งจ่าย Discharge กระแสไหลเข้า C_2, C_5 เป็นการ Charge C_2, C_5 ซึ่งในการทำงาน C_5 ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายมีแรงดันประมาณ 4V Dischargeเข้า Charge C_4 และ C_1 ทำให้ C_4 มีแรงดันประมาณ 3V และ 1V ตามลำดับและในขณะเดียวกัน C_3 ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายมีแรงดันประมาณ 2V Discharge เข้าCharge C_2 และC_1 ทำให้ C_2และC_1 มีแรงดันประมาณ 1V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6(ญ) รูปแบบการ Step up and down voltage MMCCC

ตารางที่ 2.6 สรุปการ Charge และ Discharge ของ MMCCC

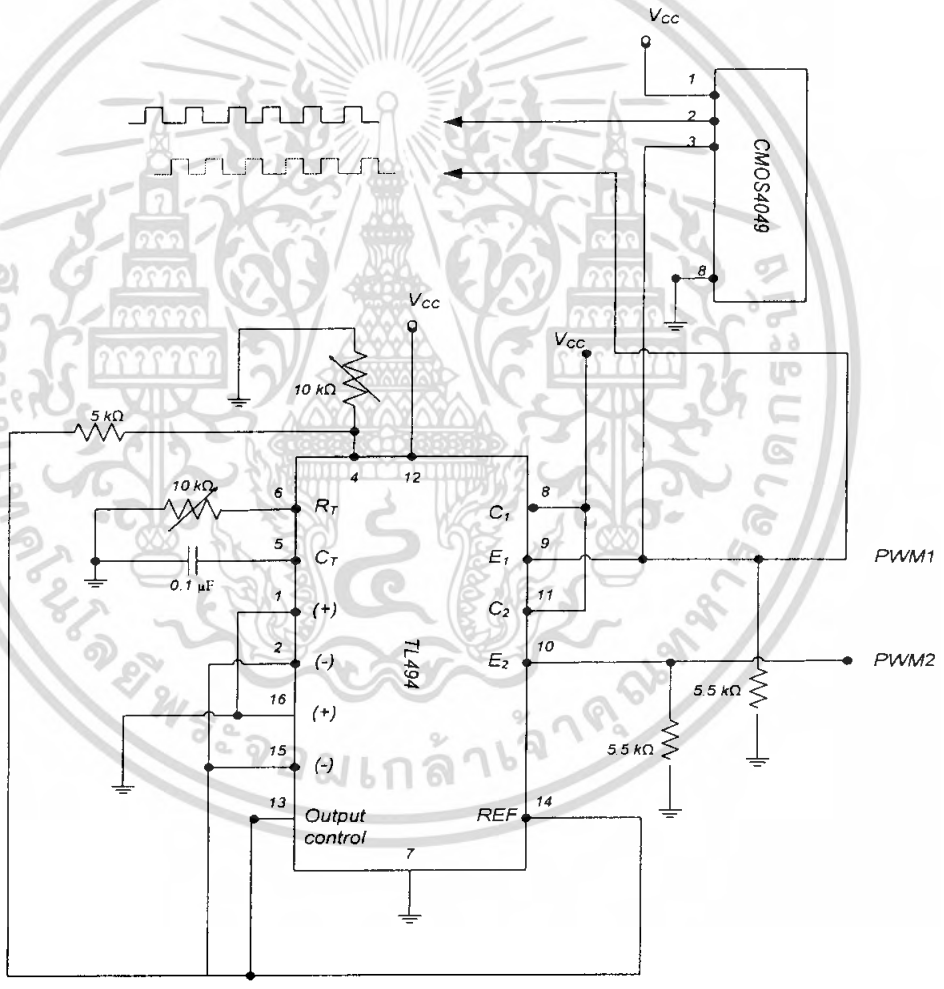
โหมด	การทำงาน (Step up voltage)	โหมด	การทำงาน (Step down voltage)
1.	$V_{Lv} \rightarrow C_1\downarrow \rightarrow C_2\uparrow \rightarrow C_3\downarrow \rightarrow C_4\uparrow \rightarrow C_5\downarrow$	1.	$V_{HV} \rightarrow C_1\downarrow \rightarrow C_2\uparrow \rightarrow C_3\downarrow \rightarrow C_4\uparrow \rightarrow C_5\downarrow$
2.	$V_{Lv} \rightarrow C_1\uparrow \rightarrow C_2\downarrow \rightarrow C_3\uparrow \rightarrow C_4\downarrow \rightarrow C_5\uparrow$	2.	$C_1\uparrow \rightarrow C_2\downarrow \rightarrow C_3\uparrow \rightarrow C_4\downarrow \rightarrow C_5\downarrow$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและสร้าง

ในการออกแบบวงจรใช้หลักและทฤษฎีเบื้องต้นจากบทแรกๆ ที่ได้กล่าวมา โดยเราเลือกใช้วงจรควบคุมแบบ PWM (Pulse width Modulator) โดยใช้ IC เบอร์ 494 ซึ่งสามารถกำหนดความถี่และคาบเวลาได้ นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วย การออกแบบวงจรขับเกต และการออกแบบวงจรแหล่งจ่าย

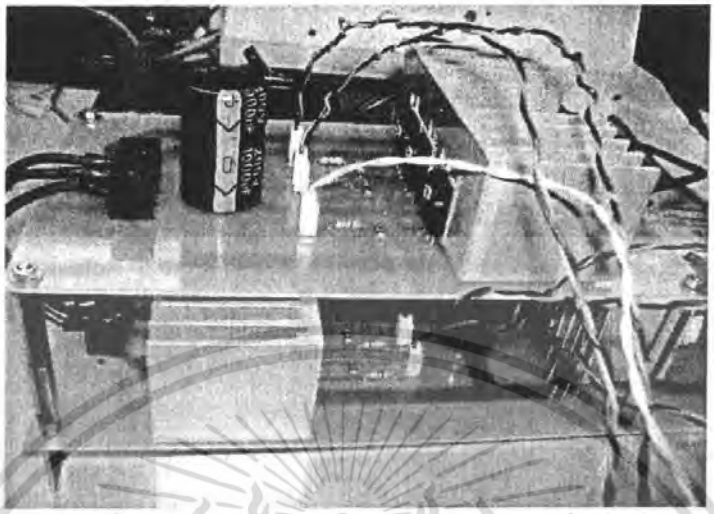
3.1 วงจรควบคุม



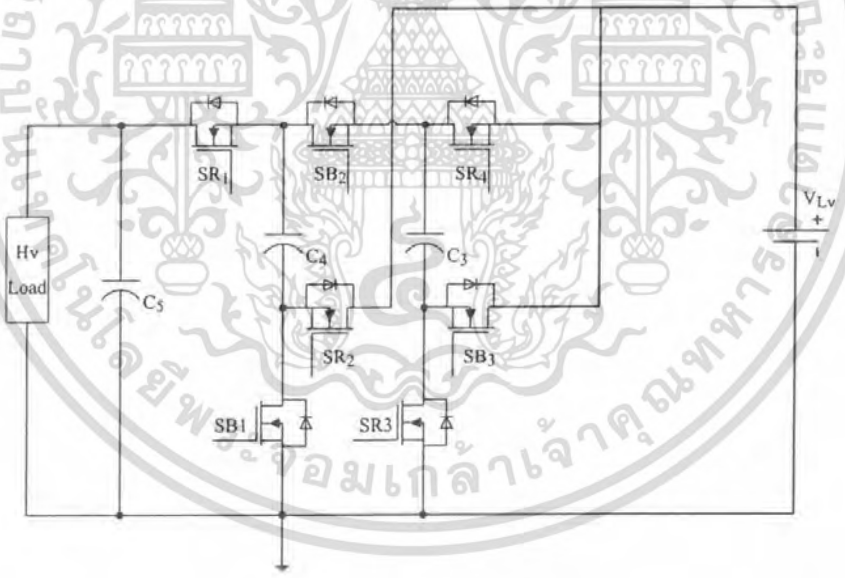
รูปที่ 3.1 แสดงการออกแบบวงจรควบคุม TL 494

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วงจรกำลัง



รูปที่ 3.2 แสดงวงจรกำลัง(main circuit) 3 ระดับ

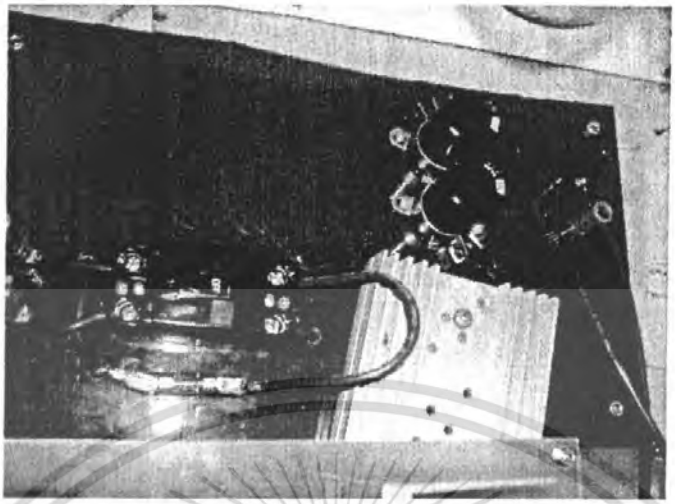


รูปที่ 3.3 แสดงการออกแบบวงจรกำลัง (main circuit) 3 ระดับ

การทำงานของ (MMCCC) มีทั้งการเพิ่มแรงดันไฟกระแสตรง (Step up voltage) และการลดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (Step down voltage) โดยส่วนประกอบหลักของวงจร จะมี มอสเฟส , ตัวเก็บประจุ และ แหล่งจ่าย การทำงานจะอาศัยการสวิตช์ Turn on ,off ของ Mosfet เพื่อนำกระแส และไม่นำกระแสในวงจร ซึ่งกระแสที่ไหลจะเป็นการ Charge , discharge ตัวเก็บประจุ

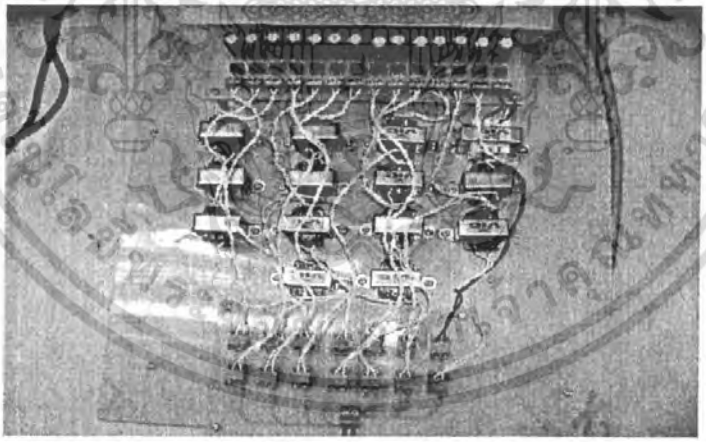
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้า



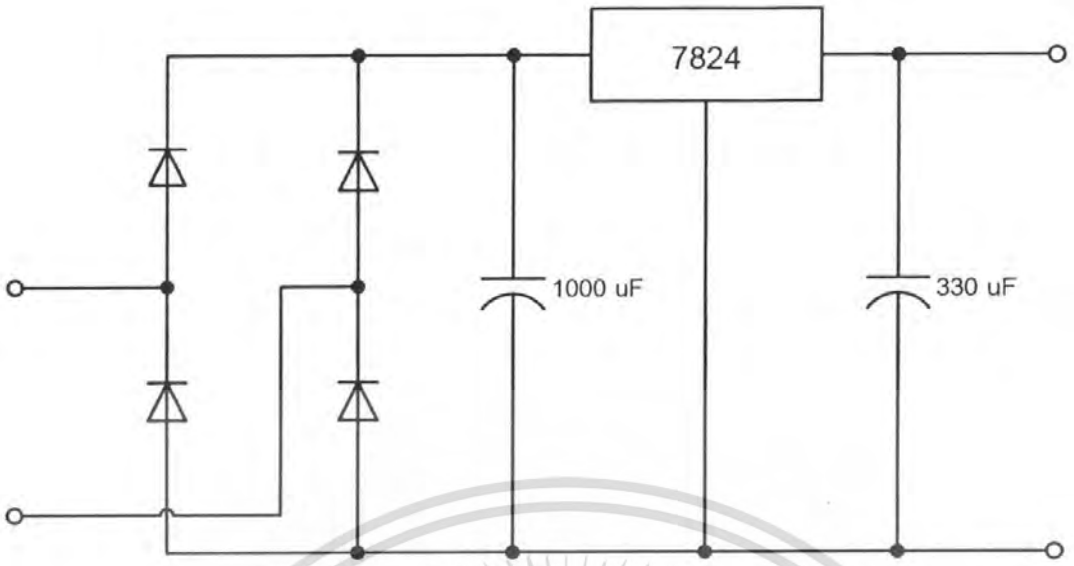
รูปที่ 3.4 แสดงวงจร Bridge Diode Rectifier จริง

