



ตัวอัดประจุแบตเตอรี่แบบพกพาสำหรับยานยนต์ขนาดเล็กสองล้อ

PORTABLE BATTERY CHARGER
FOR ELECTRIC BICYCLES/SCOOTERS

นายพนพล หมุ่มมาก รหัส 49360853

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ..... 11, 2555
เลขทะเบียน..... 15732943
เลขเรียกหนังสือ..... 211
มหาวิทยาลัยนเรศวร ๗๖๖๗

2552

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2552



ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อโครงการ หัวข้อประยุกต์เทคโนโลยีแบบพกพาสำหรับยานยนต์ขนาดเล็กสองล้อ
ผู้ดำเนินโครงการ นายพนพล หมุ่มมาก รหัส 49360853
ที่ปรึกษาโครงการ ดร. สมพร เรืองสินชัยวานิช
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2552

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

..... ที่ปรึกษาโครงการ

(ดร. สมพร เรืองสินชัยวานิช)

..... กรรมการ

(ดร. นุจิศา สงฆ์จันทร์)

..... กรรมการ

(อ. แสงชัย มังกรทอง)

บทคัดย่อ

หาโลกร้อนเป็นวิกฤตที่ทั่วโลกต่างให้ความสำคัญอย่างมาก
คือปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ทำให้อุตสาหกรรม
การเลือกใช้พลังงานทดแทนกันมากขึ้น โดยเฉพาะอย่าง
id) โครงการนี้นำเสนอการสร้างตัวอัดประจุแบตเตอรี่ต้นแบบ
ใช้สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายชนิดคอนเวอร์เตอร์แบบฟลาย
220 VAC 50 Hz สำหรับรถจักรยานไฟฟ้า โดยเน้นที่ตัวอ
หนักเบา สามารถพกพาได้สะดวกและมีราคาถูกเมื่อเทียบ
สอบตัวอัดประจุแบตเตอรี่ต้นแบบที่สร้างขึ้นนั้น จะเริ่มจ
(DC Load Electronic) เพื่อสังเกตลักษณะการรักษาระดับแ
ประจุต้นแบบ เมื่อวงจรอัดประจุแบตเตอรี่ต้นแบบสามารถ

บทคัดย่อ

หาโลกร้อนเป็นวิกฤตที่ทั่วโลกต่างให้ความสำคัญอย่างมาก
คือปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ทำให้อุตสาหกรรม
การเลือกใช้พลังงานทดแทนกันมากขึ้น โดยเฉพาะอย่าง
id) โครงการนี้นำเสนอการสร้างตัวอัดประจุแบตเตอรี่ต้นแบบ
ใช้สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายชนิดคอนเวอร์เตอร์แบบฟลาย
220 VAC 50 Hz สำหรับรถจักรยานไฟฟ้า โดยเน้นที่ตัวอ
หนักเบา สามารถพกพาได้สะดวกและมีราคาถูกเมื่อเทียบ
สอบตัวอัดประจุแบตเตอรี่ต้นแบบที่สร้างขึ้นนั้น จะเริ่มจ
(DC Load Electronic) เพื่อสังเกตลักษณะการรักษาระดับแ
ประจุต้นแบบ เมื่อวงจรอัดประจุแบตเตอรี่ต้นแบบสามารถ

บทคัดย่อ

หาโลกร้อนเป็นวิกฤตที่ทั่วโลกต่างให้ความสำคัญอย่างมาก
คือปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ทำให้อุตสาหกรรม
การเลือกใช้พลังงานทดแทนกันมากขึ้น โดยเฉพาะอย่าง
id) โครงการนี้นำเสนอการสร้างตัวอัดประจุแบตเตอรี่ต้นแบบ
ใช้สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายชนิดคอนเวอร์เตอร์แบบฟลาย
220 VAC 50 Hz สำหรับรถจักรยานไฟฟ้า โดยเน้นที่ตัวอ
หนักเบา สามารถพกพาได้สะดวกและมีราคาถูกเมื่อเทียบ
สอบตัวอัดประจุแบตเตอรี่ต้นแบบที่สร้างขึ้นนั้น จะเริ่มจ
(DC Load Electronic) เพื่อสังเกตลักษณะการรักษาระดับแ
ประจุต้นแบบ เมื่อวงจรอัดประจุแบตเตอรี่ต้นแบบสามารถ

Project title Portable Battery Charger for Electric Bicycles/Scooters

Name Mr. Nopphon Moomak ID. 49360853

Project advisor Mr. Somporn Ruangsinchaiwanich, Ph.D.

 Mr. Pongpit Wipasuramonton, Ph.D.

Major Electrical Engineering

Department Electrical and Computer Engineering

Academic year 2009

.....

Abstract

Global warming is a crisis that we are facing. One of the factors causing this problem is the carbon dioxide (CO₂) emission. To lessen this problem, automotive and motorcycle industries have manufactured more vehicles that use alternative energy, for example electric car and hybrid car. This project proposed a battery charger prototype for electric bicycles by using a fly-back type switched mode power supply and supplied by 220 VAC 50 Hz of the electric power system. The prototype was designed to be more compact, lighter, more portable, and cheaper than the conventional battery chargers. The prototype was tested by the electronic DC load in order to observe its voltage regulation and current limit. The expected test results are that the current limit is not over 1.2 Amp and the voltage level is not over 42 Volt. When the circuit of the prototype had the expected results, it was used to test with the real lead-acid battery. Consequently, both voltage and current signals are slightly rippled. However the prototype has the satisfactory characteristics, i.e. it can maintain the voltage level and current limit.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการสร้างปัญญาวิทย์ผลิตนักเทคโนโลยี ฝ่ายพัฒนา บัณฑิตและนักวิจัย ศูนย์การพัฒนากำลังคน สำนักพัฒนากำลังคนทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) (รหัสโครงการ SP52 - NT11)

ผู้เขียนโครงการขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร. สมพร เรืองสินชัยวานิช ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ และดร. พงศ์พิชญ์ วิชาสุรณทล นักวิจัยที่เลี้ยงจากศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ที่ได้คอยชี้แนะแนวทางตลอดการทำโครงการ นอกจากนี้ขอกราบขอบพระคุณห้องปฏิบัติการฝ่ายวิจัยและพัฒนาการควบคุมและระบบอัตโนมัติ ทางอุตสาหกรรม ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) และภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในเรื่องอุปกรณ์และเครื่องมือวัดต่างๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินโครงการอย่างยิ่ง ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้กับผู้เขียนโครงการ

และทางผู้เขียนโครงการใคร่ขอขอบคุณ คุณประสิทธิ์ จำปาและคุณจิรายุทธ์ พิณทิพย์ ที่ให้คำแนะนำในการทำโครงการช่วงแรก

ขอขอบคุณ คุณโกวิท โชวสุวรรณ ที่ช่วยให้แนวคิด และคำปรึกษาในการออกแบบวงจรอัดประจุแบตเตอรี่ ขั้นตอนการออกแบบแผ่นปรินท์ รวมทั้งคำแนะนำเกี่ยวกับวงจรที่ใช้ปฏิบัติงานจริง และสถานที่จัดซื้ออุปกรณ์

ขอขอบคุณ คุณมนทนต์ พักเอน คุณกฤษดา สมจิตชอบและคุณณัฐภัทร มัทย์พงษ์ถาวร ที่ให้คำแนะนำในการทดลองชิ้นต้น

ขอบคุณ คุณพลวัฒน์ ทองบัวบาน เพื่อนนิสิตชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าที่แนะนำสถานที่จัดซื้ออุปกรณ์ และให้ยืมเครื่องมือในการประกอบวงจร

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาของผู้เขียนอย่างหาที่เปรียบมิได้ที่ให้ความรัก ความหวังดี กำลังใจ และคอยสนับสนุนในทุกๆ ด้านตลอดมา

นายพนพล หนูมาก

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญาโท.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	2
1.3 แนวทางการดำเนินโครงการ.....	2
1.4 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.6 แผนการดำเนินงาน.....	3
1.7 งบประมาณ.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 หลักการทำงานของคอนเวอร์เตอร์.....	5
2.1.1 คุณสมบัติของคอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบค.....	7
2.1.2 การทำงานของคอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบค.....	7
2.1.3 ลักษณะกระแสและแรงดันภายในวงจร.....	9
2.1.4 การทำงานในโหมดกระแสต่อเนื่องและ โหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง.....	10
2.1.5 การออกแบบคอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบคที่โหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง.....	11
2.1.6 ช่วงเวลานำกระแสสูงสุด.....	11
2.1.7 กำหนดค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดปฐมภูมิ.....	12
2.1.8 จำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิและจำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิ.....	13
2.1.9 ตัวเก็บประจุเอาต์พุต.....	14

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.1.10	หม้อแปลงสวิตจิ่ง.....	15
2.1.11	ข้อดีและข้อเสียของคอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบค.....	18
2.2	แบตเตอรี่.....	18
2.2.1	ประเภทของแบตเตอรี่ตะกั่วกรดแบบแห้ง.....	19
2.2.2	การอัดประจุแบตเตอรี่ตะกั่วกรดแบบปิดผนึก.....	20
2.3	รถไฮบริดและรถไฟฟ้า.....	20
บทที่ 3	การสร้างวงจรการทำงาน.....	23
3.1	การสร้างวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบค.....	23
3.1.1	ขั้นตอนการสร้างคอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบค.....	23
3.1.2	การเลือกใช้อุปกรณ์ของคอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบค.....	24
บทที่ 4	ผลการทดลอง.....	35
4.1	การทดสอบวงจรอัดประจุแบตเตอรี่ขณะไม่มีโหลด.....	35
4.2	การทดสอบวงจรอัดประจุแบตเตอรี่กับ โหลดอิเล็กทรอนิกส์.....	38
4.3	การทดสอบวงจรอัดประจุแบตเตอรี่กับแบตเตอรี่.....	43
4.4	การทดสอบประสิทธิภาพของวงจรอัดประจุแบตเตอรี่.....	46
บทที่ 5	สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	50
5.1	สรุปผลการทดลอง.....	50
5.2	ปัญหาและแนวทางแก้ไข.....	51
5.3	แนวทางในการพัฒนาต่อไป.....	52
5.3.1	การนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้แทนไอซี.....	52
5.3.2	อุปกรณ์เสริม.....	53
เอกสารอ้างอิง 1		54
เอกสารอ้างอิง 2		55

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ก รายละเอียดของไอซี UC3844.....	56
ภาคผนวก ข รายละเอียดของมอสเฟต FQP7N80.....	61
ประวัติผู้เขียนโครงการ.....	64



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1	ค่าแรงดันด้านเอ้าท์พุทขณะไม่มีโหลด..... 36
4.2	ค่าแรงดันและกระแสด้านเอ้าท์พุทที่โหลดระดับต่างๆ..... 39
4.3	ค่าของแรงดันและกระแสด้านเอ้าท์พุทที่เวลาต่างๆ..... 44
4.4	ประสิทธิภาพของวงจรอัดประจุแบตเตอรี่..... 46
4.5	กระแสอินพุทและกระแสเอ้าท์พุทของวงจรที่ความดันทานต่างๆ..... 48



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	บล็อกไดอะแกรมของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแบบสวิตชิง..... 6
2.2	วงจรพื้นฐานของคอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบค..... 8
2.3	กราฟลักษณะกระแสและแรงดันในวงจร..... 10
2.4	ตัวอย่างลักษณะของเส้น ไก้ฮิสเตอร์รีซิส..... 17
2.5	กราฟค่าการสูญเสียในแกนเฟอร์ไรต์..... 18
2.6	แบตเตอรี่ตะกั่วกรดแบบแห้ง..... 19
2.7	ตัวอย่างหลักการทำงานของรถไฮบริด..... 21
2.8	ตัวอย่างหลักการทำงานของรถไฟฟ้า..... 22
3.1	ลักษณะมอสเฟตและขาต่างๆ..... 25
3.2	ลักษณะ ไอซีและขาต่างๆ ของ UC3844..... 25
3.3	วงจรภายในของไอซี UC3844..... 26
3.4	ลักษณะ ไอซีและขาต่างๆ ของ TL431..... 26
3.5	วงจรภายในและสัญลักษณ์ของ TL431..... 27
3.6	ลักษณะ ไอซีและวงจรภายในของ FOD817..... 27
3.7	ลักษณะ ไอซีและวงจรภายในของ LM358..... 28
3.8	ลักษณะ ไอซีและขาต่างๆ ของ 7815..... 28
3.9	การต่อวงจรเพื่อเรกกูเลตแรงดัน..... 29
3.10	วงจรอัดประจุแบตเตอรี่ส่วนอินพุต..... 30
3.11	วงจรอัดประจุแบตเตอรี่ส่วนเอาต์พุต..... 31
3.12	วงจรคั่นแบบที่ใช้ในการทดลอง..... 32
3.13	วงจรตัวเรียงกระแสส่วนอินพุต..... 32
3.14	วงจรในส่วนคอนเวอร์เตอร์..... 33
3.15	วงจรในส่วนวงจรควบคุม..... 33
3.16	ลายวงจรที่ออกแบบโดยโปรแกรม Protei99SE..... 33
3.17	วงจรที่เสร็จสมบูรณ์..... 34
4.1	การทดสอบวงจรขณะไม่มีโหลด..... 35
4.2	สัญญาณนาฬิกาและสัญญาณควบคุมสวิตช์ของไอซี UC3844..... 36
4.3	แรงดันเอาต์พุตขณะไม่มีโหลด..... 37

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.4 แรงดันที่ตกคร่อมขาเกรนซอร์สของมอสเฟต (V_{ds}).....	37
4.5 การทดสอบกับโพลดิอิเล็กทริก.....	38
4.6 กราฟแสดงค่าของแรงดันด้านเอาต์พุตเทียบกับค่าความต้านทาน.....	39
4.7 กราฟแสดงค่าของกระแสเทียบกับค่าความต้านทาน.....	40
4.8 แรงดัน V_{ds} ของมอสเฟตและกระแสเอาต์พุต ที่ความต้านทาน 100 โอห์ม.....	40
4.9 แรงดัน V_{ds} ของมอสเฟตและกระแสเอาต์พุต ที่ความต้านทาน 80 โอห์ม.....	41
4.10 แรงดัน V_{ds} ของมอสเฟตและกระแสเอาต์พุต ที่ความต้านทาน 60 โอห์ม.....	41
4.11 แรงดัน V_{ds} ของมอสเฟตและกระแสเอาต์พุต ที่ความต้านทาน 40 โอห์ม.....	41
4.12 แรงดัน V_{ds} ของมอสเฟตและกระแสเอาต์พุต ที่ความต้านทาน 30 โอห์ม.....	42
4.13 แรงดัน V_{ds} ของมอสเฟตและกระแสเอาต์พุต ที่ความต้านทาน 25 โอห์ม.....	42
4.14 การทดสอบกับแบตเตอรี่.....	43
4.15 กราฟแสดงค่าของกระแสด้านเอาต์พุตเทียบกับเวลา.....	45
4.16 กราฟแสดงค่าของแรงดันด้านเอาต์พุตเทียบกับเวลา.....	45
4.17 กราฟแสดงค่าระหว่างกำลังไฟฟ้าและความต้านทาน.....	47
4.18 กราฟแสดงค่าระหว่างกำลังไฟฟ้าเอาต์พุตและกำลังไฟฟ้าอินพุต.....	49
5.1 วงจรใช้.....	51
5.2 ตัวอย่างของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	52
5.3 ตัวอย่างอุปกรณ์แสดงผล.....	53

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

สืบเนื่องจากภาวะโลกร้อน (Global Warming) ซึ่งส่วนมากเกิดจากการสร้างมลภาวะโดยมนุษย์ และการตระหนักถึงการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิงที่เกิดจากซากฟอสซิลที่ทับถมกันนานนับล้านๆ ปีที่กำลังจะหมดลงในเวลาอีกไม่กี่สิบปีข้างหน้า ทำให้ทั่วโลกเริ่มตระหนักถึงผลที่จะเกิดขึ้นในอนาคต และหันมาใช้พลังงานทดแทนกันมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวงการยานยนต์ เมื่อเร็วนี้่ รถไฮบริด (Hybrid Vehicle) ซึ่งได้พลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิงและพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ เริ่มมีใช้กันมากขึ้นบนท้องถนน และต่อมายานยนต์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างเดียว (Electric Vehicle) ก็เริ่มออกสู่ท้องตลาด ทำให้ผู้ใช้รถพอจะคาดการณ์ได้ว่า บทบาทของพลังงานไฟฟ้าในวงการยานยนต์จะมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ นับจากนี้

เมื่อกล่าวถึงยานยนต์ไฟฟ้า ยานยนต์ขนาดเล็ก เช่น จักรยานไฟฟ้าและสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าจะได้รับการยอมรับจากผู้ใช้นอกจากยานยนต์ขนาดใหญ่ เนื่องจากมีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา และราคาถูก แม้ว่าความเร็วที่ใช้งานของยานยนต์ขนาดเล็กจะต่ำกว่ายานยนต์ขนาดใหญ่อยู่มาก แต่ความคล่องตัวบนท้องถนน โดยเฉพาะในสภาพการจราจรติดขัดที่มีอยู่จริงในหลายประเทศรวมถึงประเทศไทย ทำให้ยานยนต์ไฟฟ้าขนาดเล็กดังกล่าวจะได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น อย่างไม่รู้ขีด ข้อเสียของยานยนต์เหล่านี้คือ การมีระยะทางการเดินทางที่สั้น เหตุผลสำคัญคือการใช้แบตเตอรี่จำนวนน้อยเนื่องจากข้อจำกัดของพื้นที่ที่ใช้และน้ำหนักของแบตเตอรี่ เพื่อให้ได้ระยะการเดินทางมากขึ้น วิธีที่ง่ายวิธีหนึ่งคือ การเลือกใช้ชนิดแบตเตอรี่ที่มีความจุพลังงานสูง (High Density Battery) แต่แบตเตอรี่พวกนี้ โดยทั่วไปมีราคาแพงมาก ทำให้ราคารวมของยานยนต์เพิ่มอย่างมาก

อีกหนทางหนึ่งที่สามารถลดปัญหานี้ได้คือ การใช้ตัวอัดประจุแบตเตอรี่แบบพกพา (Portable Battery Charger) โดยใช้ทำการอัดประจุแบตเตอรี่ ในกรณีที่พลังงานที่เหลือในแบตเตอรี่หมดหรือเหลืออยู่ไม่มาก วิธีนี้ทำให้การเลือกใช้แบตเตอรี่ชนิดความจุต่ำและราคาถูกเป็นไปได้ โดยเฉพาะในกรณีที่ระยะการเดินทางที่ค่อนข้างแน่นอน เช่น การเดินทางไประหว่างที่ทำงานกับที่พัก

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1) เพื่อส่งเสริมและกระตุ้นให้นิสิต ได้เรียนรู้การแปลงพลังงานและเทคนิคต่างๆ เกี่ยวกับการแปลงผันพลังงาน (Power Conversion System)
- 2) เพื่อศึกษาการทำงานของวงจรการอัดประจุแบบพกพา และการออกแบบวงจรเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

1.3 แนวทางการดำเนินโครงการ

- 1) ศึกษาการทำงานของคอนเวอร์เตอร์กำลังชนิดแยกอิสระทางไฟฟ้าแบบต่างๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลขั้นต้น
- 2) เลือกคอนเวอร์เตอร์ที่เหมาะสมและศึกษาวิธีการควบคุมคอนเวอร์เตอร์ ให้มีผลตอบสนองที่รวดเร็ว (Fast) และมีความทนทาน (Robust) นั่นคือต้องมีวิธีการที่สามารถจำกัด กระแสออก และระดับแรงดันให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อแบตเตอรี่และผู้ใช้
- 3) การออกแบบวงจร ตามที่ได้ศึกษาและหาข้อมูลตามทฤษฎีต่างๆ และประกอบวงจรขึ้นต้นบนโปรโตบอร์ด (Proto Board) ทดสอบวงจรการทำงานขั้นต้นและทำการปรับแต่ง เพื่อให้วงจรทำงานได้ตามคุณลักษณะที่ต้องการ
- 4) ออกแบบ PCB หลังจากนั้นและทำการประกอบวงจร ทดสอบขั้นสุดท้าย
- 5) ทำการทดลองและเก็บผลการทดลอง แล้วทำการเขียนปริญญานิพนธ์

1.4 ขอบเขตของโครงการ

- 1) สร้างตัวอัดประจุที่มีพิกัดกำลังไม่ต่ำกว่า 60 วัตต์ 42 โวลต์
- 2) ตัวอัดประจุจะต้องให้แรงดันไฟออกแยกอิสระทางไฟฟ้า (Isolated) จากแรงดันฝั่งไฟเข้า เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้
- 3) ลักษณะการอัดประจุเป็นแบบ UI (UI Characteristic) กล่าวคือ เป็นการอัดด้วยค่ากระแสคงที่เมื่อแรงดันที่แบตเตอรี่มีค่าต่ำกว่าค่าแรงดันที่ต้องการ และเมื่อแรงดันที่แบตเตอรี่เข้าสู่ระดับที่ต้องการก็ทำการรักษาระดับแรงดันไว้ ซึ่งโดยทั่วไปค่ากระแสจะเริ่มลดลงจนใกล้ค่าศูนย์ในที่สุด

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) เข้าใจการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ภายในวงจร
- 2) เข้าใจหลักการการทำงานของวงจรเครื่องอัดประจุแบบพกพา
- 3) สามารถออกแบบเครื่องอัดประจุแบบพกพาที่มีคุณลักษณะตามต้องการได้
- 4) สามารถนำความรู้ที่ได้ประยุกต์ใช้ในการออกแบบวงจรอื่นได้

1.6 แผนการดำเนินงาน

[illegible]

1.7 งบประมาณ

ค่าวัสดุอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ	1,500	บาท
ค่าจัดทำรายงาน	500	บาท
รวมทั้งสิ้น	2,000	บาท
หมายเหตุ ถัวเฉลี่ยทุกรายการ		



บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ส่วนประกอบหลักของตัวอัดประจุแบบเคอรีแบบพกพาสำหรับยานยนต์ขนาดเล็กที่ศึกษาในโครงการนี้คือ คอนเวอร์เตอร์ (Converter) และแบตเตอรี่ (Battery) ในบทนี้จึงได้อธิบายทฤษฎีและหลักการทำงานพื้นฐานของอุปกรณ์หลักดังกล่าว

