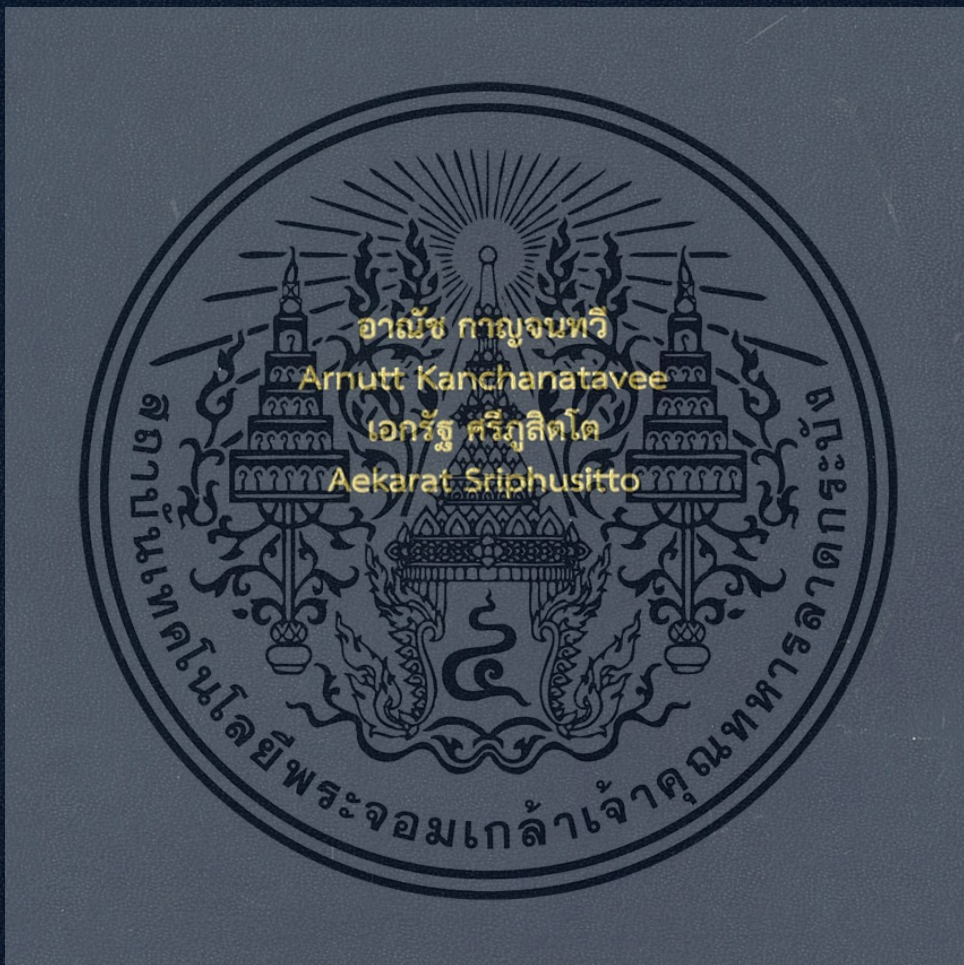


ตู้อบพลังงานร่วมแสงอาทิตย์
Incubator hybrid thermoelectric generator



รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาการประยุกต์วงจรรอิเล็กทรอนิกส์ 2
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตู้อบพลังงานร่วมแสงอาทิตย์

Incubator hybrid thermoelectric generator



T143941



นาย อาณัฐ กาญจนทวี รหัสนักศึกษา 55011465

นาย เอกรัฐ ศรีภูสิตโต รหัสนักศึกษา 55011490

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. จีรวัฒน์ ปานกลาง

๒๑๘๐๑๗๕

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 143941
วันเดือนปี 04 ต.ค. 2559

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาการประยุกต์วงจรรอิเล็กทรอนิกส์ 2

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานวิชาการประยุกต์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ 2 ปีการศึกษา 2558

สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง อบรมพลังงานร่วมแสงอาทิตย์ (Incubator Hybrid Thermolectric Generator)

ผู้จัดทำ นายอาณัษฏาญจนทวี รหัส 55011465

นายเอกรัฐ ศรีภูสิตโต รหัส 55011490

รายงานนี้ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว



..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. จิรวัดน์ ปานกลาง)

19 / พ.ค. / 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการ	ตู้อบพลังงานร่วมด้วยแสงอาทิตย์
นักศึกษา	นายอาณัษ กาญจนทวี 55011465 นายเอกรัฐ ศรีภูสิตโต 55011490
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา	2558
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ	รศ.จิรวัดน์ ปานกลาง

บทคัดย่อ

ความร้อนเป็นพลังงานที่ได้รับจากแสงอาทิตย์ตลอดเวลา เกษตรกรได้นำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์หลายด้านด้วยกันเช่น การถนอมอาหาร และการอบแห้ง อย่างไรก็ตามพลังงานความร้อนยังสามารถทำประโยชน์ได้อีกหลายอย่างดังนั้นปริญญาานิพนธ์นี้ได้ออกแบบระบบสร้างไฟฟ้ากระแสตรงจากความร้อนที่ได้จากตู้อบผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรด้วยแสงอาทิตย์โดยผ่านอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกเจนเนอเรเตอร์และนำเอากำลังงานที่ได้ไปประจุแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดขนาด 12V 10AH ซึ่งแปรกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกเจนเนอเรเตอร์นั้นขณะที่ความแตกต่างของอุณหภูมิเท่ากับ 30-40 องศา จะให้แรงดันขาออกเท่ากับ 0.5V ต่อเซลล์ซึ่งอุณหภูมิดังกล่าวคือความแตกต่างของอุณหภูมิในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์กับอุณหภูมิภายนอกนั่นเอง จากนั้นนำเทอร์โมอิเล็กทริกเจนเนอเรเตอร์มาอนุกรมกันเพื่อให้ได้แรงดันที่เหมาะสมและทำการเพิ่มแรงดันดังกล่าวให้มีค่าเพียงพอสำหรับประจุแบตเตอรี่ผ่านวงจรควบคุมการประจุ

Project Title Incubator hybrid thermoelectric generator
Student Mr.Arnutt kanchanatavee 55011465
Mr.Aekarat Sripusitto 55011490
Degree Bachelor of Engineering
Program Electronics Engineering
Year 2015
Project Advisor Assoc.Prof. Jirawath Parnklang

Abstract

Heat is one of the most abundant energy forms that our planet receives from the Sun at all time. This form of energy has been utilized in by farmer in number of ways such as dry agriculture product or preserves food. However multiple use of heat energy is not common in Thailand nowadays. Thus, this project aims to design a heat to electrical direct current system where agricultural products could be dry at the same time the heat in chamber could generate electricity via thermoelectric generator. The thermoelectric generator generates current from the different of temperature between incubator and ambient of 30-40 degree at 0.5V per cell. The voltage could be increase by connect generators in serial arrangement to match voltage requirement of intended circuit. The electricity current will be stored in a battery (12V, 10AH). Lead acid battery type will be used in this project as the charging pattern is volatile and temperature is high in normal operation where other types of battery are not suitable.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการและรายงานเรื่องตูบพลังงานแสงอาทิตย์นี้สามารถบรรลุสำเร็จตามเป้าหมายไปได้ด้วยดีนั้น เนื่องจากการสนับสนุนจากภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในการช่วยเหลือทั้งงบประมาณในการทำโครงการนี้ และให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่ต่างๆในการทำโครงการ รวมไปถึงการอนุญาตให้ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆที่เกี่ยวข้องในการทำทดลอง เพื่อให้ได้ข้อมูลรายงานฉบับนี้ขึ้นมา

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.จิรวัดน์ ปานกลาง ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษาชี้แนะแนวทางในการทำโครงการนี้ให้บรรลุสำเร็จตามเป้าหมาย และคอยให้ความช่วยเหลือในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นตลอดการทำงาน อย่างตั้งใจและเต็มที่ตลอดมา ท่านเป็นที่ปรึกษาที่ใจดี มีน้ำใจ รักลูกศิษย์ ยอมเสียสละเวลาอันมีค่าของท่าน เพื่อคอยให้คำแนะนำแนวทางในการปรับปรุงโครงการและพัฒนาโครงการให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้ท่านเป็นที่เคารพรักของพวกเราทุกคน

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ได้อบรมเลี้ยงดูและคอยให้ความช่วยเหลือ จนทำให้โครงการนี้สำเร็จขึ้นมาได้ และขอบคุณเพื่อนๆทุกคนในภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ที่คอยให้กำลังใจซึ่งกันและกัน และช่วยเหลือกันตลอดมา จนโครงการนี้สำเร็จร่ว้งด้วยดี

นายอาณัช กาญจนทวี
นายเอกรัฐ ศรีภูสิตโต
คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญรูป.....	VI
สารบัญตาราง.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 แนวคิดพื้นฐาน.....	1
1.2 ความมุ่งหมายของการศึกษา.....	1
1.3 สมมุติฐานของโปรเจค.....	1
1.4 องค์ประกอบของโครงการวิจัย.....	1
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....	3
2.1 อุปกรณ์กำเนิดพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานความร้อน.....	3
2.2 วงจรทบระดับแรงดันไฟฟ้าหรือวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์.....	5
2.2.1 เงื่อนไขการทำงานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์.....	5
2.2.2 หลักการทำงานของบูสต์คอนเวอร์เตอร์.....	6
2.2.3 ณะสวิตช์นำกระแส.....	6
2.2.4 ณะสวิตช์ไม่นำกระแส.....	7
2.2.5 การหาค่าความเหนี่ยวนำที่เล็กที่สุดของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์.....	10
2.2.6 ค่าระลอกคลื่นของแรงดันไฟฟ้าด้านออก.....	11
2.3 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ.....	12
2.4 วงจรมิตทริกเกอร์.....	17
2.5 แบตเตอรี่.....	21
2.5.1 การแบ่งประเภทของแบตเตอรี่ตะกั่วกรด.....	22
2.5.2 การชาร์จแบตเตอรี่.....	22
2.5.3 การใช้และเก็บอย่างถูกวิธี.....	23
2.5.4 อัตราการคายประจุ.....	23
2.5.5 อุณหภูมิกับอายุการใช้งาน.....	24
2.5.6 การเก็บรักษากับการคายประจุ.....	24
2.5.7 ข้อดีข้อเสียของแบตเตอรี่ตะกั่ว.....	24
2.5.8 คำศัพท์ในแบตเตอรี่.....	25

2.5.9	ข้อได้เปรียบของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว.....	26
บทที่ 3	การคำนวณและการออกแบบ.....	27
3.1	การออกแบบตู้.....	27
3.2	การผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก(เพลเทียร์).....	27
3.3	การออกแบบวงจรConverter และการคำนวณ(LM2577T-ADJ).....	28
3.3.1	การคำนวณหาค่าอุปกรณ์เหนี่ยวนำ(L).....	28
3.3.2	การเลือกตัวเก็บประจุขาออก.....	30
3.3.3	การเลือกใช้งานไดโอด.....	30
3.4	การออกแบบวงจรชาร์จและการตัดสินใจตามเงื่อนไขที่เหมาะสม.....	32
3.4.1	การออกแบบแรงดันอ้างอิง.....	32
3.4.2	การออกแบบเงื่อนไขวงจรในการชาร์จและหยุดชาร์จ.....	33
3.4.3	การออกแบบสัญญาณไฟLEDในการบอกสถานะต่างๆ.....	34
3.4.4	เงื่อนไขการทำงานของโหลดเมื่อแบตเตอรี่เต็มหยุดการทำงานเมื่อแบตเตอรี่อ่อน.....	35
3.4.5	การออกแบบส่วนป้องกันวงจร.....	36
บทที่ 4	การทดลองและผลการทดลอง.....	48
4.1	การทดสอบแผ่นเพลเทียร์ในขณะติดกับตู้บ และฮีทซิงค์.....	37
4.2	การทดสอบวงจรเริ่มแรงดัน(Step up converter).....	37
4.3	การทดลองแบตเตอรี่.....	42
4.3.1	การทดลองระยะเวลาการคายประจุของแบตเตอรี่.....	42
4.3.2	การทดลองวัดค่าแรงดันแบตเตอรี่พร้อมกับแหล่งจ่ายไฟ ขณะแบตเตอรี่เต็ม.....	43
4.3.3	การทดลองวัดค่าแรงดันแบตเตอรี่พร้อมกับแหล่งจ่ายไฟ ขณะแบตเตอรี่อ่อน.....	44
4.4	การทดลองวัดสัญญาณเข้าพุทของออปแอม.....	45
4.5	การทดลองตั้งกระแสของวงจรControl.....	46
บทที่ 5	สรุปผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	48
5.1	ตู้บจำลองและแผ่นเพลเทียร์.....	48
5.2	วงจรเพิ่มระดับแรงดัน.....	48
5.3	วงจรชาร์จและการตัดสินใจตามเงื่อนไข.....	48
5.4	แบตเตอรี่.....	49
ภาคผนวก	50
เอกสารอ้างอิง	51

สารบัญรูปภาพ

หน้า

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี
รูปที่

2.1 เทอร์โมอิเล็กทริก.....	3
2.2 แสดงการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริก.....	4
2.3 โครงสร้างของเทอร์โมอิเล็กทริก.....	4
2.4 วงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์.....	6
2.5 วงจรสมมูลเมื่อสวิตช์นำกระแส.....	6
2.6 แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ (ก).....	7
2.6 แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ (ข).....	7
2.7 วงจรสมมูลเมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส.....	7
2.8 อัตราการขยายแรงดันของวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์เมื่อมีการปรับเปลี่ยนค่า D.....	9
2.9 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราขยายแรงดันกับ D.....	10
2.10 กระแสไหลผ่านตัวเก็บประจุ.....	12
2.11 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณอย่างง่าย.....	13
2.12 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณที่มีการป้องกันอินพุต.....	13
2.13 วงจรตรวจจับผ่านศูนย์.....	14
2.14 วงจรดอปเฟอร์เรียนเซียล คอมพาราเตอร์.....	14
2.15 วงจรเปรียบเทียบแบบซิงเกิ้ลเอ็นที่มีระดับสัญญาณอ้างอิงคงที่ (ก).....	15
2.15 วงจรเปรียบเทียบแบบซิงเกิ้ลเอ็นที่มีระดับสัญญาณอ้างอิงคงที่ (ข).....	15
2.16 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณด้วยจุดสัญญาณเข้าที่ขั้วบวก (ก).....	15
2.16 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณด้วยจุดสัญญาณเข้าที่ขั้วบวก (ข).....	16
2.16 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณด้วยจุดสัญญาณเข้าที่ขั้วบวก (ค).....	16
2.17 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณด้วยจุดสัญญาณเข้าที่ขั้วลบ (ก).....	17
2.17 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณด้วยจุดสัญญาณเข้าที่ขั้วลบ (ข).....	17
2.17 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณด้วยจุดสัญญาณเข้าที่ขั้วลบ (ค).....	17
2.18 วงจรชมิททริกเกอร์.....	18
2.19 ลักษณะสมบัติการส่งถ่ายของวงจรถมิททริกเกอร์ (ก).....	19
2.19 ลักษณะสมบัติการส่งถ่ายของวงจรถมิททริกเกอร์ (ข).....	19
2.19 ลักษณะสมบัติการส่งถ่ายของวงจรถมิททริกเกอร์ (ค).....	19
2.20 สัญญาณในวงจรถมิททริกเกอร์.....	20
2.21 การเลื่อยเฟสสัญญาณของวงจรถมิททริกเกอร์.....	21