วงจร Bridge Diode Rectifier เป็นวงจรที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง โดยประกอบไปด้วย switch breaker, fuse, bridge diode และตัวเก็บประจุ



รูปที่ 3.5 แสดงวงจร Supply จริง

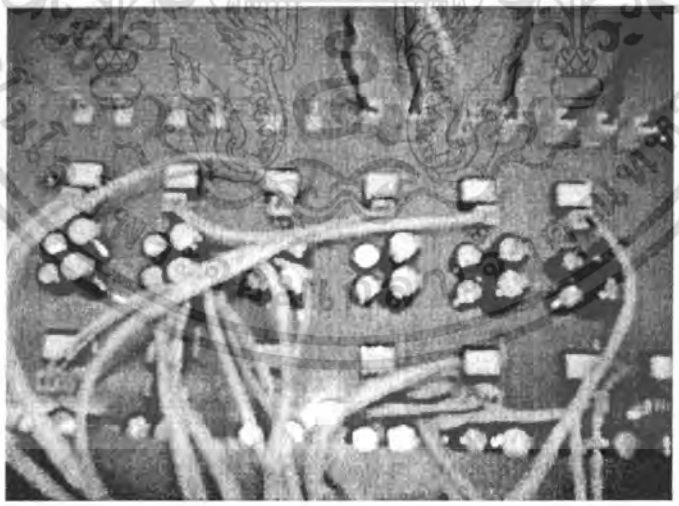
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดงการออกแบบวงจร Supply

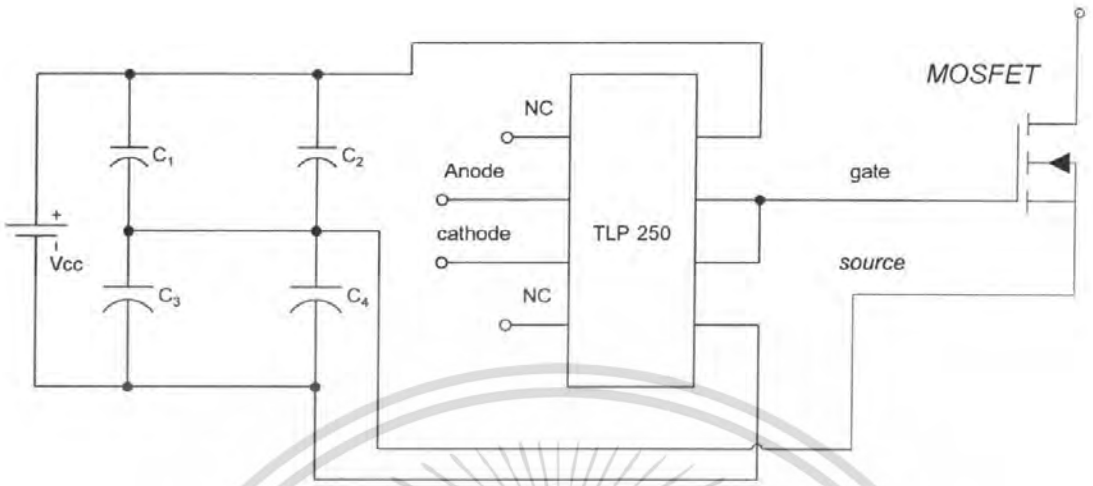
วงจร Supply เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับวงจรขับเกต TLP 250 วงจรควบคุม TL 494 ประกอบไปด้วย Bridge rectifier ตัวเก็บประจุ และ IC regulater

3.4 วงจรขับเกต



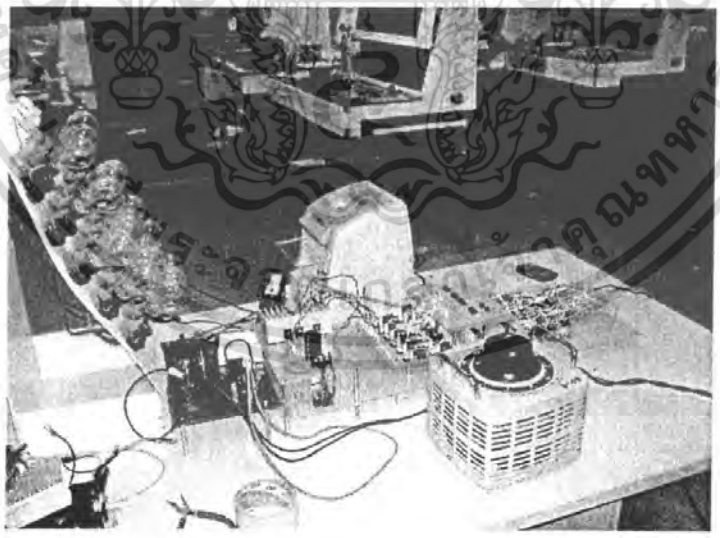
รูปที่ 3.7 วงขับเกต TLP 250

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 วงจรขับเกต TLP 250

วงจรขับเกต TLP 250 เป็นวงจรที่ใช้ขับ MOSFET ในโครงงาน ซึ่งประกอบไปด้วย Capaciter 4 ตัว โดยการขับ MOSFET จะขับแบบตัวต่อตัว เพราะว่าวงจรขับเกตทุกตัวจะต้องแยกกราวด์

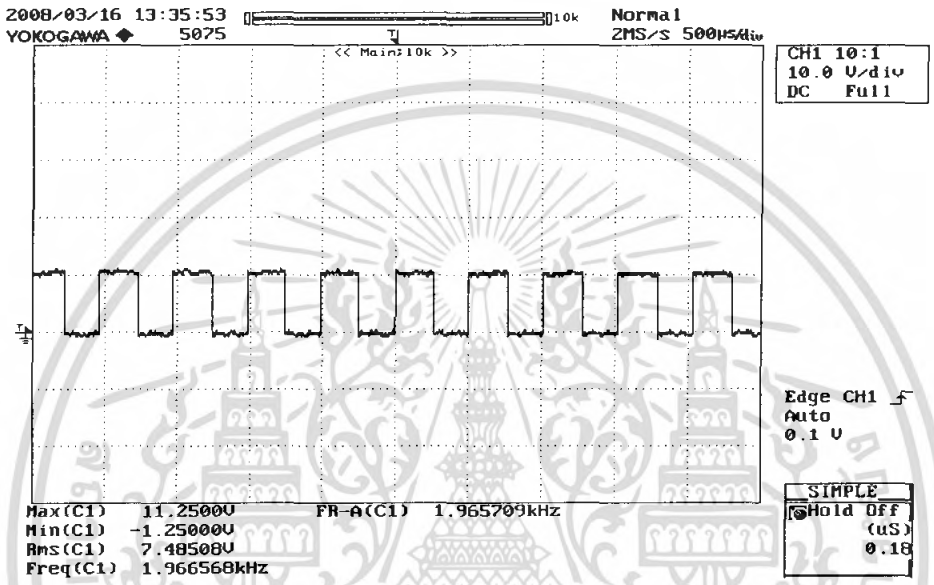


รูปที่ 3.9 แสดงชิ้นงานจริงที่สมบูรณ์

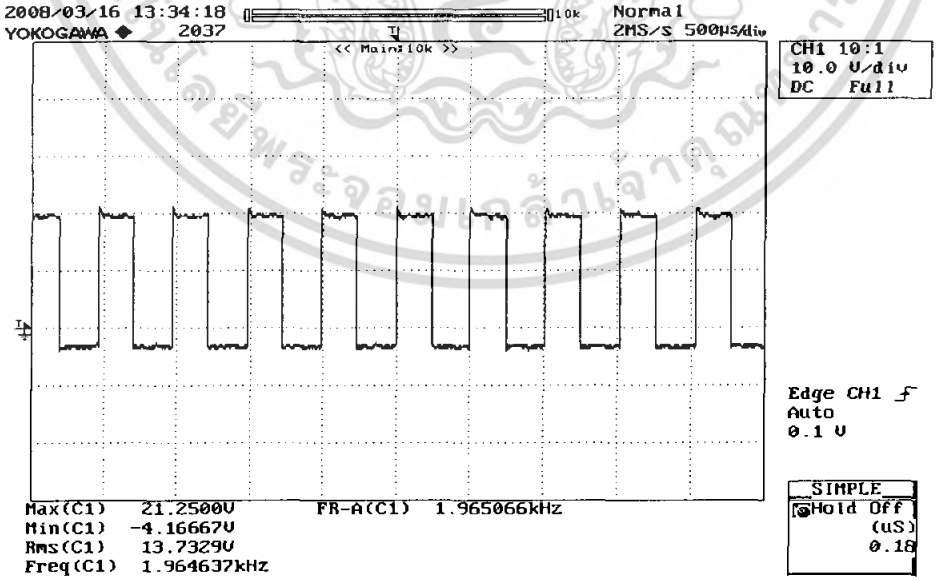
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

Multilevel modular capacitor clamped DC-DC converter (MMCCC) ต้องการสัญญาณในการป้อนขับเกตโดยมี Duty cycle 50% โดยในโครงงานใช้ TL 494 ในการกำเนิดสัญญาณ ซึ่งได้ทำการทดสอบที่ความถี่ 1.5K และ 2.0K