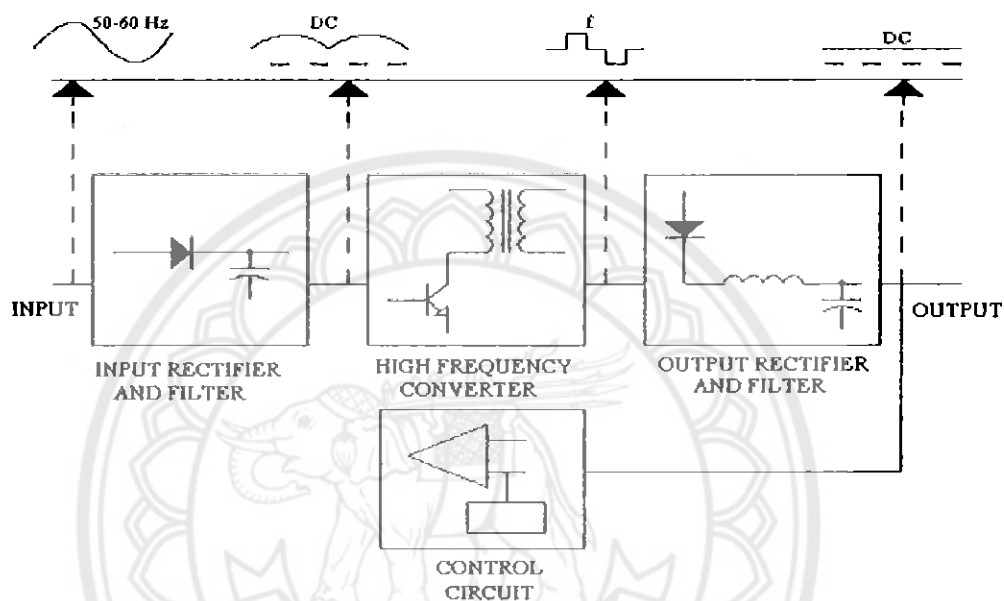
2.1 หลักการทำงานของคอนเวอร์เตอร์

คอนเวอร์เตอร์ นับว่าเป็นส่วนสำคัญที่สุดในสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายหรือแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแบบสวิตชิง มีหน้าที่ลดทอนแรงดันไฟตรงค่าสูงลงมาเป็นแรงดันไฟตรงค่าต่ำ และสามารถรักษาระดับแรงดันได้ คอนเวอร์เตอร์มีหลายแบบขึ้นอยู่กับลักษณะการจذبวงจรภายใน โดยคอนเวอร์เตอร์แต่ละแบบจะมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันออกไป การจะเลือกใช้คอนเวอร์เตอร์แบบใดสำหรับสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายนั้นมีข้อควรพิจารณาจากลักษณะพื้นฐานของคอนเวอร์เตอร์แต่ละแบบดังนี้คือ

- ลักษณะการแยกกันทางไฟฟ้าระหว่างอินพุตกับเอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์
- ค่าแรงดันอินพุตที่จะนำมาใช้กับคอนเวอร์เตอร์
- ค่ากระแสสูงสุดที่ไหลผ่านทรานซิสเตอร์กำลังในคอนเวอร์เตอร์ขณะทำงาน
- ค่าแรงดันสูงสุดที่ตกคร่อมทรานซิสเตอร์กำลังในคอนเวอร์เตอร์ขณะทำงาน
- การรักษาระดับแรงดันในกรณีที่คอนเวอร์เตอร์มีเอาต์พุตหลายค่าแรงดัน
- การกำเนิดสัญญาณรบกวน RFI/EMI ของคอนเวอร์เตอร์

โครงสร้างโดยรวมของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแบบสวิตชิ่ง ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ

- 1) Input Rectifier and Filter
- 2) High Frequency Converter
- 3) Output Rectifier and Filter
- 4) Control Circuit



รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแบบสวิตชิ่ง [2.1]

การออกแบบแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแบบสวิตชิ่งนั้นจะมีคอนเวอร์เตอร์ให้เลือกใช้หลายแบบ ทำให้การออกแบบสามารถเลือกคอนเวอร์เตอร์มาใช้ตามความต้องการ

ปัจจุบันคอนเวอร์เตอร์ที่นิยมใช้เป็นหลักในงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มีด้วยกัน 5 ชนิด คือ

- 1) คอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบค (Flyback Converter)
- 2) คอนเวอร์เตอร์แบบฟอร์เวิร์ด (Forward Converter)
- 3) คอนเวอร์เตอร์แบบพุช - พูล (Push Pull Converter)
- 4) คอนเวอร์เตอร์แบบฮาล์ฟ - บริดจ์ (Half Bridge Converter)
- 5) คอนเวอร์เตอร์แบบฟูล - บริดจ์ (Full Bridge Converter)

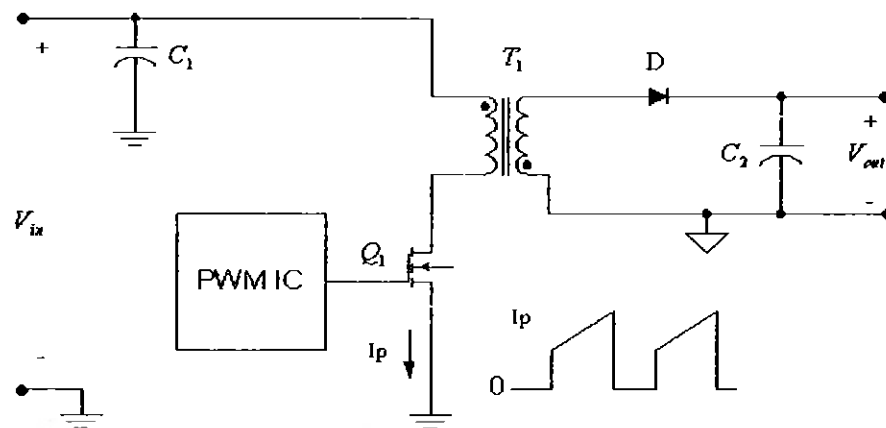
คอนเวอร์เตอร์ที่เลือกใช้ในการสร้างตัวอัดประจุแบบเคอร์รี่แบบพกพา คือ คอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบค

2.1.1 คุณสมบัติของคอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบค

คอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบค ทำหน้าที่ลดทอนระดับแรงดันที่รับเข้ามาทางด้านอินพุต และจ่ายแรงดันที่ถูกลดทอนออกมาทางด้านเอาต์พุต ส่วนประกอบที่สำคัญของคอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบค คือ หม้อแปลงสวิตชิ่งซึ่งมีลักษณะที่กลับเฟสกันของขั้วแรงดันทางด้านอินพุตและเอาต์พุต หม้อแปลงสวิตชิ่งในคอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบค จะไม่เหมือนกับหม้อแปลงทั่วไปตรงที่หม้อแปลงทั่วไปจะทำงานในลักษณะของการส่งผ่านพลังงาน แต่หม้อแปลงสวิตชิ่งในคอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบค จะทำหน้าที่เก็บสะสมพลังงานสลับกับการจ่ายพลังงาน คอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบค จะทำงานใน 2 ช่วง คือ ช่วงการเก็บสะสมพลังงาน และช่วงการจ่ายพลังงาน การทำงานแต่ละช่วงขึ้นอยู่กับสัญญาณพัลส์ที่ได้รับจากวงจรควบคุม

2.1.2 การทำงานของคอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบค

จากรูปวงจร ทรานซิสเตอร์กำลัง Q_1 จะทำหน้าที่เป็นสวิตช์คอย ON/OFF การทำงานของคอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบค โดยรับสัญญาณควบคุมเป็นพัลส์ที่เปลี่ยนจากวงจรควบคุมอีกที เมื่อ Q_1 นำกระแส ไดโอด D จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสกลับ (Reverse Bias) เนื่องจากหม้อแปลงมีการกลับขั้วแรงดันกันอยู่ จะทำให้มีกระแส I_p ไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิทำให้เกิดการสะสมพลังงานที่ขดลวดปฐมภูมิ และเมื่อ Q_1 หยุดนำกระแส สนามแม่เหล็กที่หม้อแปลงจะเกิดการยุบตัวทำให้เกิดการกลับขั้วแรงดันที่ขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ ทำให้ไดโอด D อยู่ในลักษณะไบแอสตรง (Forward Bias) พลังงานที่สะสมในขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงก็จะถูกถ่ายเทไปยังขดลวดทุติยภูมิ และมีกระแสไหลผ่านไดโอด D ไปยังตัวเก็บประจุ C_2 และโหลด ค่าของแรงดันที่เอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์ จะขึ้นอยู่กับความถี่การทำงานและช่วงเวลาการนำกระแสของ Q_1



รูปที่ 2.2 วงจรพื้นฐานของคอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบค [2.2]

เมื่อวงจรทำงานอยู่ในสภาวะคงที่ สามารถหาค่าแรงดันเอาต์พุตได้ ดังนี้

$$V_{out} = \frac{\left[I_{on} \times \left(\frac{N_s}{N_p} \right) \times (V_{in} - V_{ce(sat)}) \right]}{(T - t_{on})} - V_D \quad (2.1)$$

T	คาบเวลาการทำงานของทรานซิสเตอร์กำลัง (วินาที)
t_{on}	ช่วงเวลาของสัญญาณพัลส์ในช่วงสถานะ ON (วินาที)
N_p	จำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิ (รอบ)
N_s	จำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิ (รอบ)
V_{out}	แรงดันที่เอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์ (โวลต์)
V_{in}	แรงดันที่อินพุตของคอนเวอร์เตอร์ (โวลต์)
$V_{ce(sat)}$	แรงดันที่ตกคร่อมทรานซิสเตอร์กำลังขณะนำกระแสอิ่มตัว (โวลต์)
V_D	แรงดันที่ตกคร่อมไดโอดขณะนำกระแส (โวลต์)

จะเห็นได้ว่า วงจรสามารถรักษาระดับให้คงที่ด้วยการเพิ่มหรือลดช่วงเวลานำกระแส t_{on} ของทรานซิสเตอร์กำลัง Q_1 เท่านั้น ไม่ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงของแรงดันอินพุตหรือแรงดันเอาต์พุต (โหลดมีการเปลี่ยนแปลง) ก็ตาม

2.1.3 ลักษณะกระแสและแรงดันภายในวงจร

กระแสที่ไหลผ่าน Q_1 และขดลวดปฐมภูมิ ขณะที่ Q_1 นำกระแส นั้น จะเป็นลักษณะของ กระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งจะเป็นไปตามสมการ

$$\frac{di}{dt} = \frac{V}{L} \quad (2.2)$$

ดังนั้น กระแส I_p จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามเวลาและมีค่าสูงสุดเมื่อ Q_1 เริ่มหยุดนำกระแส ที่ เวลา $t = t_{on}$ ดังนั้นกระแสสูงสุดจะมีค่าเท่ากับ

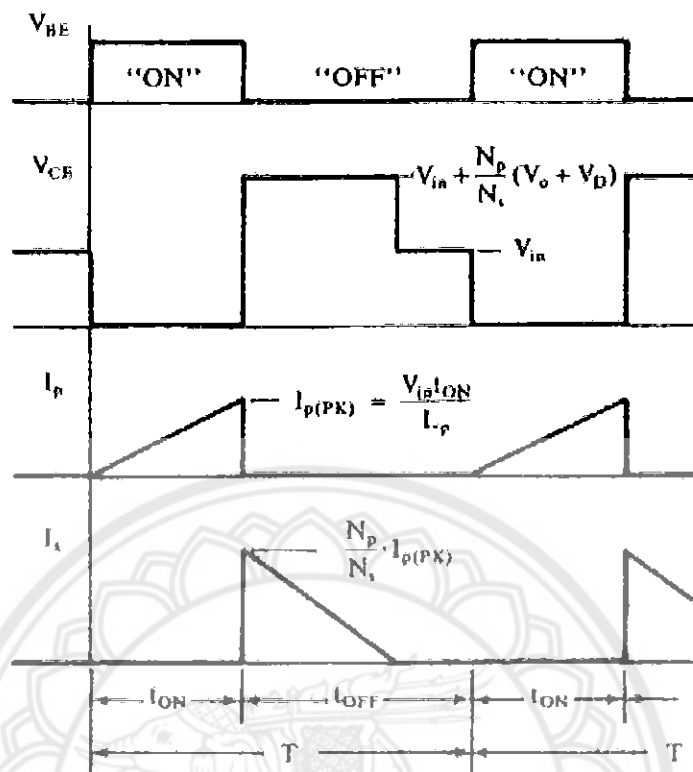
$$I_{p(PK)} = \frac{(V_{in} - V_{ce(sat)})}{L_p} \times t_{on} \quad (2.3)$$

โดยที่ $I_{p(PK)}$ ค่ากระแสสูงสุดที่ผ่านขดลวดปฐมภูมิ (แอมป์)
 L_p ค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดปฐมภูมิ (เฮนรี)

เมื่อ Q_1 เริ่มหยุดนำกระแส ขดลวดทุติยภูมิจะเริ่มมีกระแสไหล แต่เนื่องจากกระแสที่ตัวเหนี่ยวนำจะเปลี่ยนแปลงในทันทีทันใดไม่ได้ กระแสที่ขดลวดทุติยภูมิ I_s จะต้องเริ่มต้นที่ค่าสูงสุดของกระแสที่ขดลวดปฐมภูมิ $I_{p(PK)}$ โดยมีค่าเป็นสัดส่วนตามอัตราส่วนจำนวนรอบ ดังนั้นกระแสที่ขดลวดทุติยภูมิจะมีค่าเริ่มต้นตามสมการ และมีค่าลดลงตามเวลา

$$I_s = \left(\frac{N_p}{N_s} \right) \times I_{p(PK)} \quad (2.4)$$

เมื่อมีกระแสไหลผ่านขดลวดทุติยภูมิในขณะที่ Q_1 หยุดนำกระแส จะทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมขดลวดปฐมภูมิด้วย เนื่องจากแรงดันตกคร่อมของขดลวดทุติยภูมิมีค่าเท่ากับ $V_{out} + V_D$ ดังนั้นแรงดันที่ตกคร่อมขดลวดปฐมภูมิจึงมีค่าเท่ากับ $\left(\frac{N_p}{N_s} \right) (V_{out} + V_D)$ ทำให้แรงดันตกคร่อม Q_1 ขณะหยุดนำกระแสมีค่าเป็น $V_{in} + \left(\frac{N_p}{N_s} \right) (V_{out} + V_D)$ จนกระทั่งกระแสที่ไหลในขดลวดทุติยภูมิมีค่าลดลงเป็นศูนย์ แรงดันที่ตกคร่อม Q_1 จึงลดลงมามีค่าเท่าแรงดันอินพุต V_{in} ในรูปที่ 2.3 จะแสดงลักษณะของกระแสและแรงดันที่เกิดขึ้นภายในคอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบคขณะทำงาน



รูปที่ 2.3 กราฟลักษณะกระแสและแรงดันในวงจร [2.3]

2.1.4 การทำงานในโหมดกระแสต่อเนื่องและโหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง

■ โหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง (Discontinuous Mode)

คอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบ็กจะมีการทำงานในโหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง เมื่อทรานซิสเตอร์กำลัง Q_1 หยุดนำกระแส พลังงานที่สะสมไว้ในขดลวดปฐมภูมิถูกถ่ายเทออกไปยังขดลวดทุติยภูมิจนหมด ทำให้กระแสที่ไหลในขดลวดทุติยภูมิมีค่าลดลงจนเป็นศูนย์ ก่อนที่ Q_1 จะเริ่มนำกระแสอีกครั้ง

■ โหมดกระแสต่อเนื่อง (Continuous Mode)

ถ้าคาบเวลามีค่าคงที่ เมื่อเพิ่มช่วงเวลาการนำกระแส t_{on} ของทรานซิสเตอร์กำลัง Q_1 ให้มากขึ้น ช่วงเวลาหยุดนำกระแส t_{off} ก็จะมีค่าน้อยลงและกระแสสูงสุดที่ขดลวดปฐมภูมิจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามเวลาไปด้วย แต่เนื่องจากช่วงเวลาหยุดนำกระแส t_{off} มีค่าน้อย กระแสที่ขดลวดทุติยภูมิไม่สามารถลดลงจนมีค่าเป็นศูนย์ได้ทันภายในช่วงเวลา t_{off} จึงยังคงมีพลังงานบางส่วนเหลือค้างอยู่ในขดลวดปฐมภูมิ และเนื่องจากกระแสไม่สามารถเปลี่ยนแปลงทันทีทันใดได้ เมื่อ Q_1 เริ่มนำกระแสอีกครั้ง กระแสที่ขดลวดปฐมภูมิจึงต้องเริ่มต้นด้วยค่าของกระแสที่ขดลวดทุติยภูมิสุดท้ายที่ลดลงได้

คูณด้วยอัตราส่วนจำนวนรอบ การทำงานในลักษณะนี้จึงเรียกว่า การทำงานในโหมดกระแสต่อเนื่อง

2.1.5 การออกแบบคอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบคที่โหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง

กำหนดค่าอัตราส่วนจำนวนรอบ

การกำหนดอัตราส่วนจำนวนรอบของหม้อแปลงสวิตชิ่ง เป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึงเป็นอันดับแรก เนื่องจากค่าอัตราส่วนจำนวนรอบจะมีผลต่อแรงดันตกคร่อมสูงสุดของทรานซิสเตอร์กำลังขณะหยุดนำกระแสโดย

$$V_{ce(max)} = V_{in(max)} + \frac{N_p}{N_s} (V_{out} + V_D) \quad (2.5)$$

ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันการพังเสียหายของทรานซิสเตอร์กำลังที่จะนำมาใช้ จึงควรกำหนดอัตราส่วนจำนวนรอบดังนี้

$$\frac{N_p}{N_s} < \frac{V_{CEO} - (V_{in(max)} + V_{spike})}{(V_{out} + V_D)} \quad (2.6)$$

เมื่อ V_{CEO} คือค่าอัตราทนแรงดันได้สูงสุดของทรานซิสเตอร์กำลังที่ใช้ และ V_{spike} คือค่าแรงดันกระชากที่เกิดขึ้นขณะที่ทรานซิสเตอร์กำลังเริ่มหยุดนำกระแส แรงดันกระชากนี้เกิดขึ้นเนื่องจากฟลักซ์รั่วไหลภายในหม้อแปลง ซึ่งทำให้เกิดค่าความเหนี่ยวนำแผ่รังสีขึ้นที่ขดลวดปฐมภูมิและมีการสะสมพลังงานเช่นเดียวกับขดลวดปฐมภูมิ แรงดันกระชากที่เกิดขึ้นนี้จะมีค่าประมาณ $0.3V_m$ และเกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้น ๆ จนกว่าพลังงานที่ถูกสะสมในตัวเหนี่ยวนำแผ่รังสีจะถูกถ่ายเทหมดไป

การกำหนดอัตราส่วนจำนวนรอบที่มีค่ามากหรือน้อยเกินไป จะมีผลต่อขนาดของหม้อแปลงและกระแสสูงสุดที่เกิดขึ้นในวงจร การพิจารณาอัตราส่วนจำนวนรอบนั้นต้องพิจารณาผลของค่าอัตราส่วนจำนวนรอบที่มีต่อองค์ประกอบอื่นในวงจรอย่างเหมาะสมด้วย

2.1.6 ช่วงเวลานำกระแสสูงสุด ($I_{on(max)}$)

เพื่อให้แน่ใจว่าวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบคที่ออกแบบ ทำงานในโหมดกระแสที่ไม่ต่อเนื่อง จำเป็นต้องกำหนดให้ช่วงเวลาหยุดนำกระแส t_{off} ให้มีค่ามากกว่า เพื่อให้กระแสที่ขดลวดปฐมภูมิลดลงจนมีค่าเป็นศูนย์ก่อนที่จะทรานซิสเตอร์กำลังจะเริ่มนำกระแสอีกครั้ง ดังนั้นจึง

ควรกำหนดค่าเวลาเมื่อ (Dead Time) t_D ทำให้เวลาของการลดลงของกระแสที่ขดลวดทุติยภูมิจนเป็นศูนย์จะต้องใช้เวลาไม่เกิน $t_{OFF} = T - (t_{ON} + t_D)$

ค่าของ t_D จะกำหนดให้เป็นเท่าใดก็ได้ โดยทั่วไปมักกำหนดไว้ที่ประมาณ 20 % ของค่าคาบเวลา T หรือเท่ากับ $0.2T$ ดังนั้น

$$t_{ON(max)} + t_{OFF} = 0.8T \quad (2.7)$$

เนื่องจากกระแสที่ขดลวดปฐมภูมิต้องลดลงจนมีค่าเป็นศูนย์โดยใช้เวลานานที่สุดเท่ากับ t_{OFF} นั่นคือ

$$\begin{aligned} -(0 - I_{s(PK)}) &= \frac{(V_{out} + V_D)}{L_s} t_{OFF} \\ \left(\frac{N_p}{N_s} \right) I_{p(PK)} &= \frac{(V_{out} + V_D)}{L_s} t_{OFF} \end{aligned} \quad (2.8)$$

จากสมการที่ (2.3) แทนค่า $I_{p(PK)}$ ใน (2.8) จะได้ว่า

$$\begin{aligned} \text{เนื่องจาก } \frac{N_p}{N_s} &= \sqrt{\frac{L_p}{L_s}} \text{ และแทนค่า } t_{OFF} = 0.8T - t_{ON(max)} \\ \frac{N_p}{N_s} \frac{(V_{in(min)} - V_{CE(sat)}) t_{ON(max)}}{L_p} &= \frac{(V_{out} + V_D) t_{OFF}}{L_s} \end{aligned}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad t_{ON(max)} = \frac{(V_{out} + V_D) (N_p / N_s) (0.8T)}{(V_{in(min)} - V_{CE(sat)}) + (V_{out} + V_D) (N_p / N_s)} \quad (2.9)$$

