เครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบสวิทชิ่ง
Switching Battery Charger

วรินทร์ บริบูรณ์วิจิตศีล
Warin Boriboonvijitseel

วสันต์ ฤดีเกียรติธำรง
Wasan Ruedeekiatthumrong

ศิวัช สันติมุนินทร์
Siwat Suntimunin

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2560

เครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบสวิทชิ่ง

Switching Battery Charger

โดย

วรินทร์ บริบูรณ์วิจิตศีล

วสันต์ ฤดีเกียรติธำรง

ศิวัช สันติมุนินทร์

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ ชินภัทร นันทจิวากรชัย

ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษาที่ 2560

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบสวิทชิ่ง

Switching Battery Charger

ผู้จัดทำ	นายวรินทร์	บริบูรณ์วิจิตศีล	รหัสประจำตัว	57011125
	นายวสันต์	ฤดีเกียรติธำรง	รหัสประจำตัว	57011134
	นายศิวัช	สันติมุนินทร์	รหัสประจำตัว	57011250

ปริญญานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

(อ. ชินภัทร นันทจิวากรชัย)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบสวิทชิ่ง			
นักศึกษา	นายวรินทร์	บริบูรณ์วิจิตศีล	รหัสประจำตัว	57011125
	นายวสันต์	ฤดีเกียรติธำรง	รหัสประจำตัว	57011134
	นายศิวัช	สันติมุนินทร์	รหัสประจำตัว	57011250
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต			
ภาควิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์			
ปีการศึกษา	2560			
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	อาจารย์ชินภัทร นันทจิวากรชัย			

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการออกแบบ และหลักการทำงานของเครื่องจ่ายแรงดันไฟฟ้าแบบสวิทชิ่ง โดยมีหลักการทำงาน ดังนี้ เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจากไฟบ้าน เป็นแรงดันไฟตรงเพื่อใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่ ควบคุมการชาร์จ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการรับค่าแรงดันของแบตเตอรี่ที่นำมาชาร์จ ให้กำลังไฟฟ้าทางออกตามแรงดันของแบตเตอรี่ชนิดนั้นๆ และเมื่อชาร์จแบตเตอรี่เต็มจะขึ้นข้อความเตือนบนจอแอลซีดี โดยจะประกอบด้วยวงจรหลัก 4 ส่วน คือ วงจรปรับปรุงตัวประกอบกำลัง, วงจรพุช-พูลคอนเวอร์เตอร์, วงจรบั๊กคอนเวอร์เตอร์ และวงจรควบคุมการปรับความกว้างของสัญญาณพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Switching Battery Charger		
Student	Mr. Warin	Boriboonvijitseel	Student ID: 57011125
	Mr. Wasan	Ruedeekiatthumrong	Student ID: 57011143
	Mr. Siwat	Suntimunin	Student ID: 57011250
Degree	Bachelor of Engineering		
Program	Electronics Engineering		
Academic Year	2017		
Thesis Advisor	Mr. Chinnapat Nantajiwakornchai		

Abstract

This thesis has a purpose how to design and process of working about switching power supply. The principle is as follows. Change the AC voltage to a DC voltage to charge the battery. Charge controller using microcontroller to get the type of battery charged. The power output of the type of battery. When the battery is fully charged, the warning message on the LCD screen will be displayed. It consists of four main circuits: power factor correction circuit, push-pulse converter circuit, and pulse width modulation control circuits.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำปริญญานิพนธ์นี้ขึ้นมา ถ้าหากผู้จัดทำกระทำการใดๆ โดยลำพังแล้วอาจจะจะต้องใช้เวลาในการศึกษาค้นคว้า เพื่อหาข้อมูลเป็นระยะเวลานาน แต่เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือจาก หลายท่าน จึงทำให้ปัญหาต่างๆที่ประสบผล สำเร็จลุล่วงไปได้ดีมาก ถึงแม้จะไม่สามารถแก้ปัญหาเหล่านั้นได้หมดก็ตาม แต่สามารถทำให้มีวิธี หรือแนวความคิดในการดำเนินปริญญานิพนธ์ให้ก้าวหน้าไปได้ดังนั้นแล้วผู้จัดทำปริญญานิพนธ์จึงขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือให้คำปรึกษาตลอดจนความคิดเห็น หรือแม้กระทั่งข้อมูลเล็กๆน้อยๆ ที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินปริญญานิพนธ์ให้ ไม่ว่าจะเป็นท่านอาจารย์ ชินภัทร นันทจิวากรชัย(อาจารย์ที่ปรึกษา)รุ่นพี่ เพื่อนๆ ตลอดจนท่านที่แต่งตำราหนังสือทุกท่าน ที่ผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ได้นำข้อมูลที่ท่านได้เรียบเรียงมาเพื่อให้ความรู้มาอ้างอิงในปริญญานิพนธ์นี้ รวมทั้งพ่อแม่พี่น้องที่เป็นกำลังใจ และช่วยเหลือหลายๆด้าน

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ ขอกล่าวคำขอบคุณอย่างยิ่งที่ได้รับความช่วยเหลือจากทุกท่านไว้ ณ. ที่นี้ด้วย

นายวรินทร์ บริบูรณ์วิจิตศีล
นายวสันต์ ฤดีเกียรติธำรง
นายศิวัช สันติมุนินทร์
คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่ . หน้า

บทคัดย่อ I

Abstract II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญรูป VII

สารบัญตาราง IX

1. บทนำ 1

1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา (STATEMENT AND SIGNOFICANCE OF THE PROBLEMS) 1

1.2. ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา (GOAL AND OBJECTIVE) 1

1.3. สมมุติฐานของการศึกษา (HYPOTHESIS TO BE TESTED) 1

1.4. ขอบเขตการศึกษา (SCOPE OR LIMITATION OF THE STUDY) 1

2. หลักการ และทฤษฎี 2

2.1. แหล่งจ่ายไฟแบบสวิทชิ่ง 2

2.2. หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) 3

2.2.1. โครงสร้างของหม้อแปลง 3

2.2.2. หลักการทำงาน 4

2.3. คอนเวอร์เตอร์ 4

2.4. วงจรควบคุม 5

2.4.1. วงจรควบคุมในโหมดควบคุมจากแรงดัน 6

2.4.2. วงจรควบคุมในโหมดควบคุมจากกระแส 7

2.5. วงจรเรียงกระแส 9

2.6. วงจรรักษาระดับแรงดันคงที่ (Voltage Regulator) 10

2.7. Power Factor Correction 11

3. วิธีดำเนินการวิจัย 13

3.1. คุณสมบัติของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบสวิทชิ่ง 13

3.2. หลักการออกแบบเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบสวิทชิ่ง 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1. บล็อกไดอะแกรม 13
3.2.2. คำนวณรอบหม้อแปลงเฟอร์ไรส์ 13
3.2.3. วงจรรักษาระดับแรงดันคงที่ 14
3.2.4. วงจร Power Factor Correction 14
3.2.5. วงจร พุช-พูลคอนเวอร์เตอร์ 16
3.2.6. วงจร บัคคอนเวอร์เตอร์ 16
3.3. การออกแบบ และสร้างเครื่องมือ 17
3.3.1. วงจรรักษาแรงดันคงที่ 17
3.3.2. วงจร Power Factor Correction 18
3.3.3. วงจร พุช-พูลคอนเวอร์เตอร์ 19
3.3.4. วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ 20
4. การทดลอง และผลการทดลอง 22
4.1. การทดลอง 22
4.1.1. วงจรรักษาระดับแรงดันคงที่ 22
4.1.2. วงจร PFC 22
4.1.3. วงจร พุช-พูล คอนเวอร์เตอร์ 22
4.1.4. วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ 22
4.2. ผลการทดลอง 22
4.2.1. วงจรรักษาระดับแรงดันคงที่ 22
4.2.2. วงจร PFC 23
4.2.3. วงจร พุช-พูล คอนเวอร์เตอร์ 24
4.2.4. วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ 25
5. สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 26
5.1. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง 26
5.1.1. วงจรรักษาระดับแรงดันคงที่ 26
5.1.2. วงจร PFC 26
5.1.3. วงจร พุช-พูล คอนเวอร์เตอร์ 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2. อุปสรรคและปัญหา 26

6. บรรณานุกรม 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงองค์ประกอบพื้นฐานของสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายโดยทั่วไป 2
2.2 วงจรพื้นฐานของพุช-พูลคอนเวอร์เตอร์ 5
2.3 แสดงวงจรพื้นฐานสำหรับการควบคุมในโหมดควบคุมจากแรงดัน 6
2.4 แสดงลักษณะความกว้างของพัลส์จาก PWM 6
2.5 วงจรพื้นฐานสำหรับการควบคุมในโหมดควบคุมจากกระแส 7
2.6 วงจรควบคุมเมื่อตัดตัวขยายความแตกต่างออก 7
2.7 ลักษณะการทำงานที่จุดต่างๆ ของวงจร 8
2.8 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ 9
2.9 แสดงการทำงานของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์เมื่ออินพุตเป็นซีกลบ 10
2.10 แสดงการทำงานของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์เมื่ออินพุตเป็นซีกบวก 10
2.11 บล็อกไดอะแกรมของแหล่งจ่ายไฟตรงคงค่าแรงดัน 10
2.12 วงจรเรกกูเลเตอร์ 11
2.13 การเกิดเพาเวอร์แฟคเตอร์ในระบบไฟฟ้า 11
2.14 ค่ากำลังไฟฟ้าที่วัดได้ในระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 12
3.1 บล็อคไดอะแกรม 13
3.2 Schematic วงจรรักษาระดับแรงดัน 14
3.3 Schematic วงจร PFC ทั้งหมด 14
3.4 Schematic วงจรเรียงกระแส และวงจร Boost Converter 15
3.5 Schematic วงจร Soft start 15
3.6 Schematic วงจรควบคุม Power Factor 15
3.7 Schematic วงจร Gate Drive 15
3.8 Schematic วงจร พุช-พูลคอนเวอร์เตอร์ 16
3.9 Schematic วงจร บัคคอนเวอร์เตอร์ 16
3.10 ลาย PCB วงจรรักษาระดับแรงดัน 17
3.11 บอร์ดที่ผ่านการกัดทอดแดงออกแล้ว เตรียมนำไปเจาะรู 17
3.12 บอร์ดวงจรรักษาระดับแรงดัน 18
3.13 ลาย PCB วงจร PFC 18
3.14 บอร์ดวงจร PFC 19
3.15 ลาย PCB วงจรพุช-พูลคอนเวอร์เตอร์ 19
3.16 บอร์ดวงจรพุช-พูลคอนเวอร์เตอร์ 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.17 ลาย PCB วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ และวงจรควบคุม 20
3.18 บอร์ดวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ และวงจรควบคุม 21
4.1 แสดงบริเวณจุดวัดกระแส ของวงจร PFC 22
4.2 กราฟแสดงกระแสบริเวณทางเข้าของวงจรเมื่อต่อ วงจร PFC 23
4.3 แสดงการวัดแรงดันบริเวณทางออกของวงจร 23
4.4 กราฟแสดงค่าแรงดันทางออกของวงจร 24
4.5 แสดงการวัดแรงดัน และกระแส 24
4.6 กราฟแสดงผลการทำงานของ gate bootstrap 25

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่า แรงดัน และกระแส เมื่อทำการดึงกระแสที่ขนาดต่างๆ.....23
4.2 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่า แรงดัน และกระแส.....24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา (STATEMENT AND SIGNOFICANCE OF THE PROBLEMS)

เนื่องจากปัจจุบันเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบทั่วไปที่ไม่ได้มีการควบคุมด้วยคอนโทรนเลอร์ หรืออุปกรณ์เฉพาะ จะไม่สามารถชาร์จแบตเตอรี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะอาจจะมีโหมดการชาร์จเพียงหมดเดียวเช่น การชาร์จในโหมดกระแส ซึ่งเมื่อชาร์จไปเป็นระยะเวลาหนึ่ง เมื่อแรงดันของแบตเตอรี่ เท่ากับแรงดันของเครื่องชาร์จ ก็จะไม่มีการชาร์จอีกต่อไป ซึ่งความจริงแล้วแบตเตอรี่ยังประจุไฟไม่เต็ม หรืออาจประจุไฟได้เพียง 80 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น โดยการชาร์จที่มีประสิทธิภาพนั้นจะต้องมีการควบคุมการชาร์จทั้งกระแส และแรงดัน โดยจะต้องศึกษาคุณสมบัติของแบตเตอรี่ชนิดต่างๆ ว่าแบตเตอรี่ชนิดนี้หากต้องการชาร์จให้มีประสิทธิภาพ 100% จะต้องมีรูปแบบการชาร์จแบบใด ซึ่งการออกแบบของเครื่องชาร์จที่เราจะออกแบบจะทำงานโดยใช้หลักการของแหล่งจ่ายไฟแบบสวิทชิ่ง ซึ่งมีประสิทธิภาพสูง โดยจะประกอบไปด้วย 1. วงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor correction) 2. วงจร isolated เพื่อป้องกันไฟดูดโดยใช้ Push pull Converter Topology 3. ชุดควบคุมการชาร์จโดยใช้ Controller ควบคุมวงจรลดระดับแรงดัน เพื่อประสิทธิภาพในการทำงานของวงจรรักษารักษาระดับแรงดันโดยจะแบ่งการทำงานเป็น 2 โหมดคือ current Mode และ voltage mode ตามคุณสมบัติของแบตเตอรี่ ที่มาทำการชาร์จ