รูปที่

3.1 วงจร step up converter โดยใช้ LM2577-ADJ.....	28
3.2 ความสัมพันธ์ค่า E , T กับค่ากระแสสูงสุด.....	29
3.3 ตารางการเลือกใช้ไดโอด.....	31
3.4 การออกแบบแรงดันอ้างอิง.....	32
3.5 การออกแบบวงจรเปรียบเทียบแรงดันให้ชาร์จหรือหยุดชาร์จแบตเตอรี่.....	33
3.6 การออกแบบวงจรเปรียบเทียบแรงดันแสดงสถานะไฟLED.....	34
3.7 การออกแบบเงื่อนไขในการทำงานของโหลด.....	35
3.8 การออกแบบส่วนป้องกันวงจร.....	36
4.1 กราฟทดลองของแผ่นเพลทีร์ขณะติดกับตู้อบ.....	37
4.2 กราฟการทดลองขณะให้ $V_{in} = 3.5V$	39
4.3 กราฟการทดลองขณะให้ $V_{in} = 4V$	40
4.4 กราฟการทดลองขณะให้ $V_{in} = 4.5V$	41
4.5 กราฟการทดลองขณะให้ $V_{in} = 5V$	42
4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับแรงดันของแบตเตอรี่.....	43
4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V_{input} กับ $V_{battery}$ ขณะแบตเตอรี่เต็ม.....	44
4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V_{input} กับ $V_{battery}$ ขณะแบตเตอรี่อ่อน.....	45
4.9 กราฟสัญญาณที่ขาเอาพุทของออปแอมป์ที่1.....	46
4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันของDummy load.....	47

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

4.1	ช่วงเวลา 12.00 น. ซึ่งได้ค่า $T=30^{\circ}$	37
4.2.1	ผลการทดลองกระแสและแรงดันของวงจรเพิ่มระดับแรงดันที่ $V_{in} = 3V$	38
4.2.2	ผลการทดลองกระแสและแรงดันของวงจรเพิ่มระดับแรงดันที่ $V_{in} = 4V$	39
4.2.3	ผลการทดลองกระแสและแรงดันของวงจรเพิ่มระดับแรงดันที่ $V_{in} = 4.5V$	40
4.2.4	ผลการทดลองกระแสและแรงดันของวงจรเพิ่มระดับแรงดันที่ $V_{in} = 5V$	41
4.3.1	ผลการทดลองการคายประจุของแบตเตอรี่.....	42
4.3.2	ผลการทดลองขณะแบตเตอรี่เต็ม.....	43
4.3.3	ผลการทดลองขณะแบตเตอรี่อ่อน.....	44
4.5	ผลการทดลองการดึงกระแสของ Dummy Load	46



บทที่ 1

บทนำ

1.1 แนวคิดพื้นฐาน

แนวคิดโครงการของเรานี้ได้มาจากการสังเกตเห็นถึงการเกษตรกรรมในการทำผลไม้บอบแห้งที่จำเป็นจะต้องใช้ตู้อบ ซึ่งทำให้ในตู้อบมีพลังงานความร้อนมาก ดังนั้นเราจึงอยากนำพลังงานความร้อนที่ได้มานี้ นำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ ผนวกกับการรณรงค์ในการใช้พลังงานทางเลือกให้มากยิ่งขึ้น แทนการใช้พลังงานจากทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด เราจึงได้แนวคิดเป็นโครงการวิจัยนี้ออกมา

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

เรามุ่งหมายที่จะนำพลังงานทางเลือกต่างๆที่ได้มานี้มาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยการนำพลังงานที่มีอยู่แล้วยกตัวอย่างเช่น พลังงานจากแสงอาทิตย์ พลังงานความร้อน และพลังงานลม หรือที่เรียกว่าพลังงานสะอาดมาทำโครงการนี้ เพื่อทดแทนการใช้น้ำมันหรือก๊าซธรรมชาติในการผลิตไฟฟ้า เนื่องจากการใช้ตู้อบของเกษตรกรในยุคปัจจุบันได้ใช้พลังงานความร้อนเป็นจำนวนมาก ดังนั้นเพื่อไม่ให้พลังงานความร้อนนั้นเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ เราจึงได้เริ่มศึกษาถึงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากความร้อนนี้ เพื่อลดต้นทุนค่าใช้จ่ายการใช้พลังงานไฟฟ้าของเกษตรกรในด้านอื่นๆ พลังงานไฟฟ้าที่เราได้ทำการศึกษานี้อาจจะไม่ได้มากพอที่จะใช้ทดแทนพลังงานทั้งหมดภายในพื้นที่การเกษตร แต่สามารถที่จะช่วยลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรได้บ้าง

1.3 สมมุติฐานของโครงการ

จากสมมุติฐานที่เราได้ตั้งไว้ของโครงการนี้ คือการนำตู้อบไปไว้ในที่ ที่มีแสงแดดมากเพียงพอเพื่อเอาไปไว้ในกรอบผลไม้แห้ง และเราก็จะใช้พลังงานจากความร้อนที่อยู่ในตู้อบนี้ แปลงเป็นพลังงานทางไฟฟ้าเพื่อนำไปใช้งานในทันที หรือนำไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่เพื่อนำไปใช้งานในภายหลังได้

1.4 องค์ประกอบของโครงการวิจัย

โครงการวิจัยนี้ประกอบไปด้วยส่วนหลักๆ 5 ส่วน

1. ตู้อบผลไม้แห้งแบบจำลอง
2. แผ่น Thermo Electric Generator (TEG)
3. วงจรเพิ่มระดับแรงดัน (Boost Converter)
4. วงจรการตัดสินใจตามเงื่อนไขที่เหมาะสม (Charger Control Circuit)
5. แบตเตอรี่

1.5 ประโยชน์ที่คิดว่าจะได้รับ

จากการที่ได้ศึกษาและทำการทดลองเกี่ยวกับโครงการวิจัยนี้ เราสามารถนำโครงการนี้ไปพัฒนาต่อยอด เพื่อช่วยประหยัดทรัพยากรทางธรรมชาติ และทำให้ประเทศชาติก้าวหน้าได้ โดยเอกสารโครงการวิจัยนี้สามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรได้โดยการนำไฟฟ้าที่ได้จากโครงการวิจัยนี้มาใช้ ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาใช้แทนไฟฟ้าที่ได้จากการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด และคิดว่าจะสามารถช่วยทำให้โลกเราน่าอยู่มากยิ่งขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี

2.1 อุปกรณ์กำเนิดพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานความร้อน (Thermo Electric Generator)

ในส่วนของแหล่งจ่ายพลังงานนี้ในวงจรประจุแบบเตอรีประจุแบบเตอรีด้วยพลังงานความร้อนจากระบบระบายความร้อนเครื่องยนต์จะเลือกใช้ "เทอร์โมอิเล็กทริก" ในการจ่ายพลังงาน ไฟฟ้า ซึ่งจะนำแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกด้านร้อนประกบกับหม้อน้ำ ของรถจักรยานยนต์ และส่วนของ ด้านเย็นจะประกบกับ Heat sink เพื่อระบายความร้อนส่วนเกินออกไป

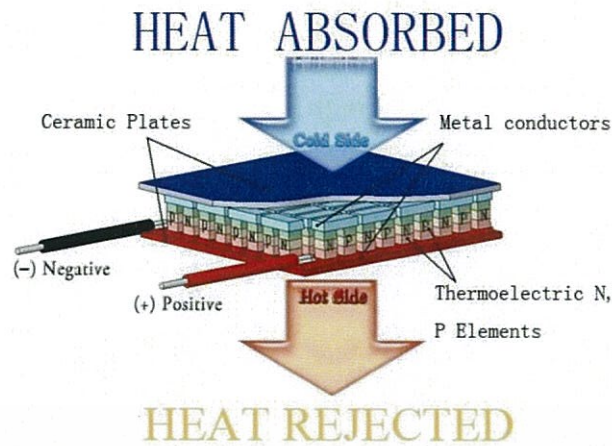
โครงสร้างและหลักการทำงานของเพลเทียร์ (Peltier) โครงสร้างเบื้องต้นของอุปกรณ์เพลเทียร์ประกอบด้วยสารชนิดเอ็น (N-type) และ (P-type) ของบิสมัทเทลลูไรด์ (สร้าง มาจากสารผสมบิสมัท (Bi) กับเทลลูเรียม (Te) วางลงบนฐานรองเซรามิก) ที่ สร้างเป็นรูปลูกเต๋าเล็กๆจำนวนมากแล้วนำเอาแผ่นเซรามิกมาประกบไว้ทั้งสองด้านในขณะที่สารพีและเอ็นซึ่งทำเป็นเนื้ออัลลอยส์ระหว่างบิสมัท (Bismuth) และเทลลูเรียม (Tellurium) ทั้งสองมีความต่างในความหนาแน่น ของอิเล็กตรอนอิสระที่อุณหภูมิต่างกันลูกเต๋า ชนิดพีเป็นโลหะที่มีอิเล็กตรอนไม่พอเพียง (Deficiency of electrons) ในขณะที่ลูกเต๋าด้านเอ็นเป็นโลหะที่มีอิเล็กตรอนหนาแน่นมากจนเหลือเฟือ (Excess of electrons)



รูปที่ 2.1 เทอโมอิเล็กทริก (Peltier)

เมื่อกระแสไหลผ่านตัวโมดูลมันจะพยายามสร้างคุณภาพ (Attempts to establish) ขึ้นในมวลภายในกระแสที่กระทำกับสารชนิดพีทำให้จังก์ชันเกิดความร้อนขึ้นต้องการทำให้เกิดความเย็นและสารชนิดเอ็นเกิดความร้อนขึ้นต้องการทำให้เกิดความร้อนทั้งนี้เพื่อดำรงคุณภาพตัวเองไว้ให้ได้เมื่ออุปกรณ์นี้ทำงานในระดับอุณหภูมิเดียวกันทำให้ด้านที่เกิดความร้อนเพิ่มขึ้นและด้านที่เกิดความเย็นมีความเย็นมากขึ้น

โดยทั่วไปเพลเทียร์ทำงานด้วยกระแส 4-10 แอมป์ที่แรงดันไฟ 12 โวลต์ แต่ในการผลิตเพื่องานอุตสาหกรรมผลิตเพลเทียร์ให้ทำงานด้วยกระแส 100 แอมป์ หรือมากกว่านี้



รูปที่ 2.2 แสดงการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริก

จากคุณสมบัติข้างต้น เทอร์โมอิเล็กทริกประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำสองชนิดคือสาร N-Type และสาร P-Type ซึ่งต่ออนุกรมกันทางไฟฟ้าและต่อขนานกันทางความร้อน ดังนั้น การผลิตพลังงานไฟฟ้า จะเกิดขึ้นเมื่อป้อนพลังงานความร้อนเข้าที่ด้านหนึ่งของเทอร์โมอิเล็กทริกและควบคุมอุณหภูมิอีกด้านหนึ่งไว้ที่ระดับต่ำกว่าโดยใช้ตัวระบายความร้อน ผลของอุณหภูมิที่ต่างกันจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลได้ถ้ามีภาระทางไฟฟ้าต่ออยู่ภายนอกทำให้วงจรสมบูรณ์ แรงดันและกำลังงานที่เทอร์โมอิเล็กทริกผลิตได้นั้นจะขึ้นอยู่กับพลังงานความร้อนที่ได้รับ ระบบระบายความร้อน และจำนวนของโมดูลที่นำมาต่อรวมกัน



รูปที่ 2.3 โครงสร้างของเทอร์โมอิเล็กทริก

เมื่อต่อกันครบวงจร ดังรูปที่ 2.3 P-type จะดูดอิเล็กตรอนเข้ามาทางขวา ซึ่งมีอยู่ตรง รอยต่อ (Junction) ทำให้ด้านขวามีเป็นเมื่อโปรตอนจากความร้อนมากระทบ จะทำให้ประจุบวกลบ ซึ่งเป็นกลางแยกออกจากกัน เรียกว่า Hole-Pair ทำให้ประจุลบจากขวาวิ่งผ่านรอยต่อไปทางซ้าย เป็นการเคลื่อนที่ของประจุลบ ซึ่มีนาฬิกา) ทำให้เกิดทวน) กระแสไฟฟ้าเคลื่อนที่ไปในทิศสวนกลับ คือ ตามเข็มนาฬิกา เทอร์โมอิเล็กทริกสามารถเปลี่ยนพลังงานความร้อนให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดย สมการการถ่ายเทความร้อนที่ด้านเย็นหรือด้านร้อนตามสมการที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q_c = (\alpha T_c - 0.5 I^2 R - K_f \Delta T) \quad (2.1)$$

โดยที่	Q_c/Q_h คือ	ปริมาณความเย็นหรือความร้อนที่ให้กับเทอร์โมอิเล็กทริก (W)
	α คือ	สัมประสิทธิ์ของซีเบ็ค (V/K)
	ΔT คือ	ผลต่างระหว่างอุณหภูมิด้านร้อนและอุณหภูมิด้านเย็น (K)
	R คือ	ความต้านทานไฟฟ้าของเทอร์โมอิเล็กทริก
	I คือ	กระแสไฟฟ้า(A)
	T_c/T_h คือ	อุณหภูมิด้านเย็นหรือด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก (K)
	K_t คือ	ค่าสภาพนำความร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก (Watt/cm-K)

และจะได้ค่ากำลังเอาต์พุต คือ

$$P_{out} = I^2 R_L \quad (2.2)$$

โดยที่ R_L คือ ไฟฟ้าความต้านทานโหลดและจะได้ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต คือ

$$V = \alpha \Delta T = (R + R_L) I \quad (2.3)$$

$$I = \alpha \Delta T / (R + R_L) \quad (2.4)$$

$$P_{out} = R_L (\alpha \Delta T)^2 / (R + R_L) \quad (2.5)$$

2.2 วงจรทบระดับแรงดันไฟฟ้า (Boost Converter)

วงจรทบระดับแรงดันไฟฟ้าหรือวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ คือ วงจรที่ทำการเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าด้านออกให้สูงกว่าแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า ที่เรียกว่าวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ (boost converter) ก็เพราะแรงดันไฟฟ้าด้านออกสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าด้านเข้านั่นเอง