2.1.7 กำหนดค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดปฐมภูมิ L_p

คอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบคทำงานด้วยการเก็บสะสมพลังงานในช่วงเวลาที่ทรานซิสเตอร์กำลังนำกระแส และส่งผ่านพลังงานออกไปในขณะที่ทรานซิสเตอร์กำลังหยุดนำกระแส โดยในแต่ละช่วงเวลาที่ทรานซิสเตอร์กำลังนำกระแส พลังงานที่เก็บสะสมไว้ที่ขดลวดปฐมภูมิ สามารถพิจารณาได้ดังนี้

$$E = \frac{1}{2} L_p I_p^2 (PK) \quad (2.10)$$

และในขณะที่ทรานซิสเตอร์กำลังหยุดนำกระแสคอนเวอร์เตอร์จะไม่มีกระแสพลังงาน ดังนั้นกำลังงานที่ใช้ไปในหนึ่งคาบเวลาจึงมีค่าเท่ากับ

$$P_{in} = \frac{(1/2) L_p I_p^2 (PK)}{T} \quad (2.11)$$

จาก (2.3) แทนค่าลงใน (2.11) และสามารถจัดรูปใหม่ได้ดังนี้

$$P_{in} = \frac{[(V_{in(min)} - V_{CE(sat)})_{ON(max)}]^2}{2TL_p} \quad (2.12)$$

ถ้าประสิทธิภาพการส่งผ่านพลังงานของวงจรมีค่าเท่ากับ η (ประมาณ 65 - 80 % สำหรับ แหล่งจ่ายไฟแบบสวิตชิง) กำลังงานที่คอนเวอร์เตอร์จะสามารถจ่ายให้กับ โหลดได้จะมีค่า

$$P_{out} = \eta P_{in} = \eta \frac{[(V_{in(min)} - V_{CE(sat)})_{ON(max)}]^2}{2TP_{out}} \quad (2.13)$$

ดังนั้นเพื่อให้ได้คอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบคจ่ายกำลังงานได้เท่ากับกำลังงานที่ต้องการ ด้านเอาต์พุต P_{out} ค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดปฐมภูมิต้องมีค่าอย่างต่ำเท่ากับ

$$L_p = \eta \frac{[(V_{in(max)} - V_{CE(sat)})_{ON(max)}]^2}{2TP_{out}} \quad (2.14)$$

2.1.8 จำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิ N_p และจำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิ N_s

การกำหนดจำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิ N_p จะขึ้นอยู่กับขนาดของแกนเฟอร์ไรต์ และความหนาแน่นฟลักซ์สูงสุดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ในแกน โดยจำนวนรอบ N_p จะมีค่าเท่ากับ

$$N_p = \frac{V_{in(min)} \times I_{ON(max)}}{\Delta B_{max} \times A_e} \times 10^8 \quad (2.15)$$

โดยที่ ΔB_{max} ค่าความหนาแน่นฟลักซ์สูงสุดที่ยอมให้เกิดขึ้น (เกาส์)

A_c พื้นที่หน้าตัดของแกนเฟอร์ไรต์ (ตารางเซนติเมตร)

สำหรับจำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิ N_s นั้นสามารถหาได้จากค่าอัตราส่วนจำนวนรอบและจำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิที่หาได้จากสมการ (2.15)

2.1.9 ตัวเก็บประจุเอาต์พุต C_o

ตัวเก็บประจุเอาต์พุต C_o จะทำหน้าที่จ่ายกระแสให้กับโหลดในช่วงที่ทรานซิสเตอร์กำลังนำกระแส ซึ่งจะไม่มีการแสไหลจากขดลวดทุติยภูมิ เป็นการลดแรงดันกระเพื่อม(Ripple) ที่เอาต์พุต ดังนั้น C_o จึงต้องสามารถจ่ายกระแสได้เท่ากับค่ากระแสที่ต้องการในช่วงเวลา t_{ON} เพื่อรักษาระดับแรงดันเอาต์พุตไม่ให้เกิดการกระเพื่อมมากเกินไป ค่าของตัวเก็บประจุเอาต์พุต สามารถกำหนดได้ดังนี้

$$C_o = \frac{I_o t_{ON(max)}}{V_{ripple(max)}} \quad (2.16)$$

โดยที่ I_o

ค่ากระแสเฉลี่ยสูงสุดที่เอาต์พุต (แอมป์)

$V_{ripple(max)}$

ค่าแรงดันกระเพื่อมสูงสุดที่ยอมให้เกิดได้ (โวลต์)

ค่าไอเอสอาร์ของตัวเก็บประจุเอาต์พุต

ค่าไอเอสอาร์ (Equivalent Series Resistance: ESR) คือค่าความต้านทานไฟฟ้าแฝงที่อยู่ในตัวเก็บประจุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรไลต์จะมีค่าไอเอสอาร์ค่อนข้างสูง ตัวเก็บประจุที่มีค่าความจุสูงไอเอสอาร์จะมีค่าต่ำลง อย่างไรก็ตาม ค่าต่ำสุดของไอเอสอาร์จะถูกจำกัดอยู่ที่ประมาณ 0.03 โอห์ม (ที่ 20 องศาเซลเซียส) เนื่องจากปัญหาความต้านทานที่รอยต่อระหว่างแผ่นฟลอยด์และขาของตัวเก็บประจุ

ถ้าตัวเก็บประจุเอาต์พุตที่ใช้มีค่าไอเอสอาร์สูงจะทำให้เกิดปัญหาแรงดันกระเพื่อมขึ้นที่แรงดันเอาต์พุต เนื่องจากขณะที่ขดลวดทุติยภูมิเริ่มนำกระแส ที่ขอบขาขึ้นของกระแสจะมีค่าสูง ค่าความต้านทานไฟฟ้าแฝงในตัวเก็บประจุจะทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุในลักษณะที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในช่วงสั้นๆ ของการอัดประจุของตัวเก็บประจุ และจะทำให้เกิดแรงดันกระเพื่อมขึ้นที่เอาต์พุต

การแก้ปัญหานี้อาจทำได้โดยการเพิ่มวงจรกรองความถี่แบบแอลซี (LC Filter) ที่เอาต์พุต หรือเพิ่มค่าตัวเก็บประจุที่เอาต์พุตเพื่อลดค่าไอเอสอาร์หรือการต่อตัวเก็บประจุแบบขนานกันหลายตัวก็สามารถเพิ่มค่าความจุ และทำให้ค่าไอเอสอาร์ลดลงได้เช่นเดียวกัน

2.1.10 หม้อแปลงสวิตชิง

หม้อแปลงแบบสวิตชิง (Switching Transformer) เป็นหม้อแปลงที่ใช้ในแหล่งจ่ายไฟแบบสวิตชิง การออกแบบแหล่งจ่ายไฟแบบสวิตชิงควรคำนึงถึงความเหมาะสมในการใช้งาน การคำนวณขนาดแกนเฟอร์ไรต์และขนาดลวดทองแดง รวมทั้งการกำหนดความปลอดภัยทางไฟฟ้าเพื่อความปลอดภัยและลดกำลังงานสูญเสียในหม้อแปลงสวิตชิงขณะทำงาน

ส่วนประกอบของหม้อแปลงสวิตชิง

หม้อแปลงสวิตชิงมีหน้าที่หลักในการลดทอนแรงดันไฟตรงที่อินพุตของคอนเวอร์เตอร์ และทำให้เกิดการแยกกันทางไฟฟ้าระหว่างแรงดันอินพุตและแรงดันเอาต์พุตที่ได้ เพื่อป้องกันอันตรายจากการถูกไฟฟ้าดูดที่อาจเกิดขึ้น

■ บอบบี้ (Bobbin)

บอบบี้หรือแบบรองพัน ปกติจะทำจากพลาสติกชนิดทนความร้อนสูงและไม่ติดไฟ มีหน้าที่ช่วยให้การพันขลวดบนแกนเฟอร์ไรต์สะดวกขึ้น และป้องกันปัญหาการลัดวงจรระหว่างขลวดกับแกนเฟอร์ไรต์ได้ บอบบี้จะมีขนาดมาตรฐานตามมาตรฐานของแกนเฟอร์ไรต์ ส่วนใหญ่จะออกแบบให้มีขาหักลวดทองแดง เพื่อความสะดวกในการพันขลวดและการบัดกรีติดกับแผ่น PCB

■ ลวดทองแดงอาบน้ำยา (Enameled Copper Wire)

การพันขลวดทั้งปฐมภูมิและทุติยภูมิของหม้อแปลงสวิตชิงที่ค่าสูงไม่สูงมากนัก ปกติจะใช้ลวดทองแดงอาบน้ำยาพันบนแกนบอบบี้เพื่อให้ได้จำนวนรอบตามต้องการ ขนาดของขลวดทองแดงที่ใช้พันนั้น ขึ้นอยู่กับค่ากระแสสูงสุดที่ผ่านขลวด ความถี่และผลข้างเคียงอื่นๆ

■ เทปฉนวน (Insulation Tape)

เทปฉนวนใช้พันสำหรับเป็นฉนวนระหว่างชั้นของขลวดในหม้อแปลงสวิตชิง และมีหน้าที่สำคัญในการแยกกันทางไฟฟ้าระหว่างขลวดปฐมภูมิและขลวดทุติยภูมิ วัสดุที่ใช้ทำเทปฉนวนอาจทำจากไมลาร์หรือโพลีเอสเตอร์ ที่มีความหนาอยู่ในช่วง 0.05 - 0.1 มิลลิเมตร การเลือกใช้ขึ้นอยู่กับวิธีการออกแบบและค่าความปลอดภัยที่ต้องการจากหม้อแปลงสวิตชิงเป็นหลัก

■ แกนเฟอร์ไรต์ (Ferrite Core)

เฟอร์ไรต์เป็นวัสดุประเภทสารเฟอร์โรแมกเนติก การเหนี่ยวนำแม่เหล็กบนแกนเฟอร์ไรต์จะมีผลทำให้เกิดความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กสูงกว่าการเหนี่ยวนำแม่เหล็กที่เกิดขึ้นบนแกนอากาศมาก เฟอร์ไรต์มีค่าจุดอิ่มตัวฟลักซ์แม่เหล็กค่อนข้างสูง ประมาณในช่วง 3,000 - 4,000 เกาส์

และเกิดการสูญเสียในแกนเฟอร์ไรต์ต่ำที่ความถี่สูง ๆ ดังนั้นหม้อแปลงสวิตชิงจึงนิยมใช้แกนเฟอร์ไรต์มากที่สุด เฟอร์ไรต์ที่นำมาทำแกนของหม้อแปลงสวิตชิงจะมีรูปร่างแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับการใช้งานและมาตรฐานในการออกแบบ

ลักษณะและขนาดมาตรฐานของแกนเฟอร์ไรต์

แกนเฟอร์ไรต์สำหรับหม้อแปลงสวิตชิงโดยทั่วไป จะถูกผลิตออกมาที่ขนาดและรูปร่างแตกต่างกันออกไปตามมาตรฐานเดียวกัน เช่น แกนแบบ EE, EI, ETD เป็นต้น โดยปกติแกนจะถูกผลิตออกมาในลักษณะคู่ประกบ เพื่อความสะดวกในการประกอบเข้ากับบอบนิน การประกบแกนเฟอร์ไรต์บนบอบนินจะทำให้ทางเดินฟลักซ์แม่เหล็กที่เกิดขึ้นในแกนเฟอร์ไรต์มีลักษณะเป็นวงบรรจบได้

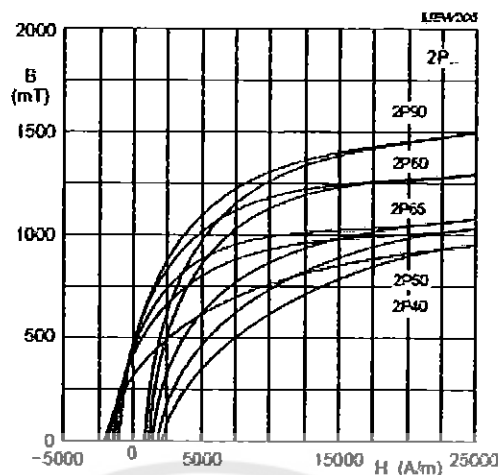
ลักษณะสมบัติของเนื้อสารที่ใช้ทำแกนเฟอร์ไรต์

ชนิดของเนื้อสารที่แตกต่างกัน จะทำให้คุณสมบัติทางแม่เหล็กของแกนเฟอร์ไรต์แตกต่างกันไปด้วยถึงแม้จะมีขนาดเท่ากัน ในแผ่นข้อมูลเนื้อสารที่ให้มากับแกนเฟอร์ไรต์นั้น จะต้องมียาวละเอียดคุณสมบัติเนื้อสารแสดงไว้เสมอ ข้อมูลที่สำคัญคือ เส้นโค้งฮิสเตอร์รีซิส (Hysteresis Curve) และค่าการสูญเสียในแกนเฟอร์ไรต์ (Core Loss)

เส้นโค้งฮิสเตอร์รีซิส (Hysteresis Curve)

เส้นโค้งฮิสเตอร์รีซิสจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก (B) ที่เกิดขึ้นในแกนเฟอร์ไรต์ กับความเข้มของสนามแม่เหล็ก (H) ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของขดลวดที่พันบนแกน

รูปที่ 2.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก (B) ต่อความเข้มของสนามแม่เหล็ก (H) กล่าวคือเมื่อความเข้มของสนามแม่เหล็ก (H) มีค่าเพิ่มขึ้น ค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น จนกระทั่งถึงจุดอิ่มตัว (Saturated Point)



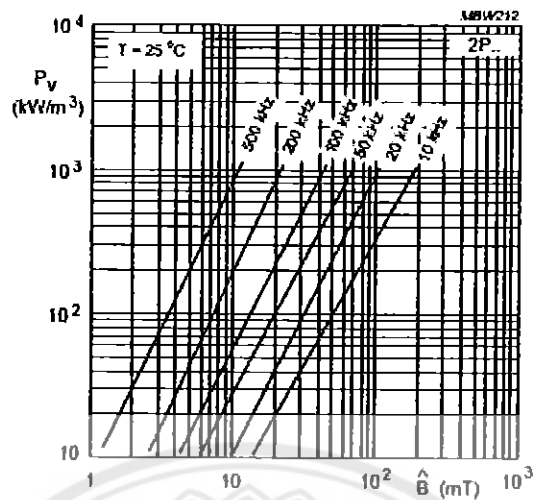
รูปที่ 2.4 ตัวอย่างลักษณะของเส้นโค้งฮิสเตอร์รีซิส [2.4]

โดยปกติผู้ผลิตจะแสดงกราฟของเส้นโค้งฮิสเตอร์รีซิสเพียงครั้งเดียว เนื่องจากอีกครึ่งหนึ่งของเส้นโค้งฮิสเตอร์รีซิสจะมีลักษณะเหมือนกันทุกประการเพียงแค่จะมีลักษณะกลับทิศกันเท่านั้น การใช้งานแกนเฟอร์ไรต์ในหม้อแปลงสวิตช์จึงต้องระวังไม่ทำให้แกนเฟอร์ไรต์เกิดการอิ่มตัวขึ้นได้ ดังนั้นโดยทั่วไปในการออกแบบหม้อแปลงแบบสวิตช์ จึงควรกำหนดค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก (B) ที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ในแกนขณะทำงาน มีค่าไม่เกินครึ่งหนึ่งของค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กสูงสุดก่อนอิ่มตัวของแกนเฟอร์ไรต์ เพื่อความปลอดภัย

ค่าการสูญเสียในแกนเฟอร์ไรต์

การสูญเสียที่เกิดขึ้นในแกนเฟอร์ไรต์จะทำให้แกนเฟอร์ไรต์ร้อน โดยมีสาเหตุหลัก 2 ประการคือ การสูญเสียที่เกิดจากการกลับตัวของสนามแม่เหล็ก (Hysteresis Loss) และการสูญเสียจากการเกิดกระแสไหลวนภายในแกน (Eddy Current Loss)

ขณะที่ความถี่ต่ำกว่า 100 กิโลเฮิรตซ์ การสูญเสียจากการเกิดกระแสไหลวนในแกนจะมีค่าน้อยสำหรับแกนที่มีขนาดไม่ใหญ่มากนัก ดังนั้นการสูญเสียที่ก่อให้เกิดความร้อนในแกนอาจพิจารณาได้จากการสูญเสียทางฮิสเตอร์รีซิสเพียงอย่างเดียว ตัวอย่างกราฟแสดงค่าการสูญเสียที่เกิดขึ้นในแกนเฟอร์ไรต์แสดงไว้ในรูปที่ 2.5 ปกติค่ากำลังสูญเสียจะถูกระบุไว้เป็นกิโลวัตต์ต่อหนึ่งลูกบาศก์เมตร และมีค่าขึ้นกับความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก ความถี่การใช้งาน รวมถึงอุณหภูมิขณะใช้งานของแกนเฟอร์ไรต์



รูปที่ 2.5 กราฟค่าการสูญเสียในแกนเฟอร์ไรต์ [2.5]

2.1.11 ข้อดีและข้อเสียของคอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบค

ข้อดี

- ใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์น้อย
- ง่ายต่อการศึกษาการทำงานของคอนเวอร์เตอร์
- ประหยัดค่าใช้จ่ายในการประกอบวงจร
- ใช้งานได้ดีที่ความต้องการกำลังไฟฟ้าต่ำ

ข้อเสีย

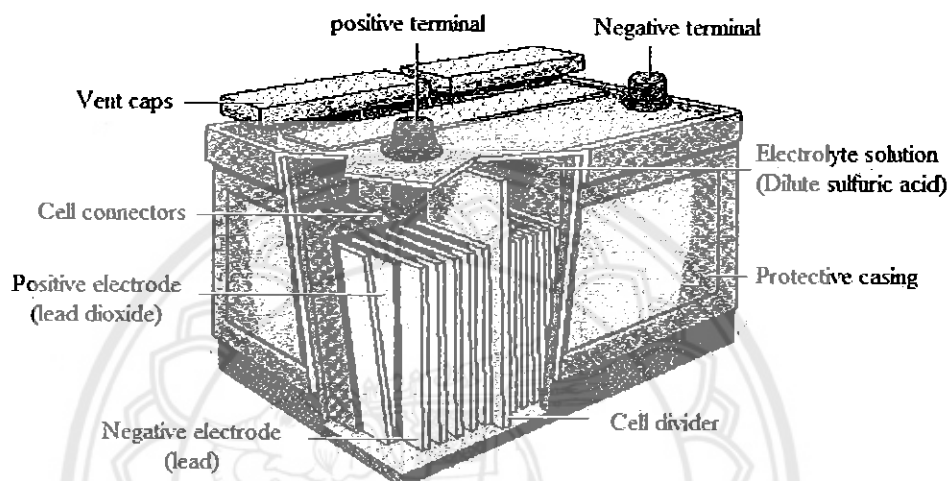
- เป็นคอนเวอร์เตอร์ที่ให้กำลังงานได้ไม่สูงมากนัก ไม่เกิน 150 วัตต์
- ให้ค่าสัญญาณรบกวน RFI/EMI ค่อนข้างสูง
- ประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับคอนเวอร์เตอร์แบบอื่นๆ

2.2 แบตเตอรี่

แบตเตอรี่ที่ใช้กับรถจักรยานไฟฟ้าที่พบเห็นตามท้องตลาดโดยทั่วไปจะเป็นชนิดแบบแห้ง ได้แก่ ตะกั่วกรด (Lead - Acid) นิกเกิลแคดเมียม (NiCd) นิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ (NiMH) และลิเทียม

โพลิเมอร์ (Li - Po) มีข้อดีคือ น้ำหนักเบา บำรุงรักษาง่าย และขนาดไม่ใหญ่มาก ส่วนข้อเสียคือราคาแพง ประสิทธิภาพต่ำกว่า และอายุการใช้งานสั้น

แบตเตอรี่ที่ผู้ทำโครงการเลือกใช้คือ แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วแบบแห้งมีคุณสมบัติเด่นคือ ประสิทธิภาพสูง มีแรงดันต่อเซลล์สูง (จึงให้พลังงานไฟฟ้าสูง) ดูแลรักษาง่าย และหาซื้อได้ทั่วไป ส่วนประกอบของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วแสดงได้ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แบตเตอรี่ตะกั่วกรดแบบแห้ง [2.6]

2.2.1 ประเภทของแบตเตอรี่ตะกั่วกรดแบบแห้ง

แบตเตอรี่แบบแห้งจะแบ่งเป็น 2 ประเภท คือประเภทที่ใช้เจลเป็นวัสดุดูดซับกรดเรียกว่า แบตเตอรี่แบบเจล (Gel Battery or Gel Cell) และประเภทที่ใช้แผ่นซิลิกาไฟเบอร์เป็นตัวดูดซึม เรียกว่า แบตเตอรี่แบบเอจีเอ็ม (AGM Battery) ซึ่งลักษณะการแบ่งประเภทแบบนี้เป็นการแบ่งตาม ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของแบตเตอรี่แต่การแบ่งประเภทของแบตเตอรี่ตะกั่วกรดยังแบ่งได้อีกลักษณะหนึ่งคือ การแบ่งประเภทตามลักษณะการใช้งาน โดยจะแบ่งเป็นแบตเตอรี่แบบใช้งานทั่วไป หรือแบบที่ใช้สำหรับสตาร์ทเครื่องยนต์ แบบคายประจุลึกและแบบลูกผสม

ความแตกต่างระหว่างแบตเตอรี่แบบเจลและแบบเอจีเอ็ม คือ แบตเตอรี่แบบเจลจะเป็นแบตเตอรี่ที่แห้งกว่าแบบเอจีเอ็ม ถ้าเปลือกนอกของมันแตกจะไม่มีน้ำกรดไหลหรือซึมออกมา แต่สำหรับแบบเอจีเอ็มจะซึมน้ำกรดได้ประมาณ 95% ดังนั้นถ้าเปลือกของมันแตกเมื่อน้ำกรดจะไหลออกมา แต่ก็อาจจะมีการซึมออกมาได้นิดเล็กน้อย

ในปัจจุบันจะนิยมใช้แบตเตอรี่ตะกั่วกรดแบบเอจีเอ็มมากกว่าแบบเจล ส่วนแบบเจลมีการใช้น้อยลงเนื่องจากมีข้อเสีย คือ เจลมักจะละลายเมื่ออยู่ในสภาพอากาศที่ร้อนและถ้าเกิดการ โอเวอร์