รูปที่ 4(ก) สัญญาณที่กำเนิดโดย TL494

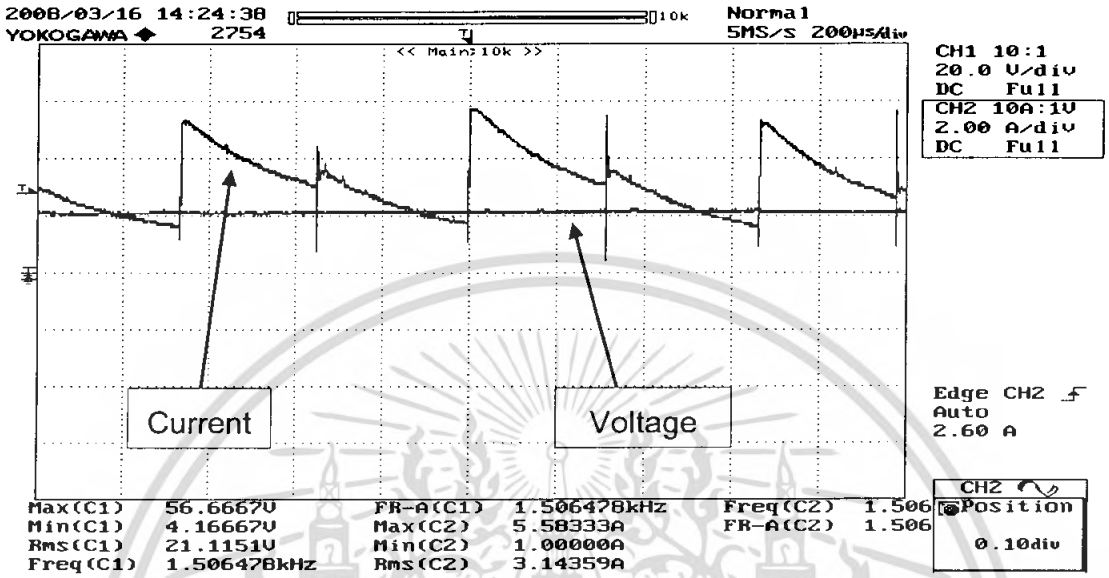


รูปที่ 4(ข) สัญญาณขับเกตโดยใช้ TLP 250

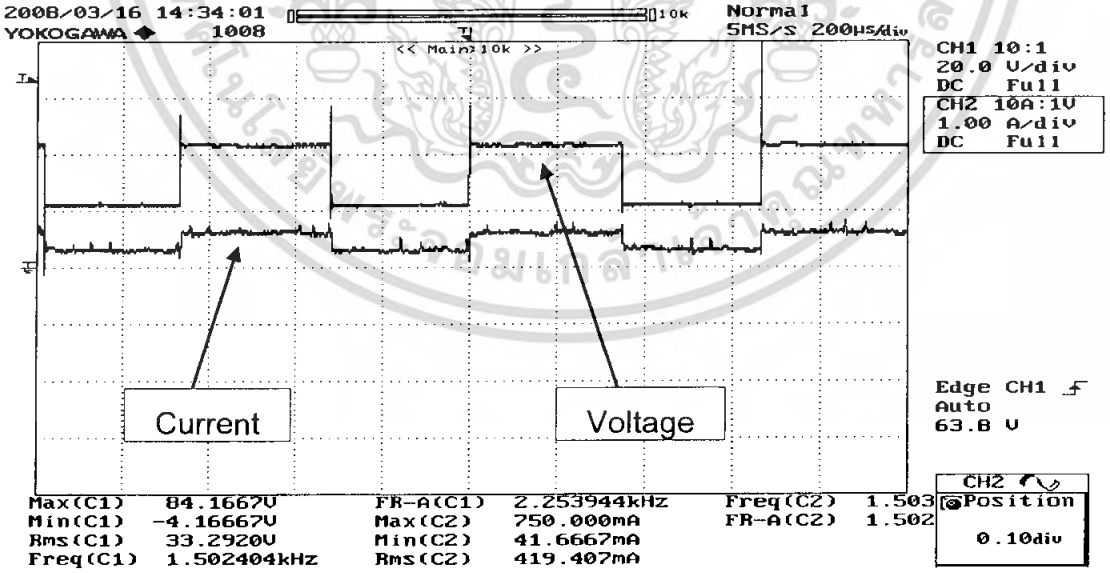
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 ทดสอบที่การใส่โหลดในระดับที่ความถี่ 1.5K

4.1.1 ทดลองแบบ step up voltage

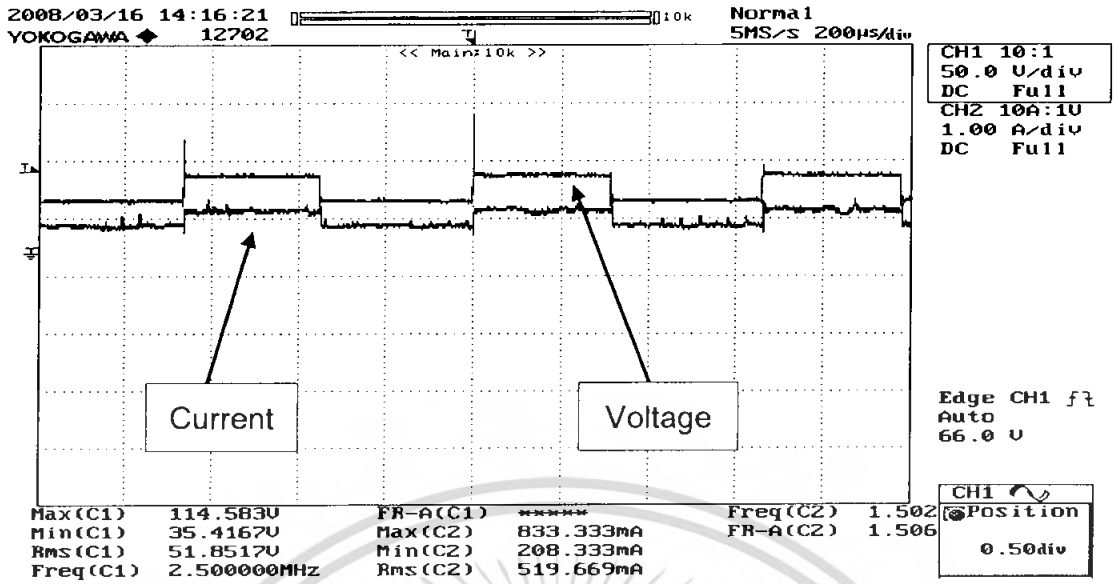


รูปที่ 4.1.1(ก) แสดงกระแสและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะขาเข้าสู่วงจรกำลัง



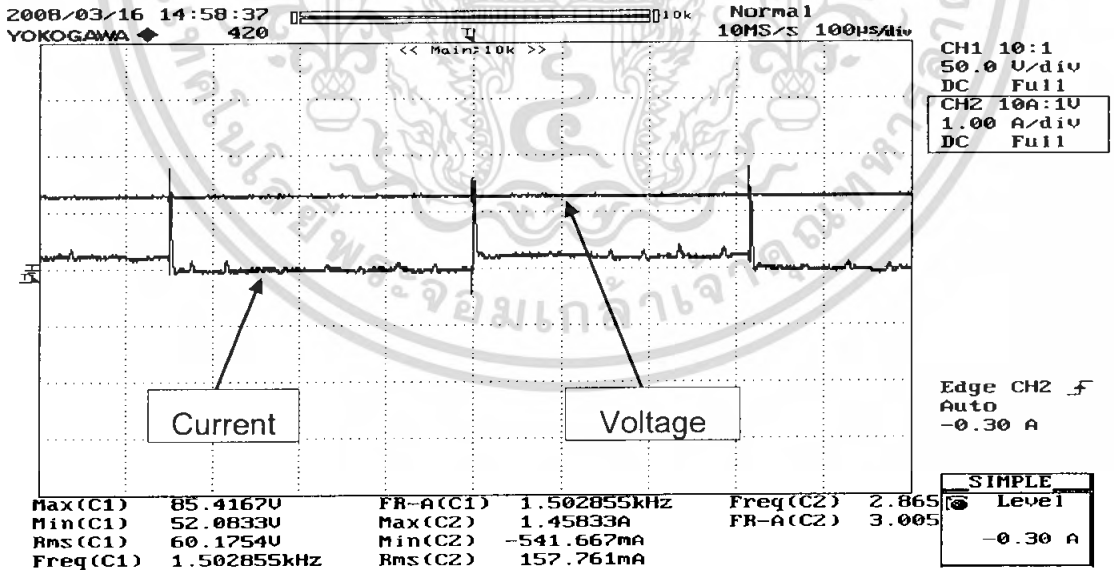
รูปที่ 4.1.1(ข) แสดงกระแสและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะขาออกเมื่อใส่โหลดที่ Level 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



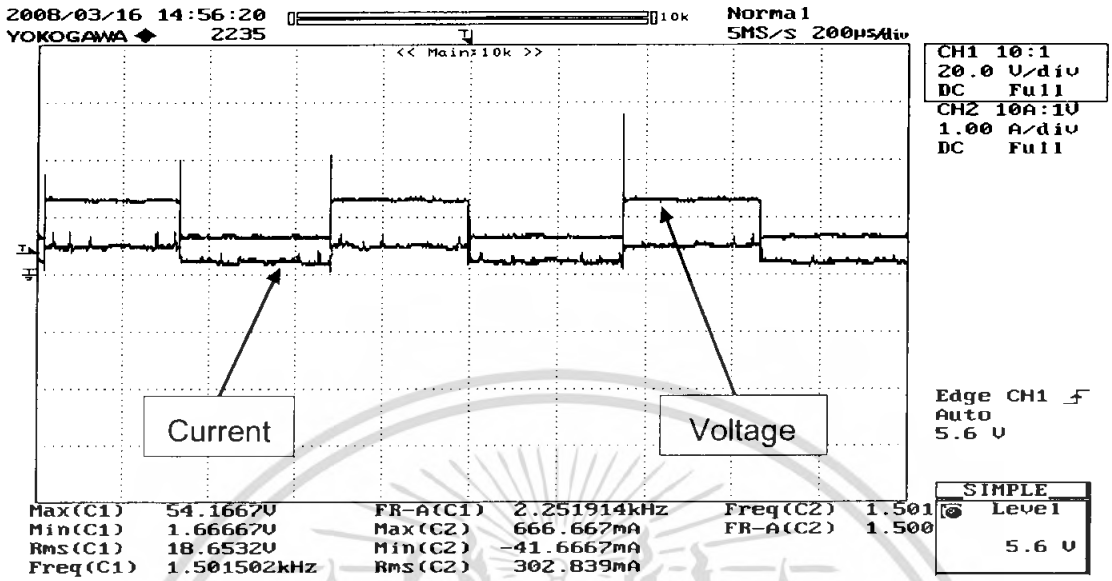
รูปที่ 4.1.1(ค) แสดงกระแสและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะขาออกเมื่อใส่โหลดที่ Level 3

4.1.2 ทดลอง step down voltage



รูปที่ 4.1.2(ก) แสดงกระแสและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะขาเข้าสู่วงจรกำลัง

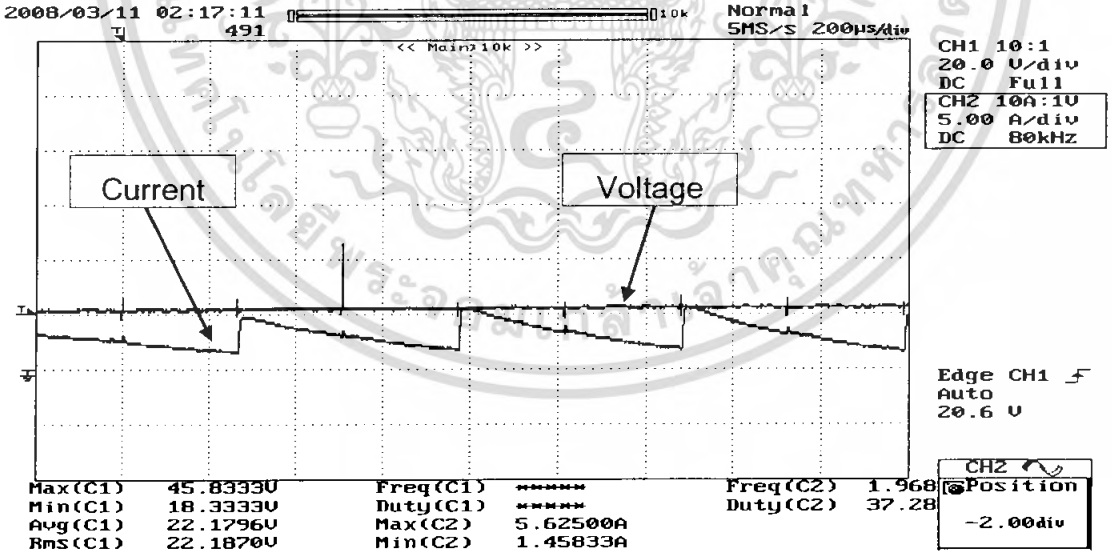
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1.2(ข) แสดงกระแสและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะขาออกเมื่อใส่โหลดที่ Level 3