1.2. ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา (GOAL AND OBJECTIVE)

1. เพื่อสร้างเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ที่มีประสิทธิภาพ
2. เพื่อนำความรู้ของวิชา Power Electronic มาใช้ในการออกแบบแหล่งจ่ายไฟแบบสวิทชิ่ง
3. เพื่อศึกษาการทำงานของแหล่งจ่ายไฟแบบสวิทชิ่ง แบบ online Switching
4. ศึกษาการชาร์จของแบตเตอรี่ชนิดกรดตะกั่ว
5. เพื่อศึกษาพื้นฐานการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อไปควบคุมระบบการทำงาน

1.3. สมมุติฐานของการศึกษา (HYPOTHESIS TO BE TESTED)

สามารถใช้ชาร์จแบตเตอรี่ชนิดกรดตะกั่วขนาด 12 โวลท์ และ 24 โวลท์อย่างมีประสิทธิภาพ

1.4. ขอบเขตการศึกษา (SCOPE OR LIMITATION OF THE STUDY)

1 สามารถปรับปรุง ประสิทธิภาพของสัญญาณไฟฟ้าได้

2. เรียนรู้การทำงานของ Push pull Converter

3. เรียนรู้การทำงานของ Buck Converter

4. เรียนรู้รูปแบบการชาร์จของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการ และทฤษฎี

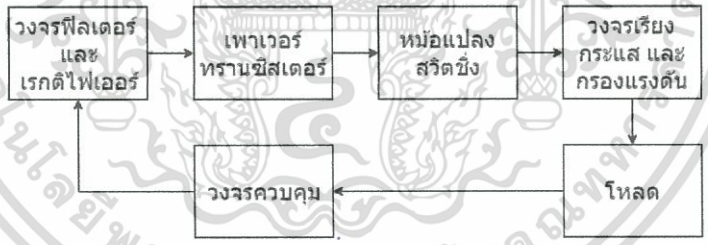
2.1. แหล่งจ่ายไฟแบบสวิทชิ่ง

สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply) เป็นแหล่งจ่ายไฟตรงคงค่าแรงดันแบบหนึ่ง และสามารถเปลี่ยนแรงดันไฟจากไฟสลับโวลต์สูง ให้เป็นแรงดันไฟตรงค่าต่ำ เพื่อใช้ในงานอิเลคทรอนิกส์ได้โดยการใช้หม้อแปลงในการลดทอนแรงดันสูงให้เป็นแรงดันต่ำ โดนหม้อแปลงจะที่มีขนาดเล็ก และน้ำหนักน้อยกว่าเมื่อเทียบกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น อีกทั้งสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายยังมีประสิทธิภาพสูงกว่าอีกด้วย

ในปัจจุบันสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายได้เข้ามามีบทบาทกับชีวิตเราอย่างมาก เครื่องใช้อิเลคทรอนิกส์ขนาดเล็กซึ่งต้องการแหล่งจ่ายไฟที่มีกำลังสูงแต่มีขนาดเล็ก เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องโทรสาร และโทรทัศน์ จำเป็นจะต้องใช้สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย แนวโน้มการนำสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายมาใช้ในเครื่องใช้อิเลคทรอนิกส์ทุกประเภทจึงเป็นไปได้สูง การศึกษาหลักการทำงานและการออกแบบสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้สำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานอิเลคทรอนิกส์ทุกประเภท

2.1.1. หลักการทำงานของสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย

สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายมีองค์ประกอบที่ไม่ซับซ้อนเกินไป และมีองค์ประกอบพื้นฐานที่คล้ายคลึงกันกับสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายทั่วไป ดังรูป



รูปที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบพื้นฐานของสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายโดยทั่วไป

แรงดันไฟสลับ 220 โวลต์จะผ่านเข้ามาทางวงจรฟิลเตอร์ เพื่อกรองสัญญาณรบกวน และถูกเปลี่ยนเป็นแรงดันไฟตรงค่าสูงด้วยเรกติไฟเออร์ เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะตัดต่อแรงดันออกเป็นช่วงๆ ด้วยความถี่สูงประมาณ 20-200 กิโลเฮิรตซ์ จากนั้นผ่านเข้าไปยังหม้อแปลงสวิตชิ่งเพื่อลดทอนแรงดันให้มีค่าต่ำลง ที่เอาต์พุตของหม้อแปลงจะมีวงจรเรียงกระแส และกรองแรงดันให้เรียบเสียก่อนจึงสามารถจ่ายกระแสให้โหลดได้ การคงค่าแรงดันจะทำได้โดยการป้อนกลับค่าแรงดันที่เอาต์พุตมายังวงจรควบคุม เพื่อควบคุมการทำงานของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ให้มีช่วงเวลานำกระแสมากขึ้น หรือน้อยลงตามการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่เอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2. หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)

หม้อแปลง หรือหม้อแปลงไฟฟ้า (transformer) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้า ที่ใช้ในการส่งผ่านพลังงานจากวงจรไฟฟ้าหนึ่งไปยังอีกวงจรโดยอาศัยหลักการของแม่เหล็กไฟฟ้า โดยปกติจะใช้เชื่อมโยงระหว่างระบบไฟฟ้าแรงสูง และไฟฟ้าแรงต่ำ หม้อแปลงเป็นอุปกรณ์หลักในระบบส่งกำลังไฟฟ้า

2.2.1. โครงสร้างของหม้อแปลง

หม้อแปลงแบ่งออกตามการใช้งานของระบบไฟฟ้ากำลังได้ 2 แบบคือ หม้อแปลงไฟฟ้าชนิด 1 เฟส และหม้อแปลงไฟฟ้าชนิด 3 เฟสแต่ละชนิดมีโครงสร้างสำคัญประกอบด้วย

- ขดลวดตัวนำปฐมภูมิ (Primary Winding) ทำหน้าที่รับแรงเคลื่อนไฟฟ้า
- ขดลวดทุติยภูมิ (Secondary Winding) ทำหน้าที่จ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้า
- ขั้วต่อสายไฟ (Terminal) ทำหน้าที่เป็นจุดต่อสายไฟกับขดลวด
- อุปกรณ์ระบายความร้อน (Coolant) ทำหน้าที่ระบายความร้อนให้กับขดลวด เช่น อากาศ, พัดลม, น้ำมัน หรือใช้ทั้งพัดลมและน้ำมันช่วยระบายความร้อน เป็นต้น
- โครง (Frame) หรือตัวถังของหม้อแปลง (Tank) ทำหน้าที่บรรจุขดลวด แกนเหล็กรวมทั้งการติดตั้งระบบระบายความร้อนให้กับหม้อแปลงขนาดใหญ่
- สวิตช์ และอุปกรณ์ควบคุม (Switch Controller) ทำหน้าที่ควบคุมการเปลี่ยนขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้า และมีอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าชนิดต่างๆ รวมอยู่ด้วย

วัสดุที่ใช้ทำขดลวดหม้อแปลงโดยทั่วไปทำมาจากสายทองแดงเคลือบน้ำยาฉนวน มีขนาดและลักษณะลวดเป็นทรงกลมหรือแบนขึ้นอยู่กับขนาดของหม้อแปลง ลวดเส้นโตจะมีความสามารถในการจ่ายกระแสได้มากกว่าลวดเส้นเล็ก

หม้อแปลงขนาดใหญ่มักใช้ลวดถักแบบตีเกลียวเพื่อเพิ่มพื้นที่สายตัวนำให้มีทางเดินของกระแสไฟมากขึ้น สายตัวนำที่ใช้พันขดลวดบนแกนเหล็กทั้งขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิอาจมีแทปแยก (Tap) เพื่อแบ่งขนาดแรงเคลื่อนไฟฟ้า (ในหม้อแปลงขนาดใหญ่จะใช้การเปลี่ยนแทปด้วยสวิตช์อัตโนมัติ)

2.2.1.1. ฉนวน

สายทองแดงจะต้องผ่านการเคลือบน้ำยาฉนวน เพื่อป้องกันไม่ให้ขดลวดลัดวงจรถึงกันได้ การพันขดลวดบนแกนเหล็กจึงควรมีกระดาษอาบน้ำยาฉนวนคั่นระหว่างชั้นของขดลวดและคั่นแยกระหว่างขดลวดปฐมภูมิกับทุติยภูมิด้วย ในหม้อแปลงขนาดใหญ่มักใช้กระดาษอาบน้ำยาฉนวนพันรอบสายตัวนำก่อนพันเป็นขดลวดลงบนแกนเหล็ก นอกจากนี้ยังใช้น้ำมันชนิดที่เป็นฉนวนและระบายความร้อนให้กับขดลวดอีกด้วย

2.2.1.2. แกนเหล็ก

แผ่นเหล็กที่ใช้ทำหม้อแปลงจะมีส่วนผสมของสารกึ่งตัวนำ-ซิลิกอนเพื่อรักษาความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบขดลวดไว้ แผ่นเหล็กแต่ละชั้นเป็นแผ่นเหล็กบางเรียงต่อกันหลายชิ้นทำให้มีความต้านทานสูงและช่วยลดการสูญเสียบนแกนเหล็กที่ส่งผลให้เกิดความร้อนหรือที่เรียกว่ากระแสไหลวนบนแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล็กโดยทำแผ่นเหล็กให้เป็นแผ่นบางหลายแผ่นเรียงซ้อนประกอบขึ้นเป็นแกนเหล็กของหม้อแปลง ซึ่งมีด้วยกันหลายรูปแบบเช่น แผ่นเหล็กแบบ Core และแบบ Shell

2.2.1.3. ขั้วต่อสายไฟ

โดยทั่วไปหม้อแปลงขนาดเล็กจะใช้ขั้วต่อไฟฟ้าต่อเข้าระหว่างปลายขดลวดกับสายไฟฟ้าภายนอก และ ถ้าเป็นหม้อแปลงขนาดใหญ่จะใช้แผ่นทองแดง (Bus Bar) และบุชชิ่งกระเบื้องเคลือบ (Ceramic) ต่อเข้าระหว่างปลายขดลวดกับสายไฟฟ้าภายนอก

2.2.2. หลักการทำงาน

กฎของฟาราเดย์ (Faraday's Law) กล่าวไว้ว่า เมื่อขดลวดได้รับแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับ จะทำให้ขดลวดมีการเปลี่ยนแปลงเส้นแรงแม่เหล็กตามขนาดของรูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ และทำให้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นที่ขดลวดนี้

คำอธิบาย : เมื่อขดลวดปฐมภูมิได้รับแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับ จะทำให้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นตามกฎของฟาราเดย์ ขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำนี้ขึ้นอยู่กับ จำนวนรอบของขดลวด พื้นที่แกนเหล็ก และความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กที่มีการเปลี่ยนแปลงจากไฟฟ้ากระแสสลับ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดจะทำให้มีเส้นแรงแม่เหล็กในขดลวด เส้นแรงแม่เหล็กนี้เปลี่ยนแปลงตามขนาดของรูปคลื่นไฟฟ้าที่ได้รับ เส้นแรงแม่เหล็กเกือบทั้งหมดจะอยู่รอบแกนเหล็ก เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กผ่านขดลวด จะทำให้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นที่ขดลวดทุติยภูมินี้

2.3. คอนเวอร์เตอร์

คอนเวอร์เตอร์นับว่าเป็นส่วนสำคัญที่สุดในสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย มีหน้าที่ลดทอนแรงดันไฟตรงค่าสูง ลงมาเป็นแรงดันไฟตรงค่าต่ำ และสามารถคงค่าแรงดันได้ คอนเวอร์เตอร์มีหลายแบบขึ้นอยู่กับลักษณะการจัดวงจรภายใน โดยคอนเวอร์เตอร์แต่ละแบบจะมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันออกไป การจะเลือกใช้คอนเวอร์เตอร์แบบใดสำหรับสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายนั้นมีข้อควรพิจารณาจากลักษณะพื้นฐานของคอนเวอร์เตอร์แต่ละแบบดังนี้คือ

- ลักษณะการแยกกันทางไฟฟ้าระหว่างอินพุต กับเอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์
- ค่าแรงดันอินพุตที่จะนำมาใช้กับคอนเวอร์เตอร์
- ค่ากระแสสูงสุดที่ไหลผ่านเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในคอนเวอร์เตอร์ขณะทำงาน
- ค่าแรงดันสูงสุดที่ตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเคอร์ในคอนเวอร์เตอร์ขณะทำงาน
- การรักษาระดับแรงดันในกรณีที่คอนเวอร์เตอร์มีเอาต์พุตหลายค่าแรงดัน
- การกำเนิดสัญญาณรบกวน RFI/EMI ของคอนเวอร์เตอร์