ชาร์จขึ้นเจลอาจจะเปลี่ยนรูปเป็นสารเหนียวๆ ที่เรียกว่า วอยด์ (Void) ไปเกาะติดแน่นอยู่ที่แผ่นธาตุ ขัดขวางการแลกเปลี่ยนประจุระหว่างอิเล็กโทรไลต์และแผ่นธาตุ ทำให้ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ลดลง

แบตเตอรี่ทั้งแบบเอจี้เอ็มและแบบเจลยังแบ่งย่อยออกได้เป็นแบตเตอรี่ตะกั่วกรดแบบปิดผนึกหรือ SLA (Sealed Lead Acid) และแบบปิดผนึกที่มีวาล์วระบายแรงดันหรือ VRLA (Valve Regulator Lead Acid) แบตเตอรี่แบบ VRLA นี้จะมี การติดตั้งเซฟตี้วาล์ว (Safety Valve) เพื่อใช้ระบายแก๊สในกรณีที่ความดันภายในเซลล์สูงเกินไป เพื่อป้องกันแบตเตอรี่เสียหาย

2.2.2 การอัดประจุแบตเตอรี่ตะกั่วกรดแบบปิดผนึก

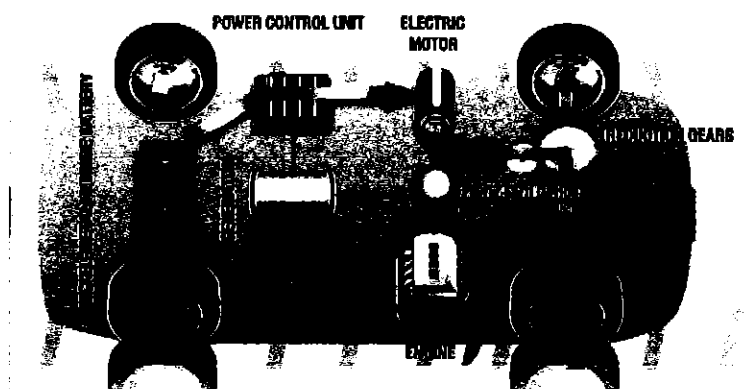
การอัดประจุแบตเตอรี่ทั้ง 2 ประเภท คือ SLA และ VRLA จะต้องไม่อัดประจุเร็วหรือมากจนเกินไป เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดแก๊สในขณะอัดประจุมากนัก การอัดประจุมากหรือเร็วเกินไปจะทำให้ปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์ดูดซับแก๊สที่เกิดขึ้นไม่ทัน ความดันภายในแบตเตอรี่จะสูงขึ้นเป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียแก๊สและน้ำออกไปจากตัวแบตเตอรี่ การเสียแก๊สและน้ำออกไปก็เท่ากับว่าแบตเตอรี่ได้สูญเสียอิเล็กโทรไลต์ออกไปจากระบบ เพราะแก๊สและน้ำเป็นส่วนประกอบของอิเล็กโทรไลต์ เมื่อแบตเตอรี่มีปริมาณอิเล็กโทรไลต์น้อยลงจะสูญเสียความสามารถในการเก็บพลังงานไป ทำให้แรงดันไฟฟ้าหรือโวลต์ของแบตเตอรี่หลังจากการอัดประจุไม่สูงเท่าที่ควรจะเป็น และถ้าแบตเตอรี่มีการเสียแก๊สและน้ำบ่อยๆ อิเล็กโทรไลต์ภายในเซลล์ก็จะหมดไปทำให้แบตเตอรี่ใช้งานไม่ได้อีก

2.3 รถไฮบริดและรถไฟฟ้า

เนื่องจากผลกระทบที่เกิดจากสภาวะโลกร้อน ทำให้หลายประเทศต้องหาวิธีการลดใช้พลังงานจากฟอสซิลให้น้อยลง และการสร้างความมั่นคงทางด้านพลังงานเป็นอีกเหตุผลที่ทำให้ประเทศต่างๆลดการใช้น้ำมันลง โดยมีวิธีการลดการใช้พลังงานคือ

- จัดหาพลังงานอื่นเพื่อมาทดแทนพลังงานที่กำลังจะหมดไป
- พัฒนายานยนต์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นเพื่อรองรับพลังงานรูปแบบอื่นได้

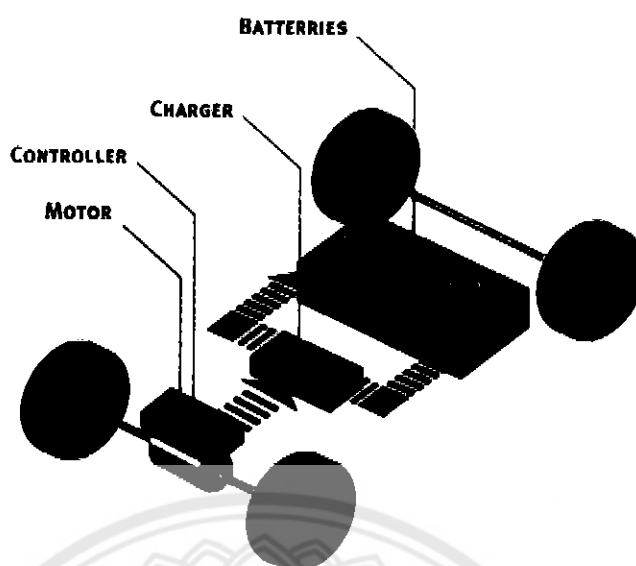
รถไฮบริดและยานยนต์ไฟฟ้าจึงได้รับการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง และได้มีการพัฒนายานยนต์ที่สามารถใช้พลังงานไฟฟ้ามาขับเคลื่อนเครื่องยนต์ ทำใหยานยนต์ไฟฟ้ามีผลต่อการช่วยแก้ปัญหาสภาวะโลกร้อนได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างหลักการทำงานของรถไฮบริด [2.7]

การใช้พลังงานไฟฟ้ามาทดแทนการใช้น้ำมันในยานยนต์ต่างๆสามารถทำได้โดยใช้พลังงานไฟฟ้าและน้ำมันในรถไฮบริด โดยรถไฮบริดจะต้องใช้ทั้งเครื่องยนต์และมอเตอร์ไฟฟ้า อีกแนวทางที่สามารถทำได้คือ ใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างเดียวโดยผ่านมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับมอเตอร์ แต่รถไฟฟ้ารุ่นเก่ามีขีดจำกัดทางด้านระยะทางที่ขับเคลื่อนได้จากการอัดประจุแต่ละครั้ง และยังใช้เวลาการอัดประจุนาน นอกจากนี้ยังบรรทุกน้ำหนักได้น้อยเพราะต้องบรรทุกแบตเตอรี่ที่มีน้ำหนักพอสมควร แต่รถไฟฟ้ารุ่นใหม่ได้มีการพัฒนาแบตเตอรี่ที่ใช้เทคโนโลยีใหม่ให้มีการเก็บสะสมพลังงานได้มากขึ้น และมีการพัฒนาเครื่องอัดประจุให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นไปด้วย

ข้อได้เปรียบของรถไฟฟ้าคือ ระบบแบตเตอรี่ - มอเตอร์ไฟฟ้ามีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบน้ำมัน - เครื่องยนต์แบบสันดาปภายในถึงประมาณ 3 เท่า รถยนต์ไฟฟ้าขนาดมาตรฐานจะใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 0.16 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง หรือประมาณ 0.50 บาทต่อกิโลเมตร ซึ่งต่ำกว่าการใช้น้ำมันมาก ซึ่งจะเห็นได้ว่าภายในระยะยาวรถไฟฟ้าจะมีระยะขับเคลื่อนเท่ากับรถที่ใช้น้ำมันในปัจจุบันเนื่องจากแบตเตอรี่ถูกปรับปรุงให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างหลักการทำงานของรถไฟฟ้า [2.8]

แนวโน้มของยานยนต์ในอนาคต ผลกระทบจากสถานะ โลกร้อนและราคาน้ำมันได้เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ยานยนต์ในการขนส่งหรือเดินทาง ยานยนต์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและใช้น้ำมันเบนซินและดีเซลน้อยลงจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ประเทศต่างๆ ในยุโรปได้กำหนดมาตรฐานการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เข้มงวดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ข้อกำหนดเช่นนี้มีส่วนทำให้บริษัทผลิตรถยนต์ต้องพัฒนารถไฮบริดและรถไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง ในอนาคตรถไฮบริดและรถไฟฟ้าจะเข้ามามีบทบาทในวงการยานยนต์อย่างเต็มรูปแบบ

บทที่ 3

การสร้างวงจรการทำงาน

จากการศึกษาการทำงานของวงจรอัดประจุแบตเตอรี่ในบทที่ 2 ซึ่งวงจรการทำงานที่ใช้คือคอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบค ดังนั้นในบทนี้จึงได้อธิบายกระบวนการประกอบคอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบค ดังจะแสดงในหัวข้อต่อไป

3.1 การสร้างวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบค

วัตถุประสงค์ของการออกแบบวงจรควบคุมการอัดประจุของแบตเตอรี่คือเพื่อแปลงและลดระดับแรงดันที่ได้จากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 220 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ เพื่อมาใช้ในการอัดประจุแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 3 ลูก ซึ่งต่ออนุกรมกันอยู่

3.1.1 ขั้นตอนการสร้างคอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบค

- 1) ออกแบบคอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบคโดยการศึกษาจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ โดยกำหนดขนาดแรงดัน กระแสและความถี่ใช้งานตามความต้องการ โดยออกแบบให้มีการควบคุมกระแสและแรงดันให้คงที่
- 2) ทำการพันหม้อแปลงสวิตซ์ซึ่งโดยเลือกใช้แกนเฟอร์ไรต์และลวดตามขนาดที่เหมาะสมสามารถทนต่อกระแสที่คำนวณได้ โดยพันให้มีขดลวด 3 ชุด คือ ขดลวดปฐมภูมิ ขดลวดทุติยภูมิและขดลวดช่วย ลักษณะการพันให้พันกลับขั้วกันระหว่างขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิตามลักษณะของคอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบค
- 3) ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับวงจรควบคุมการทำงานของมอสเฟต
- 4) ศึกษาและสร้างวงจรขับมอสเฟตโดยใช้ไอซีหมายเลข UC3844
- 5) จัดซื้ออุปกรณ์ตามที่ได้ศึกษามา ประกอบวงจรตามแบบที่ได้ทำการศึกษาและออกแบบมา โดยการต่อวงจรเข้ากับแผ่นโปรโตบอร์ด (Proto Board) ทำการต่อวงจรโดยใช้ไอซีหมายเลข UC3844 เป็นอุปกรณ์ส่งสัญญาณเข้าที่ขาเกตของมอสเฟต
- 6) ศึกษาการควบคุมแรงดันและกระแสโดยใช้หลักการควบคุมกระแสและรักษาระดับแรงดัน (Constant Current Constant Voltage - CCCV) คือ ช่วงแรกของการอัดประจุวงจรควบคุมกระแสจะทำงานเพื่อควบคุมกระแสที่ใช้อัดประจุจำกัดอยู่ที่ค่าๆหนึ่ง

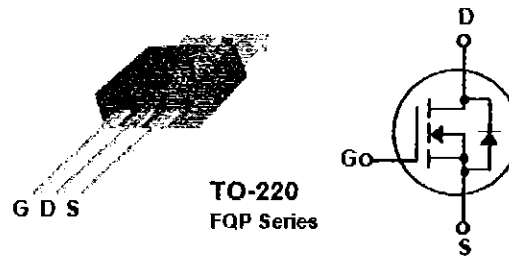
ช่วงหลังของการอัดประจุ กระแสจะค่อยๆ ลดลงและแรงดันจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น วงจรรักษาระดับแรงดันจะรักษาระดับแรงดันไม่ให้เกินค่าที่กำหนดไว้

- 7) ค่่วงจรรักษาระดับแรงดันเข้ากับวงจรหลัก โดยให้อยู่ฝั่งเอาต์พุตของวงจรหลัก ทำการทดลองกับโหลดอิเล็กทรอนิกส์ (DC Electronic Load) ใช้ออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) วัดค่าสัญญาณแรงดันเอาต์พุตและใช้มัลติมิเตอร์ (Multimeter) วัดค่าแรงดันขาออก ทดสอบเพื่อสังเกตุดระดับแรงดัน (Voltage Regulation) ตามที่ต้องการหรือไม่ ปรับแก่วงจรตามความเหมาะสมเพื่อให้วงจรสามารถรักษาระดับแรงดันได้
- 8) ค่่วงจรรควบคุมกระแสเข้ากับวงจรหลัก โดยให้อยู่ฝั่งเอาต์พุตของวงจรหลัก และให้ทำงานร่วมกับวงจรรักษาระดับแรงดัน ทำการทดลองกับโหลดอิเล็กทรอนิกส์ ใช้ออสซิลโลสโคป วัดค่าสัญญาณกระแสเอาต์พุตและใช้มัลติมิเตอร์วัดค่ากระแสขาออก ทดสอบดูว่ามีการควบคุมกระแสขาออกไว้ได้หรือไม่ ปรับแก่วงจรตามความเหมาะสมเพื่อให้วงจรสามารถควบคุมกระแสได้
- 9) ทำการทดสอบขั้นต้น โดยทดลองนำวงจรต้นแบบไปทำการทดลองอัดประจุแก่แบตเตอรี่ ปรับแก่วงจรตามความเหมาะสม
- 10) ทำการออกแบบ PCB โดยใช้โปรแกรม Protel 99SE และทำการสร้างแผ่นปริ้นตามที่ออกแบบไว้
- 11) ทดสอบการทำงานของวงจรขั้นสุดท้าย โดยตรวจสอบการควบคุมแรงดันและกระแสด้านออก

3.1.2 การเลือกใช้อุปกรณ์ของคอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบค

1) สวิตช์

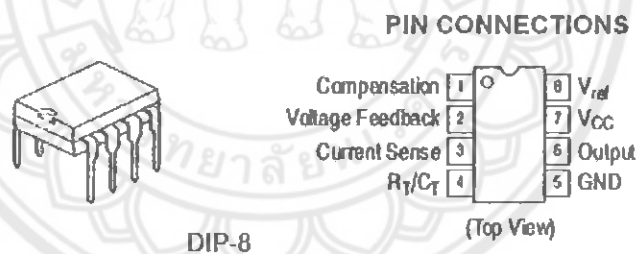
เนื่องจากคอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบคนั้นคือวงจรแปลงไฟตรงที่ใช้งานกับความถี่สวิตช์ ในโครงการเลือกใช้ความถี่อยู่ในช่วง 50 - 500 กิโลเฮิรตซ์ จึงเลือกใช้ออสเฟตแทนการใช้ทรานซิสเตอร์ เพราะมอสเฟตเหมาะกับการใช้งานที่ความถี่สวิตช์สูงเมื่อเทียบกับสวิตช์กำลังชนิดอื่น และในที่นี้เลือกใช้ออสเฟต หมายเลข FQP7N80 ซึ่งทนกระแสได้ 6.6 แอมป์ และทนแรงดันได้ 800 โวลต์ N - Channel ตัวดังเป็นแบบ TO - 220



รูปที่ 3.1 ลักษณะมอสเฟตและขาต่างๆ

2) วงจรสร้างสัญญาณควบคุมสวิตช์

ในโครงงานนี้ สวิตช์จะถูกควบคุมด้วยสัญญาณที่สร้างมาจากไอซี (Integrated Circuit, IC) หมายเลข UC3844 (ดูรูปที่ 3.1) ซึ่งใช้งานง่าย และเป็นไอซีที่ใช้ควบคุมในโหมดกระแสด้วย และมีข้อดีคือ ใช้กระแสเริ่มต้นต่ำ 0.5 มิลลิแอมป์ และสามารถทำงานที่ความถี่สูงถึง 500 กิโลเฮิร์ตซ์ ต้องการไฟเลี้ยง 16 โวลต์ มีค่าดิวตี้ไซเคิลสูงสุด 50% เหมาะสำหรับใช้งานในโหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง



รูปที่ 3.2 ลักษณะ ไอซีและขาต่างๆ ของ UC3844

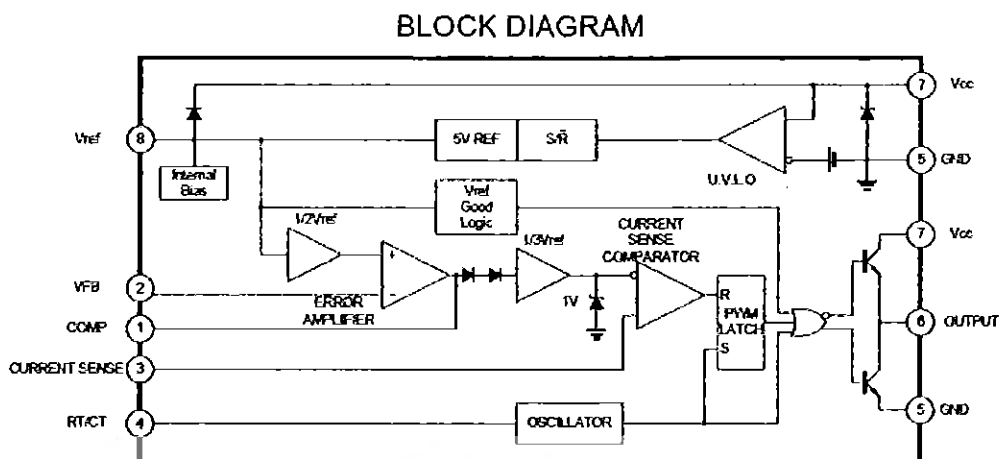
หลักการทำงานของ UC3844 แสดงได้ดังรูปที่ 3.2 โดยจะรับแรงดันด้านเข้าทางขาที่ 7 และรับค่าแรงดันอ้างอิง 5 โวลต์ ทางขาที่ 8 และมีการต่อสายดินออกทางขาที่ 5 ภายในไอซีจะมี วงจรการมอดูเลตความกว้างพัลส์ (Pulse - width modulation, PWM) เพื่อรับสัญญาณต่างๆ มา ประมวลผลแล้วสร้างเป็นสัญญาณพัลส์ก่อนที่จะส่งสัญญาณออกทางขาที่ 6 เพื่อใช้ในการควบคุม มอสเฟต

15732943

ป.ร.

๑๖17๖๓

2๕๕๒

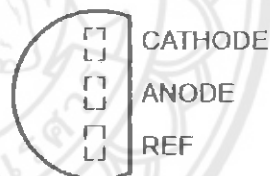
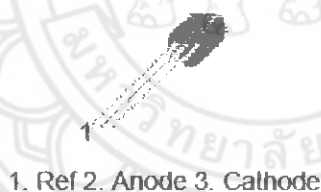


รูปที่ 3.3 วงจรภายในของไอซี UC3844

3) อุปกรณ์ที่ใช้วงจรควบคุมแรงดันและกระแส

ในโครงงานนี้เลือกใช้ไอซีเบอร์ TL431 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมแรงดันและกระแส ตัวถังเป็นแบบ TO-92 ซึ่งจะประกอบด้วยขาทั้งหมด 3 ขา คือ ขาแอโนด ขาแคโทด และขาอ้างอิง

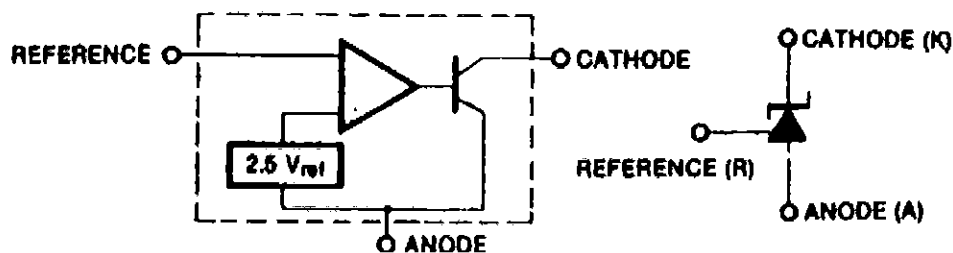
TO-92



1. Ref 2. Anode 3. Cathode

รูปที่ 3.4 ลักษณะไอซีและขาต่างๆ ของ TL431

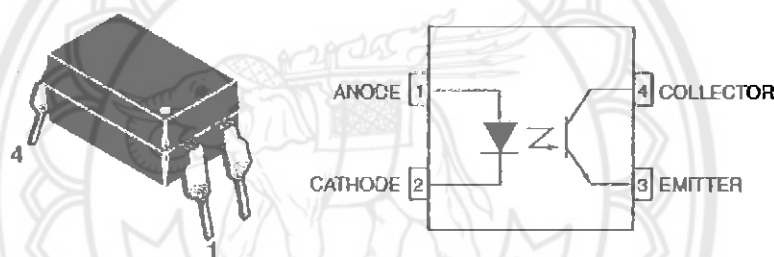
ลักษณะการทำงานคล้ายกับซีเนอร์ไดโอด แต่แตกต่างกันตรงที่ TL431 จะทำงานเมื่อได้รับแรงดัน 2.5 โวลต์ป้อนเข้าที่ขาอ้างอิง เมื่อมีแรงดันป้อนเข้าที่ขาอ้างอิงถึง 2.5 โวลต์ จะทำให้กระแสสามารถไหลจากขั้วแคโทดไปแอโนดได้ จากการทำงานดังกล่าวจึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในส่วนของการควบคุมแรงดันและกระแสได้



รูปที่ 3.5 วงจรภายในและสัญลักษณ์ของ TL431

4) อุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งสัญญาณระหว่างอินพุตและเอาต์พุต

อุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งสัญญาณระหว่างอินพุตและเอาต์พุต มีหน้าที่ทำให้เกิดการแยกกันทางไฟฟ้า (Isolated) เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้งาน ในโครงการนี้เลือกใช้ไอซี FOD817