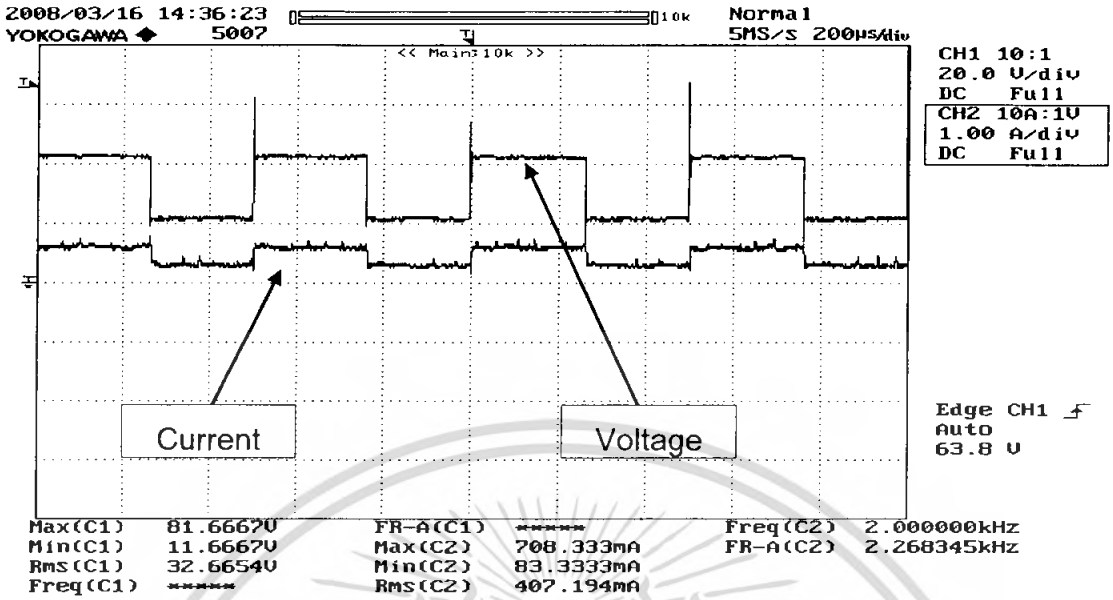
4.2 ทดสอบการใส่โหลดในระดับที่ความถี่ 2.0K

4.2.1 ทดลองแบบ step up voltage

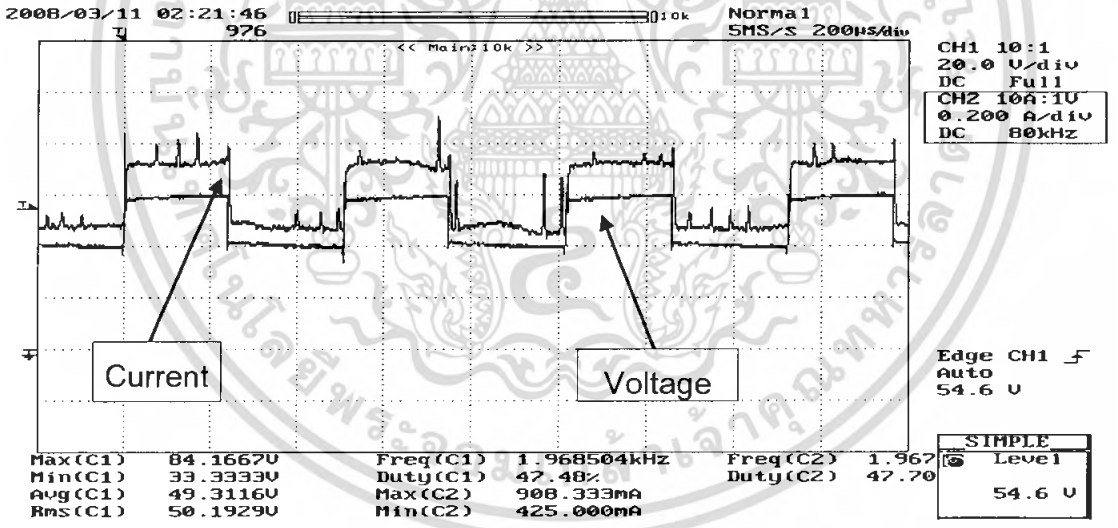


รูปที่ 4.2.1(ก) แสดงกระแสและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะขาเข้าสู่วงจรกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



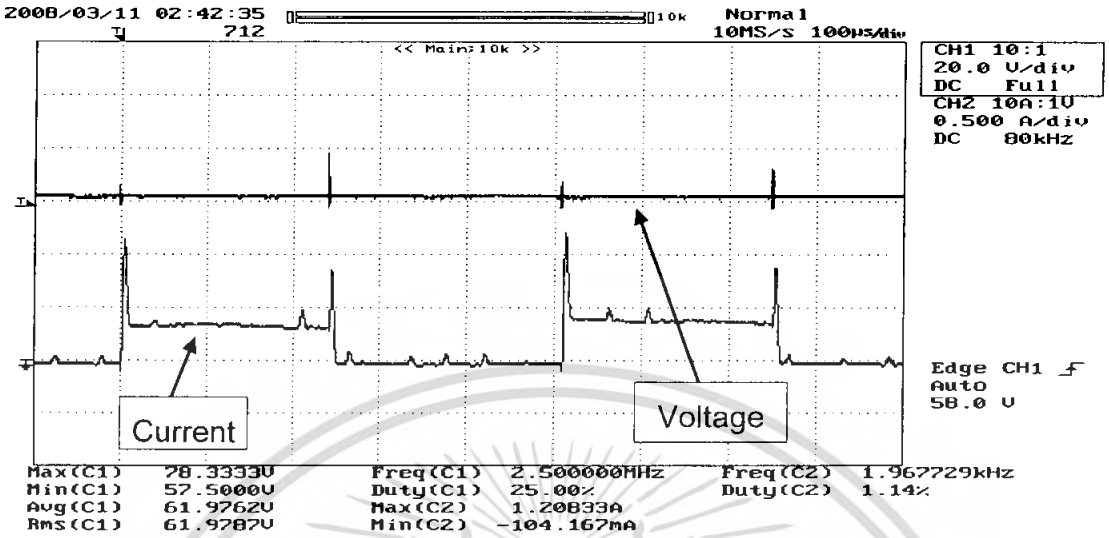
รูปที่ 4.2.1(ข) แสดงกระแสและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะขาออกจากวงจรเมื่อใส่โหลดที Level 2



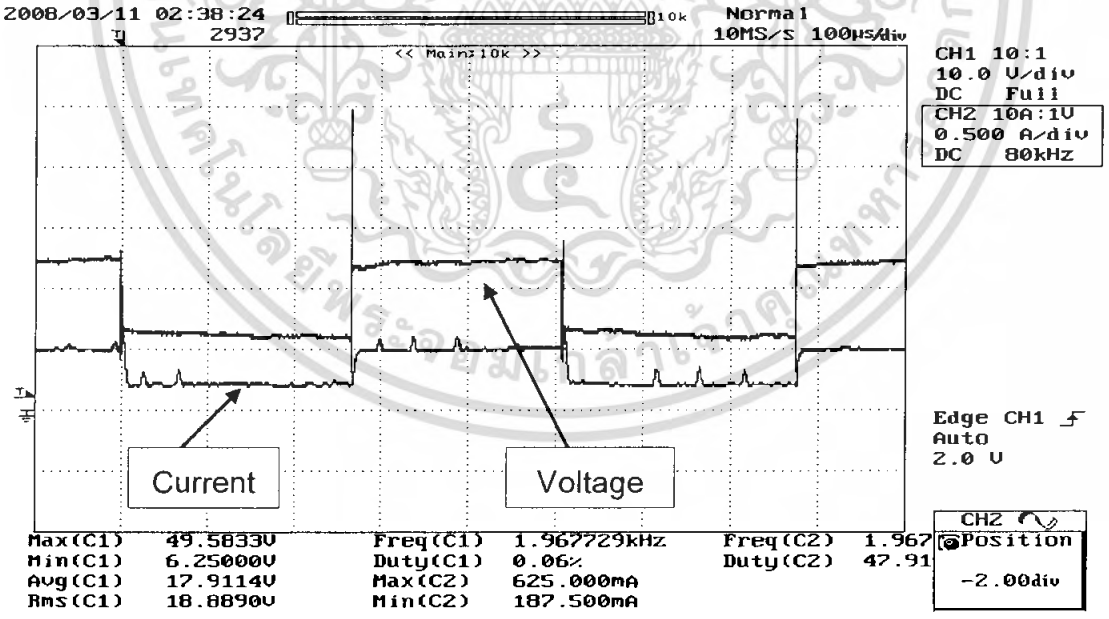
รูปที่ 4.2.1(ค) แสดงกระแสและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะขาออกจากวงจรเมื่อใส่โหลด level 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ทดลองแบบ step down voltage



รูปที่ 4.2.2(ก) แสดงกระแสและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะขาเข้าสู่วงจรกำลัง



รูปที่ 4.2.2(ข) แสดงกระแสและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะขาออกจากวงจรกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

การดำเนินงานและออกแบบสร้างชุด Multilevel Modular Capacitor Clampe DC-DC converter คณะผู้จัดทำได้ดำเนินการมาตั้งแต่ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 โดยเริ่มต้นจากการค้นคว้าข้อมูลและการออกแบบวงจร ซึ่งก็พบปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ก็คือ วงจรที่ได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้นจริงไม่สามารถทำงานได้จริง เนื่องจากทางกลุ่มได้ทำการศึกษารายละเอียดของวงจรไม่ละเอียดเท่าที่ควร ทำให้เมื่อปฏิบัติจริง จะได้ผลไม่ตามเป้าหมายที่ต้องการ เช่น วงจร Opto-couple จึงต้องมีการแก้ไขในรายละเอียดบางส่วนของวงจร ซึ่งปัญหาดังกล่าวนั้นก็ได้ทำให้มอสเฟตมีการระเบิด

ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 ได้ทำการศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับวงจร MMCCC ซึ่งเป็นวงจรหลักที่นำมาใช้ในโครงงานนี้ และได้ทำการออกแบบจำลองวงจรไว้ในโปรแกรม Power Simulation ซึ่งก็ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ

และจากวงจรที่ได้ทำการออกแบบไว้ในภาคเรียนที่ 1 และ 2 ปีการศึกษา 2550 เมื่อได้นำมาประกอบรวมกันแล้ว การทดสอบปรากฏว่าได้ผลดีจากผลการทดลองโดย

1. การเพิ่มแรงดันแบบ 3 ขั้น จะพบว่าแรงดัน input 20 V จะได้ แรงดัน output 60 V ซึ่งจะได้แรงดันเพิ่มขึ้นเป็น 3 เท่า ของแรงดัน input

จะได้สมการดังนี้ $V_{out} = (n)V_{in}$ โดยที่ n คือ จำนวน level

2. การลดแรงดันแบบ 3 ขั้น จะพบว่าแรงดัน input 60 V จะได้ แรงดัน output 20 V ซึ่งจะได้แรงดันลดลงเป็น 3 เท่า ของแรงดัน input

จะได้สมการดังนี้ $V_{out} = V_{in} /(n)$ โดยที่ n คือ จำนวน level

สำหรับโครงงานนี้สามารถนำไปใช้งานได้ คณะผู้จัดทำหวังว่า โครงงานนี้จะเป็นประโยชน์และพื้นฐานสำหรับผู้สนใจและผู้ที่ต้องการพัฒนาต่อไป ซึ่งจะเป็นหนทางหนึ่งในการพัฒนาเทคโนโลยีที่ผลิตขึ้นภายในประเทศต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] Faisal H. Khan, Leon M. Tolbert, " A Multilevel Modular Capacitor - Clamped DC-DC converter," IEEE Industry Applications Annual Meeting(IAS), *Oct. 2006.*

[2] Faisal H. Khan, Leon M. Tolbert, " 5 kW Multilevel DC-DC converter for Hybrid Electric and Fuel Cell Automotive," IEEE Industry Applications Annual Meeting(IAS)

[3] Faisal H. Khan, Leon M. Tolbert, "Multiple Load-Source Integration in a Multilevel Modular Capacitor Clamped DC-DC Converter Featuring Fault Tolerant Capability," IEEE Industry Applications Annual Meeting(IAS)

[4] รศ.ดร. วีระเชษฐ์ ขันเงิน , วุฒิพล ธาราธีรเศรษฐ์, " อิเล็กทรอนิกส์กำลัง Power Electronic" ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