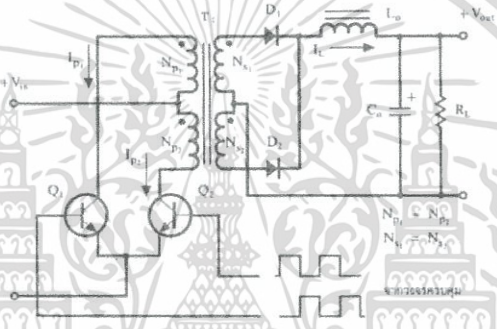
จากข้อพิจารณาดังกล่าว จะทำให้ผู้ออกแบบทราบขีดจำกัดของคอนเวอร์เตอร์และตัดสินใจเลือกใช้คอนเวอร์เตอร์แบบใดได้ ปัจจุบันได้มีการพัฒนาคอนเวอร์เตอร์ในรูปแบบต่างๆ ขึ้นมามากมาย ในที่นี้จะอธิบายเฉพาะคอนเวอร์เตอร์ที่นำมาใช้ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1. พุช-พูลคอนเวอร์เตอร์

พุช-พูลคอนเวอร์เตอร์เป็นคอนเวอร์เตอร์ที่จ่ายกำลังได้สูง ในช่วง 200 - 1000 วัตต์แต่มีข้อเสีย คือเกิดการไม่สมมาตรของฟลักซ์แม่เหล็กของแกนหม้อแปลง ซึ่งจะมีผลต่อการพังเสียหายของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ได้ง่าย ในปัจจุบันเทคนิคการควบคุมแบบควบคุมกระแสช่วยลดปัญหานี้ลงได้ดังนั้นพุช-พูลคอนเวอร์เตอร์จึงเป็นคอนเวอร์เตอร์ที่น่าสนใจสำหรับสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายที่ต้องการกำลังสูง

การทำงานของพุช-พูลคอนเวอร์เตอร์เปรียบเสมือนการนำฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์สองชุดมาทำงานร่วมกัน โดยผลัดกันทำงานในแต่ละครึ่งคาบเวลาในลักษณะกลับเฟส ทำให้จ่ายกำลังได้สูง เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในวงจรยังคงมีแรงดันตกคร่อมในขณะหยุดนำกระแสค่อนข้างสูงเช่นเดียวกับฟลายแบคและฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ รวมทั้งปัญหาการเกิดฟลักซ์ไม่สมมาตรในแกนเฟอร์ไรต์ของวงจรทำให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์พังเสียหายง่าย พุช-พูลคอนเวอร์เตอร์เป็นพื้นฐานของฮาล์ฟบริดจ์ และฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ซึ่งมีการทำงานคล้ายกัน แต่มีข้อบกพร่องน้อยกว่า



รูปที่ 2.2 วงจรพื้นฐานของพุช-พูลคอนเวอร์เตอร์

จากรูป Q_1 และ Q_2 จะสลับกันทำงานโดยผลัดกันนำกระแสในแต่ละครึ่งคาบเวลา T ในขณะที่ Q_1 นำกระแสจะมีกระแส I_p ไหลผ่านขดไพรมารี่ N_{p1} และไดโอด D_1 จะถูกไบแอสกลับ ส่วนไดโอด D_2 จะถูกไบแอสตรง ทำให้มีกระแสไหลที่ขดไพรมารี่ N_{s2} ผ่านไดโอด D_2 และ L_o ไปยังตัวเก็บประจุ C_o และโหลด ในจังหวะนี้แรงดันตกคร่อม Q_2 จะมีค่าเป็น $2V_{in}$ (จำนวนรอบ $N_{p1} = N_{p2}$ และ $N_{s1} = N_{s2}$) ในทำนองเดียวกันขณะที่ Q_2 นำกระแส Q_1 และ D_2 จะไม่นำกระแสเนื่องจากถูกไบแอสกลับ D_1 ซึ่งถูกไบแอสตรงจะนำกระแสจากขดเซคันดารี่ N_{s1} ผ่าน L_o ไปยังตัวเก็บประจุ C_o และโหลด จะเห็นได้ว่าในหนึ่งคาบเวลาการทำงาน ขดเซคันดารี่จะให้กระแสไหลผ่าน L_o ได้ถึงสองครั้ง พุช-พูลคอนเวอร์เตอร์จึงสามารถจ่ายกำลังงานได้มากเป็นสองเท่าของฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ที่ค่ากระแสสูงสุดด้านไพรมารี่มีค่าเท่ากัน และโหลดมีกระแสไหลต่อเนื่องตลอดเวลา กระแสที่ได้ทางเอาต์พุตจึงค่อนข้างเรียบ

2.4. วงจรควบคุม

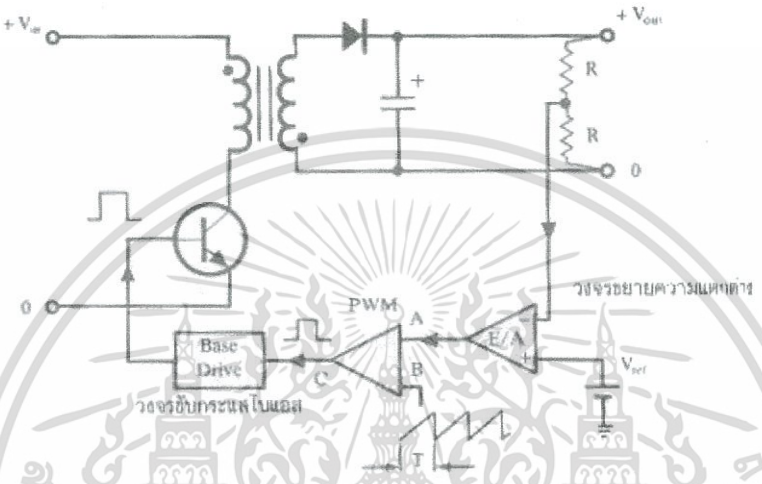
เนื่องจากคอนเวอร์เตอร์เกือบทุกแบบจะคงค่าแรงดันเอาต์พุตได้ด้วยการควบคุมช่วงเวลานำกระแส (t_{ON}) ของ เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ ดังนั้นวงจรควบคุมการทำงานของคอนเวอร์เตอร์โดยทั่วไปจึงมักนิยมใช้เทคนิคพัลส์วิดท์มอดูเลชั่น (Pulse Width Modulation - PWM) เป็นหลัก การใช้ PWM เพื่อควบคุมช่วงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในคอนเวอร์เตอร์สามารถทำได้สองลักษณะ คือ ควบคุมจากแรงดัน และควบคุมจากกระแส

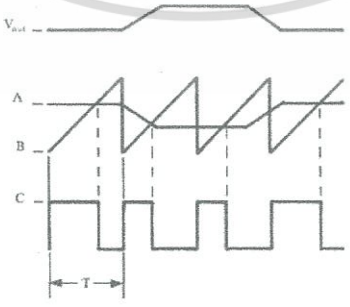
2.4.1. วงจรควบคุมในโหมดควบคุมจากแรงดัน

การทำงานของวงจรควบคุมในโหมดแรงดัน (Voltage Mode Control) จะอาศัยการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงค่าของแรงดันที่เอาต์พุตมาควบคุมช่วงเวลานำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ เพื่อการคงค่าแรงดันเอาต์พุตเป็นหลัก วงจรพื้นฐานเป็นดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.3 แสดงวงจรพื้นฐานสำหรับการควบคุมในโหมดควบคุมจากแรงดัน

จากรูป วงจรควบคุมจะอาศัยการป้อนกลับค่าแรงดันที่เอาต์พุตและเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิง V_{ref} ของวงจร เพื่อตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่เอาต์พุต ค่าความแตกต่างที่ได้จะถูกขยายโดยวงจรขยายความแตกต่าง E/A ก่อนที่จะส่งต่อไปยังวงจร PWM โดยค่าแรงดันที่ได้จากวงจรขยายความแตกต่าง E/A ที่ตำแหน่ง A จะถูกเปรียบเทียบกับแรงดันรูปฟันเลื่อยที่ตำแหน่ง B ของ PWM อีกครั้งหนึ่ง เอาต์พุตที่ได้จากวงจร PWM จะมีลักษณะเป็นพลัส์สี่เหลี่ยม ซึ่งมีคาบเวลาคงที่เท่ากับคาบเวลาของแรงดันรูปฟันเลื่อยและมีความกว้างของพัลส์ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามผลมอดูเลชั่นของค่าแรงดันที่ตำแหน่ง A และ B ค่าความกว้างของพัลส์นี้เองที่จะเป็นตัวกำหนดช่วงเวลานำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในคอนเวอร์เตอร์



รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะความกว้างของพัลส์จาก PWM

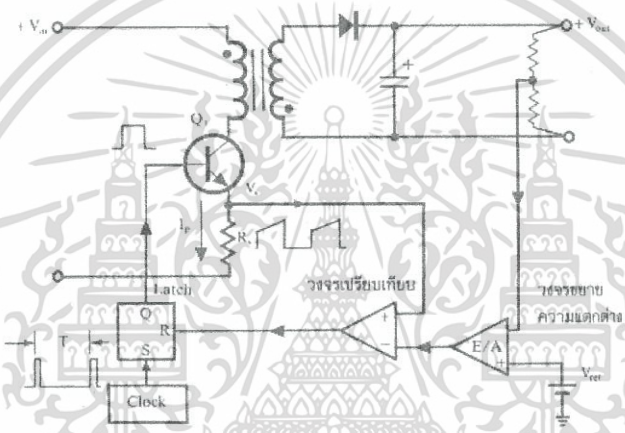
เนื่องจากค่าแรงดันป้อนกลับจะถูกส่งมายังวงจรขยายความแตกต่าง E/A ที่ขาอินเวอร์ติ้ง ผลต่างของแรงดันเอาต์พุต และแรงดันอ้างอิงที่จุด A จึงมีลักษณะกลับเฟสอยู่ 180 องศา กล่าวคือ เมื่อแรงดันเอาต์พุตมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่ามากขึ้น แรงดันที่จุด A จะมีค่าลดลง ความกว้างของพัลส์ที่เอาต์พุตของวงจร PWM จึงมีค่าลดลงด้วย และช่วงเวลานำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ t_{ON} ก็จะมีค่าลดลง ถ้าแรงดันเอาต์พุตมีค่าลดลง แรงดันที่จุด A จะมีค่าเพิ่มขึ้น ความกว้างพัลส์ที่เอาต์พุตของวงจร PWM จึงมีค่าเพิ่มขึ้น t_{ON} ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้คอนเวอร์เตอร์สามารถคงค่าแรงดันเอาต์พุตไว้ได้ ลักษณะรูปคลื่นแรงดันขณะวงจรทำงานจะเป็นดังรูปที่ 2.7 ตัวอย่าง IC ที่ใช้ควบคุมคอนเวอร์เตอร์ในโหมดควบคุมจากแรงดันได้แก่ MC34060, MC34166 และ TL494 เป็นต้น

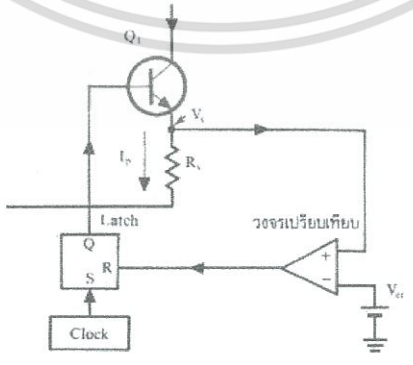
2.4.2. วงจรควบคุมในโหมดควบคุมจากกระแส

การคงค่าแรงดันเอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์ ด้วยวงจรควบคุมในโหมดควบคุมจากกระแส (Current Mode Control) มีข้อดีหลายประการที่เหนือกว่าโหมดควบคุมจากแรงดันจึงเป็นวงจรควบคุมที่นิยมใช้กันมาก วงจรควบคุมในโหมดควบคุมจากกระแสนี้ยังคงใช้เทคนิคพัลส์วิดท์มอดูเลชั่นเช่นกันวงจรพื้นฐานแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.5 วงจรพื้นฐานสำหรับการควบคุมในโหมดควบคุมจากกระแส

เพื่อให้ง่ายต่อการพิจารณา เราจะแยกคิดการทำงานของวงจรควบคุมด้วยการตัดวงจรขยายความแตกต่าง E/A ออกไปก่อน และกำหนดขาอินเวอร์ติ้งของวงจรเปรียบเทียบให้ต่อเข้ากับแรงดันอ้างอิง V_{er} ดังรูปที่ 2.9 วงจร latch จะทำงานโดยขา Q ของวงจร latch จะมีสถานะเป็น high เมื่อมีการกระตุ้นที่ขา S และขา Q จะมีสถานะเป็น low เมื่อมีการกระตุ้นที่ขา R