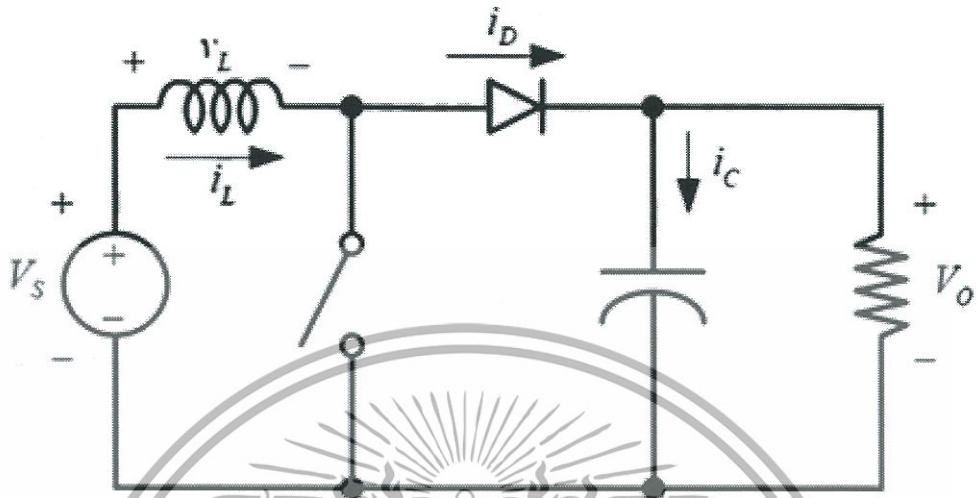
2.2.1 เงื่อนไขการทำงานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์

การวิเคราะห์การทำงานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์แสดงในรูปที่ 2.4 ในช่วงสภาวะอยู่ตัว จะมีการกำหนดเงื่อนไขในการทำงานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์เช่นเดียวกับกับ วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ดังนี้

- 1) กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละคาบ จะมีค่าเท่ากัน และมีค่าเป็นบวกเสมอ
- 2) แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบจะเท่ากับศูนย์ หมายถึงผลรวมของผลคูณระหว่างแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำกับเวลา ในแต่ละคาบเท่ากับศูนย์
- 3) ตัวเก็บประจุมีขนาดใหญ่ทำให้แรงดันไฟฟ้าด้านออกมีค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 4) กำลังไฟฟ้าด้านเข้ากับกำลังไฟฟ้าด้านออก กรณีนี้ไม่คำนึงถึงการสูญเสียเนื่องจากการ
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานของวงจร โดยกำหนดให้อุปกรณ์ทุกตัวเป็นอุดมคติ ทำให้สามารถสรุปได้ว่า ประสิทธิภาพของวงจรเป็นหนึ่งร้อยเปอร์เซ็นต์



ร

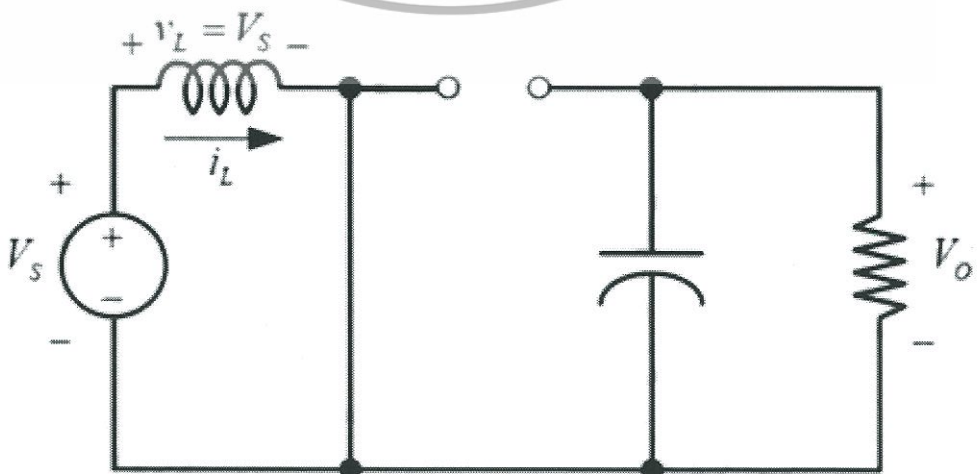
รูปที่ 2.4 บุกต์คอนเวอร์เตอร์

2.2.2 หลักการทำงานของบุกต์คอนเวอร์เตอร์

เพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าด้านออกตามต้องการ จะเริ่มต้นจากข้อกำหนดที่ว่า แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบเวลาเท่ากับศูนย์ และสามารถหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำได้โดยวิเคราะห์การทำงานของสวิตช์ในแต่ละโหนด ทั้งนี้การทำงานต้องอยู่ในช่วงสภาวะอยู่ตัว

2.2.3 ขณะสวิตช์นำกระแส

จากรูปที่ 2.5 กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจะไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ โดยผ่านสวิตช์ ขณะเดียวกันไดโอดจะถูกย้อนกลับทำให้ไม่สามารถนำกระแสได้ดังแสดงในรูปที่ 2.5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีสอนเพื่อจุดประสงค์ในการนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกฎของเคอร์ชอฟจะได้สมการของแรงดันไฟฟ้างดังนี้

$$-V_s + V_L = 0 \tag{2.6}$$

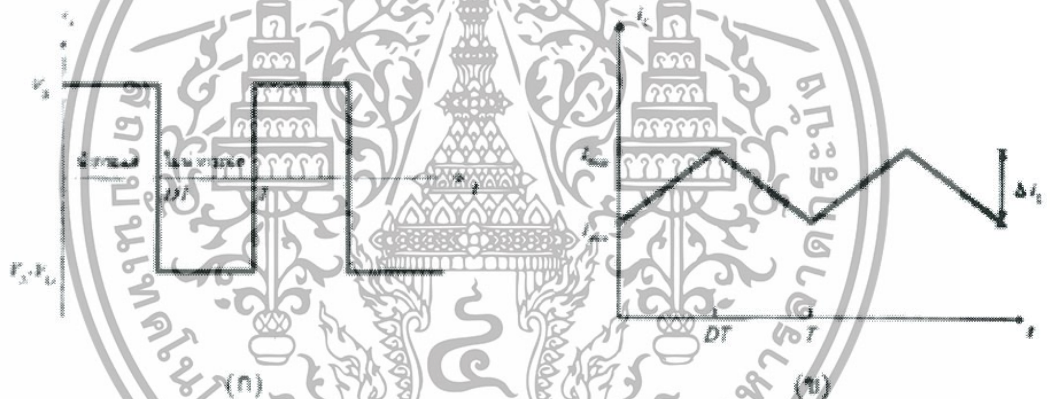
$$V_s = V_L = L \frac{di_L}{dt} \tag{2.7}$$

ขณะที่สวิตช์ นำกระแส $dt = DT$ เมื่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสคงที่อาจจะถือว่าการเพิ่มของกระแสไฟฟ้าเป็นเชิงเส้น ทำให้สามารถคำนวณได้จาก

$$\frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{\Delta i_L}{DT} = \frac{V_s}{L} \tag{2.8}$$

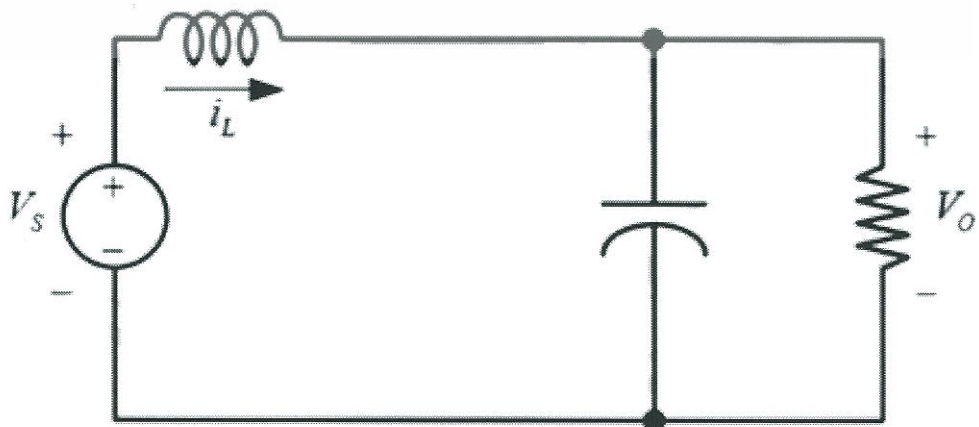
$$\Delta i_{L, on} = \frac{V_s DT}{L} \tag{2.9}$$

$\Delta i_{L, on}$ หมายถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าในตัวเหนี่ยวนำขณะสวิตช์นำกระแส



รูปที่ 2.6 (ก) แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ (ข) กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ

2.2.4 ขณะสวิตช์ไม่นำกระแส



รูปที่ 2.7 วงจรสมมูลเมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสวิตช์ไม่นำกระแสไฟฟ้าในตัวเหนี่ยวนำจะเปลี่ยนแปลงทันทีทันใดไม่ได้โอดจะ ถูกไบอัสไปหน้าให้นำกระแส ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำอย่างต่อเนื่อง สมมติแรงดันไฟฟ้าที่ด้านออกมีค่าคงที่ จากกฎของเคอร์ชอฟฟ์จะได้สมการของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำดังนี้

$$-V_s + v_L + V_o = 0 \quad (2.10)$$

$$V_s - V_o = 0$$

$$V_L = L \frac{di_L}{dt}$$

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_s - V_o}{L} \quad (2.11)$$

ขณะสวิตช์ไม่นำกระแส $dt = (1-D)T$ อัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำมีค่าคงที่ และจะถือว่าการลดลงของกระแสเป็นเชิงเส้นดังรูปที่ 2.6 (ข) ทำให้สามารถคำนวณได้จาก

$$\Delta i_{L, off} = \frac{V_s - V_o}{L} (1-D)T \quad (2.12)$$

ที่สภาวะอยู่ตัว การเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำสุทธิมีค่าเท่ากับ ศูนย์จากสมการที่ (2.9) และสมการที่ (2.12) จะได้ว่า

$$\Delta i_{L, off} + \Delta i_{L, on} = 0 \quad (2.13)$$

$$\frac{V_s}{L} DT + \frac{(V_s - V_o)(1-D)T}{L} = 0 \quad (2.14)$$

$$V_s D + (V_s - V_o)(1-D) = 0$$

$$V_s D + V_s V_s D - V_o + V_o D = 0$$

$$V_s - V_o(1-D) = 0$$

$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{1}{1-D} \quad (2.15)$$

จากการหาความสัมพันธ์ ของอัตราส่วนของแรงดันไฟฟ้าด้านนอกต่อแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า ที่ เรียกว่า อัตราการขยายแรงดัน สามารถหาได้โดยวิธีง่าย ๆ โดยใช้สมการแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบซึ่งจะมีค่าเท่ากับศูนย์ และได้ผลเช่นเดียวกับสมการที่ (2.16) ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เขียนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_{L,av} = v_{L,on}(t_{on}) + v_{L,off}(t_{off}) = 0 \quad (2.16)$$

จากสมการที่ (2.7) $V_{L,on} = V_s$

จากสมการที่ (2.11) $V_{L,off} = V_s - V_o$

$$V_{L,av} = (V_s)(t_{on}) + (V_s - V_o)(t_{off}) = 0$$

$$(V_s)DT + (V_s - V_o)(1 - D)T = 0$$

$$V_s D + (V_s - V_o)(1 - D) = 0$$

$$V_s D + V_s - V_s D - V_o + V_o D = 0$$

$$V_s D + V_o(1 - D) = 0$$

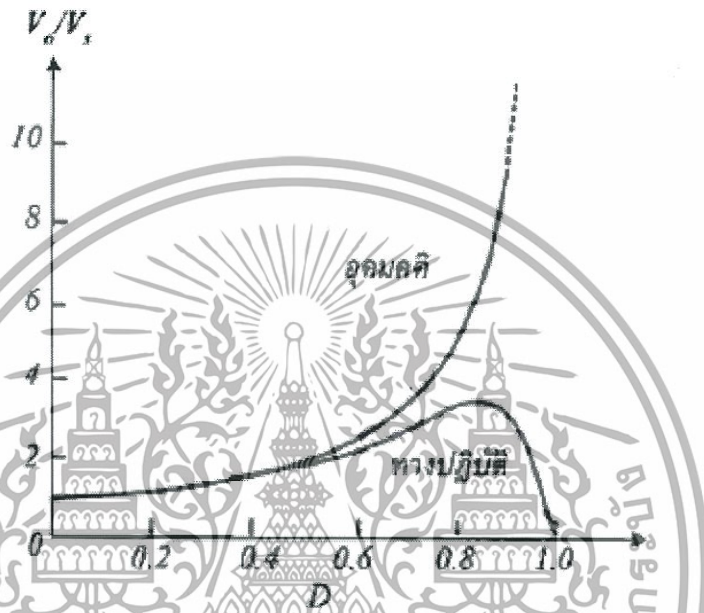
$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{1}{1 - D} \quad (2.17)$$

การได้มาซึ่งสมการอัตราส่วนของแรงดันไฟฟ้าทางด้านออกต่อแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า จากสมการที่ (2.15) หรือ (2.17) แท้จริงแล้วมีหลักการทำงานอันเดียวกัน ทำให้สามารถคำนวณค่าอัตราส่วนของแรงดันไฟฟ้าด้านออกต่อแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าได้จากการปรับค่าของ D ดังแสดงใน รูปที่ 2.8

Duty ratio (D)	อัตราขยายแรงดัน (Voltage gain) (V_o/V_s)
0.0	1.00
0.1	1.10
0.2	1.25
0.3	1.43
0.4	1.67
0.5	2.00
0.6	2.50
0.7	3.33
0.8	5
0.9	10
1.0	Infinity

รูปที่ 2.8 อัตราการขยายแรงดันของวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์เมื่อมีการปรับเปลี่ยนค่า D
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ 2.9 เมื่อค่า D เพิ่มขึ้นค่าอัตราการขยายแรงดันไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นแบบไม่เป็นเชิงเส้น ในทางปฏิบัตินิยมปรับอัตราการขยายแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 4 เท่า ทั้งนี้ เพื่อให้วงจรมีความเสถียรภาพ โดยอัตราการขยายแรงดันต่ำสุดคือหนึ่งหรือแรงดันไฟฟ้าด้านออกเท่ากับแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าในทางทฤษฎี แต่ในทางปฏิบัติแรงดันไฟฟ้าด้านออกจะน้อยกว่าแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าเล็กน้อย เนื่องจากมีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมไดโอด และตัวอุปกรณ์สวิตช์



รูปที่ 2.9 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการขยายแรงดันกับ D

2.2.5 การหาค่าความเหนี่ยวนำที่เล็กที่สุดของวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์

สมมติการสูญเสียภายในวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์มีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้นกำลังไฟฟ้าที่ออกจากแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงจะเท่ากับกำลังไฟฟ้าที่โหลดได้รับ เงื่อนไขนี้ จะได้

$$P_s = P_o = V_o^2 / R \tag{2.18}$$

$$P_s = V_s I_s = V_s I_L \tag{2.19}$$

$$\frac{V_o^2}{R} = V_s I_L$$

$$V_o = \frac{V_s}{1-D}$$

$$V_s I_L = \frac{\left(\frac{V_s}{1-D}\right)^2}{R}$$

$$I_L = \frac{V_s}{(1-D)^2 R} \tag{2.20}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำสูงสุดและต่ำสุดสามารถคำนวณ หาได้จากค่าเฉลี่ย และการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้า ในช่วงเวลาที่สวิตช์นำกระแส ดังในสมการ

$$\Delta I_{L,on} = \frac{V_s DT}{L}$$

ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำสูงสุดและต่ำสุดคือ

$$I_{L,max} = i_L + \frac{\Delta I}{2}$$

$$I_{L,max} = \frac{V_s}{(1-D)^2 R} + \frac{1}{2} \left(\frac{V_s DT}{L} \right) \quad (2.21)$$

$$I_{L,min} = \frac{V_s}{(1-D)^2 R} - \frac{1}{2} \left(\frac{V_s DT}{L} \right) \quad (2.22)$$

สมมติให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำเป็นแบบต่อเนื่องและมีค่าเป็นบวก ดังนั้นจะหาค่าความเหนี่ยวนำที่เล็กที่สุด ที่ทำให้วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ทำงานได้ในขอบเขตระหว่าง โหมดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำเป็นแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง สามารถคำนวณหาได้ จากการกำหนดให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำมีค่าเป็นศูนย์ดังสมการที่ (2.23)

$$I_{L,min} = \frac{V_s}{(1-D)^2 R} - \frac{1}{2} \left(\frac{V_s DT}{L} \right) = 0 \quad (2.23)$$

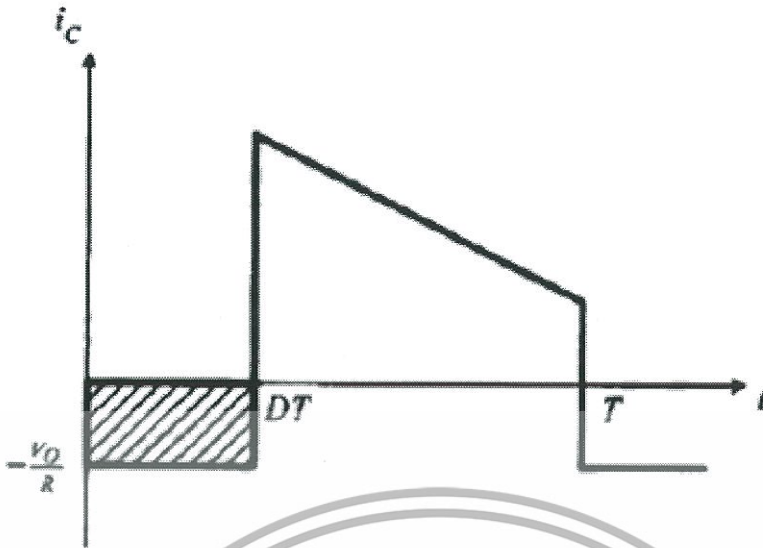
$$\frac{V_s}{(1-D)^2 R} = \frac{1}{2} \left(\frac{V_s DT}{L} \right)$$

$$I_{min} = \frac{D(1-D)^2 R}{2f} \quad (2.24)$$

การปรับค่าความเหนี่ยวนำที่เล็กที่สุด จากสมการที่ (2.24) สามารถทำได้โดยการปรับที่ค่า D หรือค่าความต้านทานโหลด R หรือค่าความถี่ของการสวิตซ์ f

2.2.6 ค่าระลอกคลื่นของแรงดันไฟฟ้าด้านออก

การที่มีตัวเก็บประจุที่มีขนาดใหญ่จะสามารถรักษาให้แรงดันไฟฟ้าด้านออกคงที่ แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถเลือกใช้ตัวเก็บประจุที่มีขนาดใหญ่มาๆ ได้เนื่องจากมีราคาแพงและใช้พื้นที่มาก จึงเลือกใช้ตัวเก็บประจุที่มีขนาดเหมาะสม และค่าระลอกคลื่นของแรงดันไฟฟ้าด้านออกอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ การคำนวณหาค่าระลอกคลื่นของแรงดันไฟฟ้าด้านออกจาก ยอดถึงยอด สามารถหาได้จากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 กระแสไหลผ่านตัวเก็บประจุ

$$|\Delta Q| = C\Delta V_o = I_o\Delta t_{on} \quad (2.25)$$

$$I_o = \frac{V_o}{R}$$

$$\Delta t_{on} = DT$$

$$\Delta V_o = \frac{I_o\Delta t_{on}}{C} = \frac{V_oDT}{RC}$$

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{DT}{RC}$$

$$(2.26)$$

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{D}{RCf}$$

$$(2.27)$$

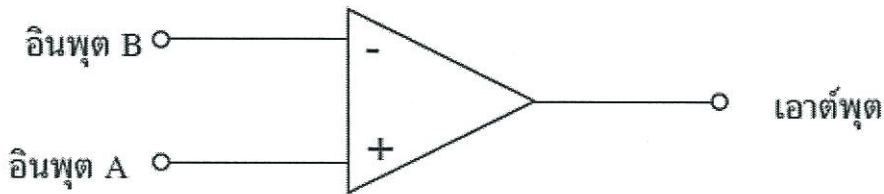
เมื่อต้องการจะลดอัตราระลอกคลื่นของแรงดันไฟฟ้าด้านออก จะทำได้โดยการลดค่า D ให้เข้าใกล้ศูนย์ หรือการเพิ่มค่าโหลด หรือเพิ่มค่าของตัวเก็บประจุหรือเพิ่มค่าความถี่ในการสวิตซ์ให้สูงขึ้น

2.3 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ (Comparator Circuit)

วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ (Comparator) เป็นวงจรที่มีบทบาทสำคัญในการควบคุมการทำงานของระบบในงานวิจัยนี้ ดังนั้นในบทนี้จึงได้นำ วงจรเปรียบเทียบสัญญาณมาอธิบายหลักการทำงานด้วยพอสั่งเซป

ในการเปรียบเทียบสัญญาณแรงดันนี้ โดยมากจะใช้โอปแอมป์ (Op-Amp) มาเป็นตัวแสดงผลซึ่งสถานะเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณจะสามารถบอกได้ว่าสัญญาณอินพุตสองสัญญาณ สัญญาณใดมีค่ามากหรือน้อยกว่ากัน ดังนั้นวงจรเปรียบเทียบสัญญาณจึงเป็นวงจรที่มีอินพุตเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสัญญาณอนาล็อก(Analog) และมีเอาต์พุตเป็นสัญญาณดิจิทัล (Digital) ลักษณะของวงจรเปรียบเทียบกับสัญญาณอย่างง่ายแสดงดังในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณอย่างง่าย

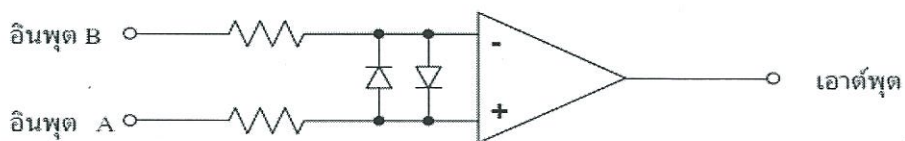
จากรูปที่ 2.11 จะได้ว่าแรงดันเอาต์พุตของวงจร V_o จะมีค่าเป็น

$$V_o = (V_{inA} - V_{inB})A_{vol} \quad (2.28)$$

โดยที่ A_{vol} คืออัตราขยายแรงดันเปิดลูป (Open-loop Voltage Gain) ของออปแอมป์ส่วน V_{inA} และ V_{inB} เป็นค่าแรงดันจากอินพุต A และ B ตามลำดับ เมื่อเทียบกับจุดกราวด์จะได้ว่า ถ้า V_{inA} มีค่ามากกว่า V_{inB} เทอมในวงเล็บในสมการ (2.1) จะมีค่าเป็นบวกและออปแอมป์ในอุดมคติจะให้แรงดันเอาต์พุตเป็นค่าบวกอนันต์ (Infinity) ถ้า V_{inA} มีค่าน้อยกว่า V_{inB} แล้ว เทอมในวงเล็บของสมการตัวนี้จะมีค่าเป็นลบ และออปแอมป์ในอุดมคติจะให้แรงดันเอาต์พุตเป็นค่าลบอนันต์ แต่ในทางปฏิบัติแรงดันเอาต์พุตนี้ถูกจำกัดโดยแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงและวงจรภายในของออปแอมป์ซึ่งค่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้ จะมีค่าน้อยกว่าแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงประมาณ 1 โวลต์ และเรียกค่าแรงดันนี้ว่า แรงดันอิ่มตัว (Saturation Voltage : V_{SAT}) ดังนั้นถ้าสมมติว่า แหล่งจ่ายไฟเลี้ยงมีค่าเป็น ± 15 โวลต์ แล้ว V_{SAT+} ที่ได้จะมีค่าเท่ากับ ± 14 โวลต์ และ V_{SAT-} จะมีค่าเท่ากับ -14 โวลต์ แต่ในกรณีที่แหล่งจ่ายไฟเลี้ยงมีขั้วเดียว (Unipolar) เช่น $+30$ โวลต์ จะได้ค่า V_{SAT+} ประมาณ $+29$ โวลต์ และจะมีค่าและ V_{SAT-} ประมาณ $+1$ โวลต์ ดังนั้นจากที่กล่าวมาข้างต้นจะพบว่าค่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณจึงมีสองสถานะคือ

$$V_{out} = \begin{cases} V_{SAT+} ; V_{inA} > V_{inB} \\ V_{SAT-} ; V_{inA} < V_{inB} \end{cases} \quad (2.29)$$

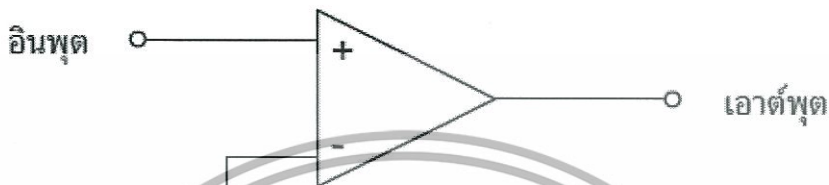
รูปแบบหนึ่งของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน ที่นำมาใช้งานมีลักษณะดังรูปที่ 2.12 วงจรตามรูปนี้มีการนำความต้านทานและไดโอดต่อเพิ่มเข้ามาที่ขาอินพุตของวงจรเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายกับวงจรภาคอินพุตของออปแอมป์ เมื่อผลต่างแรงดันอินพุตมีค่ามากเกินไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้นหากนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

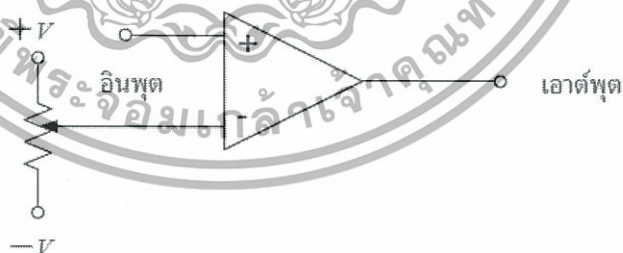
การประยุกต์ใช้วงจรเปรียบเทียบสัญญาณที่พบบ่อยๆ เช่น นำ มาใช้เพื่อแสดงว่าสัญญาณอินพุตที่เข้ามามีค่ามากหรือน้อยกว่าศูนย์ โดยวงจรเปรียบเทียบสัญญาณที่ทำงานหน้าที่เช่นนี้เรียกว่า วงจรตรวจจับผ่านศูนย์ (Zero Crossing Detector) ซึ่งการต่อวงจรมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2.13 นั่นคือจะมีขั้วอินพุตขั้วใดขั้วหนึ่งถูกป้อนอินพุตให้มีค่าระดับสัญญาณเป็นศูนย์หรือต่อลงกราวด์นั่นเอง

(Voltage Reference : V_{ref}) ให้กับวงจรเปรียบเทียบนี้



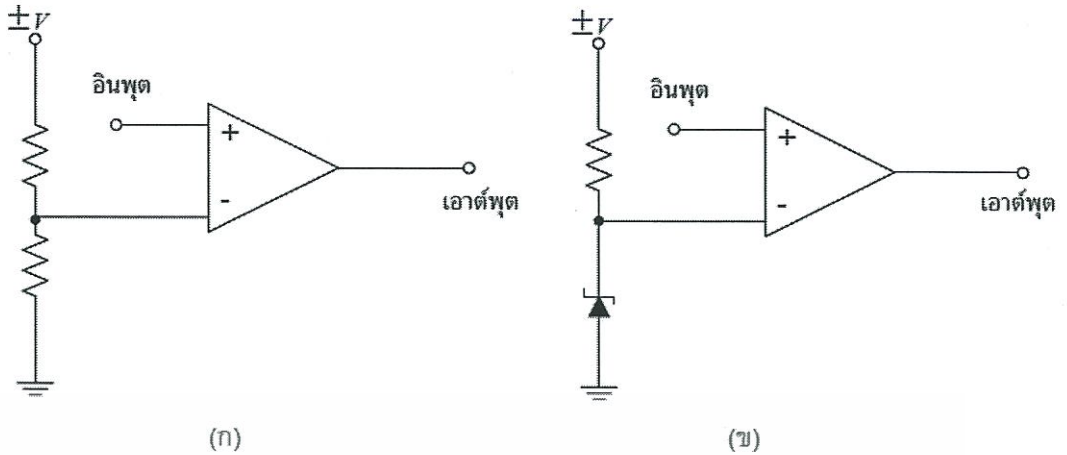
รูปที่ 2.13 วงจรตรวจจับผ่านศูนย์

ปกติโดยทั่วไปแล้วค่าระดับแรงดันอินพุตที่ใช้สำหรับอ้างอิง ไม่จำเป็นจะต้องมีค่าเท่ากับ 0 โวลต์เสมอไป ทั้งนี้อาจจะมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าศูนย์ก็ได้ และอาจจะเป็นระดับแรงดันอ้างอิงที่มีค่าคงที่ หรือมีค่าเปลี่ยนแปลงตามเวลาก็ได้ สำหรับวงจรเปรียบเทียบที่มีแรงดันอ้างอิงเป็นสัญญาณที่มีค่าเปลี่ยนแปลงตามเวลาได้นี้เรียกว่า วงจรเปรียบเทียบสัญญาณแบบผลต่างหรือ ดิฟเฟอเรนเชียล คอมพาราเตอร์ (Differential Comparator) ซึ่งวงจรมีลักษณะดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 วงจรดิฟเฟอเรนเชียล คอมพาราเตอร์