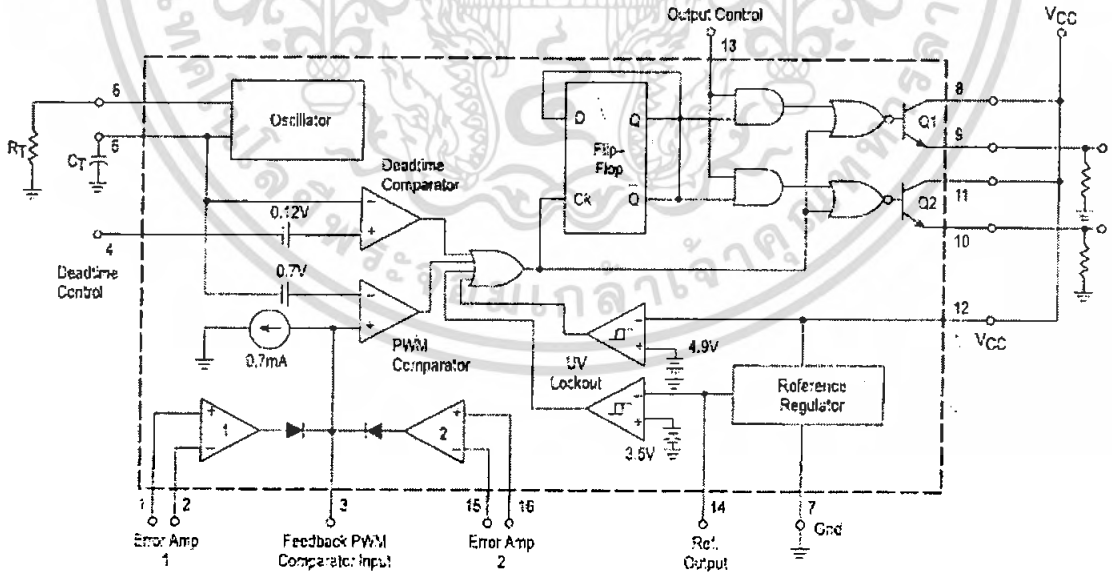
ภาคผนวก ก
ข้อมูลอุปกรณ์

TL 494CN PWM Control circuit

IC เบอร์ TL 494 ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อต้องการสัญญาณ PWM โดยเฉพาะรูปที่ 2.6.4 จะแสดงส่วนประกอบภายในและบล็อกไดอะแกรมของ TL 494 การควบคุมความถี่ PWM จะใช้ควบคุมความถี่คงที่ โดยผลิตความถี่ saw tooth ขึ้นภายในตัว IC ความถี่จะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบภายนอก 2 ตัว คือ R_T และ C_T ซึ่งจะต่ออยู่กับขา 6 และขา 5 ความถี่นี้สามารถหาได้จาก

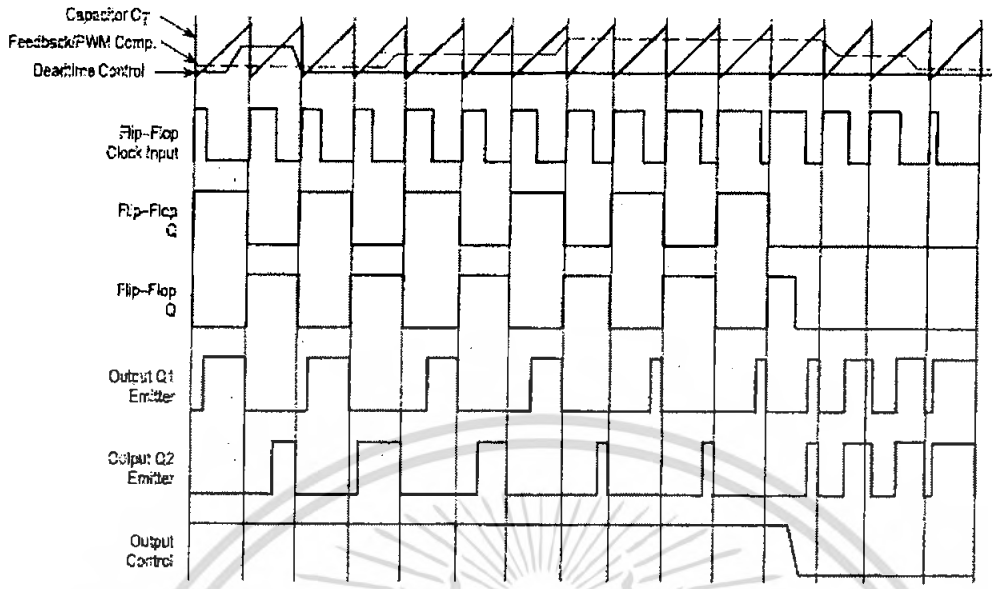
$$f_{osc} = 1.1 / (R_T + C_T)$$

แรงดันดกคร่อม C_T จะเป็นลักษณะของรูป saw tooth หรือบางทีเรียกว่าสัญลักษณ์ (ramp) สัญญาณนี้จะถูกเปรียบเทียบสัญญาณจาก error amplifier และสัญญาณจาก deadtime control Nor gate เป็นตัวขับมอสเฟตที่เอาต์พุต Q_1 และQ_2 ซึ่งทั้งสองจะทำงานก็ต่อเมื่อสัญญาณ clock ที่อินพุตของ ฟลิบ-ฟลอบ อยู่ในสถานะต่ำ ซึ่งจะเกิดขึ้นได้เมื่อแรงดัน saw tooth มีค่ามากว่าสัญญาณ error amplifier และสัญญาณ dead time control ดังนั้นการเพิ่มขนาดของสัญญาณควบคุมทั้งสองนี้จะทำให้ความกว้างของพัลส์ที่เอาต์พุตลดลงดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 1 ส่วนประกอบภายใน TL 494

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 Timing diagram waveform TL 494

ที่ขา dead time control จะมีแรงดันอยู่ประมาณ 0.1 V แรงดัน off set อันนี้จะป้อนเข้าที่ขาInverter อินพุตของวงจร dead time control comparator ดังนั้นเมื่อแรงดันตกคร่อม C_T สูงกว่า 0.1 V comparator จะให้เอาต์พุตเป็น high และทุก cycle การออสซิเลต C_T จะคายประจุ และแรงดันต่ำกว่านี้ในตอนต้นของสัญญาณ ramp ทุกลูก ทางเอาต์พุต comparator จะมีช่วงเป็น low เสมอทำให้มอสเฟตหยุดทำงาน (dead time)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

แสดงผลการจำลองการทำงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์

วงจรการ SIMULATION และผลการ SIMULATION

การ simulation เป็นการจำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จนได้ผลการsimulation ที่น่าพอใจก่อนที่จะทำชิ้นงานจริง โดนในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้ใช้โปรแกรม Powersim ในการจำลองการทำงาน

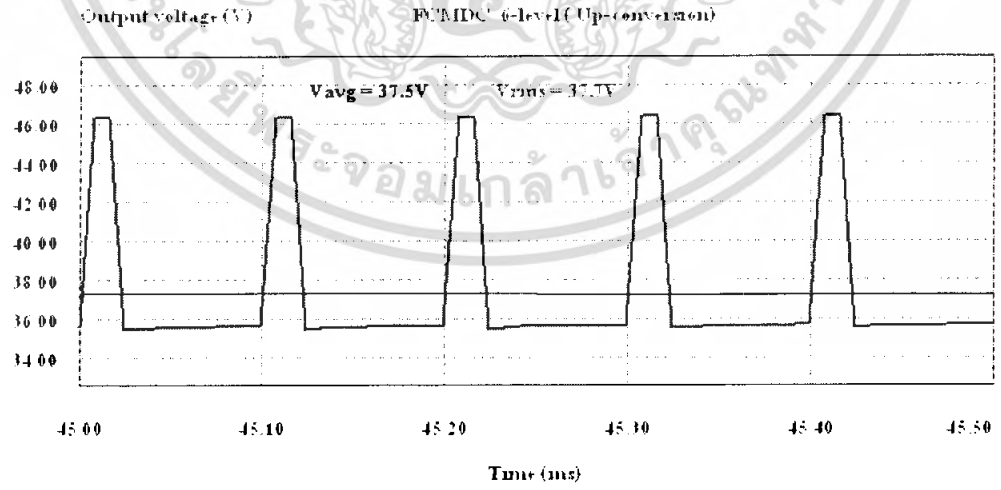
ในบทนี้ได้ทำการ simulation วงจรต้นแบบที่ Dr. F.H KHAN ได้นำเสนอเอาไว้เพื่อเป็นการศึกษาการทำงานและเป็นการเปรียบเทียบกับผลการ simulation โครงงานที่จะทำจริงโดยจะแบ่งเป็น

- ผลการ simulation ของ Dr. F.H KHAN
- ผลการ simulation ของโครงงานที่จะทำ

ผลการ simulation ต้นฉบับของ Dr. F.H KHAN โดยเป็นการจำลองหาแรงดันขาออก และ กระแสขาเข้า เมื่อการไหลของกำลังไฟฟ้า ของ FCMDC แบบ 6 level

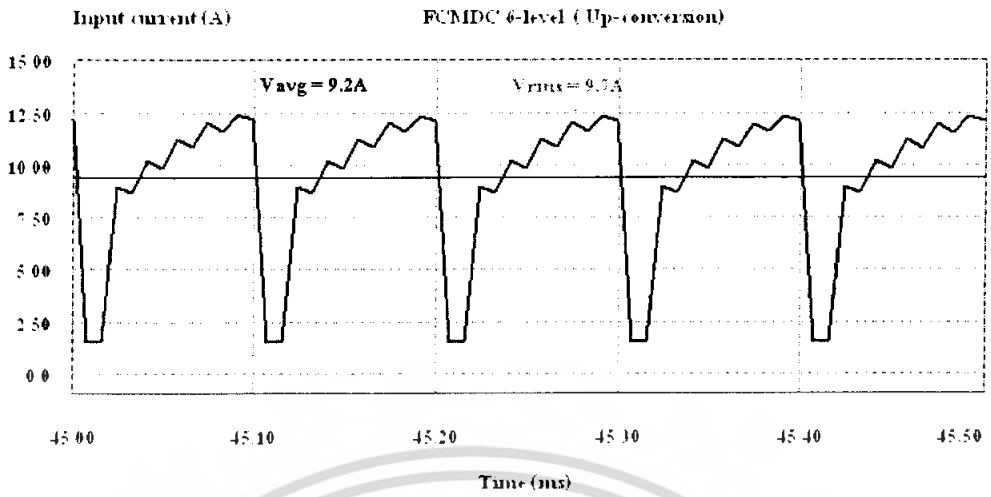
Step up (FCMDC) แบบ 6 levelโดยได้กำหนด ความถี่ที่ 10kHz ตัวเก็บประจุ 1000 uF โดย Up-conversion มีแบตเตอรี่ 12V และ HV $_{Load}$ 30 Ohm

ผลการ simulation Step up (FCMDC) แบบ 6 level



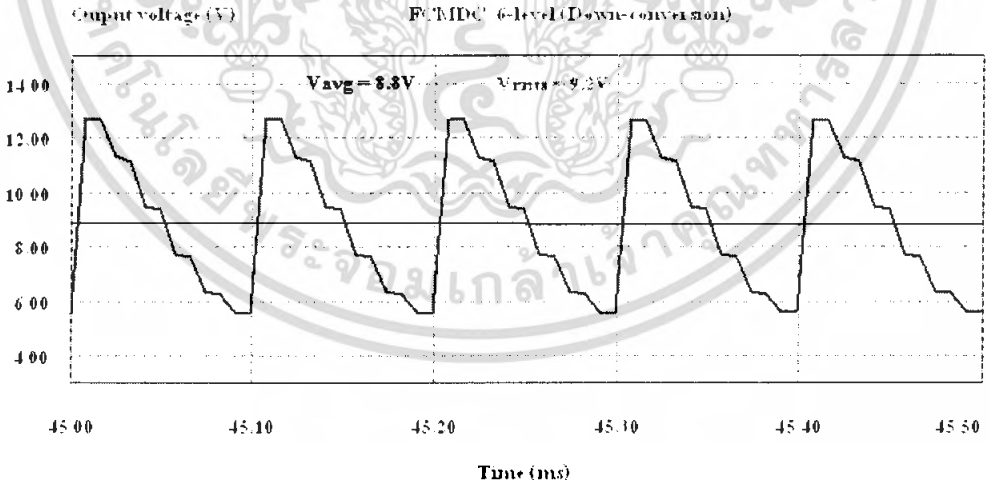
รูปที่ 3 แรงดันขาออกของ FCMDC 6 Level (up-conversion)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