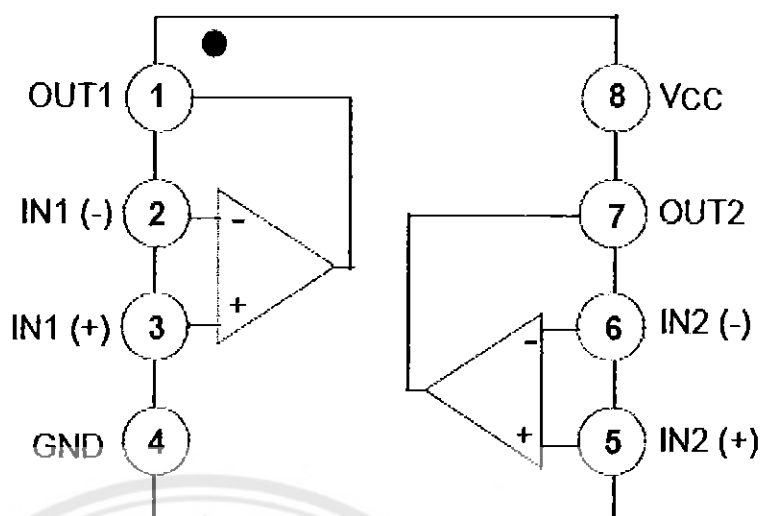
รูปที่ 3.6 ลักษณะไอซีและวงจรภายในของ FOD817

ไอซี FOD817 ประกอบด้วยขาทั้งหมด 4 ขา ภายในของ FOD817 จะประกอบไปด้วยโฟโตทรานซิสเตอร์และไดโอดเปล่งแสง มีหลักการทำงานคือ โฟโตทรานซิสเตอร์จะนำกระแสมากขึ้นอยู่กับความเข้มแสงที่ถูกปล่อยออกมาจากไดโอดเปล่งแสง ส่วนแสงที่ถูกปล่อยออกมาจากไดโอดเปล่งแสงจะขึ้นอยู่กับปริมาณกระแสที่ไหลผ่านไดโอดเปล่งแสง ถ้ามีกระแสไหลผ่านไดโอดเปล่งแสงมากจะทำให้โฟโตทรานซิสเตอร์นำกระแสตามไปด้วย

5) อุปกรณ์ที่ใช้ในการขยายสัญญาณ

เนื่องจากวงจรควบคุมกระแสใช้ตัวต้านทาน (R_{Sense}) ที่มีความต้านทานต่ำมาก ทำให้สัญญาณที่ส่งมาเพื่อควบคุม TL431 มีค่าน้อยมาก ดังนั้นเพื่อการขยายสัญญาณให้ได้ตามที่ต้องการ จึงใช้ออปแอมป์ (Operational Amplifier) เพื่อขยายสัญญาณ ซึ่งออปแอมป์ที่เลือกใช้คือ LM358

8-DIP

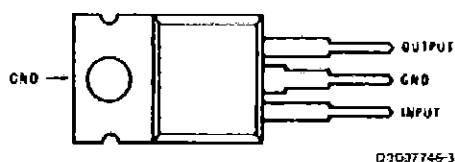


รูปที่ 3.7 ลักษณะไอซีและวงจรภายในของ LM358

ออปแอมป์เบอร์ LM358 เป็นออปแอมป์ที่สามารถใช้ไฟเลี้ยงได้ตั้งแต่ 3 - 32 โวลต์ ซึ่งเป็นออปแอมป์ที่ใช้ไฟเลี้ยงเป็นไฟบวกเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ภายในประกอบด้วยออปแอมป์จำนวนสองชุด ขาอินพุตสามารถรับค่าแรงดันได้ตั้งแต่ 0.3 - 32 โวลต์

6) อุปกรณ์ที่ใช้ในการเรกกูเลตแรงดัน (Voltage Regulator)

เนื่องจากต้องการไฟเลี้ยงไปจ่ายให้ออปแอมป์ 15 โวลต์ จึงต้องมีการเรกกูเลตแรงดันเพื่อนำมาใช้เป็นไฟเลี้ยงออปแอมป์ ดังนั้นจึงเลือกใช้ไอซี 7815 ตัวถังแบบ TO - 220 ซึ่งเป็นไอซีที่ใช้งานง่าย สามารถเรกกูเลตจากแรงดันอินพุตในช่วง 17.7 - 35 โวลต์และสามารถจ่ายกระแสได้สูงสุด 1 แอมป์ ให้เอาท์พุตออกมา 15 โวลต์ ไอซีประกอบด้วยขาทั้ง 3 ขา ได้แก่ อินพุต เอาท์พุต และกราวด์

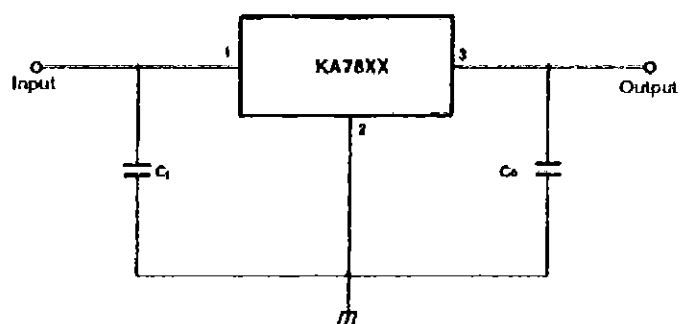
Plastic Package
TO-220 (T)

TO-220



1. Input 2. GND 3. Output

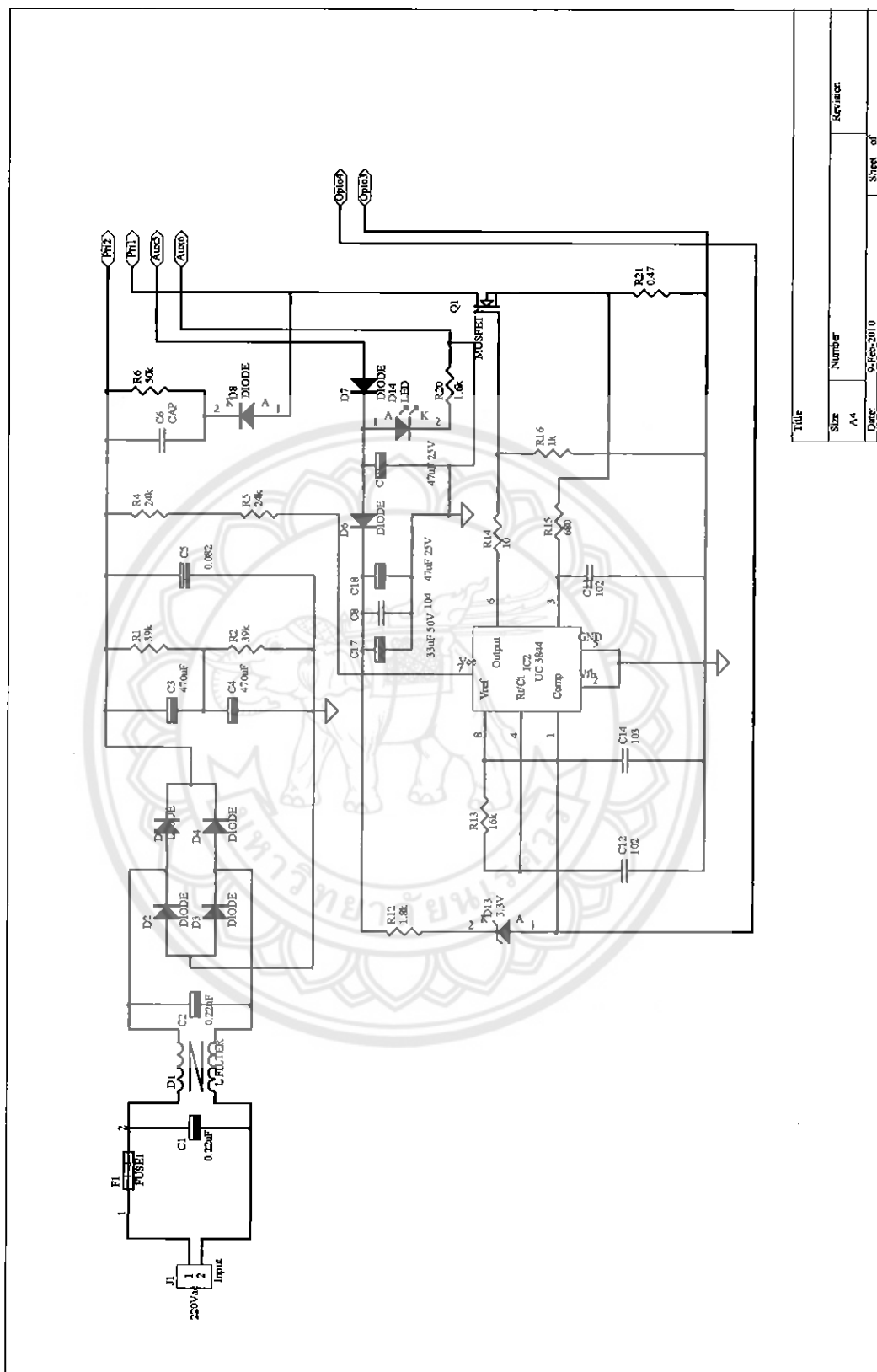
รูปที่ 3.8 ลักษณะไอซีและขาต่างๆ ของ 7815



รูปที่ 3.9 การต่อวงจรเพื่อเรกกุลเลตแรงดัน

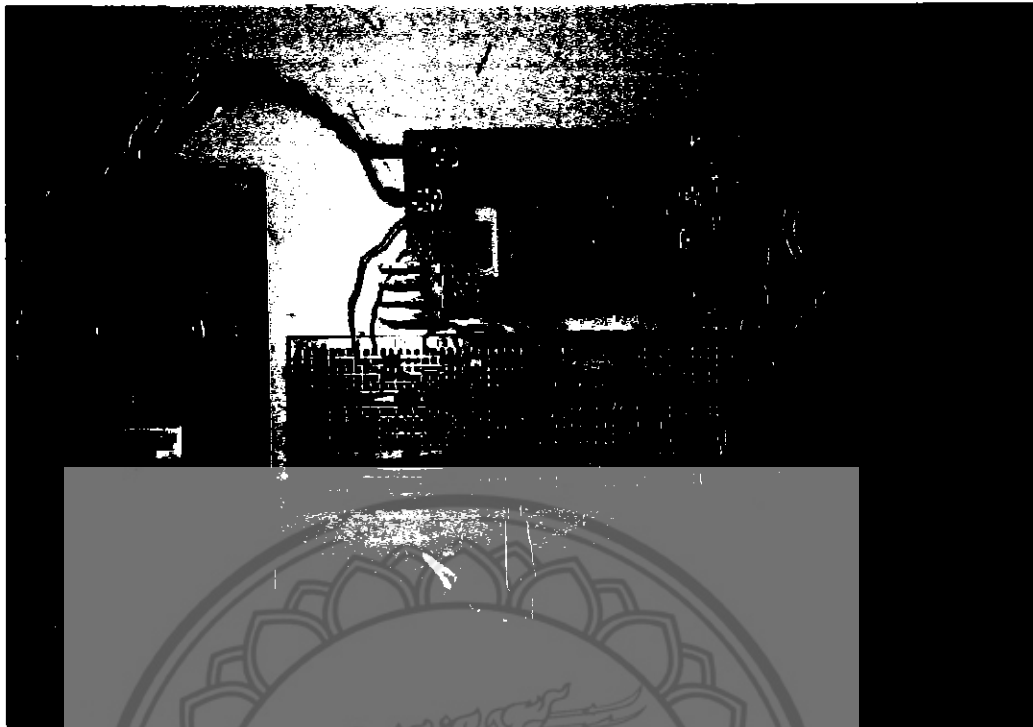
หลังจากที่ออกแบบและเลือกอุปกรณ์เรียบร้อยแล้ว ประกอบวงจรตามรูปที่ 3.10 และ 3.11 จะได้วงจรต้นแบบตามรูปที่ 3.12 และทำการออกแบบแผ่นปริ้นด้วยโปรแกรม Protel 99SE (รูปที่ 3.15) จะได้วงจรที่เสร็จสมบูรณ์ดังรูปที่ 3.16



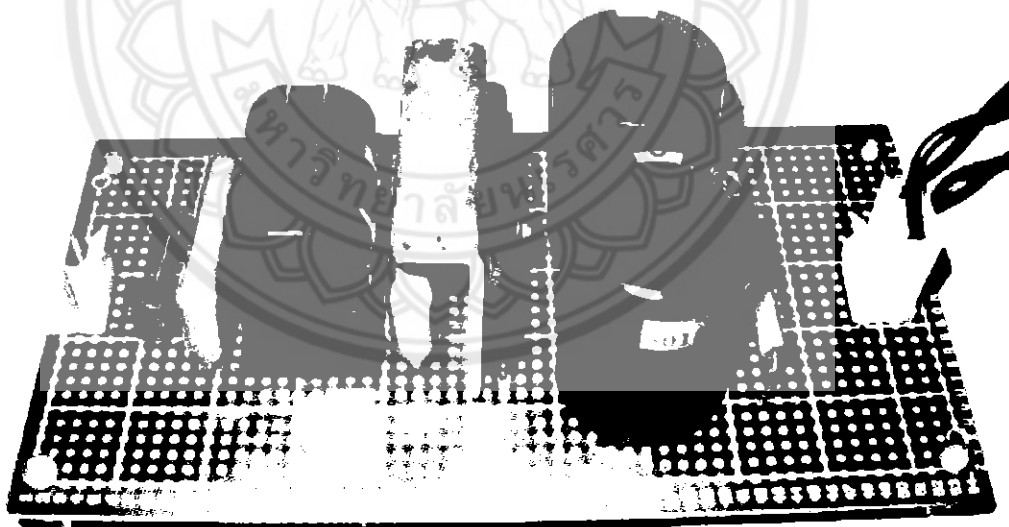


รูปที่ 3.10 วงจรวัดประจุแบตเตอรี่ส่วนอินพุต

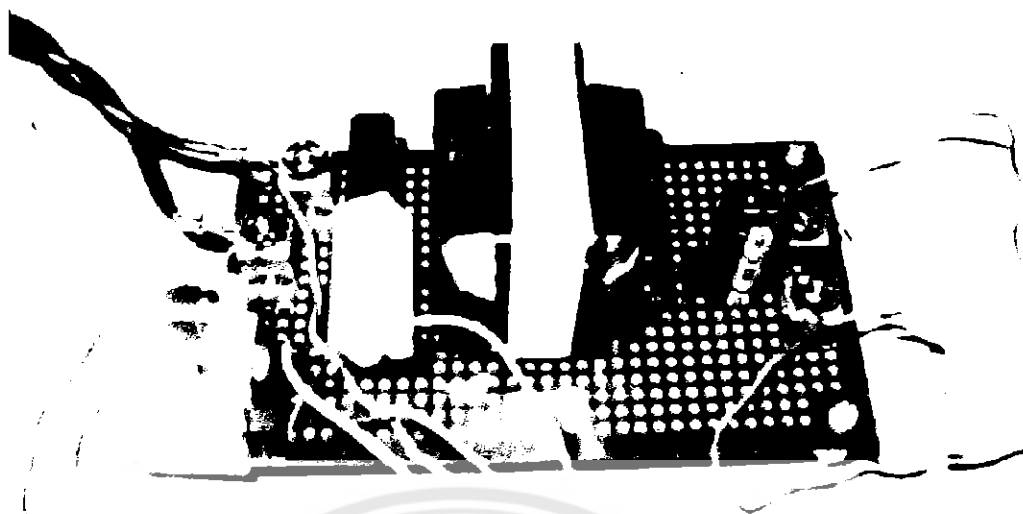
Title		
Size	Number	Revision
A4		
Date	9-Feb-2010	Sheet of
File	C:\Documents and Settings\Owner\My Documents\Project\MyDesign.dtb	



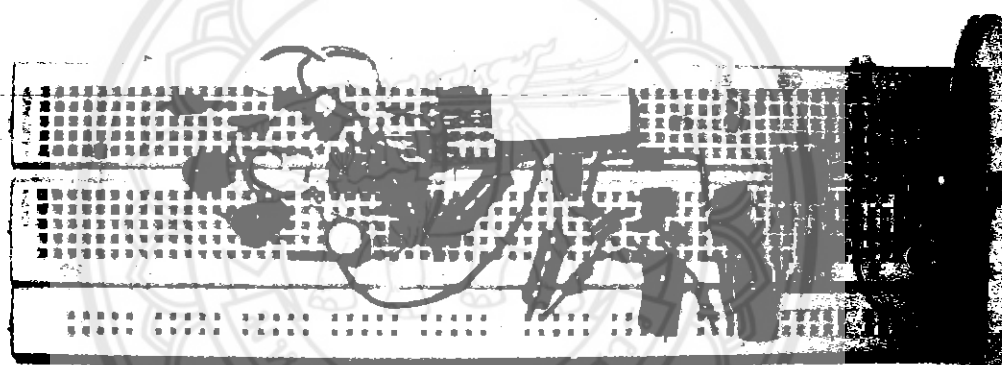
รูปที่ 3.12 วงจรต้นแบบที่ใช้ในการทดลอง



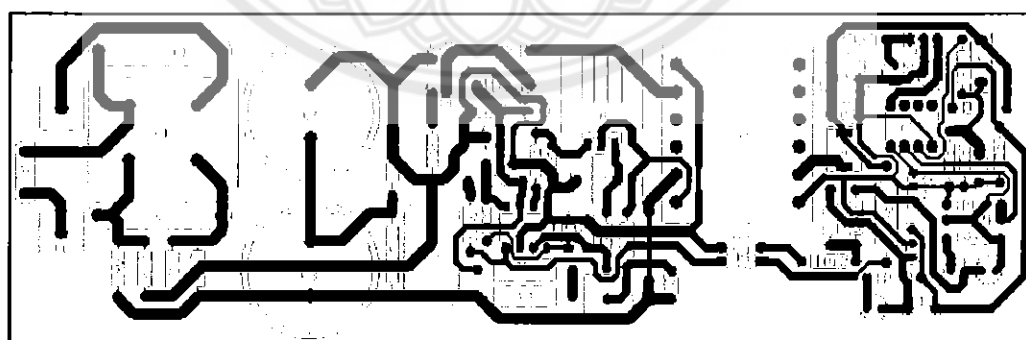
รูปที่ 3.13 วงจรตัวเรียงกระแสส่วนอินพุต



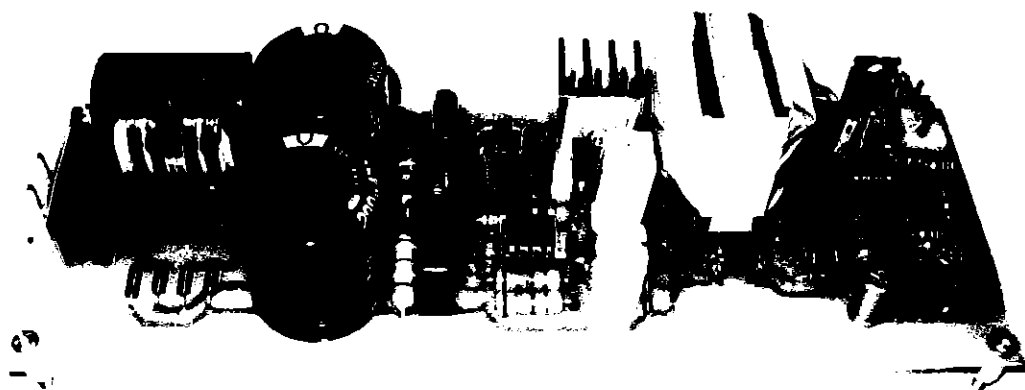
รูปที่ 3.14 วงจรในส่วนของคอนเวอร์เตอร์



รูปที่ 3.15 วงจรในส่วนของวงจรควบคุม



รูปที่ 3.16 ลายวงจรที่ออกแบบโดยโปรแกรม Protel99SE



รูปที่ 3.17 วงจรที่เสร็จสมบูรณ์ (2.5 x 7.5 ตารางนิ้ว)

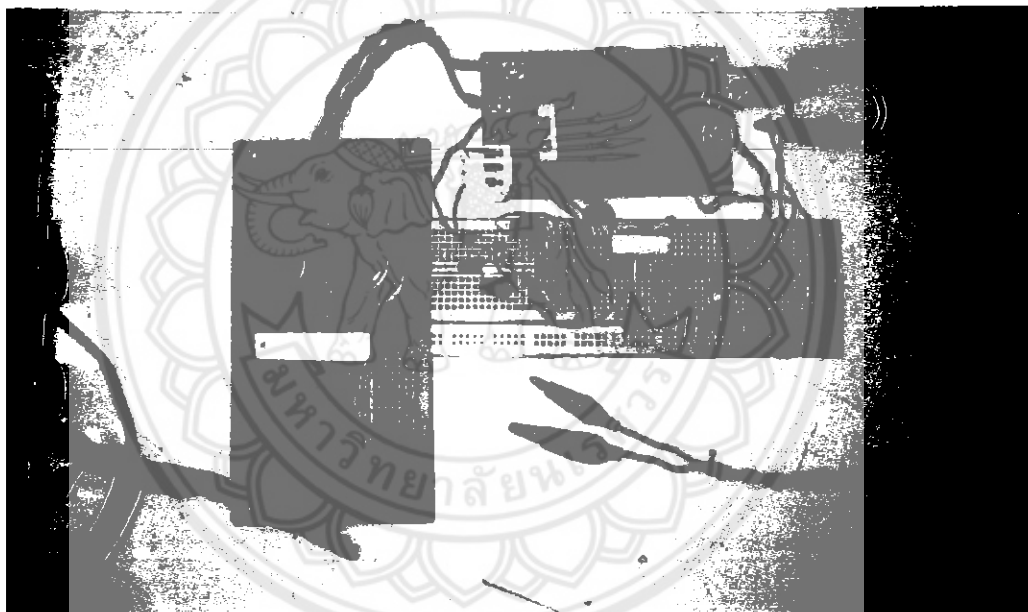


บทที่ 4

ผลการทดลอง

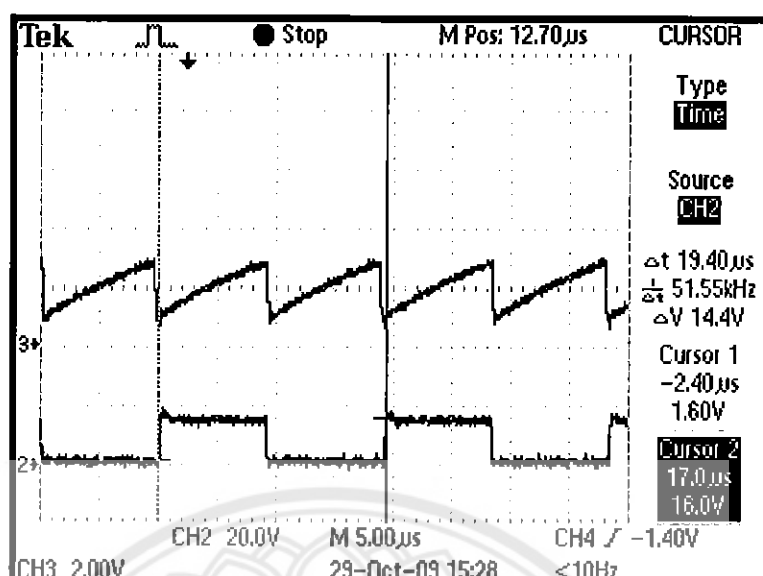
4.1 การทดสอบวงจรอัตรูปรับแรงดันแบบเตอร์ขณะไม่มีโหลด