ส่วนในกรณีที่สัญญาณแรงดันมีค่าเป็นศูนย์ หรือเป็นระดับใดๆที่มีค่าคงที่ เรียกว่า วงจรเปรียบเทียบแบบซิงเกิลเอนด์ (Single-ended Comparator) ตัวอย่างวงจรในกรณีนี้มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 วงจรเปรียบเทียบแบบซิงเกิลเอ็นทีมีระดับสัญญาณแรงดันอ้างอิงคงที่

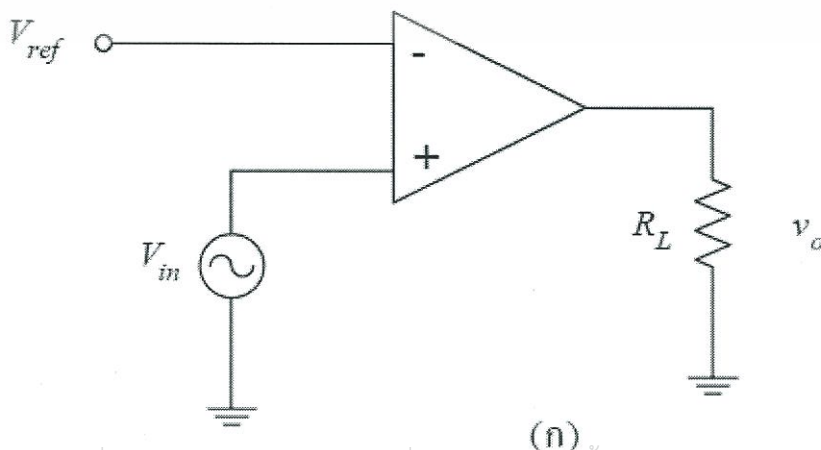
สำหรับวงจรเปรียบเทียบสัญญาณในรูปที่ 2.15 (ก) จะนำ ความต้านทานมาแบ่งแรงดันเพื่อใช้เป็นระดับสัญญาณอ้างอิง ส่วนวงจรตามรูปที่ 2.15(ข) ระดับสัญญาณแรงดันอ้างอิงได้มาจากแรงดันที่ตกคร่อมซีเนอร์ไดโอด (Zener Diode) นั้นเอง

ในการเปรียบเทียบสัญญาณของวงจรเปรียบเทียบสามารถพิจารณาได้ 2 ลักษณะที่แตกต่างกันดังนี้คือ

1. การเปรียบเทียบสัญญาณด้วยจุดสัญญาณเข้าที่ขั้วบวก

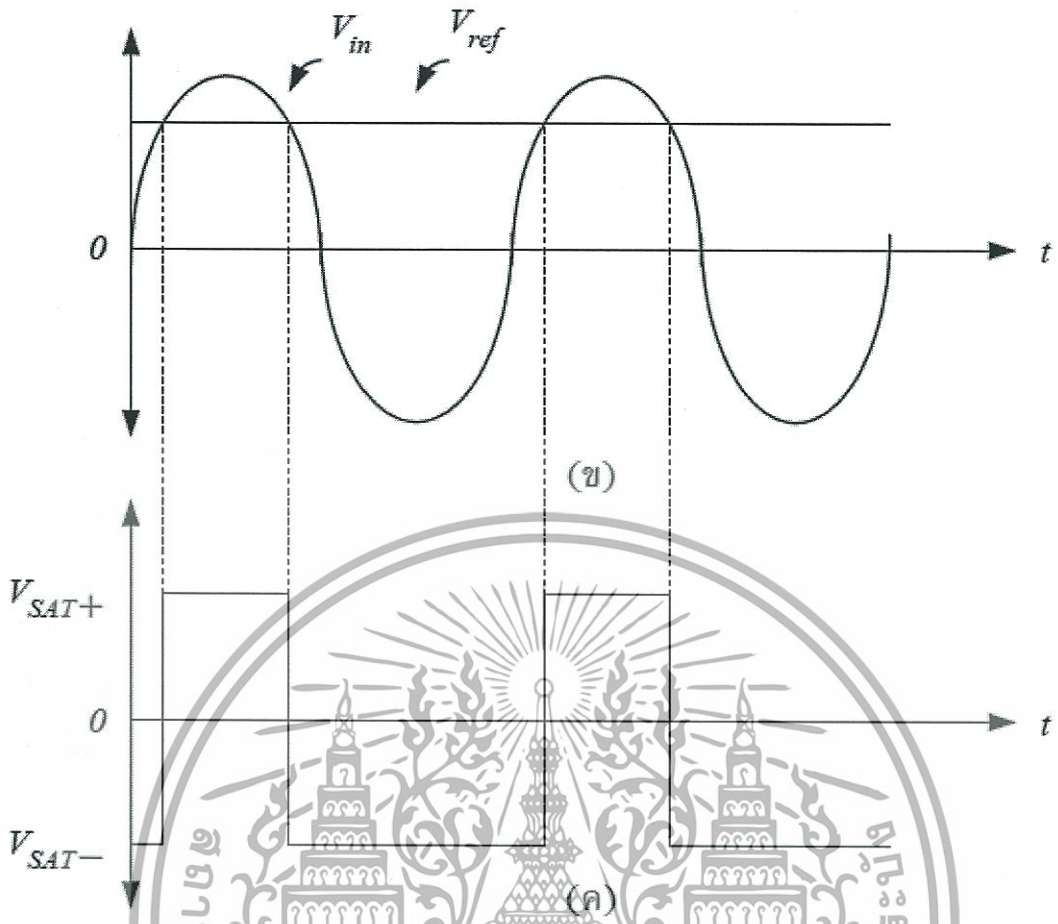
ลักษณะของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณด้วยจุดสัญญาณเข้าที่ขั้วบวก แสดงดังในรูปที่ 2.16(ก) ซึ่งเป็นวงจรเปรียบเทียบสัญญาณที่ใช้แรงดันอ้างอิง V_{ref} ป้อนเข้าที่อินพุตขั้วลบ ส่วนสัญญาณที่มาจากแหล่งกำเนิด V_{in} ป้อนเข้าที่อินพุตขั้วบวก ถ้าสมมติให้สัญญาณอินพุต และสัญญาณ V_{ref} มีลักษณะดังรูปที่ 2.16(ข) จะทำให้ได้สัญญาณเอาต์พุตมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2.16(ค)

จากรูปนี้พบว่าแรงดันเอาต์พุตมีการเปลี่ยนสถานะจาก V_{SAT-} ไปเป็น V_{SAT+} หรือจาก V_{SAT+} ไปเป็น V_{SAT-} ตรงจุดที่แรงดันอินพุต V_{in} มีค่าเท่ากับสัญญาณแรงดัน V_{ref} และเมื่อสังเกตสัญญาณเอาต์พุตจะพบว่าเมื่อ $V_{in} > V_{ref}$ จะให้ค่าเอาต์พุตเป็น V_{SAT+} และเมื่อ $V_{in} < V_{ref}$ จะให้ค่าเอาต์พุตเป็น V_{SAT-} ดังนั้นวงจรเปรียบเทียบสัญญาณในกรณีนี้จึงเรียกว่า วงจรตรวจจับผ่านศูนย์แบบไม่กลับเฟส (Noninverting Zero Crossing Detector)



(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



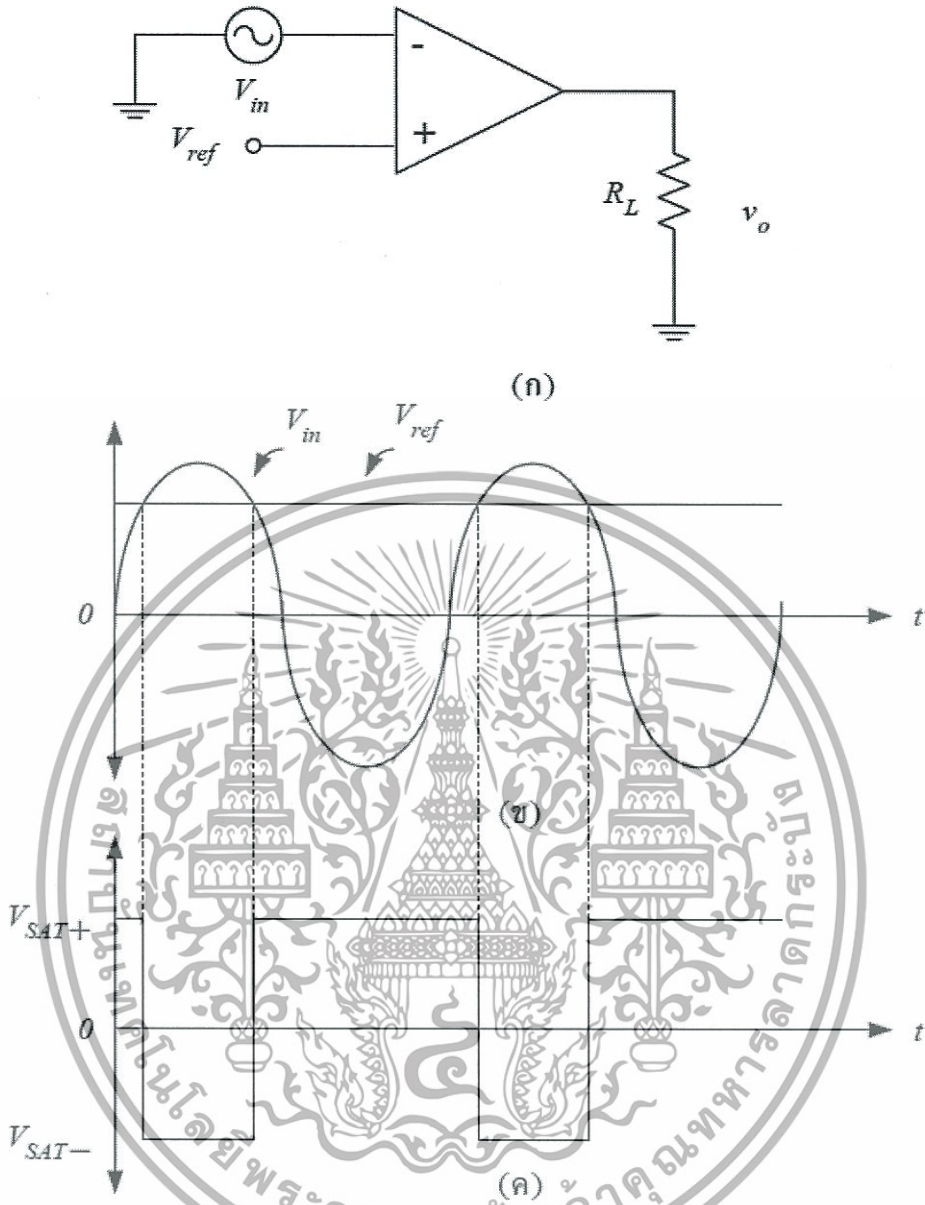
รูปที่ 2.16 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณด้วยจุดสัญญาณเข้าที่ขั้วบวก

2. การเปรียบเทียบสัญญาณด้วยจุดสัญญาณเข้าที่ขั้วลบ

ลักษณะของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณด้วยจุดสัญญาณเข้าที่ขั้วลบแสดงดังในรูปที่ 2.17(ก) ซึ่งเป็นวงจรเปรียบเทียบสัญญาณที่ใช้แรงดันอ้างอิง V_{ref} ป้อนเข้าที่อินพุตขั้วลบ ส่วนสัญญาณที่มาจากแหล่งกำเนิด V_{in} ป้อนเข้าที่อินพุตขั้วลบ ถ้าสมมติให้สัญญาณอินพุต และสัญญาณ V_{ref} มีลักษณะดังรูปที่ 2.17(ข) จะทำให้ได้สัญญาณเอาต์พุตมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2.17(ค)

จากรูปนี้จะพบว่าแรงดันเอาต์พุตมีการเปลี่ยนสถานะจาก V_{SAT+} ไปเป็น V_{SAT-} หรือจาก V_{SAT-} ไปเป็น V_{SAT+} ตรงจุดที่แรงดันอินพุต V_{in} มีค่าเท่ากับสัญญาณแรงดัน V_{ref} และเมื่อสังเกตสัญญาณเอาต์พุตจะพบว่าเมื่อ $V_{in} > V_{ref}$ จะให้ค่าเอาต์พุตเป็น V_{SAT-} และเมื่อ $V_{in} < V_{ref}$ จะให้ค่าเอาต์พุตเป็น V_{SAT+} ดังนั้นวงจรเปรียบเทียบสัญญาณในกรณีนี้จึงเรียกว่า วงจรเปรียบเทียบแรงดันแบบกลับเฟส (Inverting Comparator) และในกรณีนี้ถ้าหากให้สัญญาณแรงดันอ้างอิง V_{ref} มีค่าเป็น 0 โวลต์ วงจรเปรียบเทียบสัญญาณแบบนี้จะเรียกว่า วงจรตรวจจับผ่านศูนย์แบบกลับเฟส (Inverting Zero Crossing Detector)

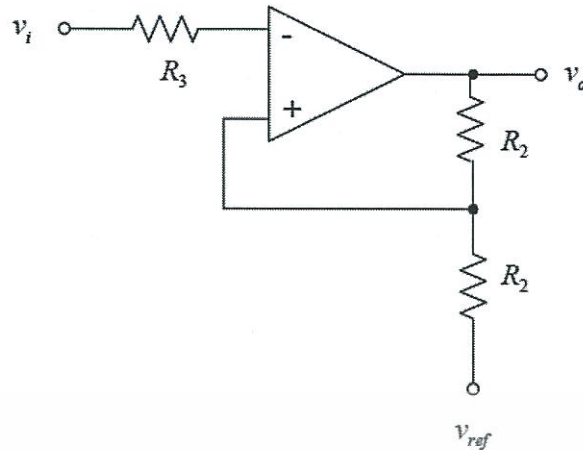
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.17 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณด้วยจุดสัญญาณเข้าที่ขั้วลบ

2.4 วงจรขมิตริกเกอร์ (Schmitt Trigger Circuit)

วงจรขมิตริกเกอร์เป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดันสัญญาณอีกแบบหนึ่ง ซึ่งมีการต่อป้อนกลับแบบบวก (Positive Feedback) ดังแสดงในรูปที่ 2.18