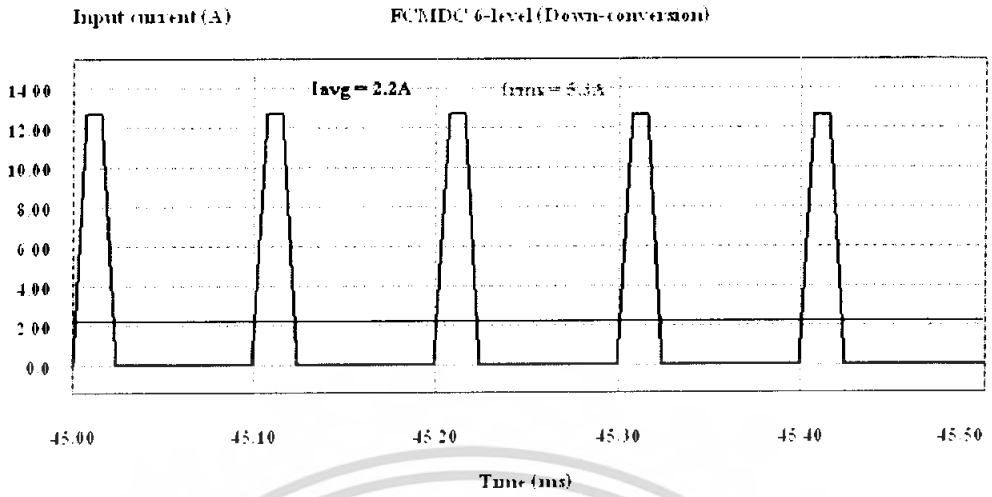
รูปที่ 4 กระแสขาเข้าของ FCMDC 6 Level (up-conversion)

ผลการ simulation Step down (FCMDC) แบบ 6 level



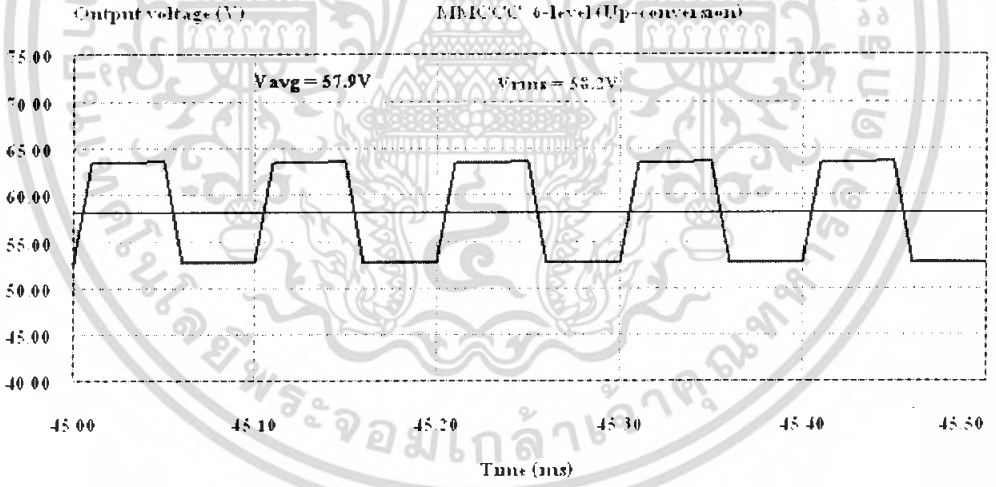
รูปที่ 5 แรงดันขาออกของ FCMDC 6 Level (Down-conversion)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



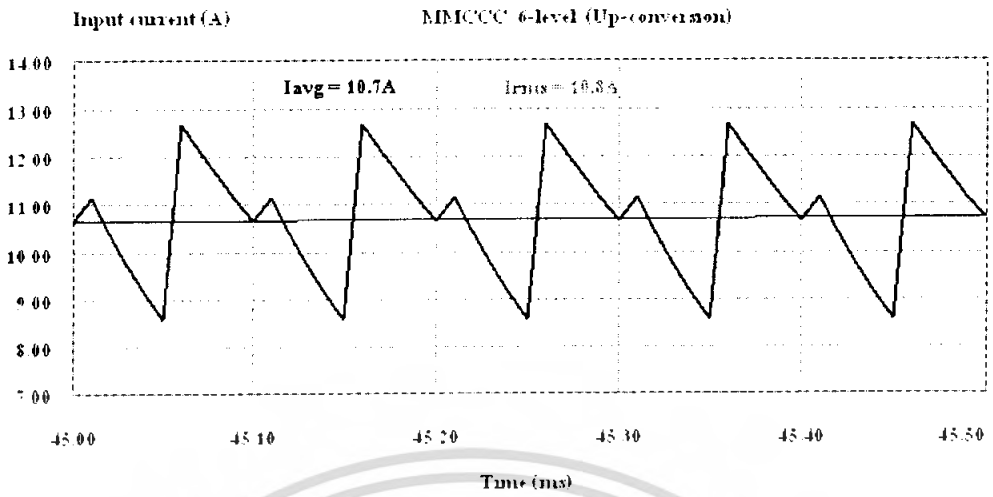
รูปที่ 6 กระแสขาเข้าของ FCMDC 6 Level (down-conversion)

ผลการ simulation Step up (MMCCC) แบบ 6 level



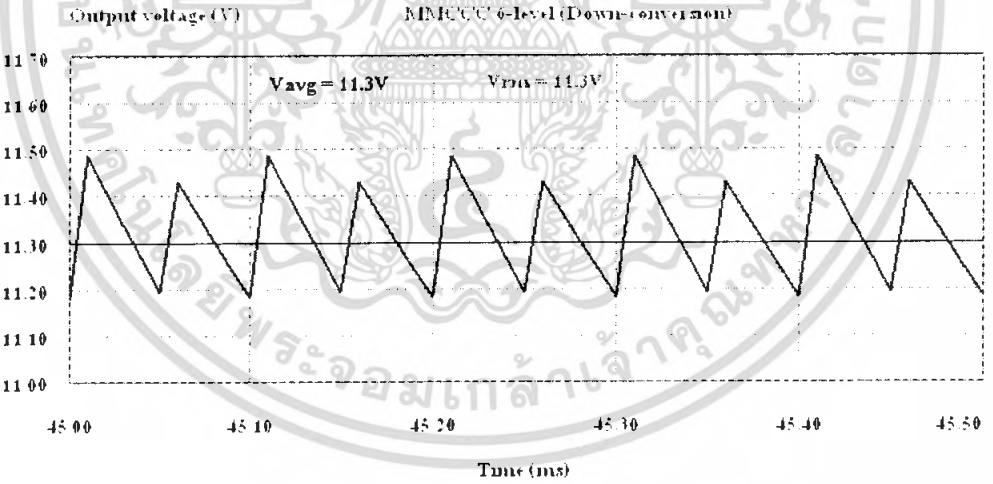
รูปที่ 7 แรงดันขาออกของ MMCCC 6 Level (up-conversion)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



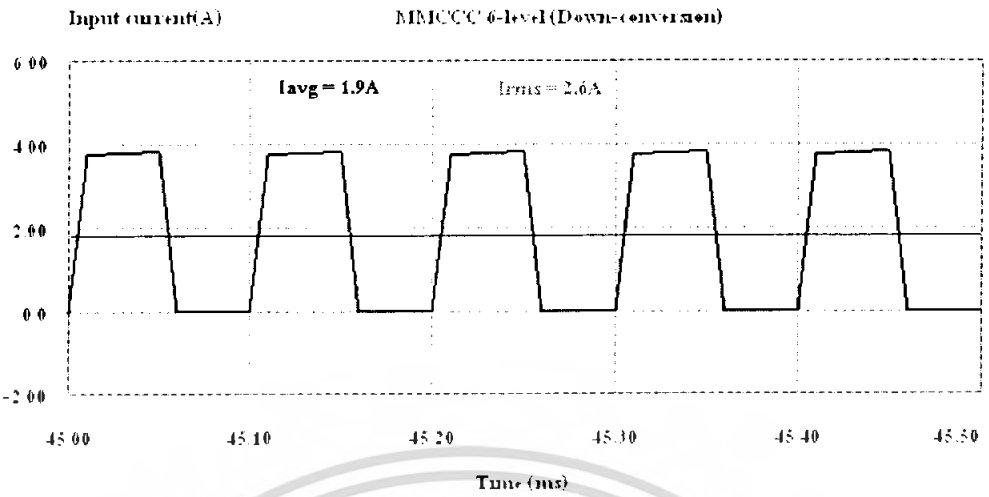
รูปที่ 8 กระแสขาเข้าของ MMCCC 6 Level (up-conversion)

ผลการ simulation Step down (MMCCC) แบบ 6 level



รูปที่ 9 แรงดันขาออกของ MMCCC 6 Level (down-conversion)

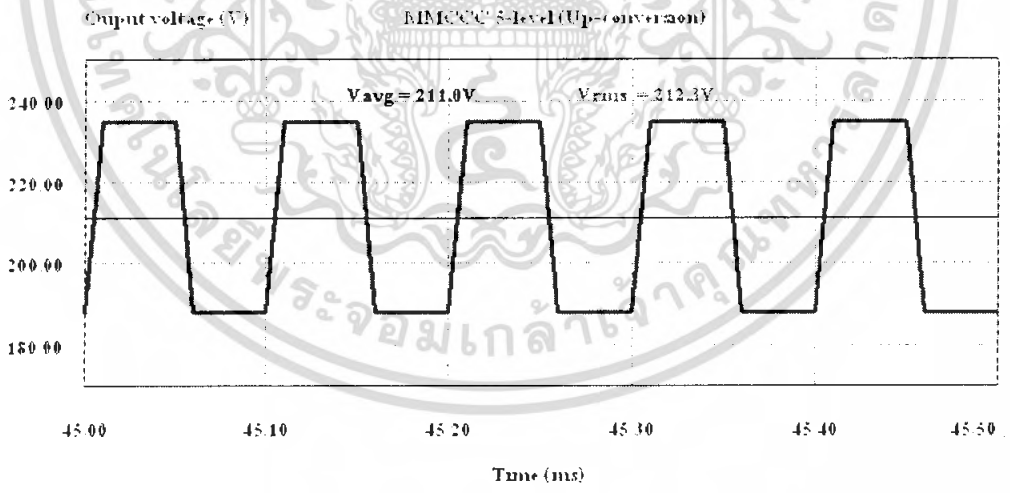
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10 กระแสขาเข้าของ MMCCC 6 Level (down-conversion)

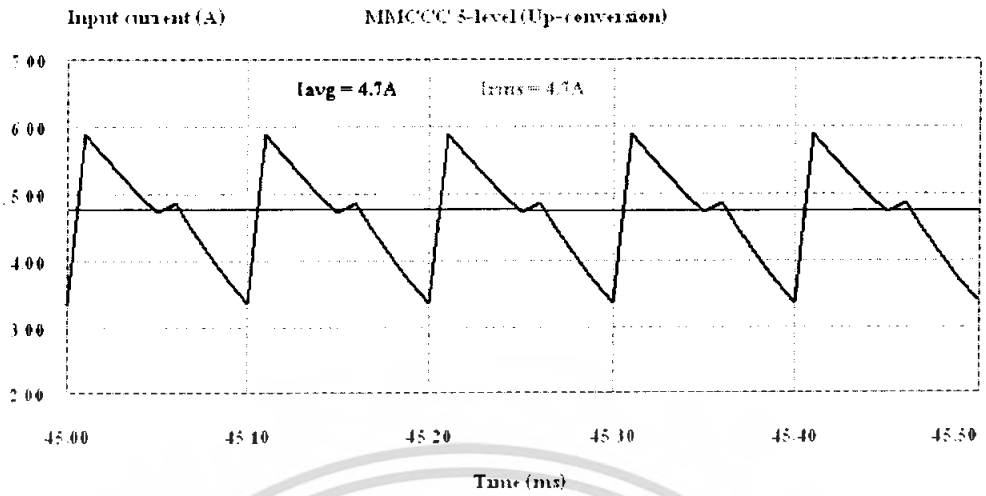
MMCCC (Up-conversion) แบบ 5 level ซึ่งเป็นวงจรที่ทำโครงงาน โดยประกอบด้วยแรงดันที่ป้อน 48V ความถี่ 10 kHz ตัวเก็บประจุที่ 470uF และมี Hv $_{load}$ 200 Ohm