รูปที่ 2.6 วงจรควบคุมเมื่อตัดตัวขยายความแตกต่างออก

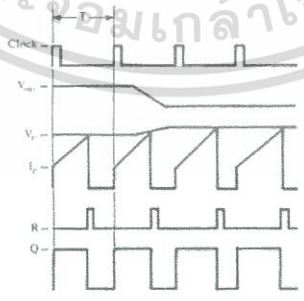
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อวงจรทำงาน วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาจะให้กำเนิดสัญญาณนาฬิกาที่มีคาบเวลาคงที่ไปกระตุ้นที่ขา S ของ latch ขา Q จึงมีสถานะเป็น high เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ Q_1 จะเริ่มนำกระแส เมื่อ Q_1 นำกระแสจะมีกระแสไหลผ่านขดไพรมารี่ และตัวต้านทาน R_s ที่ต่ออนุกรมไว้กับ Q_1 ทำให้เกิดแรงดัน V_s ตกคร่อมที่ตัวต้านทาน R_s ด้วย

แรงดันตกคร่อม R_s ที่เกิดขึ้นจะถูกเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิง V_{er} โดยวงจรเปรียบเทียบ ดังนั้นเมื่อค่าของ Vs เพิ่มขึ้นจนมีค่ามากกว่าค่าของแรงดันอ้างอิง V_{er} เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบจะมีสถานะเป็น High และไปกระตุ้นที่ขา R ของวงจร latch ทำให้ขา Q มีสถานะเป็น low และเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ Q_1 หยุดนำกระแสจนกว่าที่ขา S ของวงจร latch จะได้รับการกระตุ้นจากสัญญาณนาฬิกาอีกครั้ง

จะเห็นได้ว่าความกว้างของเอาต์พุตพัลส์ที่ขา Q ของวงจร latch จะถูกควบคุมโดยค่าของแรงดัน V_s ที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R_s ถ้าค่าแรงดันอินพุตของคอนเวอร์เตอร์มีค่าเพิ่มขึ้น แรงดัน V_s จะเพิ่มขึ้นจนมีค่ามากกว่าแรงดันอ้างอิง V_{er} ได้เร็วขึ้นด้วยทำให้ความกว้างของเอาต์พุตพัลส์ลดลง เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะมีช่วงเวลานำกระแสน้อยลง ในทางกลับกันถ้าแรงดันอินพุตของคอนเวอร์เตอร์มีค่าลดลง แรงดัน V_s จะเพิ่มขึ้นได้ช้า ความกว้างของเอาต์พุตพัลส์จึงเพิ่มขึ้น เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะมีช่วงเวลานำกระแสมากขึ้นด้วย เห็นได้ว่าเมื่อโหลดคงที่คอนเวอร์เตอร์จะสามารถคงค่าแรงดันเอาต์พุตเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของแรงดันอินพุตได้โดยไม่ต้องอาศัยการป้อนกลับแรงดันที่เอาต์พุตเลย ทำให้คอนเวอร์เตอร์ตอบสนองการเปลี่ยนแปลงของแรงดันอินพุตได้อย่างรวดเร็ว

พิจารณาวงจรควบคุมอีกครั้งตามวงจรในรูปที่ 2.8 เมื่อต่อวงจรขยายความแตกต่าง E/A เพิ่มเข้ามาวงจรในลักษณะนี้เมื่อแรงดันเอาต์พุตมีค่าลดลง เอาต์พุตของวงจรขยายความแตกต่าง E/A จะมีค่ามากขึ้น เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะใช้เวลานำกระแสมากขึ้นด้วย เพื่อให้ค่าแรงดัน V_s มากกว่าแรงดันที่เอาตพุตของวงจรขยายความแตกต่าง E/A ในทางกลับกัน เมื่อแรงดันเอาตุพุตของคอนเวอร์เตอร์มีค่าเพิ่มขึ้น เอาต์พุตของวงจรขยายความแตกต่าง E/A จะมีค่าลดลง เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จึงใช้เวลานำกระแสลดลงด้วย ดังนั้นคอนเวอร์เตอร์จะสามารถคงค่าแรงดันที่เอาต์พุตเอาไว้ได้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงที่โหลด ลักษณะรูปคลื่นและแรงดันขณะที่วงจรทำงานเป็นดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.7 ลักษณะการทำงานที่จุดต่างๆ ของวงจร

จากลักษณะการทำงานดังกล่าว ทำให้วงจรควบคุมในโหมดควบคุมจากกระแสมีข้อดีมากกว่าวงจรควบคุมในโหมดควบคุมจากแรงดันดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

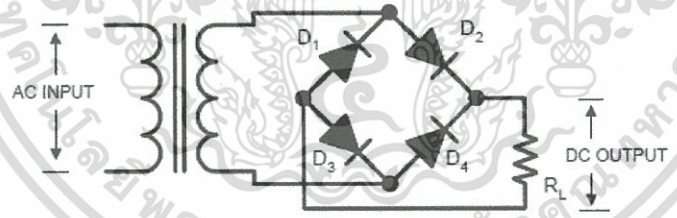
- ตอบสนองการเปลี่ยนแปลงของแรงดันอินพุตได้รวดเร็วกว่า ทำให้ลดปัญหาการคงค่าแรงดันที่เอาต์พุตเมื่อเกิดทรานเซียนส์ และการกระเพื่อมของแรงดันสูงที่แรงดันอินพุต เพราะไม่ต้องรอสัญญาณป้อนกลับจากเอาต์พุต
- สามารถป้องกันกระแสโหลดเกินได้ ด้วยการจำกัดค่ากระแสสูงสุดที่ขดไพรมารี่ในลักษณะพัลส์ต่อพัลส์อย่างรวดเร็ว
- ให้ค่าไลน์เรกูเลชั่นที่ดีมาก
- โดยการจำกัดกระแสสูงสุดที่ขดไพรมารี่ ปัญหาการไม่สมมาตรฟลักซ์แม่เหล็กของพุช-พูลคอนเวอร์เตอร์จะไม่เกิดขึ้น
- สามารถต่อขนานคอนเวอร์เตอร์หลายชุดเข้าด้วยกันได้ เพื่อให้จ่ายกระแสได้มากขึ้น และกระแสเฉลี่ยที่คอนเวอร์เตอร์แต่ละชุดจะมีค่าเท่ากัน

2.5. วงจรเรียงกระแส

วงจรเรียงกระแสหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เรคติไฟเออรคือวงจรไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติในการแปลงสัญญาณกระแสสลับให้กลายเป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงหรือมีคุณสมบัติยอมให้ไฟฟ้าไหลผ่านไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่งอุปกรณ์ที่นิยมใช้ในการแปลงสัญญาณได้แก่ไดโอด

2.5.1. วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ (Bridge Rectifier Circuit)

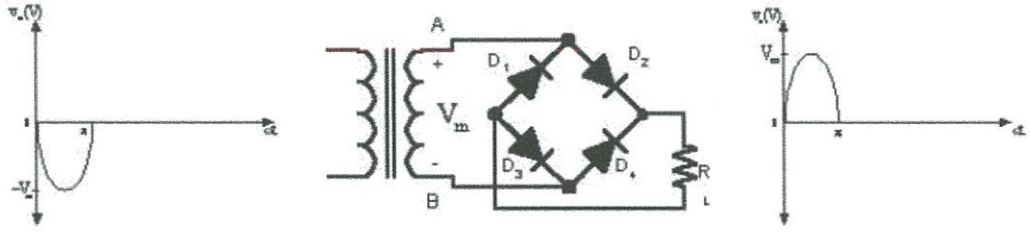
วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full Wave) อีกแบบหนึ่งคือวงจรเรียงกระแสแบบบริดจแรงดันไฟสลับจะตอเขาที่ สองมุมของวงจรบริดจและเอาตพุตจะถูกนำออกที่สองมุมที่เหลือ ดังในรูป



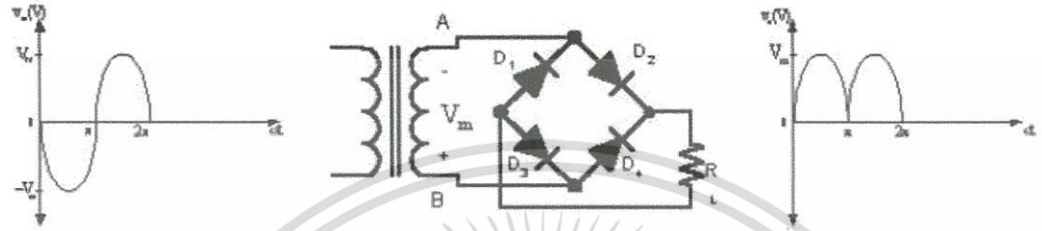
รูปที่ 2.8 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์

ในแตละครึ่งไซเคิลของวงจรอินพุตสมมุติวาเมื่อขั้ว A ของขดทุติยภูมิมีคาเปนบวก และขั้วB มีค่า เปนลบ จึงเหมือนกับครึ่งไซเคิลลบถูกปอนเขาทางขดปฐมภูมิของหมอแปลงไดโอด D_2 และ D_3 จะอยู่ในลักษณะไบอัสตรงดังนั้นกระแสจึงไหลครบวงจรจากขั้ว A ผานไดโอด D_2 ความตานทานโหลดและไดโอด D_3 แลวกลับเขาสูขั้ว B ของหมอแปลงดังรูปที่ 2.8 และเมื่อแรงดันไฟสลับเปลี่ยนขางมาเปนขั้วบวก ที่ขั้ว B และเปนลบที่ขั้ว A การนำกระแสของไดโอดจะเปลี่ยนไปโดยเริ่มจากจุด B ของขดทุติยภูมิผาน D_4 ความตานทานโหลดและ D1 กลับเขาขั้ว A ของหมอแปลง ทิศทางแรงดันตกครอมโหลดจะมี ทิศทางเดียวกับตอนแรกคือ มีขั้วบวกอยูทางด้านบน ดังรูปที่ 2.9 ดังนั้นการนำกระแสไดโอดจะเกิดสลับกันทีละสองตัว D_2 กับ D_3 และ D_1 กับ D_4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แสดงการทำงานของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์เมื่ออินพุตเป็นซีกลบ

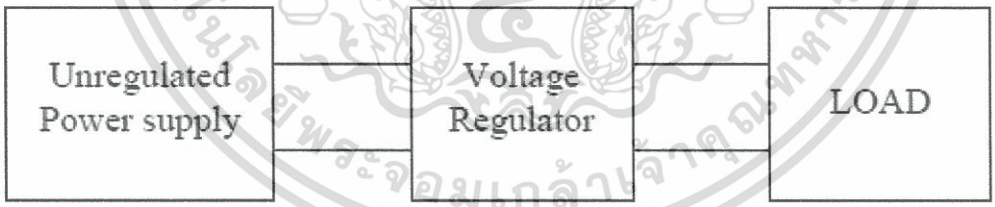


รูปที่ 2.10 แสดงการทำงานของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์เมื่ออินพุตเป็นซีกบวก

2.6. วงจรรักษาระดับแรงดันคงที่ (Voltage Regulator)

วงจรรักษาระดับแรงดันคือ วงจรที่ต่อระหว่างแหล่งจ่ายไฟตรงไม่คงค่า (Unregulator Power Supply) กับโหลด มีหน้าที่จ่ายไฟตรงให้กับโหลดและสามารถรักษาแรงดันให้คงตัวขณะที่

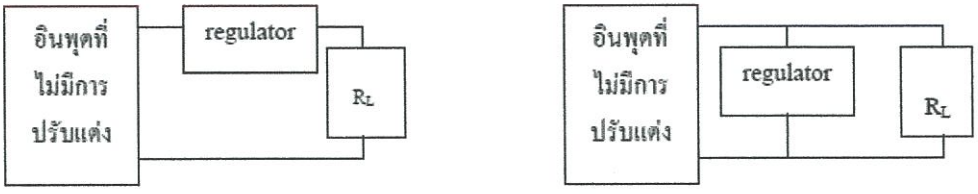
1. โหลดเปลี่ยน นั่นคือกระแสขาออกเปลี่ยนแปลง
2. แรงดันของแหล่งจ่ายไฟตรงไม่คงค่า เปลี่ยนแปลงทั้งนี้รวมถึงระลอกคลื่นด้วย (ripple)
3. อุณหภูมิของวงจรเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 2.11 บล็อกไดอะแกรมของแหล่งจ่ายไฟตรงคงค่าแรงดัน