ขั้นตอนแรกคือการทดสอบวงจรอัตรูปรับแรงดันแบบเตอร์ต้นแบบ (Prototype Circuit) ขณะที่ไม่มีการโหลด (No Load) เพื่อสังเกตการรักษาระดับแรงดันทางด้านเอาต์พุต และลักษณะรูปร่างของแรงดันเอาต์พุต รูปที่ 4.1 แสดงวงจรอัตรูปรับแรงดันแบบเตอร์ต้นแบบ



รูปที่ 4.1 การทดสอบวงจรขณะไม่มีโหลด

โดยในขั้นตอนนี้ต้องการทดสอบสัญญาณที่ควบคุมสวิทช์และสัญญาณนาฬิกาที่สร้างจากไอซี UC3844 พร้อมวัดสัญญาณสวิทช์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในวงจร โดยใช้ออสซิลโลสโคปในการวัดและบันทึกค่าที่ได้



รูปที่ 4.2 สัญญาณนาฬิกาและสัญญาณควบคุมสวิตช์ของไอซี UC3844

ในทางทฤษฎีการออกแบบความถี่สวิตช์ซึ่งกำหนดความถี่ไว้ที่ 50 กิโลเฮิร์ตซ์ และความถี่ที่เกิดขึ้นจริงโดยการใช้ฮอสซิลอสโคปวัดสัญญาณที่ขา 6 และขา 4 ของไอซี UC3844 พบว่าสัญญาณมีความถี่ 51.55 กิโลเฮิร์ตซ์ ซึ่งเป็นความถี่ที่ยอมรับได้ (โดยมีความผิดพลาดประมาณ 2.22 %) และสัญญาณควบคุมการทำงานของมอสเฟต (ที่ขา 6) มีค่าควิตซ์ไคเทิลเท่ากับ 0.5 และในการทดสอบวงจรขณะที่ไม่มีการะโหลด ที่แรงดันด้านอินพุตระหว่าง 180 - 240 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ มีผลแรงดันด้านเอาต์พุตตามตารางที่ 4.1 โดยมีความคลาดเคลื่อนระหว่าง $\pm 1.69 - 1.94$ %

ตารางที่ 4.1 ค่าแรงดันด้านเอาต์พุตขณะไม่มีโหลด

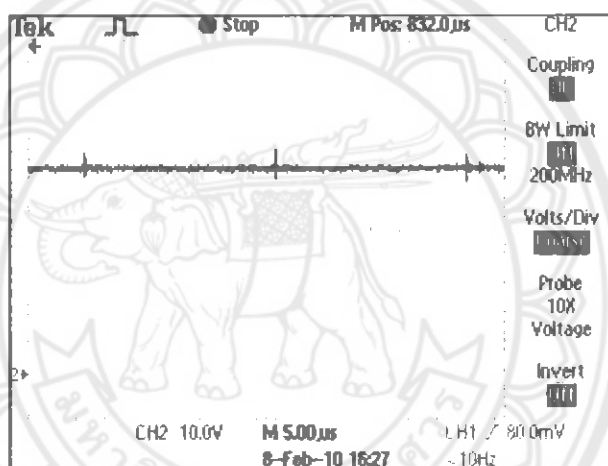
แรงดันด้านอินพุต (V)	แรงดันด้านเอาต์พุต (V)		ความคลาดเคลื่อน (%)
	การทดลอง	ออกแบบ	
180	41.3	42	-1.69
200	41.2	42	-1.94
220	41.3	42	-1.69
240	41.2	42	-1.94

ค่าความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 4.1 สามารถคำนวณได้จาก

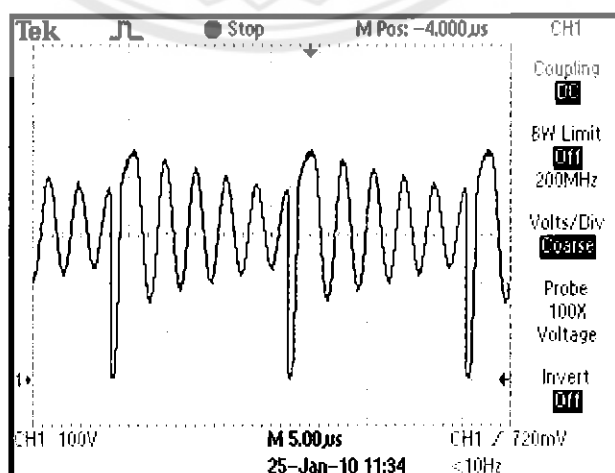
$$\text{ค่าความคลาดเคลื่อน} = \frac{V_{o,Measurement} - V_{o,Design}}{V_{o,Design}} \times 100 \quad (4.1)$$

โดยที่ $V_{o,Measurement}$ คือค่าแรงดันด้านเอาต์พุตที่ได้จากการทดลอง (โวลต์)
 $V_{o,Design}$ คือค่าแรงดันด้านเอาต์พุตคำนวณจากออกแบบ (โวลต์)

รูปที่ 4.3 ตัวอย่างสัญญาณแรงดันด้านเอาต์พุตที่ได้จากการทดสอบวงจรอัดประจุแบบเคอร์รี่
 ดันแบบ พบว่าวงจรสามารถรักษาระดับแรงดันให้คงที่ (ประมาณ 42 โวลต์) ซึ่งเป็นไปตาม
 คุณลักษณะการควบคุมในโหมดแรงดัน และรูปที่ 4.4 สัญญาณแรงดันแรงดันที่ตกคร่อมขาเครน
 ชอร์สของมอสเฟต (Vds)



รูปที่ 4.3 แรงดันเอาต์พุตขณะไม่มีโหลด



รูปที่ 4.4 แรงดันที่ตกคร่อมขาเครนชอร์สของมอสเฟต (Vds)

4.2 การทดสอบวงจรอัดประเภตเตอร์กับโหลดอิเล็กทรอนิกส์

ในขั้นตอนนี้นำวงจรอัดประเภตเตอร์ที่ได้นำไปทดสอบกับโหลดอิเล็กทรอนิกส์ กระแสตรง (DC Load Electronics) โดยใช้โหลดประเภทความต้านทาน (Resistive Load) มีค่าตั้งแต่ 100 - 25 โอห์ม (ความต้านทานจากมากไปน้อย) ดังตารางที่ 4.2 และทำการวัดค่าแรงดันและกระแสทางด้านเอาต์พุต พร้อมทั้งวัดสัญญาณแรงดันที่ตกคร่อมขาเกรนซอร์สของมอสเฟต และสัญญาณควบคุมการสวิตช์ไอซี ด้วยการป้อนแรงดันเข้าทางด้านอินพุต 220 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์

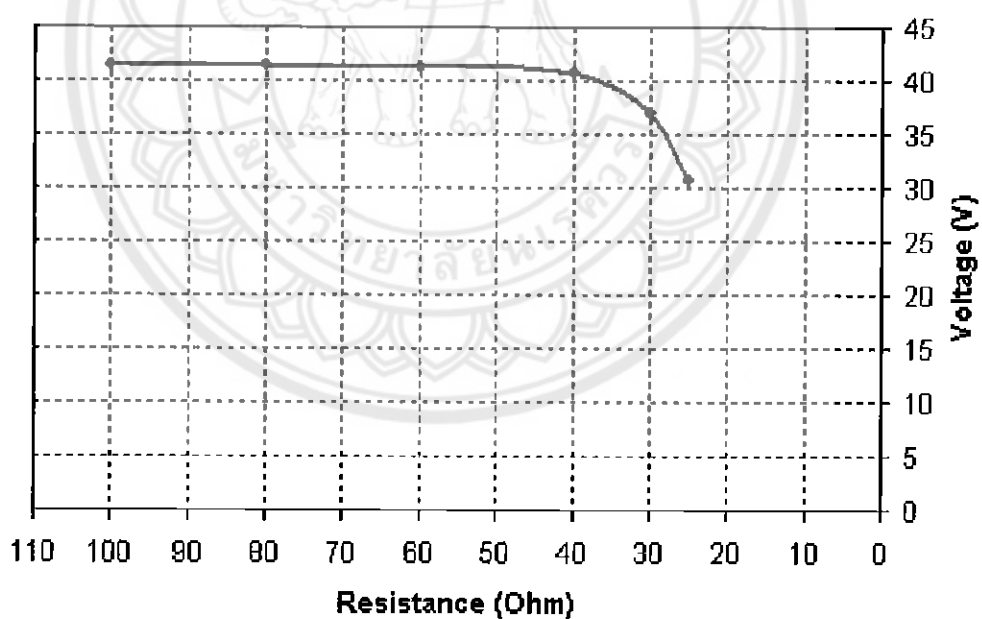


รูปที่ 4.5 การทดสอบกับ โหลดอิเล็กทรอนิกส์

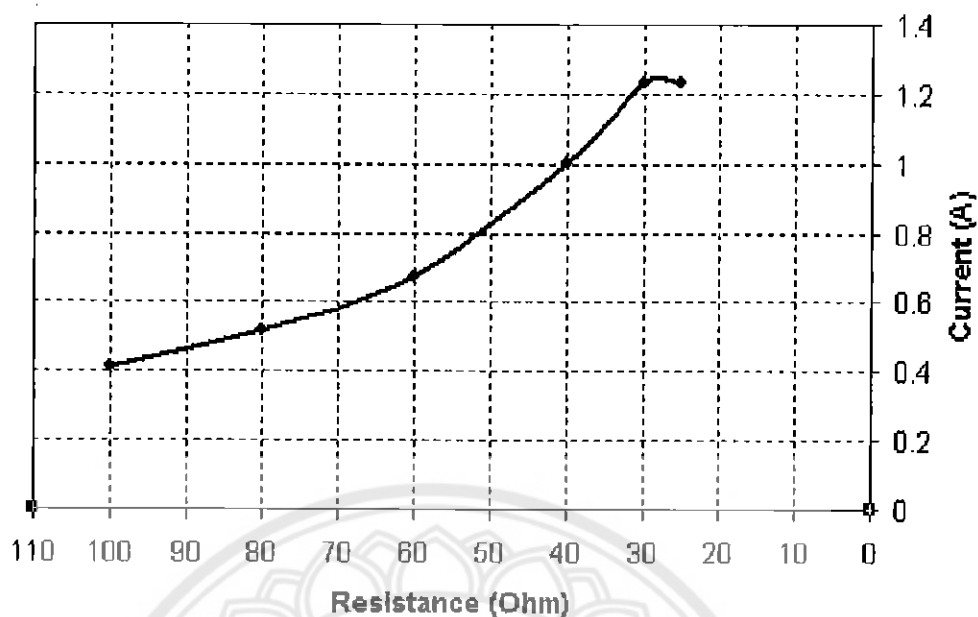
จากการทดลองเปลี่ยนแปลงค่าโหลดความต้านทาน (Resistive Load) ดังตารางที่ 4.2 พบว่าค่ากระแสมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณโหลดที่มากขึ้น (กินกระแสมากขึ้น) และเมื่อถึงจุดๆหนึ่งระดับกระแสจะเริ่มคงที่ที่ค่าหนึ่ง (ตามการออกแบบข้างต้น) โดยผู้ทำโครงการได้กำหนดระดับกระแสวงจรไว้ที่ 1.2 แอมป์ ค่าระดับกระแสที่ออกมาจริงในช่วงที่มีการควบคุมกระแสมีค่าใกล้เคียงกับระดับกระแสที่ได้ออกแบบไว้ดังแสดงในรูปที่ 4.6 และ 4.7 ส่วนรูปที่ 4.8 - 4.13 แสดงระดับสัญญาณแรงดันแรงดัน V_{ds} ของมอสเฟตและกระแสเอาต์พุต ที่ค่าความต้านทาน ระหว่าง 100 - 25 โอห์ม ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 ค่าแรงดันและกระแสต้านเอาต์พุตที่โหลดระดับต่างๆ

ค่าความต้านทาน (Ω)	แรงดันต้านเอาต์พุต (V)	กระแสต้านเอาต์พุต (A)
100	41.5	0.412
80	41.4	0.519
60	41.2	0.676
40	40.7	1.002
30	36.9	1.235
25	30.8	1.233

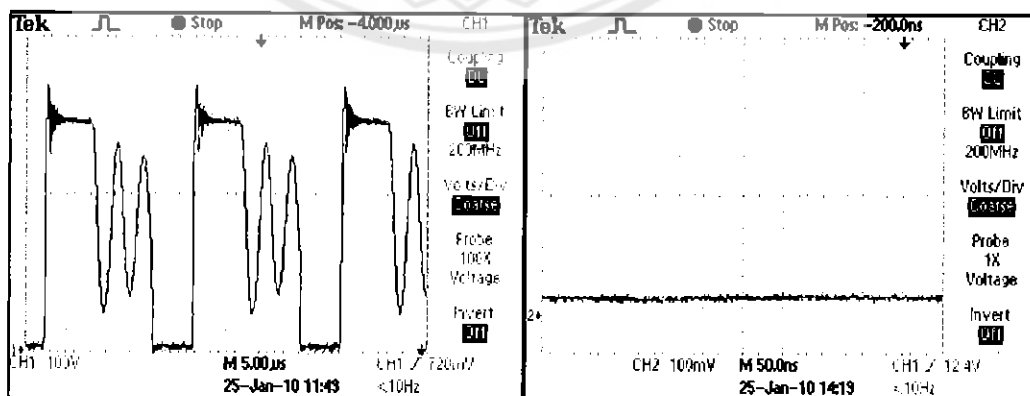


รูปที่ 4.6 กราฟค่าของแรงดันต้านเอาต์พุตเทียบกับค่าความต้านทาน

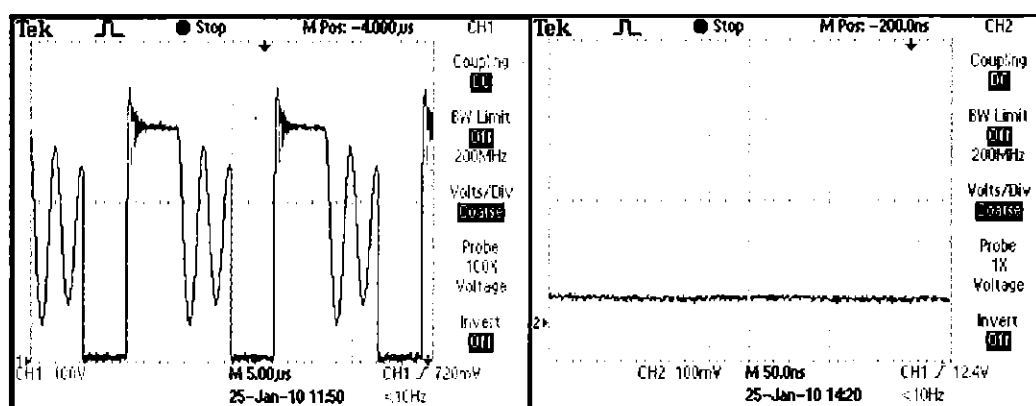


รูปที่ 4.7 กราฟค่าของกระแสเทียบกับค่าความต้านทาน

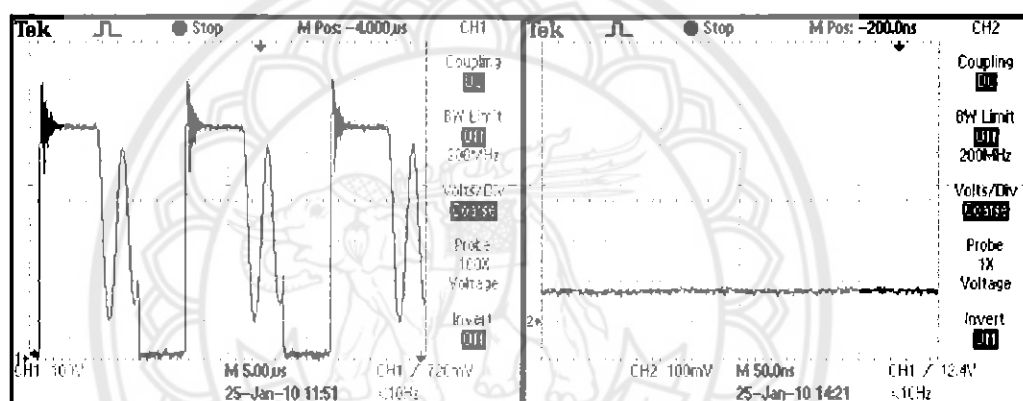
จากรูปที่ 4.8 - 4.13 จะแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่ตกคร่อมขาเดรนซอร์ส ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณพัลส์ที่ควบคุมการทำงานของมอสเฟต คือเมื่อช่วงเวลานการนำกระแสของมอสเฟตมากขึ้น จะทำให้มีการเก็บสะสมพลังงานที่ขดลวดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น และเมื่อมอสเฟตหยุดนำกระแสจะสามารถส่งผ่านพลังงานมาทางขดลวดปฏิกิริยาได้มากขึ้น ทำให้แรงดันตกคร่อมที่ขาเดรนซอร์สของมอสเฟตมากขึ้น



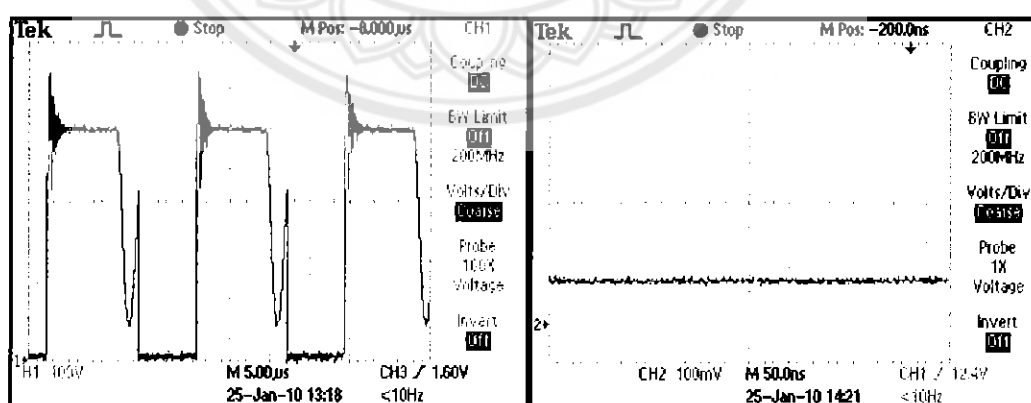
รูปที่ 4.8 แรงดัน V_{ds} ของมอสเฟตและกระแสเอาต์พุต ที่ความต้านทาน 100 โอห์ม



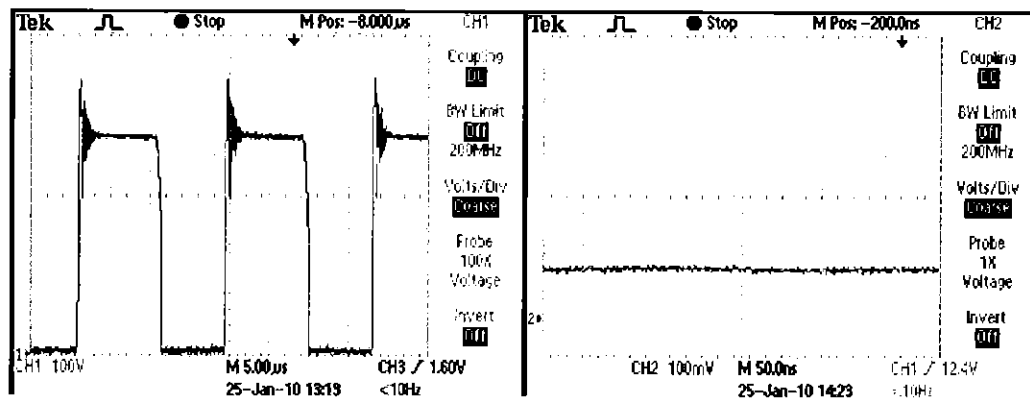
รูปที่ 4.9 แรงดัน V_{ds} ของมอสเฟตและกระแสเอทพุต ที่ความต้านทาน 80 โอห์ม



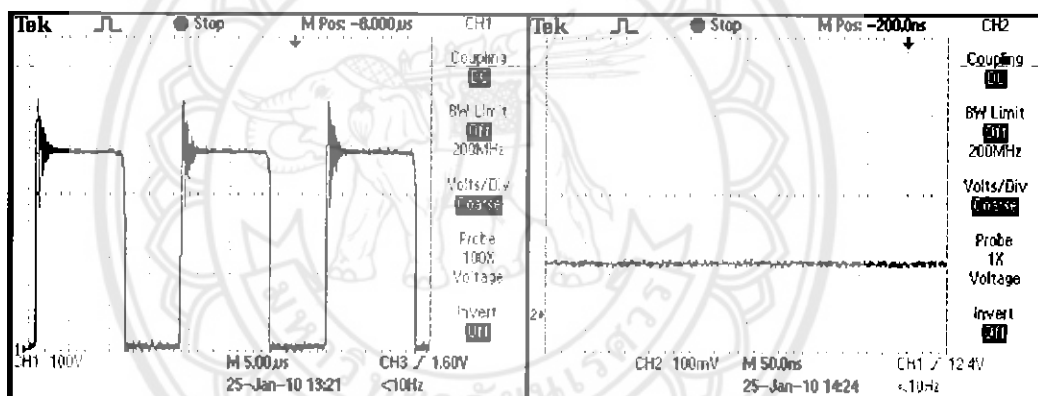
รูปที่ 4.10 แรงดัน V_{ds} ของมอสเฟตและกระแสเอทพุต ที่ความต้านทาน 60 โอห์ม