ผลการ simulation Step down (MMCCC) แบบ 5 level



รูปที่ 11 แรงดันขาออก MMCCC 5 level (Up-conversion)

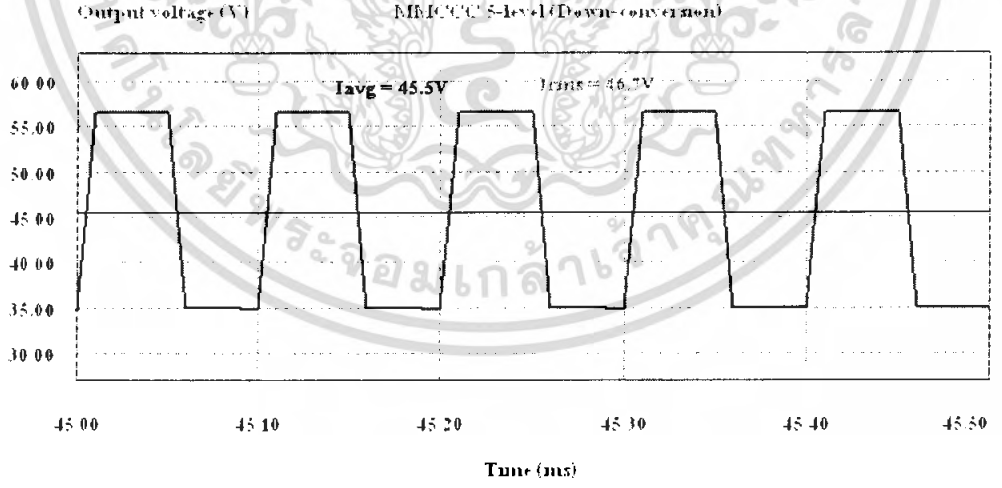
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 12 กระแสขาเข้า MMCCC 5 level (Up-conversion)

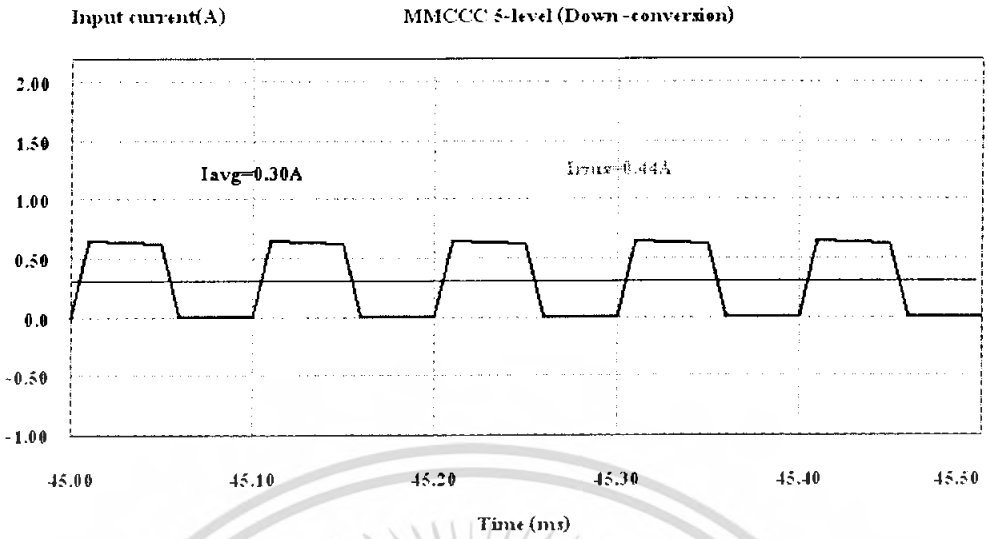
MMCCC (Down-conversion) แบบ 5 level โดยประกอบด้วย แรงดันที่ป้อน 240V ความถี่ 10 kHz ตัวเก็บประจุที่ 470uF และมี Lv load 30 Ohm

ผลการ Simulation step down (MMCCC) แบบ 5 level



รูปที่ 13 แรงดันขาออก MMCCC 5 level (Down-conversion)

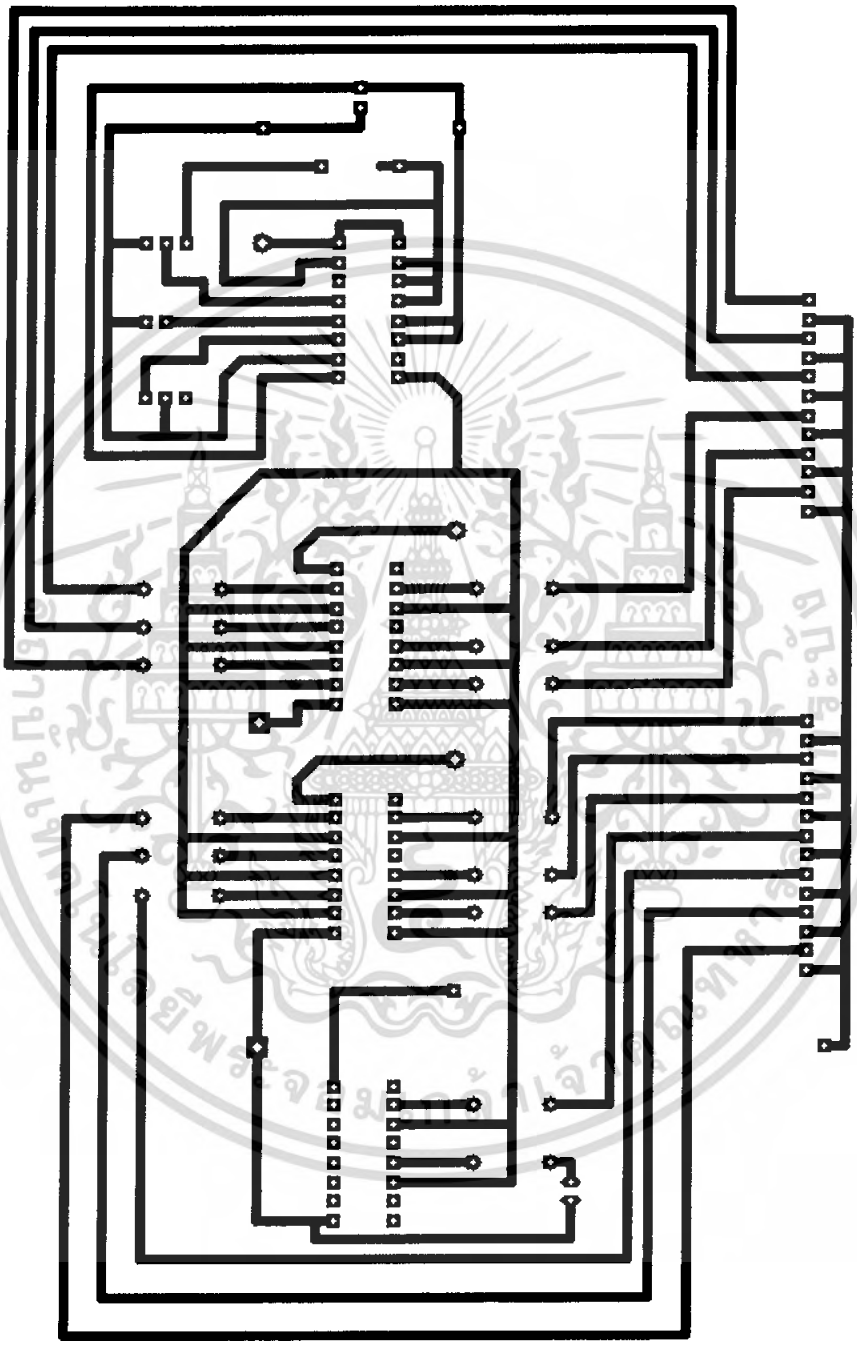
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 14 กระแสขาเข้า MMCCC 5 level (Down-conversion)

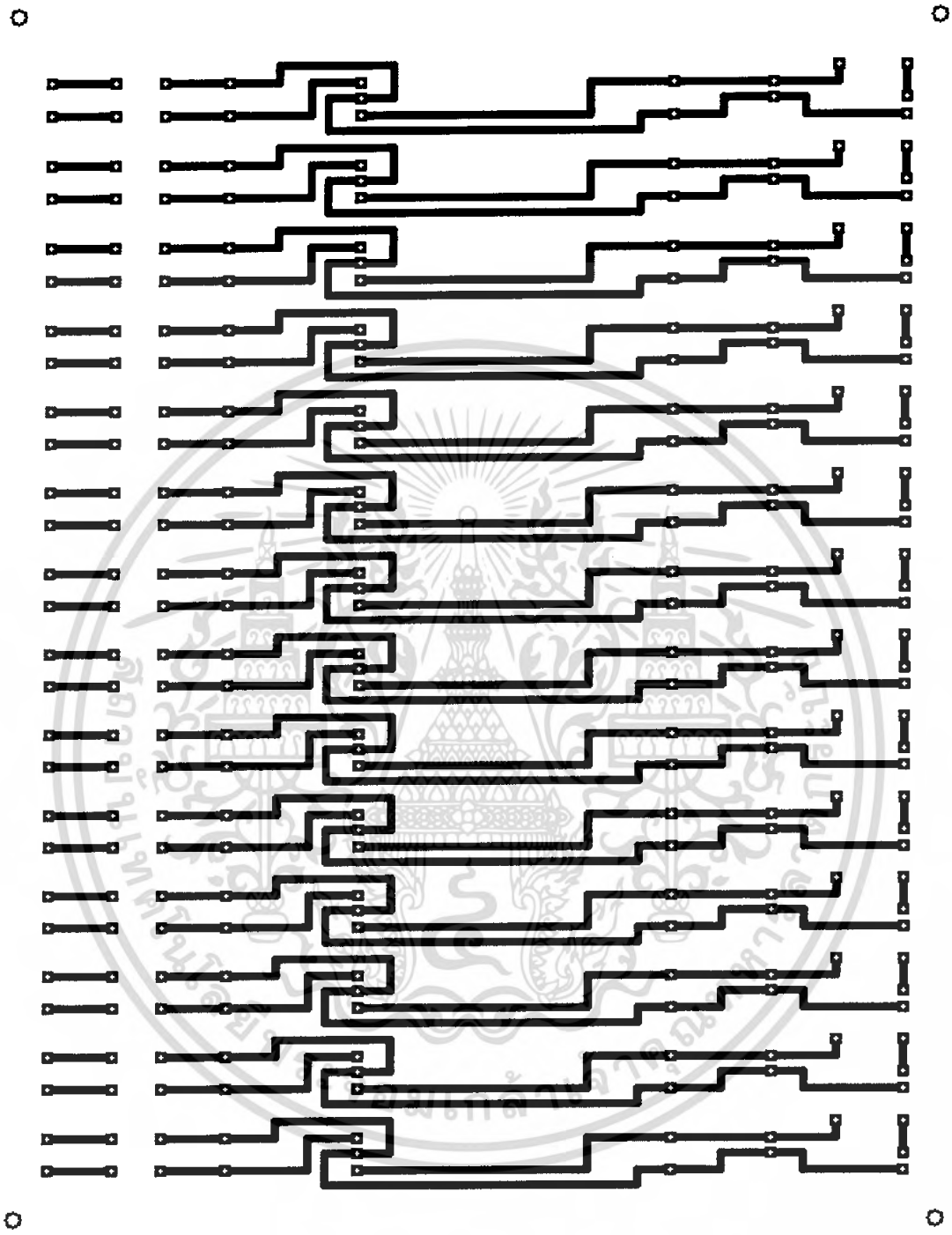
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
ลายแผ่นปริ้นวงจรที่ใช้ทำโครงงาน