จากบล็อกไดอะแกรม จะเห็นได้ว่าสัญญาณที่ออกมาจากเอาต์พุตของวงจรกรองแรงดัน คือบล็อกแรกในรูปที่ 2.10 ซึ่งยังไม่เรียบเท่าที่ควร ยังมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นๆ ลงๆ ในลักษณะคล้ายสัญญาณฟันเลื่อย เพราะว่าตัวเก็บประจุจะเก็บและคายประจุอยู่ตลอดเวลา ถ้าจะนำวงจรนี้ไปใช้งานเลยก็ได้ แต่ต้องใช้กับงานที่ไม่ต้องการความละเอียดของแหล่งจ่ายไฟมากนัก แต่ถ้าเป็นงานที่ต้องการความละเอียดของแหล่งจ่ายไฟ วงจรนี้จะใช้งานไม่ได้ หนทางที่จะนำมาแก้ไขคือ ใช้วงจรเรกกูเลเตอร์ซึ่งจะทำหน้าที่ปรับแต่งสัญญาณที่ไม่ราบเรียบอยู่นั้น ให้เรียบจนเกือบเป็นไฟ DC 100% การสร้างวงจรเรกกูเลเตอร์จะมีอยู่ 2 ลักษณะคือ การสร้างแบบอนุกรมกับโหลด และ แบบขนานกับโหลดดังรูปที่ 2.11 โดยใช้ ซีเนอร์ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และไอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก. แบบอนุกรมกับโหลด ข.แบบขนานกับโหลด

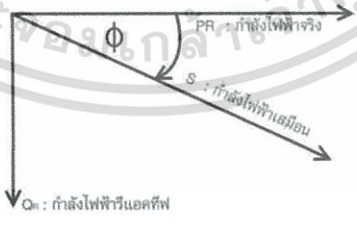
รูปที่ 2.12 วงจรเรกกูเลเตอร์

2.6.1. วงจรเรกกูเลเตอร์โดยใช้ไอซี

วงจรแหล่งจ่ายไฟสมัยใหม่ที่นิยมกันมากที่สุดคือ วงจรเรกกูเลเตอร์โดยใช้ไอซี เพราะว่าออกแบบวงจรง่าย ราคาถูก ขนาดเล็ก และให้คุณภาพสูง ในการออกแบบวงจรเรกกูเลเตอร์โดยใช้ ไอซีในลักษณะต่างๆ ดังนี้ คือ วงจรเรกกูเลเตอร์โดยใช้ IC หลายขา วงจรเรกกูเลเตอร์โดยใช้ IC 3 ขา แบบแรงดันเอาต์พุตคงที่บวกและลบ และวงจรเรกกูเลเตอร์โดยใช้ไอซี 3 ขา แบบปรับค่าแรงดัน เอาต์พุตค่าได้วงจรเรกกูเลเตอร์โดยใช้ไอซีจะได้สัญญาณแรงดันอินพุตมาจากวงจรเรคติไฟเออร์ที่ผ่านการกรองแรงดันมาแล้ว โดยวงจรเรกกูเลเตอร์จะทำหน้าที่ปรับแต่งแรงดันให้เรียบขึ้นและรักษาระดับแรงดัน ให้คงที่ตลอดการใช้งาน

2.7. Power Factor Correction

การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ Power Factor Correction มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นตัวที่ทำให้ค่าใช้จ่ายต่างๆเพิ่มขึ้น หรือลดลงได้ ระบบฟ้าที่มีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ต่ำจะมีความสูญเสียในระบบมาก ดังนั้นอุปกรณ์ที่นำมาใช้งานจำเป็นต้องมีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้ค่าใช้จ่ายในการซื้ออุปกรณ์ต่างๆเพิ่มขึ้น เพราะฉะนั้นการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ให้มีค่าสูงขึ้นจึงมีความจำเป็นต่ออาคารสำนักงานและโรงงานอุตสาหกรรมนั้นๆ ความเป็นจริงในอาคารหรือโรงงานอุตสาหกรรมต้องการกำลังไฟฟ้าจริง (Real Power) และกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ (Reactive Power) เพื่อใช้ในการทำงาน



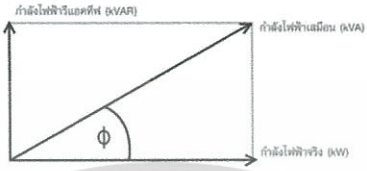
รูปที่ 2.13 การเกิดเพาเวอร์แฟคเตอร์ในระบบไฟฟ้า

การแก้ Power Factor เพาเวอร์แอฟคเตอร์ ก็ไม่ใช่ปัญหาที่ยุ่งยากซับซ้อนมากนัก แต่ต้องอาศัยวิศวกรที่มีความชำนาญและมีประสบการณ์ มิฉะนั้นแล้ว แทนที่จะมีผลดีกลับเกิดผลเสียและทำให้อุปกรณ์เสียหายมากขึ้น เช่น การเกิดฮาร์โมนิกส์ขึ้นในระบบและระบบจึงมีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ต่ำ การติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อแก้เพาเวอร์แฟคเตอร์ ควรจะมีการพิจารณาให้ถี่ถ้วนก่อน มิฉะนั้นอาจทำให้เกิดเรโซแนนท์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพาเวอร์แฟคเตอร์ ในระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่จ่ายให้อุกรณ์ไฟฟ้า สามารถวัดแยกส่วนออกเป็น 2 ส่วนดังนี้ กำลังไฟฟ้าจริง เป็นกำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริง มีหน่วยเป็น (W) หรือ (kW) และกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ เป็นกำลังไฟฟ้าที่ต้องการสร้างสนามแม่เหล็ก มีหน่วยวัดเป็น (VAR) หรือ (kVAR) กำลังไฟฟ้าสามารถรวมเข้าด้วยกันได้ทางเฟสเซอร์ (Phasor) เป็นกำลังไฟฟ้าเสมือน มีหน่วยเป็น โวลต์แอมป์ (VA) หรือ (kVA) ดังรูปที่ 2.14

$$kVA=\sqrt{kW^2+kVAR^2} \qquad 2.7$$



รูปที่ 2.14 ค่ากำลังไฟฟ้าที่วัดได้ในระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1. คุณสมบัติของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบสวิทชิ่ง

มีดังนี้

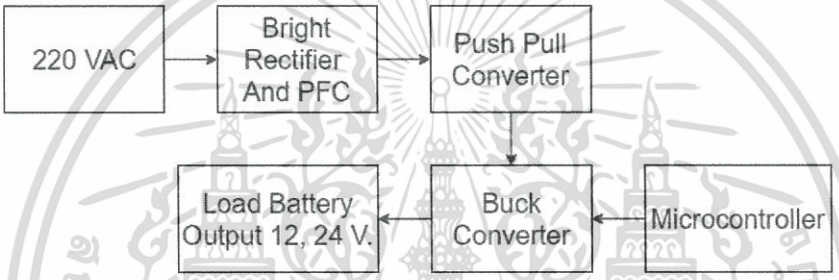
3.1.1 สามารถจ่ายไฟได้ตามโปรไฟล์การชาร์จที่กำหนด

3.1.2 สามารถชาร์จได้ทั้งโหมด Constant Current และ Constant Voltage

3.2. หลักการออกแบบเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบสวิทชิ่ง

3.2.1. บล็อกไดอะแกรม

ทำการสร้างวงจรแหล่งจ่ายพลังงานแบบสวิทชิ่งตามบล็อกไดอะแกรมด้านล่าง



รูปที่ 3.1 บล็อคไดอะแกรม

3.2.2. คำนวณรอบหม้อแปลงเฟอร์ไรส์

$$N_{pri} = \frac{V_{in} * 10^8}{4 * f * B_{max} * A_c} \qquad 3.1$$

N_{pri} = จำนวนรอบหม้อแปลงรอบแรก

V_{in} = แรงดันไฟฟ้าขาเข้าที่กำหนด = 12

f = ความถี่ในการทำงาน (Hz) = 50 kHz = 50000 Hz

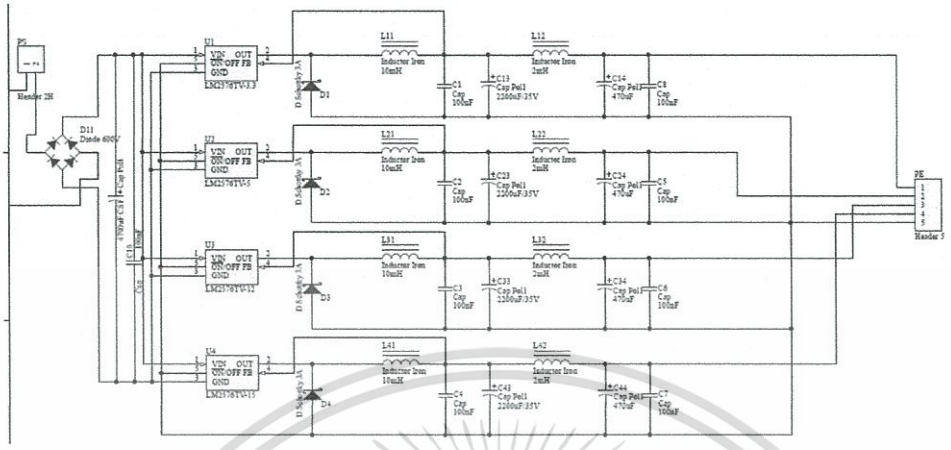
B_{max} = ความหนาแน่นของฟลักซ์สูงสุดใน Gauss ถ้าใช้ Tesla หรือ milliTesla (T หรือ mT) สำหรับความหนาแน่นของฟลักซ์ 1T = 10^4 Gauss

A_c = พื้นที่ตัดขวางที่มีประสิทธิภาพเป็นหน่วยซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3. วงจรรักษาระดับแรงดันคงที่

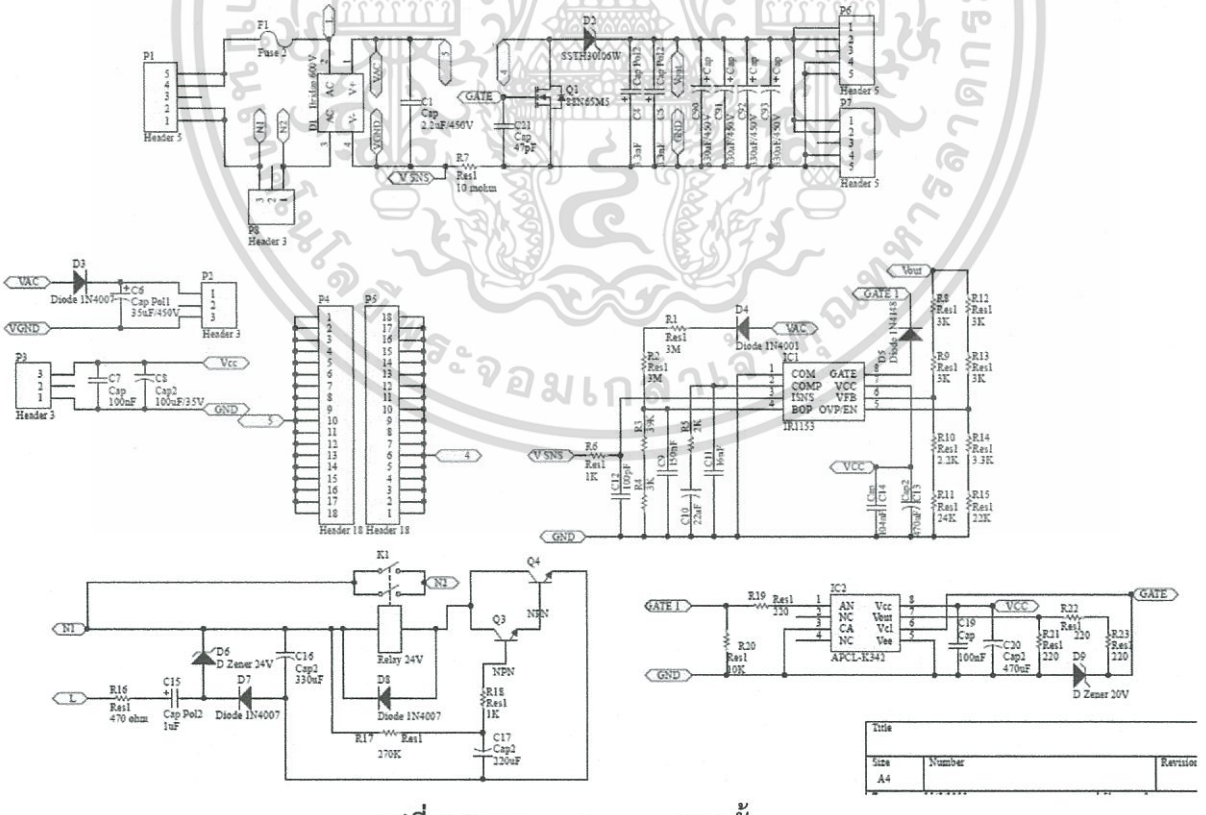
ออกแบบโดยใช้ ไอซีเบอร์ LM2576 ทำการต่อแบบคงค่าเอาพุทตามรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.2 Schematic วงจรรักษาระดับแรงดัน