รูปที่ 4.11 แรงดัน V_{ds} ของมอสเฟตและกระแสเอทพุต ที่ความต้านทาน 40 โอห์ม



รูปที่ 4.12 แรงดัน V_{ds} ของมอสเฟตและกระแสเอาต์พุต ที่ความต้านทาน 30 โอห์ม



รูปที่ 4.13 แรงดัน V_{ds} ของมอสเฟตและกระแสเอาต์พุต ที่ความต้านทาน 25 โอห์ม

4.3 การทดสอบวงจรอัดประจุแบตเตอรี่กับแบตเตอรี่

ในขั้นตอนนี้ คือการนำวงจรอัดประจุแบตเตอรี่ต้นแบบไปทดสอบอัดประจุ (Charged) แบตเตอรี่ตะกั่วกรดแบบแห้งขนาด 12 โวลต์ จำนวน 3 ลูก (ซึ่งต่ออนุกรมกันอยู่) โดยก่อนการทดลองได้ทำการคายประจุ (Discharged) ของแบตเตอรี่ให้เหลือประมาณ 30 โวลต์ แล้วทำการอัดประจุพร้อมบันทึกค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ขณะทำการอัดประจุ

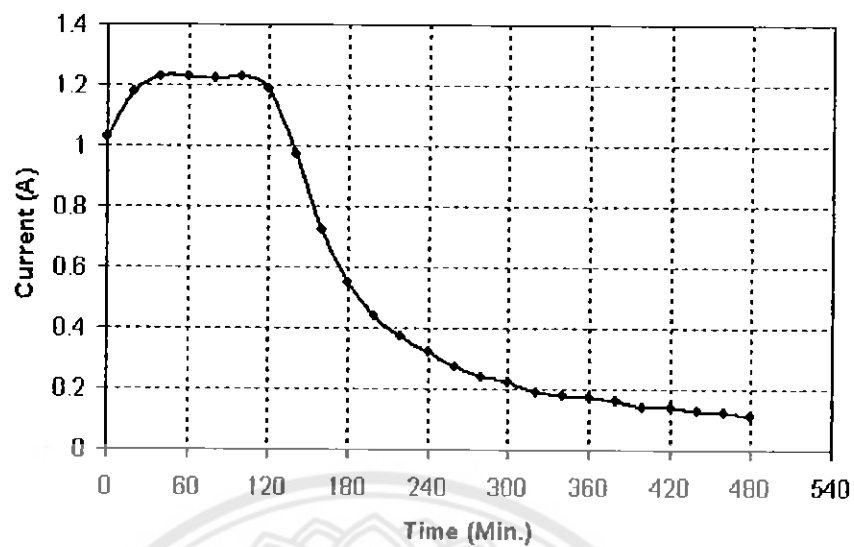


รูปที่ 4.14 การทดสอบกับแบตเตอรี่

จากการทดลองพบว่า การทำงานของวงจรอัดประจุแบตเตอรี่ต้นแบบสามารถทำงานได้ตามสถานะที่ออกแบบไว้ กล่าวคือการอัดประจุแบตเตอรี่ในช่วงแรก วงจรสามารถจ่ายกระแสได้ถึง 1.2 แอมป์ (I_{peak}) ซึ่งเป็นไปตามการออกแบบที่ต้องการควบคุมกระแสสูงสุด (โหนดควบคุมกระแส) และเมื่อทำการอัดประจุไปเรื่อยๆ กระแสจะลดลงและแรงดันจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น โดยวงจรสามารถจ่ายแรงดันสูงสุดไม่เกิน 42 โวลต์ (V_{max}) ซึ่งเป็นไปตามการออกแบบที่ต้องการควบคุมแรงดันสูงสุด (โหนดควบคุมแรงดัน) ดังแสดงในตารางที่ 4.3

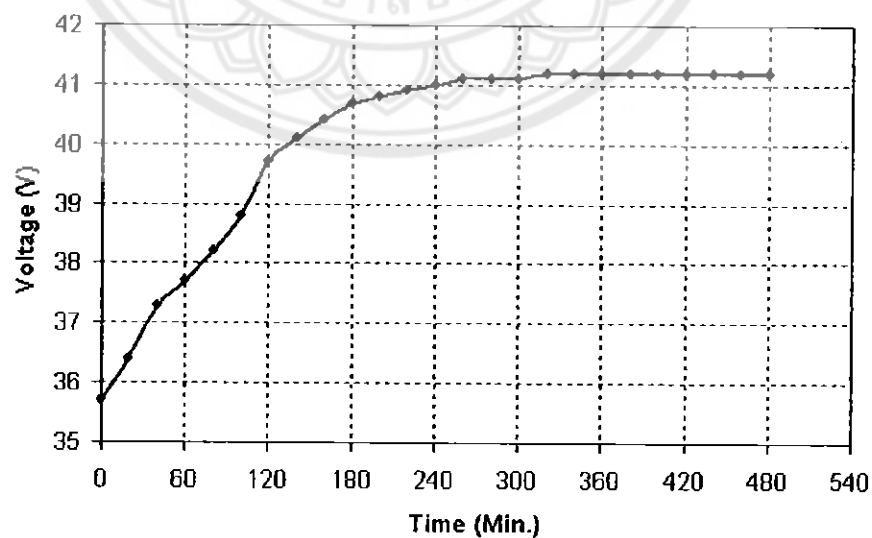
ตารางที่ 4.3 ค่าของแรงดันและกระแสด้านเอาร์ทูตที่เวลาต่างๆ

เวลา (Min.)	แรงดันด้านเอาร์ทูต (V)	กระแสด้านเอาร์ทูต (A)
0	35.7	1.03
20	36.4	1.18
40	37.3	1.23
60	37.7	1.23
80	38.2	1.22
100	38.8	1.23
120	39.7	1.19
140	40.1	0.97
160	40.4	0.72
180	40.7	0.55
200	40.8	0.44
220	40.9	0.37
240	41.0	0.32
260	41.1	0.27
280	41.1	0.24
300	41.1	0.22
320	41.2	0.19
340	41.2	0.18
360	41.2	0.17
380	41.2	0.16
400	41.2	0.14
420	41.2	0.14
440	41.2	0.13
460	41.2	0.12
480	41.2	0.11



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงค่าของกระแสต้านเอาต์พุตเทียบกับเวลา

จากรูปที่ 4.15 แสดงให้เห็นว่าในช่วงแรกของการอัดประจุแบตเตอรี่ วงจรอัดประจุแบตเตอรี่ต้นแบบสามารถควบคุมค่ากระแสไว้ไม่ให้เกิน 1.2 แอมป์ และเมื่อระยะเวลาผ่านไป กระแสจะค่อยๆ ลดลงจนกระทั่งแรงดันที่แบตเตอรี่มีค่าเท่ากับแรงดันเอาต์พุตที่ได้ออกแบบไว้ กระแสจะหยุดไหลเนื่องจากค่าความต่างศักย์ระหว่างแบตเตอรี่และเอาต์พุตของวงจรอัดประจุต้นแบบจะมีน้อยมาก และรูปที่ 4.16 แสดงผลค่าแรงดันต้านเอาต์พุตของวงจรอัดประจุต้นแบบขณะทำการประจุ



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงค่าของแรงดันต้านเอาต์พุตเทียบกับเวลา

4.4 การทดสอบประสิทธิภาพของวงจรอัดประจุแบตเตอรี่

การทดสอบในขั้นสุดท้าย คือ การนำวงจรอัดประจุแบตเตอรี่ต้นแบบไปทดสอบหาค่ากำลังไฟฟ้าทั้งด้านอินพุตและเอาต์พุต เพื่อกำหนดหาประสิทธิภาพที่เกิดขึ้นในวงจร ในการนี้เลือกใช้เฉพาะโหลดประเภทความต้านทาน (โดยพิจารณาวงจรอัดประจุแบตเตอรี่ต้นแบบเป็นวงจรแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง) โดยเริ่มจากค่าความต้านทานมากไปจนถึงค่าความต้านทานน้อยๆ เพื่อให้เห็นกำลังไฟฟ้าในช่วงที่มีการรักษาระดับแรงดันและในช่วงที่มีการรักษาระดับกระแส แล้วทำการวัดค่ากำลังด้านอินพุตและเอาต์พุตด้วยเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า

ตารางที่ 4.4 ประสิทธิภาพของวงจรอัดประจุแบตเตอรี่

ความต้านทาน (Ω)	กำลังไฟฟ้าอินพุต (W)	กำลังไฟฟ้าเอาต์พุต (W)	ประสิทธิภาพ (%)
ไม่มีโหลด	6.00	0.00	0.00
120.96	23.00	14.49	63.00
65.78	35.00	25.91	74.03
45.18	46.00	37.33	81.15
32.60	63.00	49.75	78.97
27.57	53.00	41.85	78.96
25.00	48.00	38.04	79.25
22.45	43.00	34.19	79.51
20.05	40.00	30.44	76.10

ในตารางที่ 4.4 ค่ากำลังไฟฟ้าด้านเข้า กำลังไฟฟ้าด้านออก และประสิทธิภาพคำนวณจากค่าที่ได้จากทดลอง นั่นคือ

$$P_{in} = I_{in} V_{in} \quad (4.2)$$

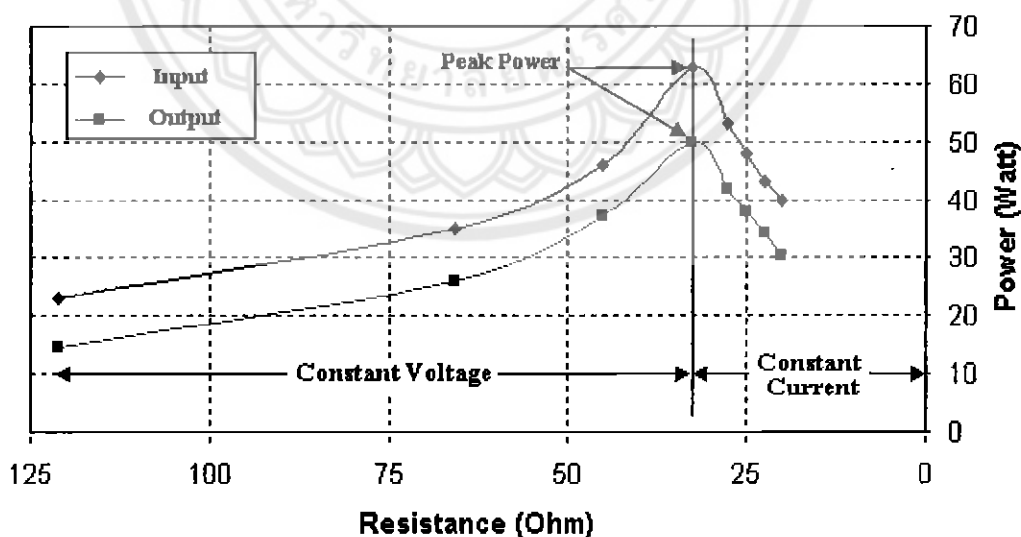
$$P_o = I_{out} V_{out} \quad (4.3)$$

$$\eta = \frac{P_o}{P_{in}} \times 100 \quad (4.4)$$

โดยที่

P_{in}	คือค่ากำลังด้านเข้า (วัตต์)
P_o	คือค่ากำลังด้านออก (วัตต์)
V_{in}	คือค่าแรงดันด้านเข้า (โวลต์)
V_{out}	คือค่าแรงดันด้านออก (โวลต์)
I_{in}	คือค่ากระแสด้านเข้า (แอมป์)
I_{out}	คือค่ากระแสด้านออก (แอมป์)
η	คือค่าประสิทธิภาพ (%)

จากตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.17 จะพบว่าในช่วงค่าความต้านทานตั้งแต่ 120.96 - 32.60 โอห์ม วงจรสามารถรักษาระดับแรงดันเอาต์พุตไว้ที่ประมาณ 42 โวลต์ (ทำงานในโหมดรักษาแรงดัน) แต่ถ้าวัดระดับของความต้านทานลดลงไปกว่านั้น กล่าวคือทำการปรับค่าความต้านทานตั้งแต่ 32.60 - 20.05 โอห์ม พบว่าวงจรสามารถควบคุมกระแสไว้ที่ 1.2 แอมป์ (ทำงานในโหมดควบคุมกระแส)



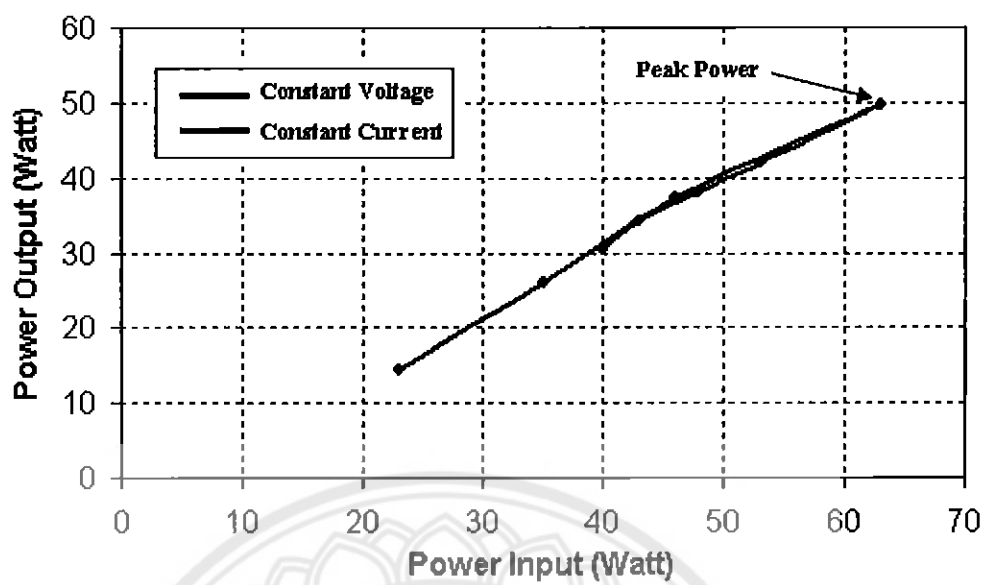
รูปที่ 4.17 กราฟแสดงค่าระหว่างกำลังไฟฟ้าและความต้านทาน

ขณะเดียวกันค่าประสิทธิภาพของวงจรจากการคำนวณที่ค่าความต้านทานต่างๆ พบว่ามีประสิทธิภาพอยู่ระหว่าง 60 - 80 % แสดงให้เห็นว่าค่าประสิทธิภาพเอาต์พุตมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ออกแบบไว้คือ 75 % โดยที่ความต้านทานค่า 120.96 โอห์มจะทำให้วงจรมีประสิทธิภาพต่ำสุด เนื่องจากโหลดมีค่าน้อยมากทำให้กระแสที่เอาต์พุตมีค่าดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 กระแสอินพุตและกระแสเอาต์พุตของวงจรที่ค่าความต้านทานต่างๆ

ความต้านทาน (Ω)	กระแสอินพุต (A)	กระแสเอาต์พุต (A)
ไม่มีโหลด	0.073	0
120.96	0.209	0.347
65.78	0.310	0.626
45.18	0.400	0.905
32.60	0.478	1.232
27.57	0.424	1.232
25.00	0.387	1.232
22.45	0.368	1.231
20.05	0.354	1.231

ในช่วงค่าความต้านทานมีค่า 32.60 โอห์ม จะเป็นช่วงที่วงจรรักษาระดับแรงดันไว้ที่ 42 โวลต์และจำกัดกระแสไว้ 1.2 แอมป์ เป็นช่วงที่วงจรมีกำลังไฟฟ้าเอาต์พุตมากที่สุด (Peak Power) คือ 49.75 วัตต์ใน รูปที่ 4.18 เป็นการแสดงกราฟระหว่างกำลังไฟฟ้าอินพุตและกำลังไฟฟ้าเอาต์พุต จะพบว่ากำลังไฟฟ้าอินพุตจะมีค่าสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 63 วัตต์และกำลังไฟฟ้าเอาต์พุตจะมีค่าสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 49.75 วัตต์



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงค่าระหว่างกำลังไฟฟ้าเอาต์พุตและกำลังไฟฟ้าอินพุต

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะสรุปผลที่ได้จากการทดลองในโครงการ ปัญหา แนวทางแก้ไข พร้อมเสนอแนวทางการนำไปพัฒนาต่อไปให้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองในบทที่ 4 พบว่าลักษณะของวงจรอัดประจุแบบเคอร์รี่ดันแบบด้วยวิธีการแยกอิสระทางไฟฟ้าสามารถรักษาระดับแรงดันและควบคุมกระแสได้เป็นอย่างดี และเมื่อทำการทดสอบค่าแรงดันและกระแสด้านเอาต์พุตที่ได้มีใกล้เคียงกับความต้องการตามที่ออกแบบไว้

ผลของการทดสอบวงจรอัดประจุแบบเคอร์รี่ดันไม่มีโหลด แสดงให้เห็นว่าวงจรสามารถรักษาระดับแรงดันได้คงที่ ประมาณ 42 โวลต์ โดยลักษณะของสัญญาณแรงดันด้านเอาต์พุตมีความกระเพื่อม (Ripple) เล็กน้อย

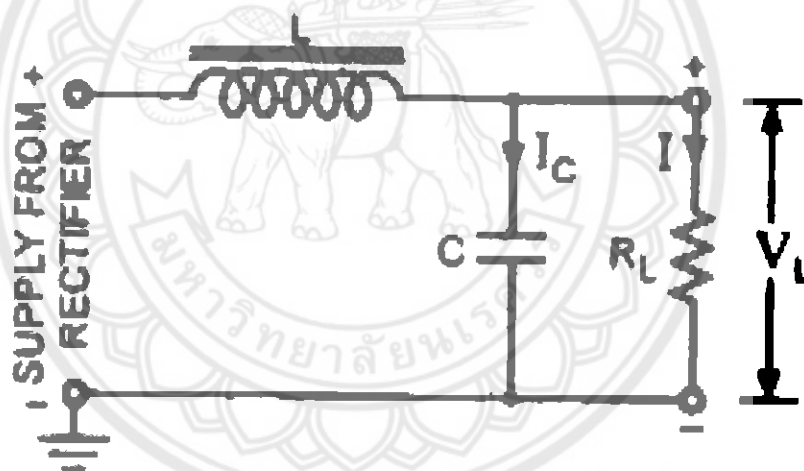
ผลของการทดสอบวงจรอัดประจุแบบเคอร์รี่ดันกับโหลดความต้านทาน โดยปรับค่าความต้านทานจาก 100 - 25 โอห์ม พบว่าในช่วงแรกขณะความต้านทานมีค่ามาก วงจรสามารถรักษาระดับแรงดันไว้ที่ 41.5 โวลต์ และเมื่อค่อย ๆ ปรับค่าความต้านทานลดลง วงจรสามารถสลับมาทำงานในโหมดควบคุมกระแสไม่ให้เกิน 1.232 แอมป์ ซึ่งเป็นค่าแรงดันและกระแสตามความต้องการที่ออกแบบไว้ และลักษณะของสัญญาณกระแสและแรงดันมีความกระเพื่อมเล็กน้อย

ผลการทดสอบวงจรอัดประจุแบบเคอร์รี่ดันกับแบตเตอรี่ โดยต่อวงจรอัดประจุแบบเคอร์รี่ดันแบบเข้ากับแบตเตอรี่ที่ทำการคายประจุจนเสมือนว่าแบตเตอรี่หมด ในช่วงแรก วงจรจะทำงานในโหมดควบคุมกระแส โดยจะควบคุมกระแสไว้ที่ 1.23 แอมป์ เมื่อเวลาผ่านไประดับของกระแสจะค่อย ๆ ลดลง และระดับแรงดันจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น วงจรจะสลับมาทำงานในโหมดรักษาระดับแรงดัน ซึ่งสามารถรักษาระดับแรงดันไว้ที่ 41.2 โวลต์ จนกระแสลดลงจนกระทั่งมีหน่วยเป็นมิลลิแอมป์ (10^{-3}) เข้าสู่ศูนย์ พบว่าระดับแรงดันที่แบตเตอรี่มีค่า 41.2 โวลต์ ซึ่งหมายถึงแบตเตอรี่มีประจุเกือบเต็ม จึงสามารถถอดวงจรอัดประจุแบบเคอร์รี่ดันออกได้ ลักษณะของสัญญาณแรงดันมีความกระเพื่อมเล็กน้อย แต่ลักษณะของสัญญาณกระแสมีความกระเพื่อมเกิดขึ้นมากจนสังเกตเห็นได้ชัดเจน (รูปที่ 4.14)

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของวงจรอัดประจุแบตเตอรี่ (ในการนี้เลือกใช้เฉพาะโหลดประเภทความต้านทาน) เมื่อวัดค่ากำลังไฟฟ้าด้านอินพุตและเอาต์พุตโดยใช้เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า แล้วทำการคำนวณหาประสิทธิภาพของวงจรอัดประจุแบตเตอรี่พบว่า มีประสิทธิภาพอยู่ในช่วง 60 ถึง 80 % ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ออกแบบไว้ (75 %) และมีกำลังไฟฟ้าเอาต์พุตสูงสุด 49.75 วัตต์

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

- ก) ความกระเพื่อมของสัญญาณกระแสต้านเอาต์พุต เป็นผลมาจากโหลดที่เป็นแบตเตอรี่ ไม่มีความเป็นความต้านทานบริสุทธิ์ (Pure Resistive) เหมือนกับโหลดอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในขั้นตอนการออกแบบ ทำให้ในช่วงของการออกแบบจึงไม่มีการกระเพื่อมของสัญญาณ แต่เมื่อนำมาทดสอบกับแบตเตอรี่จึงเกิดการกระเพื่อม แนวทางแก้ไขคืออาจเพิ่มวงจรเอาต์พุตใช้ทางต้านเอาต์พุตของวงจรอัดประจุ ซึ่งมีหน้าที่ทำให้สัญญาณที่ออกมามีความเรียบมากขึ้น แต่อาจทำให้วงจรมีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าเดิม