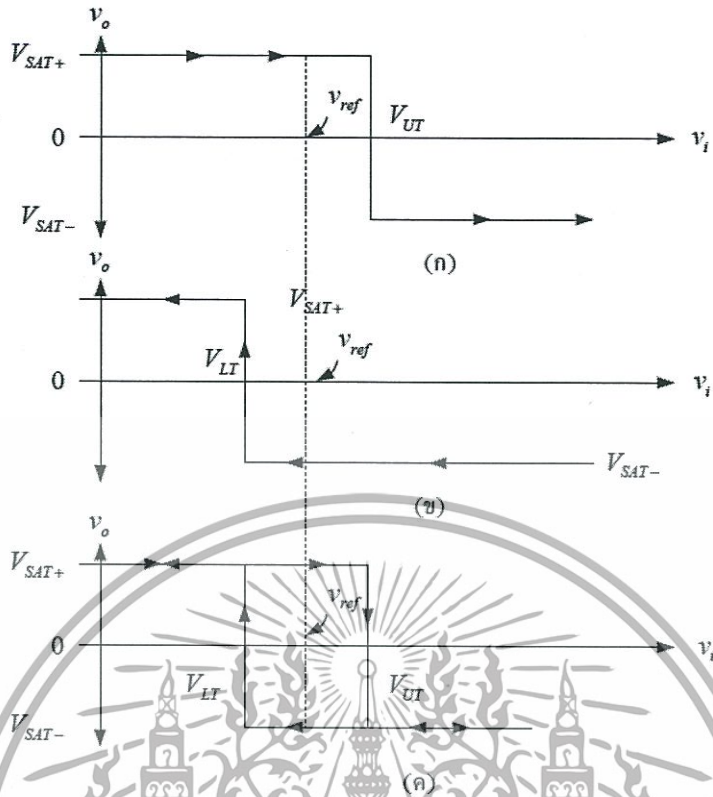


รูปที่ 2.18 วงจรขมิตทริกเกอร์เบื้องต้น

วงจรขมิตทริกเกอร์ดังแสดงในรูปที่ 2.18 นี้อาจจะเรียกอีกอย่างว่า วงจร Regenerative Comparator แรงดันอินพุตถูกป้อนเข้าที่ขั้วขาเข้ากลับเฟส (-) และแรงดันป้อนกลับจะป้อนเข้าที่ขั้วขาไม่กลับเฟส (+) แรงดันอินพุต V_i ก็จะมีการกระตุ้นแรงดันเอาต์พุต V_o ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันที่ขั้วอินพุตทั้งสอง โดยที่ระดับแรงดันเหล่านี้คือ แรงดันเทรชโฮลด์ด้านสูง (Upper threshold voltage, V_{UT}) และแรงดันเทรชโฮลด์ด้านต่ำ (Lower threshold voltage, V_{LT}) ผลต่างของระดับแรงดันทั้งสองนี้เรียกว่า ความกว้างของฮิสเตอรีซิส (Hysteresis width) เราสามารถคำนวณหาค่าแรงดันเหล่านี้ได้โดยสมมติว่าแรงดันเอาต์พุต V_o เท่ากับ V_{SAT+} ดังนั้นแรงดันที่ขั้วขาไม่กลับเฟสจะมีค่าเป็น

$$V_{ref} + \frac{R_2}{R_1 + R_2} (V_{SAT+} - V_{ref}) = V_{UT} \quad (2.30)$$

เมื่อใดก็ตามที่แรงดันอินพุต V_i มีค่าน้อยกว่า V_{UT} แรงดันเอาต์พุต V_o ก็ยังคงมีค่าเป็น V_{SAT+} เมื่อ V_i มาถึงจุดที่มากกว่า V_{UT} เอาต์พุตจะเปลี่ยนเป็น V_{SAT-} และแรงดันเอาต์พุตจะยังคงรักษาระดับแรงดันอยู่ที่ค่านี้ ตราบเท่าที่ $V_i > V_{UT}$ ดังแสดงในรูป ที่ 2.19(ก)



รูปที่ 2.19 ลักษณะสมบัติการส่งถ่ายของวงจรมิตทริกเกอร์

เมื่อแรงดันเอาต์พุต V_O เท่ากับ V_{SAT-} แรงดันที่ขั้วขาไม่กลับเฟสจะมีค่าเป็น

$$V_{ref} + \frac{R_2}{R_1+R_2}(V_{SAT-} - V_{ref}) = V_{LT} \tag{2.31}$$

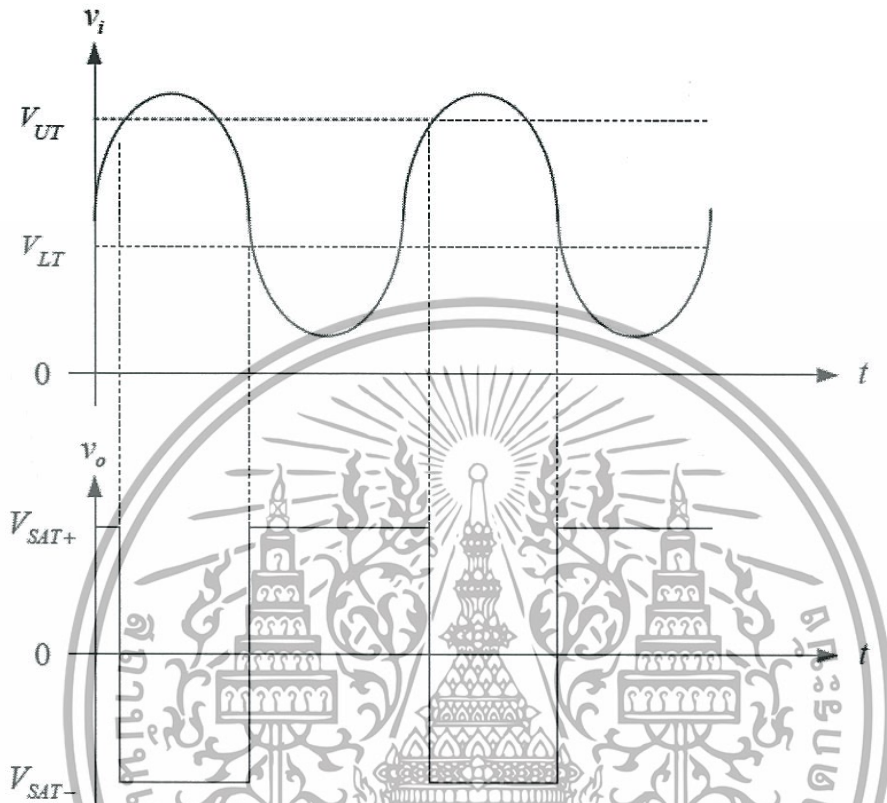
และแรงดันอินพุต V_i จะต้องมีค่าน้อยกว่า V_{LT} เพื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันเอาต์พุตจาก V_{SAT-} เป็น V_{SAT+} ตามที่แสดงในรูปที่ 2.19(ข) จะสังเกตเห็นได้ว่าเอาต์พุตเปลี่ยนแปลงจาก V_{SAT-} เป็น V_{SAT+} เกือบจะทันที ลักษณะสมบัติการส่งถ่ายของวงจรมิตทริกเกอร์ที่สมบูรณ์แสดงดังรูปที่ 2.19(ค)

เป็นที่น่าสังเกตว่า V_{LT} จะมีค่าน้อยกว่า V_{UT} ความแตกต่างของทั้งสองสัญญาณนี้คือ ความกว้างของฮิสเตอร์ซิส V_H ในกรณีที่ขนาดของ V_{SAT+} มีขนาดเท่ากับ V_{SAT-} สามารถหาค่า V_H ได้จากสมการ (2.5)

$$V_H = V_{UT} - V_{LT} = \frac{2R_2V_{SAT}}{R_1+R_2} \tag{2.32}$$

ถ้าค่าแรงดันสูงสุดจากยอดถึงยอดของ V_i มีค่าน้อยกว่า V_H วงจรมิตทริกเกอร์ก็จะตอบสนองให้แรงดันเอาต์พุตในทิศทางเดียวเท่านั้น ยกตัวอย่างเช่นเป็น V_{SAT+} โดยไม่มีโอกาสเป็น V_{SAT-} เลย อีกประการหนึ่งที่สำคัญคือ จากสมการ (2.32) จะพบว่า ค่าความกว้างฮิสเตอร์ซิส V_H เป็นอิสระต่อ V_{ref} ตัวต้านทาน R_3 ต่อไว้เพื่อชดเชยกระแสแอสอินพุตไบอัส (Input bias current) ของออปแอมป์ โดยทั่วไปจะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ $R_1//R_2$ นอกจากนี้ยังสามารถสร้างวงจรมิตทริกเกอร์แบบไม่กลับเฟส (Non-inverting Schmitt Trigger) โดยการสลับสัญญาณอินพุต V_i กับสัญญาณ

V_{ref} จากวงจรในรูปที่ 2.18 ประโยชน์ที่สำคัญของวงจรสมิตริกเกอร์คือ ใช้เป็นวงจรที่เปลี่ยนแรงดันอินพุตที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาช้า (Slowly varying input voltage) ให้เป็นสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.20

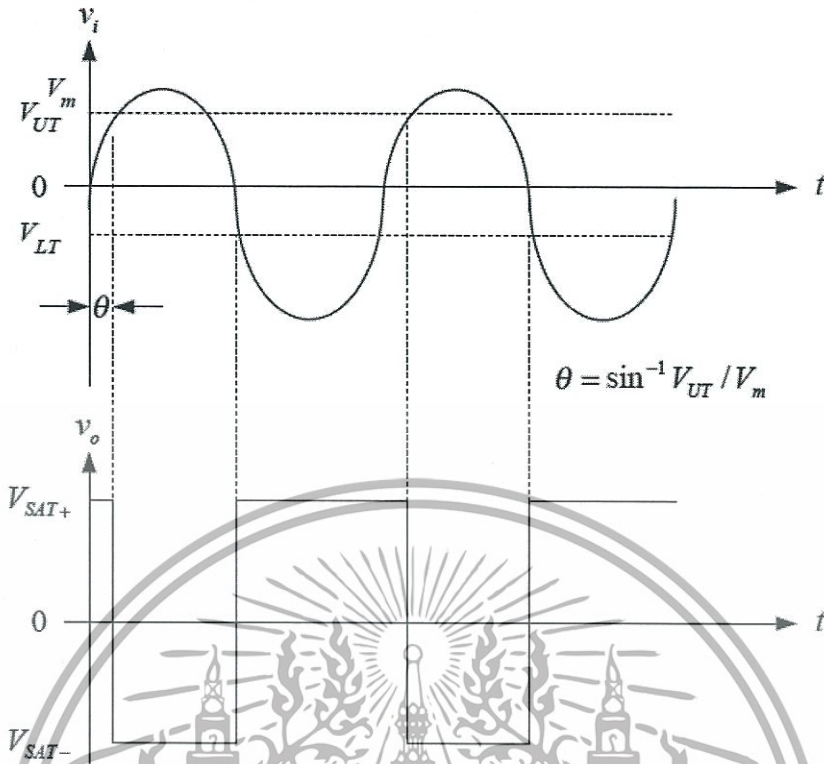


รูปที่ 2.20 สัญญาณในวงจรสมิตริกเกอร์

ถ้าวงจรสมิตริกเกอร์ในรูปที่ 2.18 มีแรงดัน V_{ref} เท่ากับศูนย์โวลต์ จากสมการที่ (2.30) และ (2.31) ก็จะได้ว่า

$$V_{UT} = -V_{LT} = \frac{R_2 V_{SAT}}{R_1 + R_2} \quad (2.33)$$

หากสัญญาณอินพุตเป็นความถี่รูปคลื่นไซน์ โดยมีความถี่ $f = 1/T$ จะได้สัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม ที่เอาต์พุตของวงจรสมิตริกเกอร์ แต่อย่างไรก็ตาม เส้นแนวตั้งของสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่ได้จะไม่เกิดขึ้น ในเวลาเดียวกับที่สัญญาณรูปคลื่นไซน์ผ่านระดับศูนย์โวลต์พอดี แต่เส้นแนวตั้งนี้จะเกิดการเลื่อนเฟสไปเป็นมุม θ โดยที่ $\theta = \sin^{-1} V_{UT}/V_m$ เมื่อ V_m คือแอมพลิจูดสูงสุดของสัญญาณรูปคลื่นไซน์ ดังแสดงรูปร่างสัญญาณไว้ในรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 การเลื่อนเฟสสัญญาณเอาต์พุตของวงจรขั้วครึ่งทริกเกอร์

2.5 แบตเตอรี่ (Battery)

แบตเตอรี่ตะกั่วกรดเป็น แบตเตอรี่แบบชาร์จได้ที่เก่าแก่ที่สุดในบรรดาแบตเตอรี่ด้วยกัน ประดิษฐ์ขึ้นมา โดยแกสตันพลองด์(Gaston Plante) นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสตั้งแต่ปี ค.ศ.1859 (พ.ศ. 2402) เป็น แบตเตอรี่แบบชาร์จได้ชนิดแรกที่ทำออกมาเพื่อการค้า และในปัจจุบันยังมีการใช้งานกัน อยู่อย่างแพร่หลาย โดยมักจะทำเป็น แบตเตอรี่ ที่มีความจุ (Capacity) สูง ๆ ที่ให้กระแสได้มาก เนื่องจากมีต้นทุนในการเก็บพลังงานถูกกว่า แบตเตอรี่ ชาร์จได้ชนิดอื่น ๆ นิยมใช้กันในรถยนต์และ ยานพาหนะต่างๆ (Vehicle), รถยกไฟฟ้า (Fork Lift), รถเข็น (Wheel Chair), สกู๊ตเตอร์ (Scooter), รถกอล์ฟ (Golf Car), ระบบสำรองไฟฟ้า (UPS) และระบบไฟแสงสว่างฉุกเฉิน (Emergency Light)

ในตอนแรกแบตเตอรี่ตะกั่วกรดที่ผลิตออกมาจำหน่ายมีเฉพาะที่เป็น แบตเตอรี่แบบเปียก (Flooded Type หรือ Wet Type) ที่ต้องคอยเติมน้ำกลั่นเท่านั้น จนกระทั่งในช่วงกลางของทศวรรษ ที่ 70 (ระหว่างปี พ.ศ.2513-2523) ได้มีการพัฒนาแบตเตอรี่ตะกั่วกรดแบบแห้งให้ใช้งานได้หลังจากที่ มีการจดสิทธิบัตรมาตั้งแต่ปี ค.ศ.1957(พ.ศ.2500) โดยอ็อตโต จาเช่ (Otto Jache) ทำให้การใช้งาน สะดวกขึ้นสามารถวางตำแหน่งของแบตเตอรี่ ได้หลายรูปแบบมากขึ้น วางนอนหรือวางตะแคงได้(แต่ ห้ามวางกลับหัว) ไม่จำเป็นต้องวางในแนวตั้งเพียงอย่างเดียวเพราะอิเล็กโทรไลต์ที่เป็นน้ำกรดจะไม่ ไหลหกออกมาเหมือนแบตเตอรี่แบบเปียก ซึ่งเทคนิคในการทำให้น้ำกรดไม่ไหลออกมา คือการใช้วัสดุ ดูดซับน้ำกรดเอาไว้ จากนั้นจึงทำการผนึกเซล (Seal) ให้ปิดสนิทเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำและ

แก๊ส ซึ่งเป็นส่วนประกอบของน้ำกรด แบตเตอรี่ จึงไม่มีการสูญเสียอิเล็กโทรไลต์ออกไปจาก แบตเตอรี่