3.2.4. วงจร Power Factor Correction

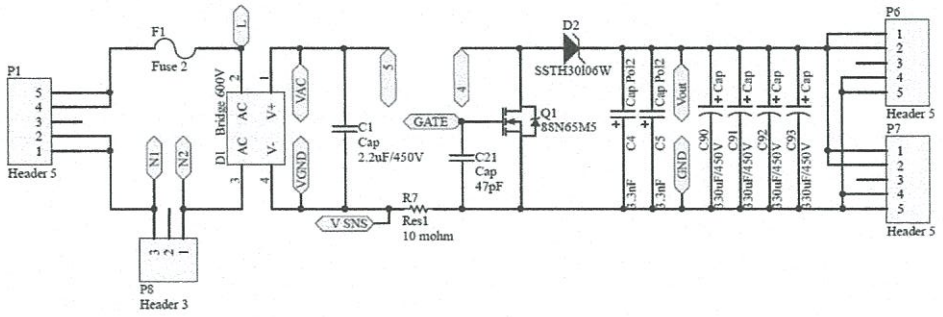
ออกแบบวงจรส่วนต่างๆ ได้แก่ 1.วงจรเรียงกระแส และวงจร Boost Converter 2. วงจร Soft start 3. วงจรควบคุม Power Factor และ 4. วงจร Gate Drive ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.3 Schematic วงจร PFC ทั้งหมด

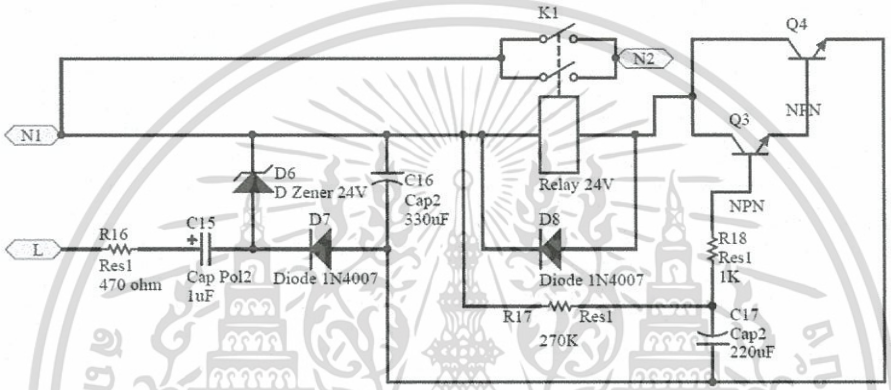
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4.1. วงจรเรียงกระแส และวงจร Boost Converter



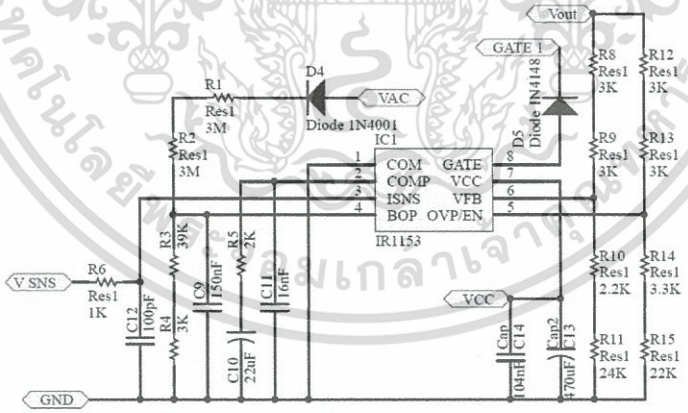
รูปที่ 3.4 Schematic วงจรเรียงกระแส และวงจร Boost Converter

3.2.4.2. วงจรควบคุม Soft Start



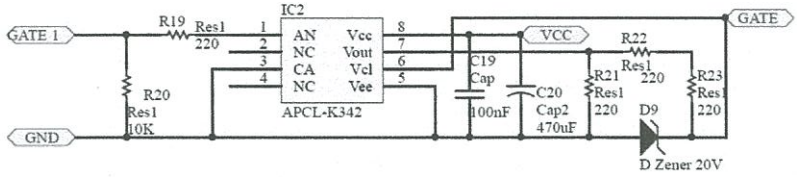
รูปที่ 3.5 Schematic วงจร Soft start

3.2.4.3. วงจรควบคุม Power Factor



รูปที่ 3.6 Schematic วงจรควบคุม Power Factor

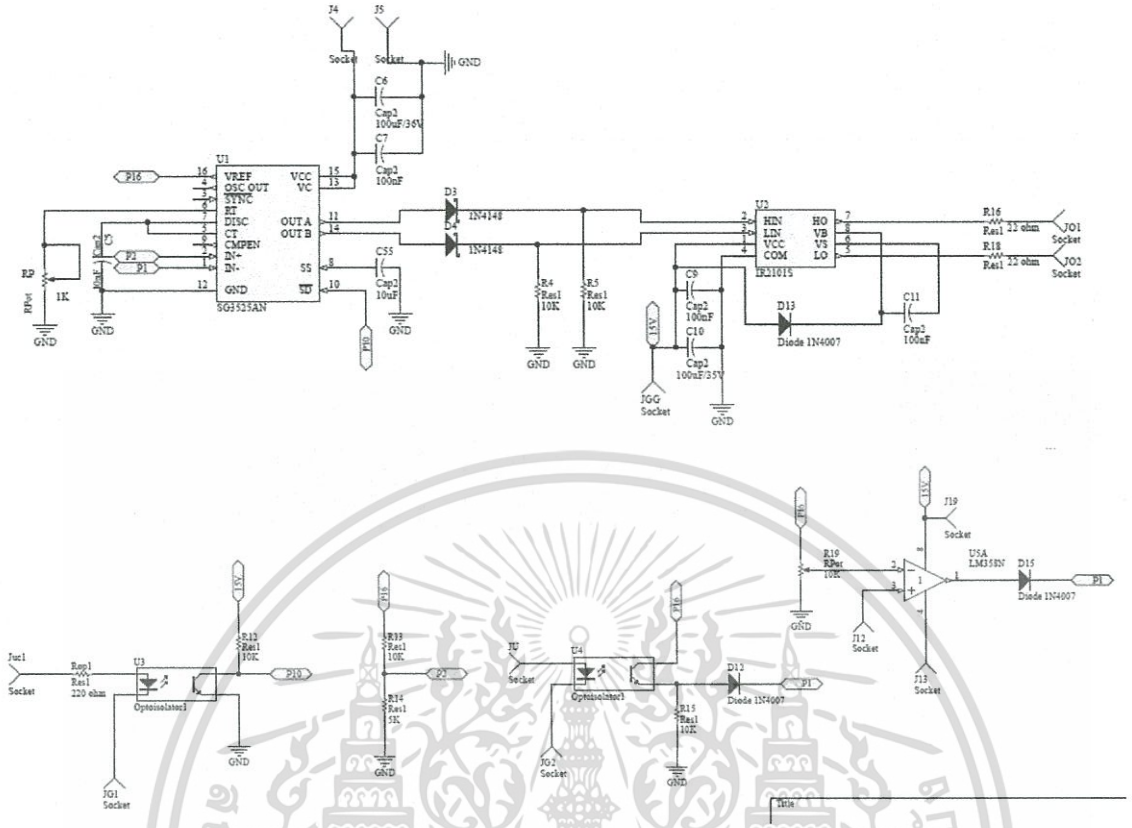
3.2.4.4. วงจรควบคุม Gate Drive



รูปที่ 3.7 Schematic วงจร Gate Drive

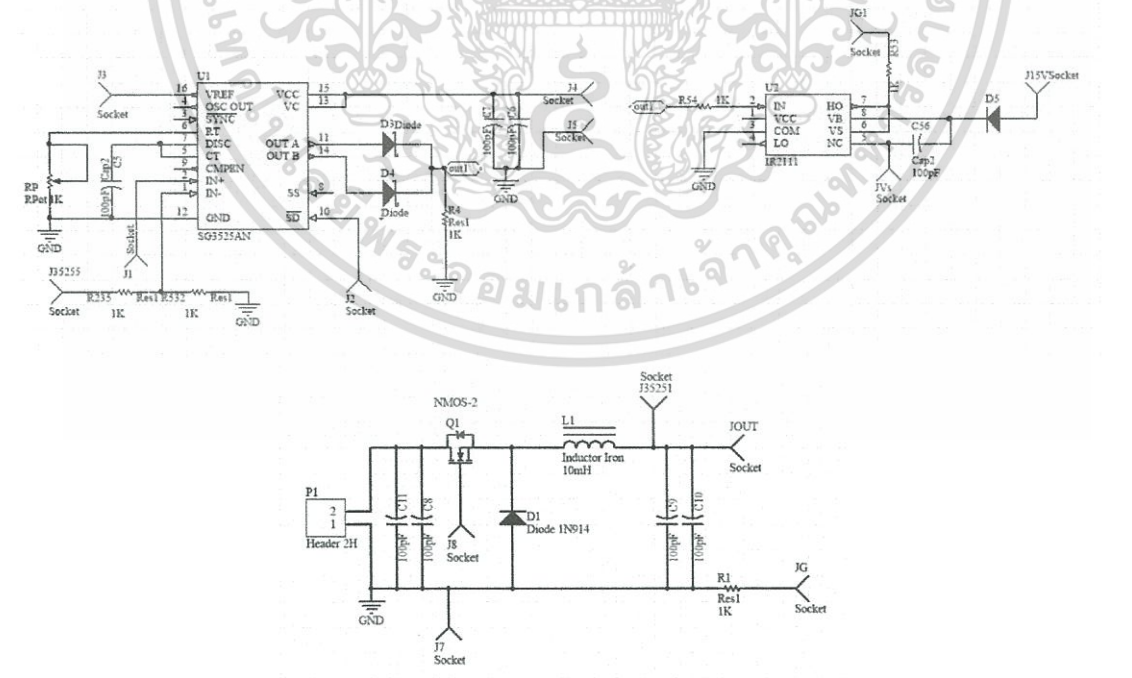
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5. วงจร พุช-พูลคอนเวอร์เตอร์



รูปที่ 3.8 Schematic วงจร พุช-พูลคอนเวอร์เตอร์

3.2.6. วงจร บัคคอนเวอร์เตอร์



รูปที่ 3.9 Schematic วงจร บัคคอนเวอร์เตอร์

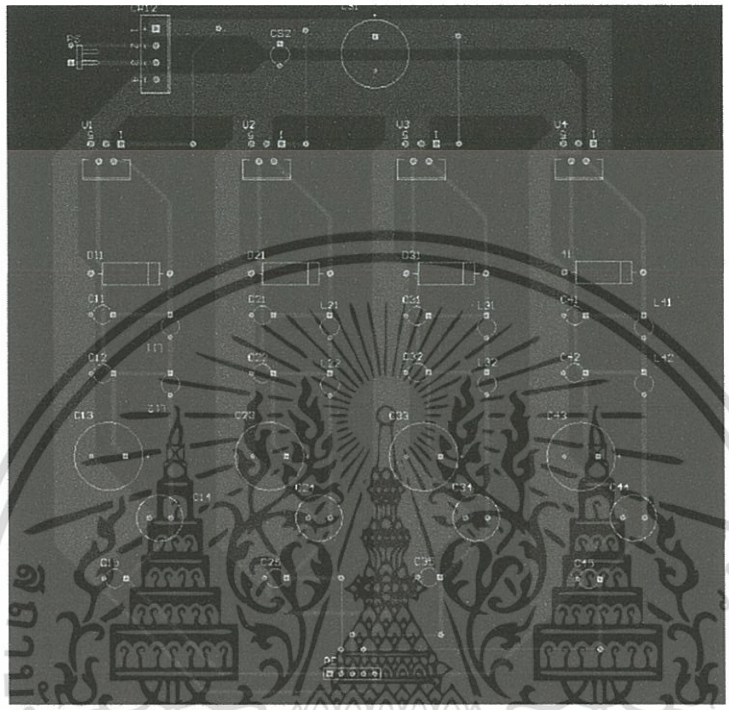
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3. การออกแบบ และสร้างเครื่องมือ

ขั้นตอนการออกแบบแบ่งตามวงจรส่วนต่างๆดังนี้

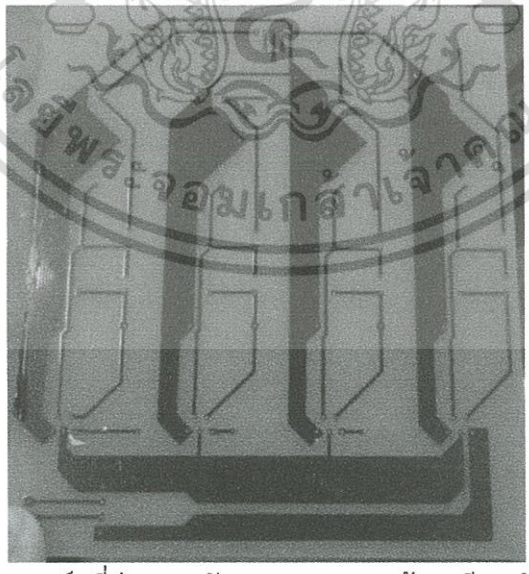
3.3.1. วงจรรักษาแรงดันคงที่

1. สร้าง Schematic ของวงจรตามที่ออกแบบตามรูปที่ 3.1 ด้วยโปรแกรม Altium และสร้างลาย PCB ตามที่ได้ออกแบบไว้