รูปที่ 5.1 วงจร ใช้อัด

- ข) วงจรอัดประจุแบตเตอรี่ที่สร้างขึ้นในโรงงานนี้มีค่าแรงดันและกระแสต้านเอาต์พุตใกล้เคียงกับค่าที่ออกแบบไว้ ไม่สามารถทำให้ตรงกับที่ออกแบบไว้พอดี อาจเป็นผลเนื่องมาจากการเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีค่าความผิดพลาดสูงและมีค่ากำลังสูญเสียภายในสูง ดังนั้นในการออกแบบวงจรอัดประจุแบตเตอรี่ จึงควรเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีค่าความผิดพลาดและค่าความต้านทานภายในต่ำและมีความเร็วสวิตชิ่งสูง แต่อุปกรณ์ที่มีความเที่ยงตรงสูงหรืออุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับวงจรสวิตชิ่งโดยตรงนั้น อาจมีราคาแพงมากขึ้นตามประสิทธิภาพของอุปกรณ์นั้นๆ

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป

5.3.1 การนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้แทนไอซี

เนื่องจากการใช้ไอซีมาเป็นสัญญาณควบคุมสวิตช์นั้น มีข้อดีคือมีราคาถูก แต่อาจทำให้ประสิทธิภาพของวงจรลดลง ขาดความเสถียรของระบบ เมื่อเทียบกับการนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้แทนไอซี จะทำให้ปัญหาต่างๆของระบบลดลง เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์มีความเที่ยงตรงในการประมวลผลและมีความแม่นยำสูง สามารถโปรแกรมคำสั่งต่างๆ ได้ตามต้องการ เพื่อการตอบสนองของระบบที่ดีขึ้น ทำให้ระบบมีความเสถียรขึ้น แต่การนำไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ามาใช้แทนไอซีก็ส่งผลให้มีราคาสูงขึ้น



รูปที่ 5.2 ตัวอย่างของไมโครคอนโทรลเลอร์

5.3.2 อุปกรณ์เสริม

สามารถต่ออุปกรณ์แสดงผลค่าแรงดันแรงดันและกระแสที่ด้านเอาต์พุตของจอร์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถทราบแรงดันและกระแสในช่วงเวลาต่างๆ หรืออาจเพิ่มวงจรไฟ LED เพื่อแสดงสถานการณ์อัคคีเหตุแบตเตอรี่และสถานะแบตเตอรี่เต็ม



รูปที่ 5.3 ตัวอย่างอุปกรณ์แสดงผล

เอกสารอ้างอิง 1

- [1] สุวัฒน์ คั่น, (2537), เทคนิคและการออกแบบสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย, บริษัท เอนเทค ไทย จำกัด พิมพ์ครั้งที่ 1, สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2552.
- [2] S. Howimanporn, C. Bunlaksananusorn, "Performance Comparison of Continuous Mode (CCM) and Discontinuous Mode (DCM) Flyback Converters", Department of Control Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand, 2003.
- [3] Hang – Seok Choi, "Application Note AN4137 Design Guidelines for Off - Line Flyback Converters Using Fairchild Power Switch (FPS)", Power Supply Group, Fairchild Semiconductor, 2003.
- [4] Hang – Seok Choi, "Application Note AN4140 Transformer Design Consideration for Off - Line Flyback Converters Using Fairchild Power Switch (FPS)", Power Supply Group, Fairchild Semiconductor, 2003.
- [5] Himanashu K.Patel, "Flyback Power Supply EMI Signature and Suppression Techniques", Institute of Technology, Nirma University of Science & Technology, Ahmedabad, Gujarat, India, 2008.
- [6] Jonathan Adams, "Application Note AN - 1024a Flyback Transformer Design for The IRIS40XX Series", International Rectifier, 233 Kansas Street, El Segundo, USA, 2009.
- [7] L.H. Dixon, "Section 5 Inductor and Flyback Transformer Design", Texas Instruments, Dallas, Texas, USA, 2001.

เอกสารอ้างอิง 2

- [2.1] การศึกษาการออกแบบแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงสำหรับหลอดอิเล็กทรี, สืบค้นเมื่อ 14 กันยายน 2552.
- [2.2] <http://www.electroniccomponentsworld.com>, สืบค้นเมื่อ 14 กันยายน 2552.
- [2.3] สุวัฒน์ คั่น, 2537, เทคนิคและการออกแบบสวิตจิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย, บริษัท เอนเทล ไทย จำกัด พิมพ์ครั้งที่ 1, สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2552.
- [2.4] <http://www.ferroxcube.com/>, สืบค้นเมื่อ 18 กันยายน 2552.
- [2.5] <http://www.ferroxcube.com/>, สืบค้นเมื่อ 18 กันยายน 2552.
- [2.6] www.reuk.co.uk/Lead-Acid-Batteries.htm, สืบค้นเมื่อ 19 กันยายน 2552.
- [2.7] <http://www.phithantoyota.com>, สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2552.
- [2.8] http://www.evthai.com/technology_how_work_th.html, สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2552.



FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR*

www.fairchildsemi.com

UC3842/UC3843/UC3844/UC3845

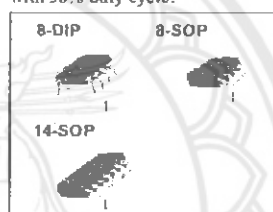
SMPS Controller

Features

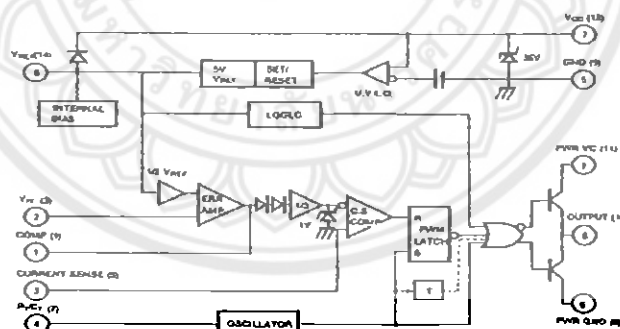
- Low Start up Current
- Maximum Duty Clamp
- UVLO With Hysteresis
- Operating Frequency up to 500KHz

Description

The UC3842/UC3843/UC3844/UC3845 are fixed frequency current-mode PWM controller. They are specially designed for Off-Line and DC to DC converter applications with minimum external components. These integrated circuits feature a trimmed oscillator for precise duty cycle control, a temperature compensated reference, high gain error amplifier, current sensing comparator and a high current totempole output for driving a Power MOSFET. The UC3842 and UC3844 have UVLO thresholds of 16V (on) and 10V (off). The UC3843 and UC3845 are 8.5V (on) and 7.9V (off). The UC3842 and UC3843 can operate within 100% duty cycle. The UC3844 and UC3845 can operate with 50% duty cycle.



Internal Block Diagram



- * NORMALLY 8DIP/8SOP PIN NO.
- * () IS 14SOP PIN NO.
- * TOGGLE FLIP FLOP USED ONLY IN UC3844, UC3845

Rev. 1.0.1

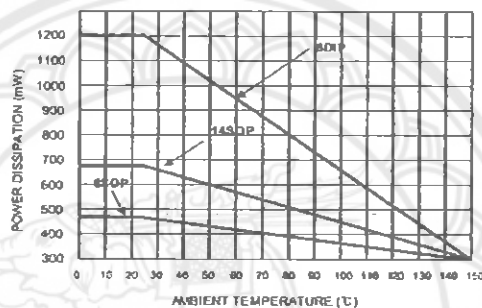
UC3842/UC3843/UC3844/UC3845

Absolute Maximum Ratings

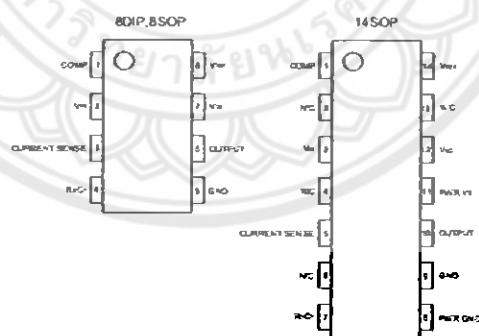
Parameter	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	V _{CC}	30	V
Output Current	I _O	±1	A
Analog Inputs (Pin 2,3)	V(ANA)	-0.3 to 6.3	V
Error Amp Output Sink Current	I _{SINK} (E.A)	10	mA
Power Dissipation at T _A ≤25°C (8DIP)	P _D (Note1,2)	1200	mW
Power Dissipation at T _A ≤25°C (8SOP)	P _D (Note1,2)	460	mW
Power Dissipation at T _A ≤25°C (14SOP)	P _D (Note1,2)	680	mW
Storage Temperature Range	T _{STG}	-65 ~ +150	°C
Lead Temperature (Soldering, 10sec)	T _{LEAD}	+300	°C

Note:

1. Board Thickness 1.6mm, Board Dimension 76.2mm x 114.3mm, (Reference EIA / JESD51-3, 51-7)

2. Do not exceed P_D and SOA (Safe Operation Area)**Power Dissipation Curve****Thermal Data**

Characteristic	Symbol	8-DIP	8-SOP	14-SOP	Unit
Thermal Resistance Junction-ambient	R _{θj-amb} (MAX)	100	265	180	°C/W

Pin Array

Electrical Characteristics

($V_{CC}=15V$, $R_T=10k\Omega$, $C_T=3.3nF$, $T_A=0^\circ C$ to $+70^\circ C$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
REFERENCE SECTION						
Reference Output Voltage	V_{REF}	$T_J = 25^\circ C$, $I_{REF} = 1mA$	4.90	5.00	5.10	V
Line Regulation	ΔV_{REF}	$12V \leq V_{CC} \leq 25V$	-	6	20	mV
Load Regulation	ΔV_{REF}	$1mA \leq I_{REF} \leq 20mA$	-	6	25	mV
Short Circuit Output Current	I_{SC}	$T_A = 25^\circ C$	-	-100	-180	mA
OSCILLATOR SECTION						
Oscillation Frequency	f	$T_J = 25^\circ C$	47	52	57	kHz
Frequency Change with Voltage	$\Delta f/\Delta V_{CC}$	$12V \leq V_{CC} \leq 25V$	-	0.05	1	%
Oscillator Amplitude	V_{OSC}	-	-	1.6	-	V _{P-P}
ERROR AMPLIFIER SECTION						
Input Bias Current	I_{BIAS}	-	-	-0.1	-2	μA
Input Voltage	$V_{I(E>A)}$	$V_{pin1} = 2.5V$	2.42	2.50	2.58	V
Open Loop Voltage Gain	G_{VO}	$2V \leq V_O \leq 4V$ (Note3)	65	90	-	dB
Power Supply Rejection Ratio	$PSRR$	$12V \leq V_{CC} \leq 25V$ (Note3)	60	70	-	dB
Output Sink Current	I_{SINK}	$V_{pin2} = 2.7V$, $V_{pin1} = 1.1V$	2	7	-	mA
Output Source Current	I_{SOURCE}	$V_{pin2} = 2.3V$, $V_{pin1} = 5V$	-0.6	-1.0	-	mA
High Output Voltage	V_{OH}	$V_{pin2} = 2.3V$, $R_L = 15k\Omega$ to GND	5	6	-	V
Low Output Voltage	V_{OL}	$V_{pin2} = 2.7V$, $R_L = 15k\Omega$ to Pin 8	-	0.8	1.1	V
CURRENT SENSE SECTION						
Gain	G_V	(Note 1 & 2)	2.85	3	3.15	V/V
Maximum Input Signal	$V_{I(MAX)}$	$V_{pin1} = 5V$ (Note 1)	0.9	1	1.1	V
Power Supply Rejection Ratio	$PSRR$	$12V \leq V_{CC} \leq 25V$ (Note 1,3)	-	70	-	dB
Input Bias Current	I_{BIAS}	-	-	-3	-10	μA
OUTPUT SECTION						
Low Output Voltage	V_{OL}	$I_{SINK} = 20mA$	-	0.08	0.4	V
		$I_{SINK} = 200mA$	-	1.4	2.2	V
High Output Voltage	V_{OH}	$I_{SOURCE} = 20mA$	13	13.5	-	V
		$I_{SOURCE} = 200mA$	12	13.0	-	V
Rise Time	t_R	$T_J = 25^\circ C$, $C_L = 1nF$ (Note 3)	-	45	150	ns
Fall Time	t_F	$T_J = 25^\circ C$, $C_L = 1nF$ (Note 3)	-	35	150	ns
UNDER-VOLTAGE LOCKOUT SECTION						
Start Threshold	$V_{TH(ST)}$	UC3842/UC3844	14.5	16.0	17.5	V
		UC3843/UC3845	7.8	8.4	9.0	V
Min. Operating Voltage (After Turn On)	$V_{OPR(MIN)}$	UC3842/UC3844	8.5	10.0	11.5	V
		UC3843/UC3844	7.0	7.6	8.2	V

UC3842/UC3843/UC3844/UC3845

Electrical Characteristics (Continued)(V_{CC}=15V, R_T=10kΩ, C_T=3.3nF, T_A= 0°C to +70°C, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
PWM SECTION						
Max. Duty Cycle	D(Max)	UC3842/UC3843	95	97	100	%
	D(Max)	UC3844/UC3845	47	48	50	%
Min. Duty Cycle	D(MIN)	-	-	-	0	%
TOTAL STANDBY CURRENT						
Start-Up Current	I _{ST}	-	-	0.45	1	mA
Operating Supply Current	I _{CC(OPR)}	V _{pin3} =V _{pin2} =ON	-	14	17	mA
Zener Voltage	V _Z	I _{CC} = 25mA	30	38	-	V

Adjust V_{CC} above the start threshold before setting at 15V**Note:**

1. Parameter measured at trip point of latch
2. Gain defined as:

$$A = \frac{\Delta V_{pin1}}{\Delta V_{pin3}}, 0 \leq V_{pin3} \leq 0.8V$$

3. These parameters, although guaranteed, are not 100 tested in production.

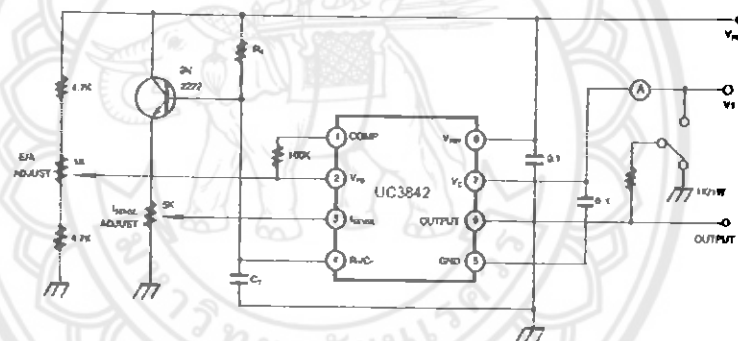


Figure 1. Open Loop Test Circuit

High peak currents associated with capacitive loads necessitate careful grounding techniques. Timing and bypass capacitors should be connected close to pin 5 in a single point ground. The transistor and 5kΩ potentiometer are used to sample the oscillator waveform and apply an adjustable ramp to pin 3.



FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR

QFET™

FQP7N80C/FQPF7N80C

800V N-Channel MOSFET

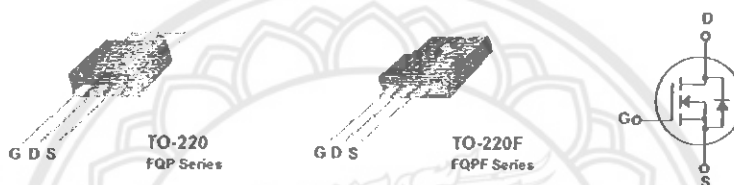
General Description

These N-Channel enhancement mode power field effect transistors are produced using Fairchild's proprietary, planar stripe, DMOS technology.

This advanced technology has been especially tailored to minimize on-state resistance, provide superior switching performance, and withstand high energy pulse in the avalanche and commutation mode. These devices are well suited for high efficiency switch mode power supplies.

Features

- 6.6A, 800V, $R_{DS(on)} = 1.9\Omega$ @ $V_{GS} = 10V$
- Low gate charge (typical 27 nC)
- Low C_{rss} (typical 10 pF)
- Fast switching
- 100% avalanche tested
- Improved dV/dt capability



Absolute Maximum Ratings

$T_C = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	FQP7N80C	FQPF7N80C	Units
V_{DS}	Drain-Source Voltage	800		V
I_D	Drain Current - Continuous ($T_C = 25^\circ\text{C}$)	6.6	6.6 *	A
	- Continuous ($T_C = 100^\circ\text{C}$)	4.2	4.2 *	A
I_{DM}	Drain Current - Pulsed (Note 1)	26.4	26.4 *	A
V_{GS}	Gate-Source Voltage	± 30		V
E_{AS}	Single Pulsed Avalanche Energy (Note 2)	580		mJ
I_{AR}	Avalanche Current (Note 1)	6.6		A
E_{AR}	Repetitive Avalanche Energy (Note 1)	16.7		mJ
dV/dt	Peak Diode Recovery dV/dt (Note 3)	4.5		V/ns
P_D	Power Dissipation ($T_C = 25^\circ\text{C}$)	167	56	W
	- Derate above 25°C	1.33	0.44	W/ $^\circ\text{C}$
T_J, T_{STG}	Operating and Storage Temperature Range	-55 to $+150$		$^\circ\text{C}$
T_L	Maximum lead temperature for soldering purposes, 1/8" from case for 5 seconds	300		$^\circ\text{C}$

* Drain current limited by maximum junction temperature

Thermal Characteristics

Symbol	Parameter	FQP7N80C	FQPF7N80C	Units
$R_{\theta JC}$	Thermal Resistance, Junction-to-Case	0.75	2.25	$^\circ\text{C/W}$
$R_{\theta JS}$	Thermal Resistance, Case-to-Sink Typ.	0.5	-	$^\circ\text{C/W}$
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	62.5	62.5	$^\circ\text{C/W}$

Electrical Characteristics

 $T_C = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min	Typ	Max	Units
--------	-----------	-----------------	-----	-----	-----	-------

Off Characteristics

BV_{DSS}	Drain-Source Breakdown Voltage	$V_{GS} = 0\text{ V}, I_D = 250\text{ }\mu\text{A}$	800	--	--	V
$\Delta BV_{DSS} / \Delta T_J$	Breakdown Voltage Temperature Coefficient	$I_D = 250\text{ }\mu\text{A}$, Referenced to 25°C	--	0.93	--	V/°C
I_{DSS}	Zero Gate Voltage Drain Current	$V_{DS} = 800\text{ V}, V_{GS} = 0\text{ V}$	--	--	10	μA
		$V_{DS} = 640\text{ V}, T_C = 125^\circ\text{C}$	--	--	100	μA
I_{GSSF}	Gate-Body Leakage Current, Forward	$V_{GS} = 30\text{ V}, V_{DS} = 0\text{ V}$	--	--	100	nA
I_{GSSR}	Gate-Body Leakage Current, Reverse	$V_{GS} = -30\text{ V}, V_{DS} = 0\text{ V}$	--	--	-100	nA

On Characteristics

$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	$V_{DS} = V_{GS}, I_D = 250\text{ }\mu\text{A}$	3.0	--	5.0	V
$R_{DS(on)}$	Static Drain-Source On-Resistance	$V_{DS} = 10\text{ V}, I_D = 3.3\text{ A}$	--	1.57	1.9	Ω
g_{FS}	Forward Transconductance	$V_{DS} = 50\text{ V}, I_D = 3.3\text{ A}$ (Note 4)	--	5.5	--	S

Dynamic Characteristics

C_{iss}	Input Capacitance	$V_{DS} = 25\text{ V}, V_{GS} = 0\text{ V}, f = 1.0\text{ MHz}$	--	1290	1650	pF
C_{oss}	Output Capacitance		--	120	155	pF
C_{rss}	Reverse Transfer Capacitance		--	10	13	pF

Switching Characteristics

$t_{D(on)}$	Turn-On Delay Time	$V_{DS} = 400\text{ V}, I_D = 6.6\text{ A}, R_G = 25\text{ }\Omega$	--	35	80	ns
t_r	Turn-On Rise Time		--	100	210	ns
$t_{D(off)}$	Turn-Off Delay Time		--	50	110	ns
t_f	Turn-Off Fall Time	(Note 4, 5)	--	60	130	ns
Q_g	Total Gate Charge	$V_{DS} = 640\text{ V}, I_D = 6.6\text{ A}, V_{GS} = 10\text{ V}$	--	27	35	nC
Q_{gs}	Gate-Source Charge		--	8.2	--	nC
Q_{gd}	Gate-Drain Charge	(Note 4, 5)	--	11	--	nC

Drain-Source Diode Characteristics and Maximum Ratings

I_S	Maximum Continuous Drain-Source Diode Forward Current		--	--	6.6	A
I_{SM}	Maximum Pulsed Drain-Source Diode Forward Current		--	--	26.4	A
V_{SD}	Drain-Source Diode Forward Voltage	$V_{GS} = 0\text{ V}, I_S = 6.6\text{ A}$	--	--	1.4	V
t_{rr}	Reverse Recovery Time	$V_{DS} = 0\text{ V}, I_S = 6.6\text{ A}$	--	650	--	ns
Q_{rr}	Reverse Recovery Charge	$dI_F / dt = 100\text{ A}/\mu\text{s}$ (Note 4)	--	7.0	--	μC

Notes:

1. Repetitive Rating. Pulse width limited by maximum junction temperature.
2. $L = 25\text{ mH}, I_{AS} = 6.6\text{ A}, V_{GS} = 50\text{ V}, R_G = 25\text{ }\Omega$, Starting $T_J = 25^\circ\text{C}$.
3. $I_{SD} \leq 8\text{ A}$, $dI/dt \leq 200\text{ A}/\mu\text{s}$, $V_{GS} \leq 8\text{ V}$, Starting $T_J = 25^\circ\text{C}$.
4. Pulse Test: Pulse width $\leq 300\text{ }\mu\text{s}$, Duty cycle $\leq 2\%$.
5. Essentially independent of operating temperature.

ประวัติผู้ดำเนินโครงการ



ชื่อ นายนพพล หมู่มาก

ภูมิลำเนา 284 หมู่ 13 ต.ท่าชัย อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสวรรคค่อนันต์วิทยา
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: j2omance11@hotmail.com