2.5.1 การแบ่งประเภทของแบตเตอรี่ตะกั่วกรด

แบตเตอรี่แบบแห้งจะแบ่งเป็น 2 ประเภท คือประเภทที่ใช้เจลเป็นวัสดุดูดซับกรด เรียกว่า แบตเตอรี่แบบเจล (Gel Battery or GelCell) และประเภทที่ใช้แผ่นซีลิกาไฟเบอร์เป็นตัวดูดซึม เรียกว่า แบตเตอรี่แบบAGM (AGM Battery)ซึ่งลักษณะการแบ่งประเภทแบบนี้เป็นการแบ่งตามลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของแบตเตอรี่ แต่การแบ่งประเภทของแบตเตอรี่ตะกั่วกรดยังแบ่งได้อีกลักษณะหนึ่งคือ การแบ่งประเภทตามลักษณะการใช้งาน โดยจะแบ่งเป็นแบตเตอรี่แบบใช้งานทั่วไป หรือแบบที่ใช้สำหรับสตาร์ทเครื่องยนต์แบบคายประจุลึกและแบบลูกผสม

ความแตกต่างระหว่างแบตเตอรี่แบบเจลและแบบAGM คือ แบตเตอรี่แบบเจลจะเป็นแบตเตอรี่ที่แห้งกว่าแบบAGM ถ้าเปลือกนอกของมันแตกจะไม่มีน้ำกรดไหลหรือซึมออกมา แต่สำหรับแบบAGM จะรับน้ำกรดได้ประมาณ 95% ดังนั้นถ้าเปลือกของมันแตกแม้ น้ำกรดจะไหลออกมา แต่ก็อาจจะมีการซึมออกมาได้บ้างเล็กน้อย

ในปัจจุบันจะนิยมใช้ แบตเตอรี่ตะกั่วกรดแบบAGM มากกว่าแบบเจล ส่วนแบบเจลมีการใช้น้อยลงเนื่องจากมีข้อเสีย คือ เจลมักจะละลายเมื่ออยู่ในสภาพอากาศที่ร้อนและถ้าเกิดการโอเวอร์ชาร์จขึ้นเจลอาจจะเปลี่ยนรูปเป็นสารเหนียวๆที่เรียกว่า วอยด์(Void) ไปเกาะติดแน่นอยู่ที่แผ่นธาตุขั้วขางการแลกเปลี่ยนประจุระหว่างอิเล็กโทรไลต์และแผ่นธาตุ ทำให้ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ลดลง

แบตเตอรี่ทั้งแบบAGM และแบบเจลยังแบ่งย่อยออกได้เป็น แบตเตอรี่ตะกั่วกรดแบบปิดผนึกหรือ SLA (Sealed Lead Acid) และแบบปิดผนึกที่มีวาล์วระบายแรงดันหรือ VRLA (Valve Regulator Lead Acid) แบตเตอรี่แบบ VRLA นี้จะมีการติดตั้งเซฟตี้วาล์ว (Safety Valve) เพื่อใช้ระบายแก๊สในกรณีที่มีความดันภายในเซลล์สูงเกินไป เพื่อป้องกันแบตเตอรี่เสียหาย

2.5.2 การชาร์จแบตเตอรี่

การชาร์จแบตเตอรี่ ทั้ง 2 ประเภท คือ SLA and VRLA จะต้องไม่ชาร์จเร็วหรือมากเกินไป เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดแก๊สในขณะชาร์จมากนัก การชาร์จมากหรือเร็วเกินไปจะทำให้ปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์สุดขีดแก๊สที่เกิดขึ้นไม่ทัน ความดันภายในแบตเตอรี่จะสูงขึ้นเป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียแก๊สและน้ำออกไปจากตัว แบตเตอรี่ การเสียแก๊สและน้ำออกไปก็เท่ากับว่า แบตเตอรี่ ได้สูญเสียอิเล็กโทรไลต์ออกไปจากระบบ เพราะแก๊สและน้ำเป็นส่วนประกอบของอิเล็กโทรไลต์ เมื่อแบตเตอรี่มีปริมาณอิเล็กโทรไลต์น้อยลงจะสูญเสียความสามารถในการเก็บพลังงานไป ทำให้แรงดันไฟฟ้าหรือโวลต์ของแบตเตอรี่หลังจากการชาร์จไม่สูงเท่าที่ควรจะเป็น และถ้า แบตเตอรี่ มีการเสียแก๊สและน้ำบ่อย ๆ อิเล็กโทรไลต์ภายในเซลล์ก็จะหมดไปทำให้ แบตเตอรี่ ใช้งานไม่ได้อีก

2.5.3 การใช้และเก็บอย่างถูกวิธี

แบตเตอรี่ตะกั่วกรดจะไม่มีอาการจำว่า ก่อนชาร์จแบตเตอรี่มีประจุเหลืออยู่เท่าไรหรือ เมมอรีเอฟเฟค (Memory Effect) ต่างจากแบตเตอรี่ แบบนิกเกิลแคดเมียม ถ้าแบตเตอรี่มีประจุเต็มอยู่แล้วการนำไปชาร์จโดยการให้กระแสต่ำๆ ไปเรื่อยๆ แบตเตอรี่จะไม่เสียแต่มันไม่ชอบการคายประจุที่ลึกมากๆ โดยเฉพาะการคายประจุจนหมด ทุกครั้งที่เราดิสชาร์จมันลึกมากๆ จะทำให้ความสามารถในการเก็บประจุของมันลดลง ส่งผลให้อายุการใช้งานสั้นลง ดังนั้น ถ้าจำเป็นต้องใช้งานจนแบตเตอรี่ ประจุหมดบ่อยๆ ควรป้องกันการคายประจุที่ลึกมากเกินไป โดยเลือกใช้แบตเตอรี่ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นความจุสูงขึ้น(แอมป์ชั่วโมงมากขึ้น) เพื่อไม่ให้แบตเตอรี่คายประจุลึกมากนัก

การทิ้งแบตเตอรี่ตะกั่วกรดไว้เฉยๆเป็นเวลานาน แบตเตอรี่จะคายประจุออกไปเรื่อยๆด้วยตัวมันเอง (Self Discharge) ถ้าไม่ชาร์จเพื่อเติมประจุให้กับแบตเตอรี่ผลึกของตะกั่วซัลเฟตที่เกิดขึ้นที่แผ่นธาตุลบจะรวมตัวกันแล้วมีขนาดใหญ่ขึ้น ผลึกที่มีขนาดใหญ่นี้จะไปขัดขวางการไหลของกระแสทำให้กระแสไหลได้น้อยลง ส่งผลให้แบตเตอรี่จ่ายกระแสให้กับโหลดได้น้อยลง นอกจากนี้ผลึกที่มีขนาดใหญ่จะมีเหลี่ยมหรือมุมที่คมและแหลม ในกรณีที่ร้ายแรงอาจจะทิ่มจนแผ่นธาตุทะลุได้ ทำให้แบตเตอรี่เกิดการลัดวงจรขึ้นภายในเราจะเรียกปรากฏที่เกิดขึ้นนี้ว่าผลึกขนาดใหญ่ของตะกั่วซัลเฟตนี้ว่าการเกิดซัลเฟชัน (Sulphation)

การเกิดซัลเฟชันจะยิ่งง่ายขึ้นถ้าทิ้ง แบตเตอรี่ไว้โดยที่มันมีประจุเหลือน้อยหรือไม่เหลืออยู่เลย ดังนั้นจึงควรเก็บแบตเตอรี่ไว้โดยการชาร์จให้ประจุเต็มอยู่เสมอ โดยอาจจะชาร์จเต็มประจุโดยใช้กระแสต่ำๆ ไปเรื่อยๆ ซึ่งเรียกว่าทริกเกิลชาร์จ หรือโฟลทชาร์จซึ่งการชาร์จแบบนี้มักจะพบในระบบสำรองไฟฟ้าหรือระบบไฟแสงสว่างฉุกเฉิน เพื่อให้แบตเตอรี่มีประจุอยู่เต็มตลอดเวลาเป็นการรักษาตัวและทำให้ตัวพร้อมที่จะจ่ายพลังงานเมื่อระบบไฟฟ้าหลักขัดข้องหรือจ่ายกระแสให้กับระบบไฟส่องสว่างเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินหรือไฟฟ้ามดับ

การชาร์จแบตเตอรี่ตะกั่วกรดโดยทั่วไปใช้เวลาประมาณ 8-16 ชั่วโมง (ขึ้นอยู่กับขนาดความจุของแบตเตอรี่) โดยแบตเตอรี่แบบแห้งจะชาร์จได้ช้ากว่าแบบเปียก เพราะจะต้องลดอัตราการชาร์จลงเพื่อไม่ให้เกิดแก๊สขึ้นภายในเซลล์มากเกินไป การสะสมของแก๊สจะทำให้ความดันภายในเซลล์สูงขึ้น ทำให้สูญเสียอิเล็กโทรไลต์ไปจากการระเหยแก๊สหรือน้ำออกทางรูระบายหรือเซฟตี้วาล์ว หรืออาจทำให้แบตเตอรี่ถึงขั้นแตกเสียหายได้ถ้าชาร์จเร็วสูง ทำให้ความดันสูงไปด้วยจนเซฟตี้วาล์วระบายความดันไม่ทัน

2.5.4 อัตราการคายประจุ

อัตราการคายประจุหรืออัตราการดิสชาร์จ หรือที่เรียกว่า ซีเรท ของ แบตเตอรี่ ตะกั่วกรด ไม่ควรเกิน 0.2 C หรือ 20% ของความจุ ถ้าอัตราการดิสชาร์จมากขึ้น ประสิทธิภาพของมันจะลดลง แต่อย่างไรก็ตามก็ไม่ควรจะดิสชาร์จในอัตราที่มากกว่า 1 C สรุปลก็คือ แบตเตอรี่ แบบตะกั่วกรดนี้ชอบคายประจุน้อยนิดหน่อยแล้ว ก็ชาร์จจึงจะทำให้มันมีอายุยืนยาวกว่าการคายประจุมาก ๆ หรือการใช้ประจุจนหมดแล้วจึงชาร์จ

รอบของการทำงาน (Cycle) โดยทั่วไปอยู่ที่ประมาณ 200-300 รอบขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ความลึกของการคายประจุหรือเรียกย่อว่า DOD, การชาร์จ การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บำรุงรักษาและอุณหภูมิในการใช้งานสาเหตุหลักที่ทำให้แบตเตอรี่อายุการใช้งานลดลงก็คือการกักความร้อนที่แผ่นธาตุบวก ซึ่งการกักความร้อนนี้จะมากขึ้นที่อุณหภูมิสูงขึ้น

2.5.5 อุณหภูมิกับอายุการใช้งาน

อุณหภูมิที่เหมาะสมในการใช้งานอยู่ที่ 25 องศา (77 ฟาเรนไฮต์) อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 8 องศา (15 ฟาเรนไฮต์) จะทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ลดลงครึ่งหนึ่ง เช่น แบตเตอรี่ แบบ VRLA จะมีอายุถึง 10 ปีที่อุณหภูมิ 25 องศา แต่จะลดลงเหลือ 5 ปี ที่อุณหภูมิ 33 องศา (95 ฟาเรนไฮต์) และอายุเหลือไม่ถึง 1 ปีที่อุณหภูมิ 42 องศา (107 ฟาเรนไฮต์) นอกจากนี้มันยังทำงานได้ไม่ดีในที่อุณหภูมิต่ำอีกด้วยอุณหภูมิที่ลดต่ำลงจะทำให้ แบตเตอรี่เก็บประจุได้น้อยลง ความจุของ แบตเตอรี่ จะลดลง 50 % ทุกๆ อุณหภูมิที่ต่ำลง 12 องศา (22 ฟาเรนไฮต์) ซึ่งเป็นเหตุผลที่ว่าทำไมในตอนเช้าที่อากาศเย็นเราถึงสตาร์ทรถติดได้ยากแต่การใช้งานที่อุณหภูมิต่ำก็ทำให้อายุการใช้งานของมันยาวนานมากขึ้นด้วยเช่นกัน

2.5.6 การเก็บรักษากับคายประจุ

การคายประจุโดยตัวมันเอง (Self Discharge) น้อยมาก ถ้าเป็นแบตเตอรี่แบบเปียก อัตราการคายประจุประมาณ 40% ต่อปี (เทียบกับนิเกิลแคดเมียมที่มีอัตราการคายประจุโดยตัวมันเองอยู่ที่ 20% ต่อเดือน) ส่วนแบตเตอรี่แบบแห้งจะมีอัตราการคายประจุน้อยกว่าแบบเปียกโดยเฉพาะแบตเตอรี่ AGM รุ่นใหม่ๆบางชนิด อัตราการคายประจุด้วยตัวมันเองจะไม่เกิน 2% ต่อเดือน นอกจากนี้ แบตเตอรี่แบบตะกั่วกรดถึงจะมีราคาถูกแต่ถ้าเป็นแบตเตอรี่แบบที่ต้องเติมน้ำกลั่นก็จะมีค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาเพิ่มขึ้นมา คือต้องคอยตรวจสอบระดับของน้ำกรด (อิเล็กโทรไลต์) เพื่อเติมน้ำกลั่นเมื่อระดับของน้ำกรดต่ำเกินไป และต้องหมั่นทำความสะอาดคราบต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นเนื่องจากการกักความร้อนของกรด อีกทั้งยังต้องระวังในเรื่องสถานที่ตั้งของแบตเตอรี่ด้วย ไม่ควรตั้งไว้ใกล้แหล่งความร้อนหรือประกายไฟ เพราะในขณะชาร์จ (โดยเฉพาะถ้าชาร์จโดยเปิดฝาปิดของแบตเตอรี่) จะเกิดแก๊สไฮโดรเจนขึ้น อาจทำให้ระเบิดได้

ถ้าเปรียบเทียบกับแบตเตอรี่ชาร์จได้ชนิดใหม่ๆ แล้วที่น้ำหนักเท่าๆ กันแบตเตอรี่ตะกั่วกรดจะมีความสามารถในการเก็บประจุได้น้อยกว่า จึงไม่เหมาะที่จะนำมาทำเป็นแบตเตอรี่สำหรับอุปกรณ์พกพาซึ่งต้องการแบตเตอรี่ที่มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา เพราะจะทำให้กำลังไฟได้น้อย ทำให้ต้องชาร์จแบตเตอรี่บ่อยจนเกินไป หรือทำให้อุปกรณ์มีน้ำหนักมากจนเกินไป แต่เนื่องจากราคาต้นทุนต่อพลังงานที่ได้ต่ำกว่าแบตเตอรี่ชาร์จได้ชนิดอื่นจึงนิยมนำมาทำแบตเตอรี่ขนาดใหญ่ที่มีความจุมาก หน่วยความจุของแบตเตอรี่ตะกั่วกรดโดยทั่วไปจะวัดเป็นแอมป์ชั่วโมง(Amp-Hour or Ah) ในขณะที่แบตเตอรี่ชาร์จ ได้แบบอื่นส่วนมากจะใช้หน่วยเป็นมิลลิแอมป์ชั่วโมง(mAh) เนื่องจากเป็นแบตเตอรี่ขนาดเล็กมีความจุต่ำกว่าแบตเตอรี่ตะกั่วกรดนั่นเอง