รูปที่ 3.10 ลาย PCB วงจรรักษาระดับแรงดัน

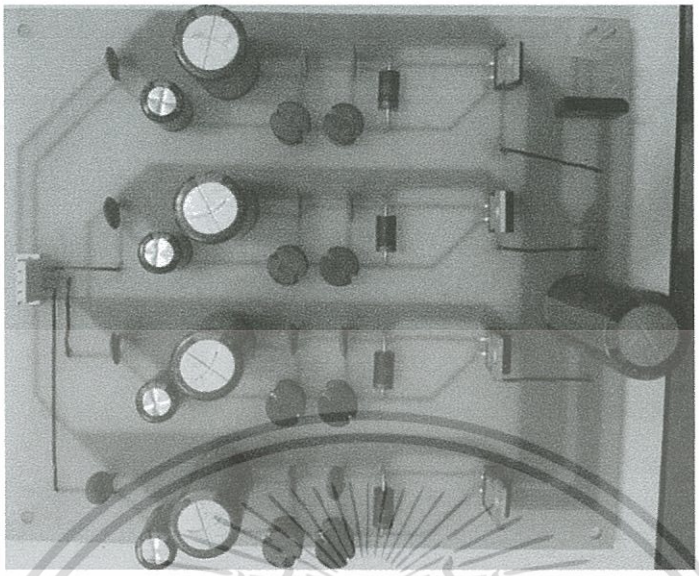
2. นำลาย PCB ที่ได้ออกแบบไว้นำไปฉายแสงและนำไปกัดปริ้น



รูปที่ 3.11 บอร์ดที่ผ่านการกัดทอดแดงออกแล้ว เตรียมนำไปเจาะรู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เจาะรูบนบอร์ด และใส่อุปกรณ์ลงไปตามที่ได้ออกแบบไว้

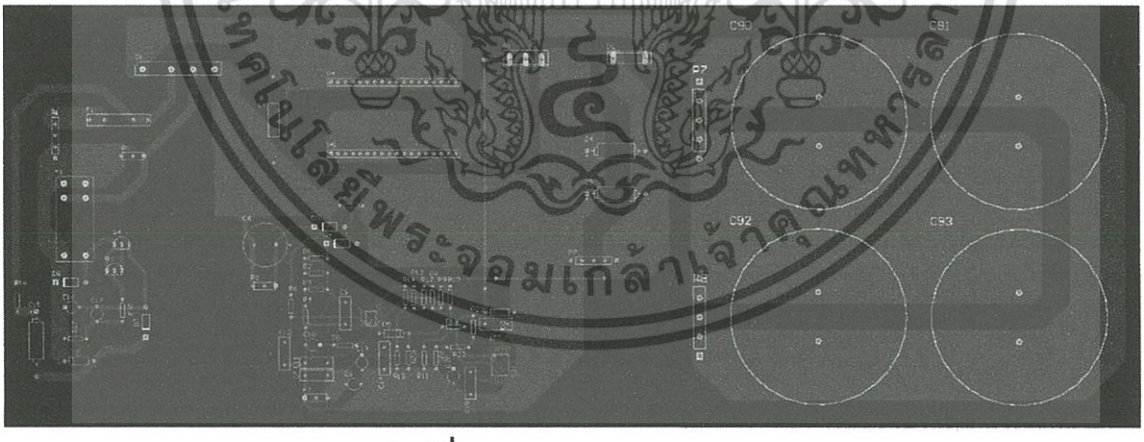


รูปที่ 3.12 บอร์ดวงจรรักษาระดับแรงดัน

4. ทดสอบวงจรทีละส่วน

3.3.2. วงจร Power Factor Correction

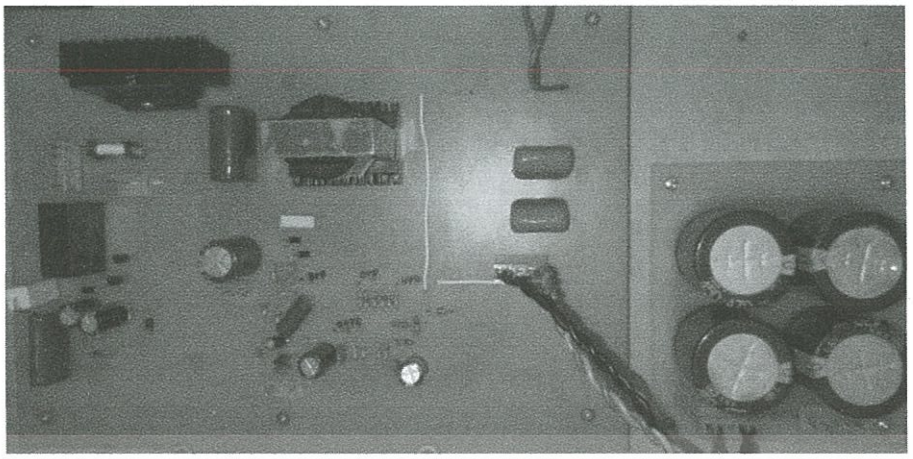
1. สร้าง Schematic ของวงจรตามที่ออกแบบตามรูปที่ 3.2 ด้วยโปรแกรม Altium และสร้างลาย PCB ตามที่ได้ออกแบบไว้



รูปที่ 3.13 ลาย PCB วงจร PFC

2. นำลาย PCB ที่ได้ออกแบบไว้นำไปฉายแสงและนำไปกัดปริ้น
3. เจาะรูบนบอร์ด และใส่อุปกรณ์ลงไปตามที่ได้ออกแบบไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

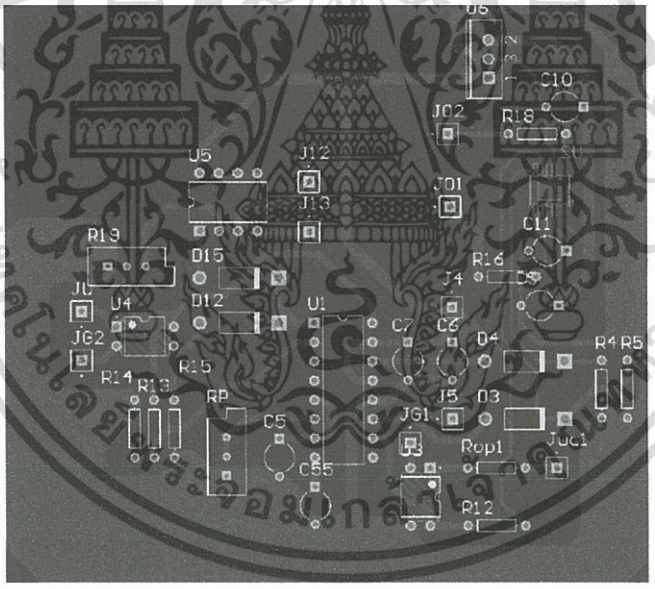


รูปที่ 3.14 บอร์ดวงจร PFC

4. ทดสอบวงจรทีละส่วน

3.3.3. วงจร พุช-พูลคอนเวอร์เตอร์

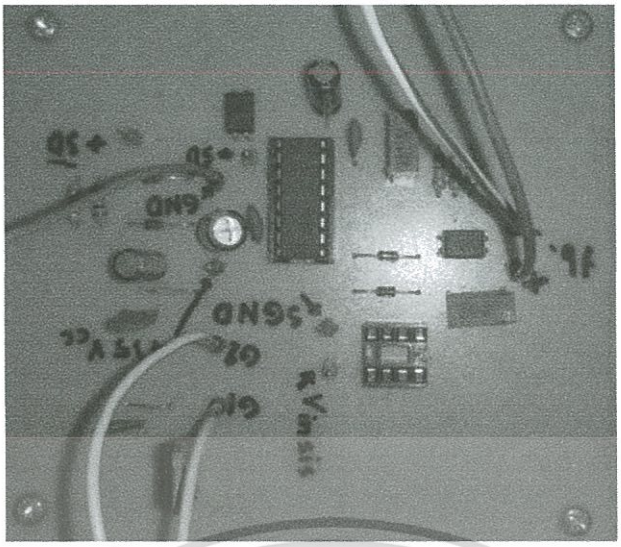
1. สร้าง Schematic ของวงจรตามที่ออกแบบตามรูปที่ 3.7 ด้วยโปรแกรม Altium และสร้างลาย PCB ตามที่ได้ออกแบบไว้



รูปที่ 3.15 ลาย PCB วงจรพุช-พูลคอนเวอร์เตอร์

2. นำลาย PCB ที่ได้ออกแบบไว้นำไปฉายแสงและนำไปกัดปริ้น
3. เจาะรูบนบอร์ด และใส่อุปกรณ์ลงไปตามที่ได้ออกแบบไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

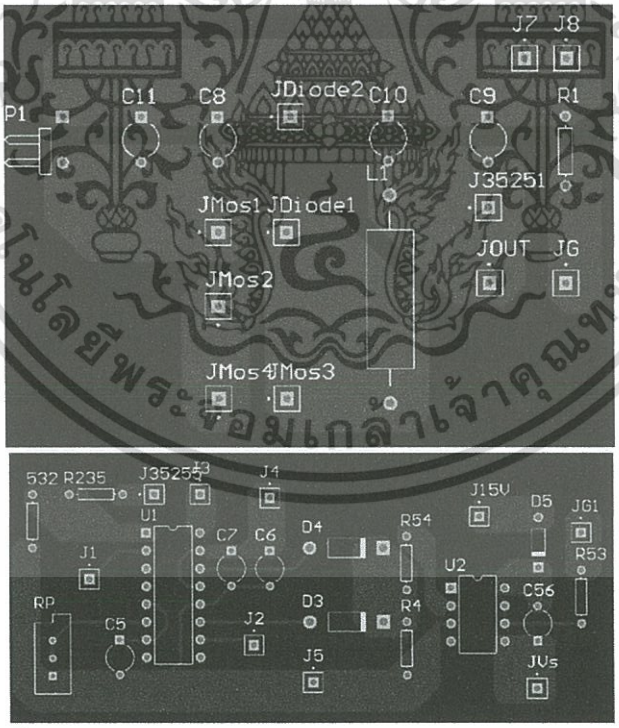


รูปที่ 3.16 บอร์ดวงจรพุช-พูลคอนเวอร์เตอร์

4. ทดสอบวงจรทีละส่วน

3.3.4. วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์

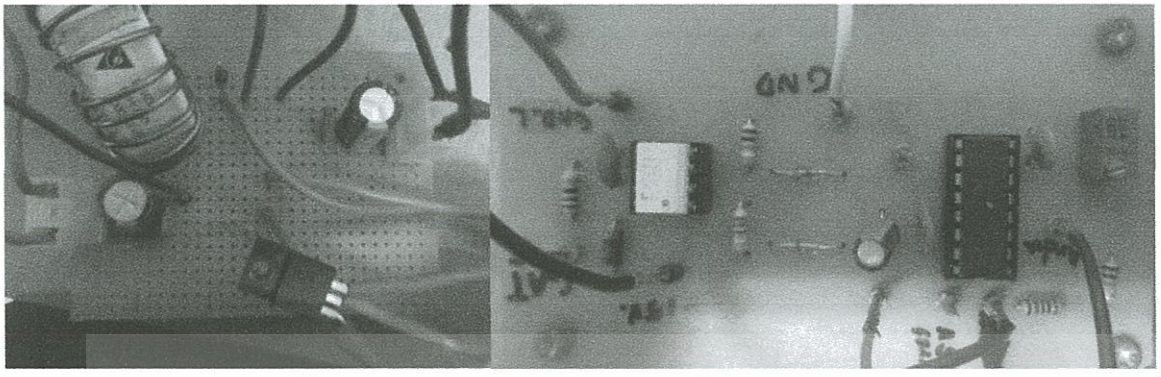
1. สร้าง Schematic ของวงจรตามที่ออกแบบตามรูปที่ 3.1 ด้วยโปรแกรม Altium และสร้างลาย PCB ตามที่ได้ออกแบบไว้



รูปที่ 3.17 ลาย PCB วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ และวงจรควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำลาย PCB ที่ได้ออกแบบไว้นำไปฉายแสงและนำไปกัดปริ้น
3. เจาะรูบนบอร์ด และใส่อุปกรณ์ลงไปตามที่ได้ออกแบบไว้



รูปที่ 3.18 บอร์ดวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ และวงจรควบคุม

4. ทดสอบวงจรทีละส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง และผลการทดลอง

4.1. การทดลอง

แบ่งการทดลองเป็นส่วนตามวงจรดังนี้

4.1.1. วงจรรักษาระดับแรงดันคงที่

ทำโดยป้อนไฟเข้าไปทางอินพุทของวงจร และทำการวัดค่าแรงดันที่เกิดขึ้นเมื่อต่อโหลดขนาดต่างๆ