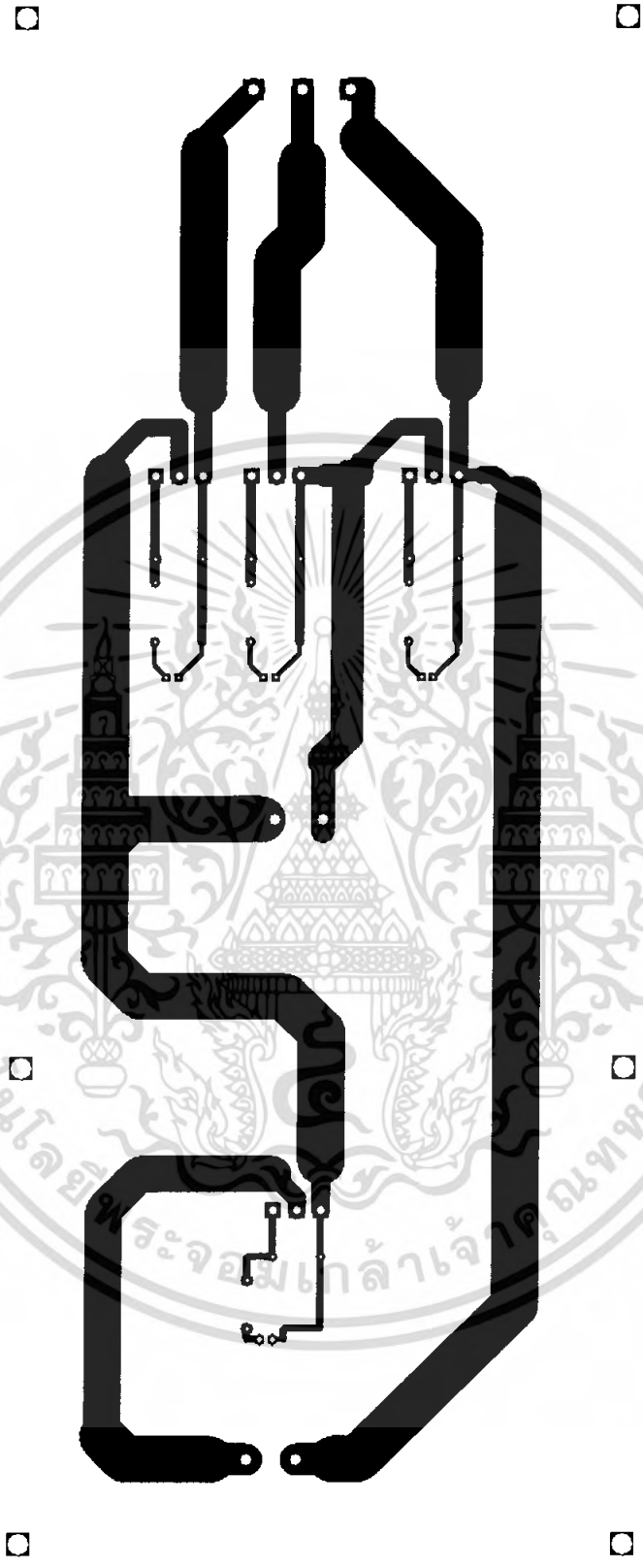
ภาพที่ 15 แผ่นปริ้นวงจรควบคุม TL 494

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



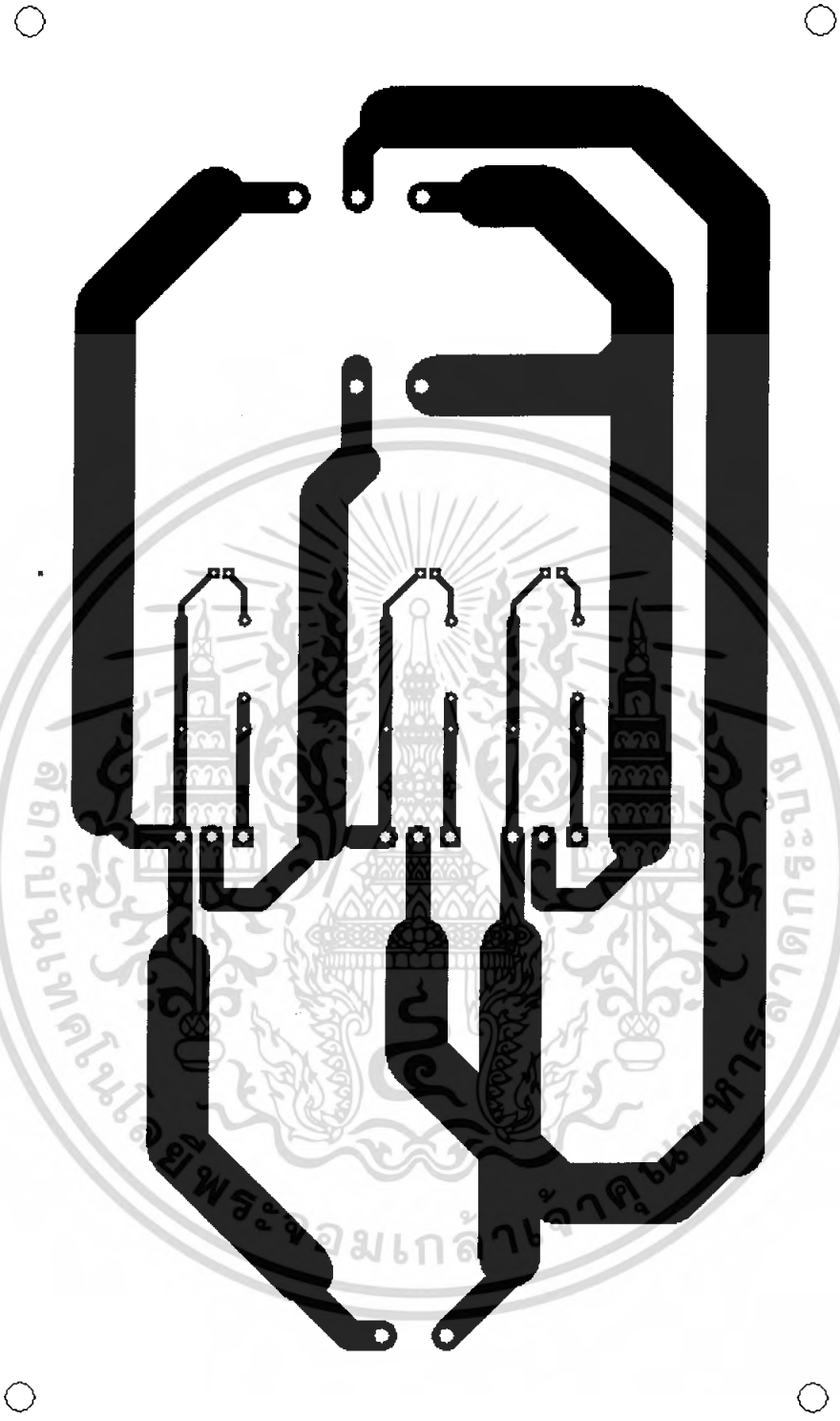
ภาพที่ 16 ลายแผ่นปริ้นวงจร powersupply

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



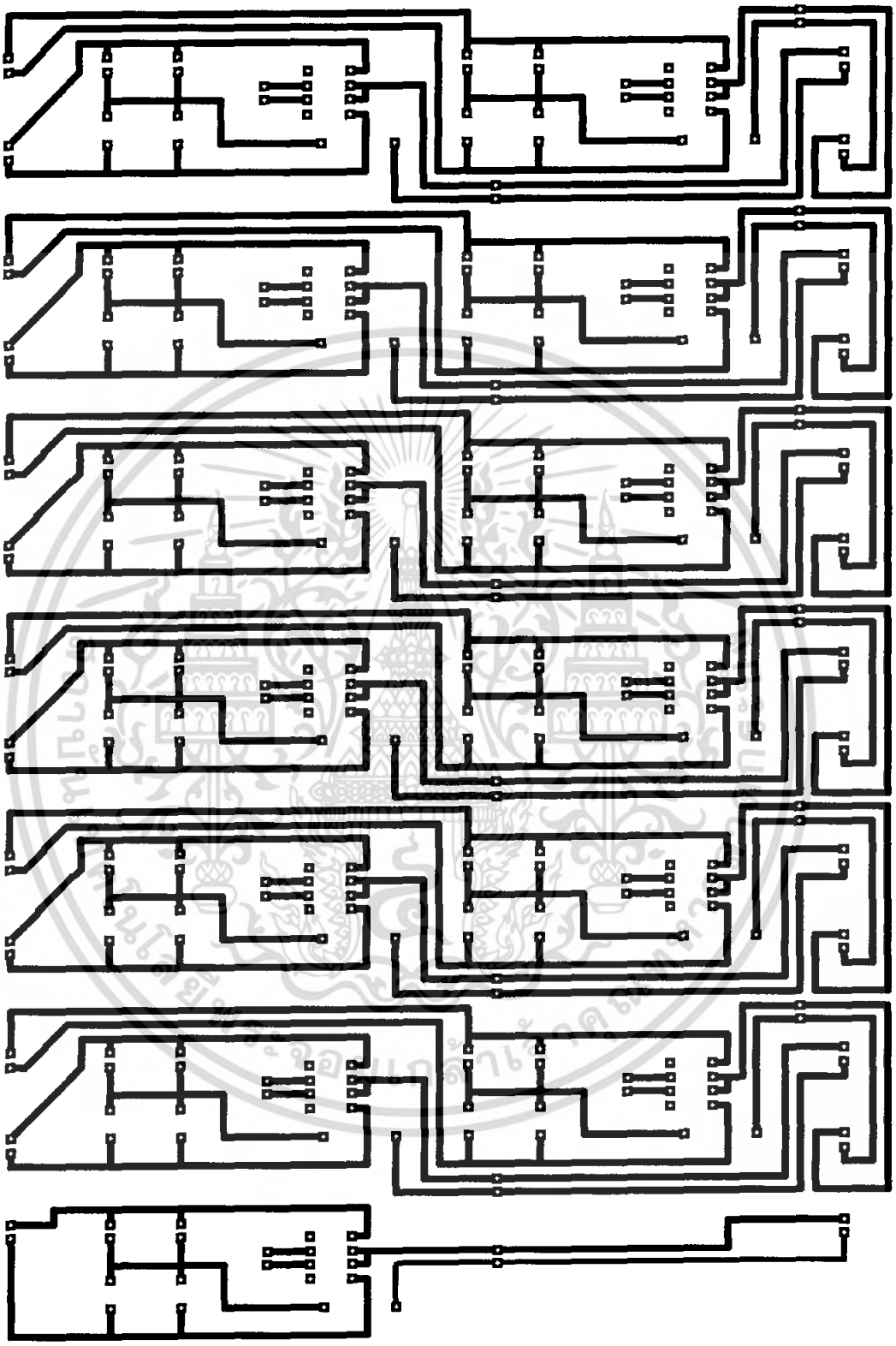
ภาพที่ 17 ลายแผ่นปริ้นขนาดย่อวงจรหลัก level 1,2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 18 ลายแผ่นปริ้นขนาดย่อวงจรหลัก level 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 19 วงจรขับเกตมอสเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายชัยวัฒน์ ดังควัฒนภักดี เกิดวันที่ 15 กรกฎาคม พ.ศ. 2528 ที่จังหวัดกรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษามัธยมต้นและมัธยมปลายที่ โรงเรียนเทพศิรินทร์ จังหวัดกรุงเทพฯ สำเร็จปริญญาตรีวิศวกรรมไฟฟ้าที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นายทวีศักดิ์ ช่างสลัก เกิดวันที่ 12 พฤษภาคม พ.ศ. 2528 ที่จังหวัดนครศรีธรรมราช สำเร็จการศึกษามัธยมปลายที่ โรงเรียนสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมไฟฟ้าที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นายสุรศิลป์ จาดเปรม เกิดวันที่ 18 พฤษภาคม พ.ศ. 2528 ที่ จังหวัดพิษณุโลก สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาที่ โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม จังหวัดพิษณุโลก และสำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้