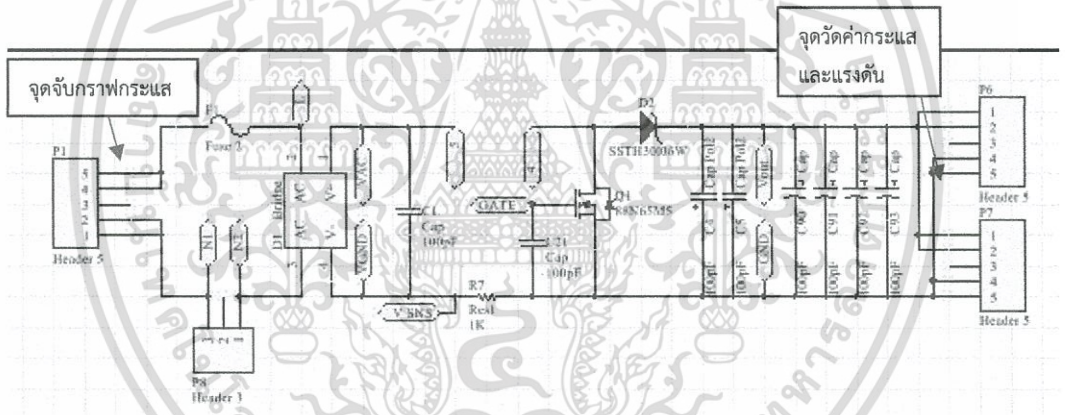
4.1.2. วงจร PFC

4.1.2.1. การทดลองวงจร Soft start

ป้อนไฟ AC 220 โวลต์เข้าทาง ขา input และทำการต่อฟิวส์เข้ากับวงจร โดยไม่ต่อ บริจไดโอดเพื่อที่จะทดสอบเฉพาะส่วนของวงจรซอฟสตาร์ทเท่านั้น จับเวลาจนกระทั่งรีเลย์จะทำงาน และบันทึกผล

4.1.2.2. การทดลองวงจร PFC

ป้อนไฟ AC 220 โวลต์เข้าทาง ขา input ทำการจับกราฟกระแสบริเวณทางเข้าของวงจร วัดค่าแรงดันและกระแสทางด้านทางออกของวงจรดังรูป



รูปที่ 4.1 แสดงบริเวณจุดวัดกระแส ของวงจร PFC

4.1.3. วงจร พุช-พูล คอนเวอร์เตอร์

จ่ายไฟเข้าวงจร และทำการต่อโหลด R แล้วทำการวัดสัญญาณที่บริเวณทางออก

4.1.4. วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์

ทำการวัดการทำงานของวงจร gate bootstrap

4.2. ผลการทดลอง

4.2.1. วงจรรักษาระดับแรงดันคงที่

จากการทดลองพบว่าเมื่อจ่ายไฟเข้าไปในทางเข้าแล้ว เมื่อวัดค่าที่ได้ตรงทางออกสามารถรักษาระดับแรงดัน 3.3, 5, 12 และ15 โวลต์ แม้ว่าจะเปลี่ยนขนาดโหลดเป็นขนาดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

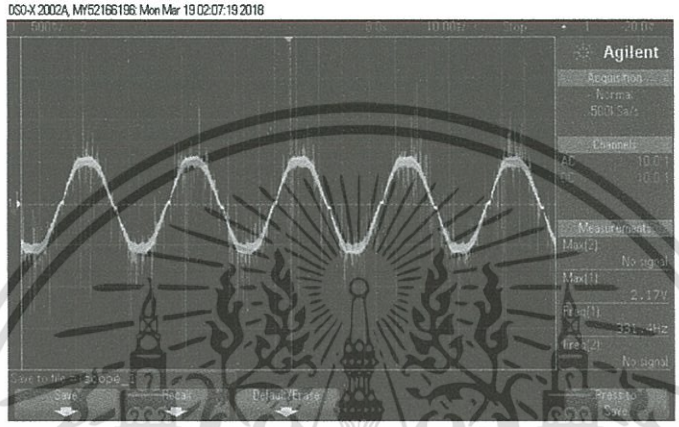
4.2.2. วงจร PFC

4.2.2.1. การทดลองวงจร Soft start

จากการทดลองพบว่า เมื่อจ่ายไฟเข้าไปในทางอินพุท รีเลย์จะทำงานภายในเวลา 4 วินาทีนับตั้งแต่เริ่มจ่ายไฟเข้าไปในวงจร

4.2.2.2. การทดลองวงจร PFC

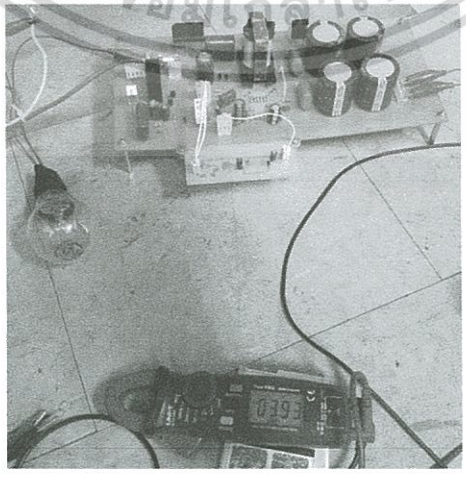
จากการวัดกราฟกระแสที่บริเวณทางเข้าของวงจรพบว่า วงจรสามารถปรับปรุงกราฟกระแสได้ดังรูปที่ 4.2 และเมื่อวัดค่าแรงดัน และกระแสทางด้านทางออกของวงจรได้ค่าตามตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงกระแสบริเวณทางเข้าของวงจรเมื่อต่อ วงจร PFC

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่า แรงดัน และกระแส เมื่อทำการดึงกระแสที่ขนาดต่างๆ

แรงดัน (โวลต์)	กระแส (แอมแปร์)
390	0.65
390	1.26

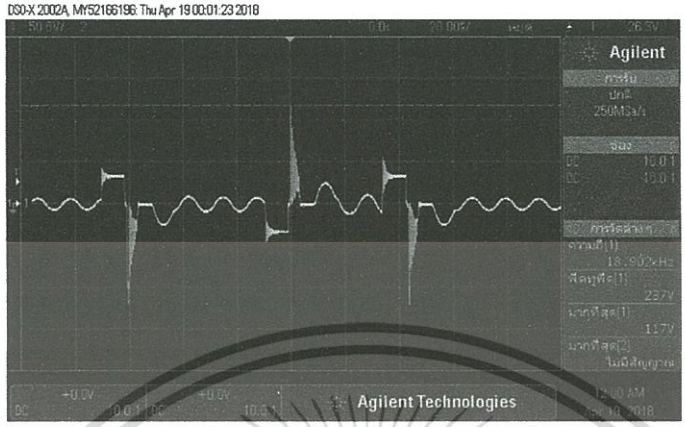


รูปที่ 4.3 แสดงการวัดแรงดันบริเวณทางออกของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3. วงจร พุช-พูล คอนเวอร์เตอร์

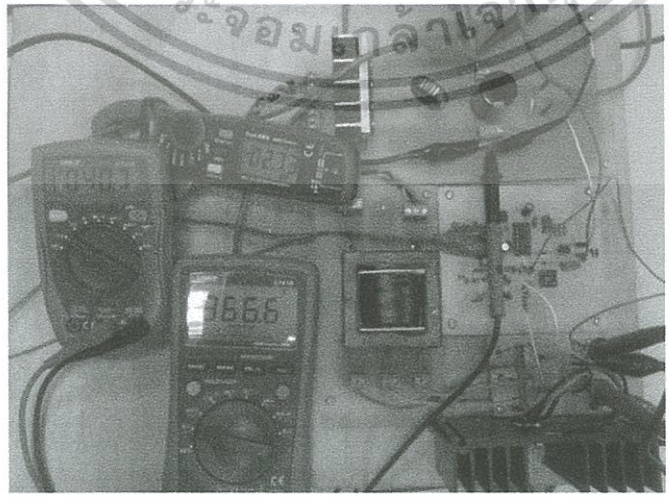
จากการทดลองเพื่อให้ได้แรงดันทางออก 40 V. พบว่าช่วงเวลา T_{on} ของวงจรมีค่าประมาณ 10 μ และสามารถดึงกระแสได้ตามตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าแรงดันทางออกของวงจร

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่า แรงดัน และกระแส เมื่อทำการดึงกระแสที่ขนาดต่างๆ

แรงดัน (โวลต์)	กระแส (แอมแปร์)
40.8	0
40.8	0.43
40.7	2.73
40.7	6.94
40.7	13.13
40.7	14

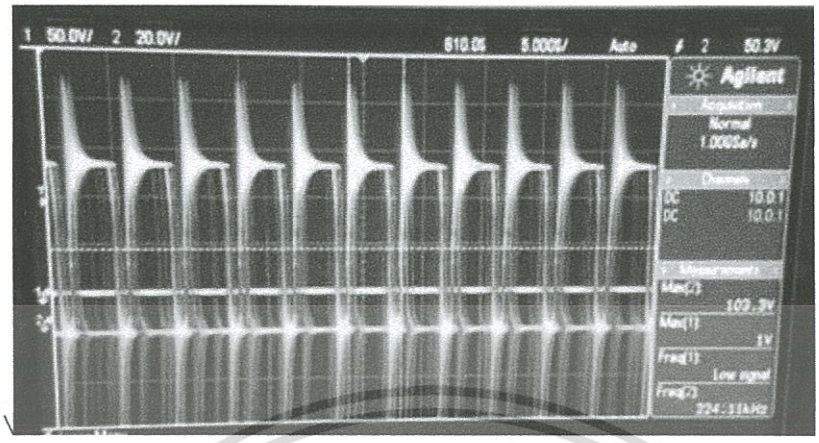


รูปที่ 4.5 แสดงการวัดแรงดัน และกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4. วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์

จากการวัดการทำงานของ gate bootstrap



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงผลการทำงานของ gate bootstrap

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

5.1.1. วงจรรักษาระดับแรงดันคงที่

จากผลการทดลองพบว่า เมื่อจ่ายไฟไปแล้ว วงจรไม่สามารถจ่ายไฟได้ตามที่ต้องการ ผลเนื่องจากวงจรที่ต่อ กราวไม่เชื่อมกันแต่เมื่อทำการปรับปรุง แก้ไขวงจรแล้ว ทำให้วงจรสามารถจ่ายไฟได้ตามที่ต้องการ และสามารถรักษาระดับแรงดันได้แม้โหลดจะเปลี่ยนไป

5.1.2. วงจร PFC

จากผลการทดลองพบว่า หลังจากนำวงจรมาต่อ วงจรสามารถปรับปรุงกราฟของกระแสได้

5.1.3. วงจร พุช-พูล คอนเวอร์เตอร์

จากผลการทดลองพบว่า วงจรสามารถลดทอนแรงดันไฟจาก 380 V. ลงมายังแรงดันไฟต่ำที่ 40.7 V. มีกระแสขาออกที่ 14 A และมีช่วงเวลา T_{on} ของวงจรมีค่าประมาณ 10 µs

5.2. อุปสรรคและปัญหา

- วงจรบูสเสตปของวงจร buck convertor ไม่มีสัญญาณ PWM ไปขี่แรงดันที่ขาเกจ
- ออกแบบวงจรรักษาระดับแรงดัน กราวไม่เชื่อมถึงกัน
- มีสัญญาณรบกวนเกิดจากการเชื่อมต่อสายสัญญาณภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. ริชัย คล่องการพานิช, "เข้าใจไม่ยากกับการทำงานของสวิตชิ่งเรกูเลเตอร์", เซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ ฉบับที่ 160, มิถุนายน 2539
2. สุวัฒน์ ดั่น, "เทคนิคและการออกแบบสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย", เอนเทลไทย, มิถุนายน 2538
3. วิสุทธิ์ อัศวนนทวงศ์, วารสารคอมพิวเตอร์ อีเลคทรอนิคส์เวิลด์ ฉบับที่ 137, 2535
4. พงศ์ธวัช ชีพพิมลชัย และอโณ โชติมณี, สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายเบื้องต้น, สืบค้นเมื่อวันที่ 10 สิงหาคม 2560, https://www.cpe.ku.ac.th/~yuen/204471/power/switching_regulator/
5. พงศ์ธวัช ชีพพิมลชัย และอโณ โชติมณี, คอนเวอร์เตอร์, สืบค้นเมื่อวันที่ 10 สิงหาคม 2560, https://www.cpe.ku.ac.th/~yuen/204471/power/switching_regulator/converter.html
6. พงศ์ธวัช ชีพพิมลชัย และอโณ โชติมณี, วงจรควบคุม, สืบค้นเมื่อวันที่ 10 สิงหาคม 2560, https://www.cpe.ku.ac.th/~yuen/204471/power/switching_regulator/control.html
7. ระบบควบคุมพีไอดี, สืบค้นเมื่อวันที่ 15 สิงหาคม 2560, https://th.wikipedia.org/wiki/ระบบควบคุมพีไอดี
8. Ferrite Transformer, สืบค้นเมื่อวันที่ 15 สิงหาคม 2560, http://tahmidmc.blogspot.com/2012/12/ferrite-transformer-turns-calculation.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้