2.5.7 ข้อดีข้อเสียของแบตเตอรี่ตะกั่ว

ในด้านความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม แบตเตอรี่ตะกั่วกรดแม้จะมีอันตรายน้อยกว่าแบตเตอรี่นิเกิล-แคดเมียม แต่ตะกั่วซึ่งเป็นโลหะหนักและกรดซัลฟริกก็ยังเป็นอันตรายต่อ

สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมรวมทั้งเปลือก(Case) ซึ่งทำจากพลาสติกที่มีความยืดหยุ่นจำพวกเอบีเอส (ABS) เพียง 45% หรือขวดแก้วที่ได้เพียง 26% เท่านั้น

- ข้อดี
- ราคาถูกกว่าแบตเตอรี่ชนิดอื่นและสามารถผลิตได้ง่าย
 - มีการพัฒนามานานแล้ว จึงมีความเชื่อถือได้และหาข้อมูลได้ง่าย
 - ถ้าใช้อย่างถูกต้องจะทนทานมาก
 - การคายประจุโดยตัวมันเอง (Self Discharge) น้อย
 - ไม่ต้องการการบำรุงรักษามากนักโดยเฉพาะแบตเตอรี่แบบแห้ง
 - ไม่เกิดการจดจำ (No Memory Effect)
 - สามารถให้กระแสดีสชาร์จได้มาก
 - มีขนาดให้เลือกมาก

ข้อด้อย

- ความจุของพลังงานต่อน้ำหนักต่ำทำให้มีน้ำหนักมาก
- ไม่สามารถเก็บไว้ได้โดยแบตเตอรี่ไม่มีประจุ เพราะจำทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพเร็ว
- ตะกั่วและกรดซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักเป็นพิษกับสิ่งแวดล้อม
- มีระเบียบที่เข้มงวดในการขนส่งโดยเฉพาะแบตเตอรี่แบบเปียก เพราะอาจเกิดการหกหรือซึมของกรดออกจากเปลือก แบตเตอรี่ได้

2.5.8 ค่าศัพท์ในแบตเตอรี่

ความลึกของการคายประจุหรือความลึกของการดีสชาร์จ (Depth of Discharge หรือเรียกย่อ ๆ ว่า DoD) คือระดับของการคายประจุ เช่นถ้าแบตเตอรี่สามารถเก็บประจุไว้ได้ 100% ถ้าเราดีสชาร์จประจุไป 10% หรือ 20% การดีสชาร์จประจุไป 20% ก็จะถือว่ามีความลึกของการดีสชาร์จมากกว่าการใช้ไปแค่ 10% ดังนั้นถ้าเราใช้แบตเตอรี่จนประจุเกือบหมดหรือหมดเลย ก็จะถือว่ามีความลึกของการดีสชาร์จมาก ซึ่งการดีสชาร์จที่ลึกมาก ๆ ไม่สมควรใช้กับแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด เพราะจะทำให้อายุการใช้งานของมันสั้นลง

การดีสชาร์จในช่วงแคบ (Shallow Discharge) หรือการดีสชาร์จตื้นจะตรงกันข้ามกับการดีสชาร์จลึก (Deep Discharge) คือการใช้แบตเตอรี่ไปสักเล็กน้อย เช่น 10% หรือ 20% ของความจุทั้งหมดแล้วก็ชาร์จใหม่ แบตเตอรี่แบบตะกั่วกรดจะชอบการใช้งานแบบนี้

การชาร์จแบบทริกเกิลและฟลอต (Trickle Charge, Float Charge, Topping Charge) เป็นการชาร์จโดยให้กระแสกับแบตเตอรี่น้อยๆ ส่วนมากจะใช้ในการชาร์จเพื่อชดเชยประจุ (หลังจากชาร์จประจุของแบตเตอรี่ที่มีประจุเต็มแล้ว) เมื่อประจุของแบตเตอรี่ลดลงเนื่องจากการคายประจุด้วยตัวมันเอง (Self Discharge) หรือเพื่อเติมประจุในขั้นตอนการชาร์จขั้นตอนสุดท้ายเพื่อให้แบตเตอรี่มีความจุเต็ม 100% จริง

ซีเรท (C-Rate) หน่วยของการชาร์จและดีดชาร์จ จะคิดเป็นจำนวนเท่าของความจุของแบตเตอรี่ เช่น แบตเตอรี่ขนาด 80 แอมป์ชั่วโมง (Ah) ถ้าให้มันดีสชาร์จ ที่ 1C ก็คือให้มันดีสชาร์จกระแส 80 แอมป์ ซึ่งจะใช้งานได้ 1 ชั่วโมงแบตเตอรี่ก็จะหมด แต่ถ้าดีสชาร์จที่ 0.5 C ก็คือให้มันดีสชาร์จกระแสที่ 40 แอมป์ซึ่งจะใช้งานแบตเตอรี่ได้ 2 ชั่วโมง หรือถ้าให้แบตเตอรี่ดีสชาร์จที่ 2 C ก็คือให้มันดีสชาร์จกระแส 160 แอมป์ ซึ่งจะใช้งานได้แค่ 30 นาที

เป็นต้น สำหรับแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรดการดิสชาร์จที่ซีเรทมากขึ้นประสิทธิภาพจะลดลง เช่น แบตเตอรี่ขนาด 80 แอมป์ชั่วโมง ถ้าดิสชาร์จที่ 1 C ในทางปฏิบัติแล้วมันจะจ่ายกระแสได้ไม่ถึง 1 ชั่วโมง

2.5.9 ข้อได้เปรียบของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด

1. ราคาไม่แพง ในเทอมของต้นทุนต่อชั่วโมงวัตต์
2. มีความทนทานสูง
3. อัตราปล่อยประจุด้วยตนเองต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับระบบ แบตเตอรี่ ประเภท สามารถประจุไฟได้
4. ความต้องการของในการบำรุงรักษาไม่มาก
5. มีความสามารถของอัตราการปล่อยประจุไฟฟ้าสูง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การคำนวณและการออกแบบ

ในส่วนของ การคำนวณและการออกแบบนั้น โครงสร้างของระบบประกอบด้วย 5 องค์ประกอบหลัก คือ

- 1.ตัวออบแบบจำลอง
- 2.แผ่น Thermo Electric Generator(TEG)
- 3.วงจรเพิ่มระดับแรงดัน(Boost Converter)
- 4.วงจรการตัดสินใจตามเงื่อนไขที่เหมาะสม(Charger Control Circuit)
- 5.แบตเตอรี่

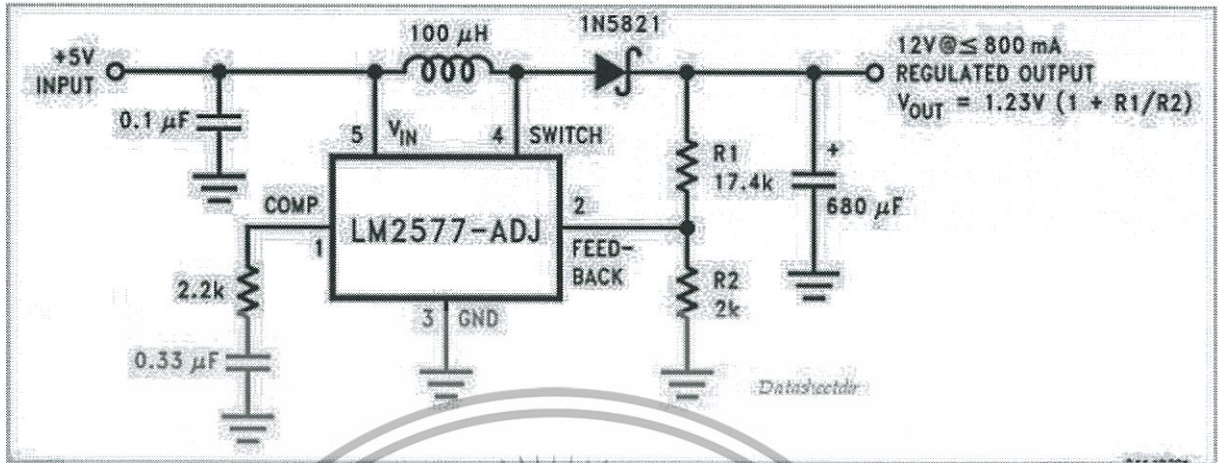
3.1 การออกแบบตัวออบ

เราออกแบบตัวออบโดยการทำให้เป็นแบบจำลอง เพื่อให้ง่ายต่อการพัฒนาและการปรับปรุงชิ้นงาน โดยเราออกแบบโดยให้ด้านบนและด้านล่างของตัวออบทำจากแผ่นอะลูมิเนียม เพื่อให้แสงผ่านเข้ามา และกักเก็บอุณหภูมิไว้ เพื่อให้เกิดพลังงานความร้อน โดยฐานของตัวออบเรานำฮีทซิงค์มาติดและปิดระบายอากาศเพื่อให้ความร้อนไปรวมกันที่ฮีทซิงค์ที่จุดๆหนึ่ง โดยเราจะได้นำส่วนนั้นมาติดกับแผ่นเพลเทียร์

3.2 การผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก (เพลเทียร์)

ในส่วนนี้จะใช้อุปกรณ์ที่ชื่อว่าเพลเทียร์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้คุณสมบัติการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยเพลเทียร์ไม่มีชิ้นส่วนหรือของเหลวใดๆเคลื่อนที่ ไม่เป็นพิษเป็นภัยต่อสิ่งแวดล้อม จะมีด้าน 2 ด้าน คือด้านร้อนและด้านเย็น โดยเราจะนำด้านร้อนไปติดใต้ตัวออบ โดนที่ฐานของตัวออบทำด้วยฮีทซิงค์ ทำให้ส่วนนี้ร้อนมาก ส่วนด้านเย็นเราจะนำฮีทซิงค์มาติดเพื่อให้ระบายความร้อนได้ดีขึ้น ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิทั้งสองด้านมีความแตกต่างกันมากยิ่งขึ้น จะส่งผลต่อพลังงานไฟฟ้าที่ได้ เพราะยิ่งความแตกต่างอุณหภูมิมากขึ้นเท่าใด พลังงานไฟฟ้าก็จะมีมากขึ้น โดยการทำงานนี้เราจะใช้เทอร์โมอิเล็กทริกต่ออนุกรมเพื่อให้ได้แรงดัน และต่อขนานกันเพื่อให้ได้กระแสตามที่เราต้องการ โดยทั้งหมดจะถูกติดไว้ด้านร้อนของตัวออบ กับด้านเย็นของฮีทซิงค์

3.3 การออกแบบวงจร Converter และการคำนวณ (LM2577T-ADJ)



รูปที่ 3.1 วงจร step-up converter โดยใช้ LM2577-ADJ

การเลือกใช้ LM2577T-ADJ เนื่องจากสามารถนำไปสร้างวงจรได้ง่าย มีขนาดกระทัดรัด ประสิทธิภาพสูง สามารถใช้ปรับแรงดันขาออกได้ตามแรงดันของแบตเตอรี่ที่ต้องการที่จะอัดประจุ โดยกำหนดความต้องการดังนี้

แรงดันขาออกของวงจร (Vout)	=	18	V
แรงดันขาเข้า (Vin)	=	3.5 - 5	V
กระแสภาระ (I load)	=	467	mA
ความถี่ใช้งานซึ่งเป็นความถี่การ Switch ของ LM2577 (F)	=	52	KHz

3.3.1 การคำนวณหาค่าตัวอุปกรณ์เหนี่ยวนำ (L)

กำหนด Vin = 4 V และ Vout = 18 V

จาก
$$I_{load(max)} \leq \frac{2.1A \times V_{in}}{V_{out}}$$

จะได้
$$I_{load(max)} \leq \frac{2.1 \times 4}{18} = 467 \text{ mA}$$

และจาก
$$D_{(max)} = \frac{V_{out} + V_F - V_{IN(min)}}{V_{OUT} + V_F - 0.6V}$$

จะได้
$$D_{(max)} = \frac{18 + 0.5 - 4}{18 + 0.5 - 0.6} \approx 0.81$$

นำค่า D_(max) ที่ได้มาหาค่า E · T

จาก
$$E \cdot T = \frac{D_{(Max)}(V_{in(min)} - 0.6V) 10^6}{52,000 \text{ Hz}} \quad (V \cdot \mu s)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

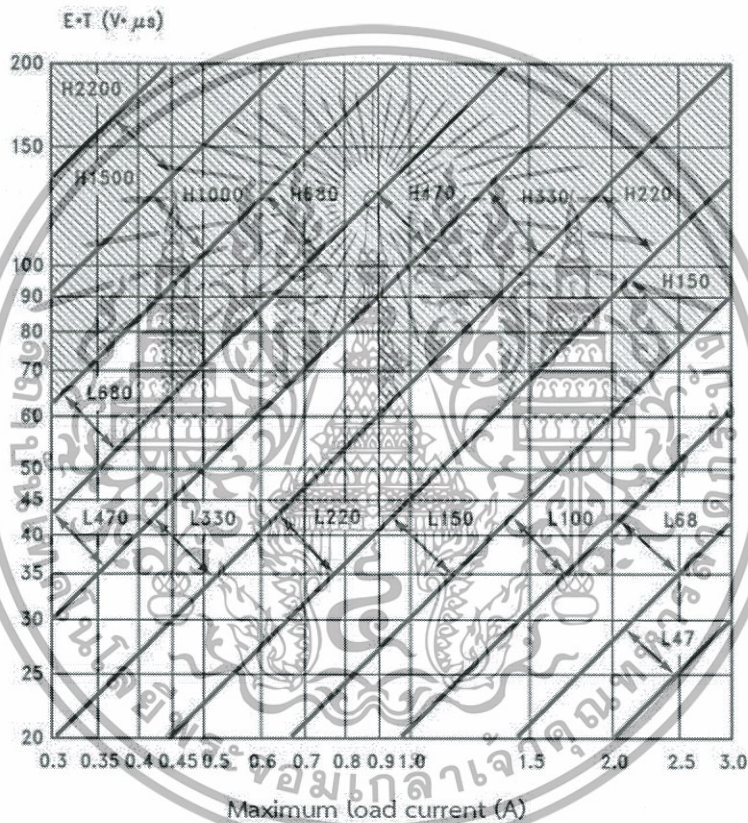
จะได้
$$E \cdot T = \frac{0.81 \times (4 - 0.6) 10^6}{52,000} = 52.96 \text{ V } \mu\text{s}$$

และนำค่า $I_{load(max)}$ ที่ได้ มาหาค่า $I_{IND,DC}$

จาก
$$I_{IND,DC} = \frac{1.05(I_{LOAD(max)})}{1 - D_{(max)}}$$

จะได้
$$I_{IND,DC} = \frac{1.05(467\text{m})}{1 - 0.81} = 2.58 \text{ A}$$

จากนั้นนำค่าที่ได้ จาก $E \cdot T$ และ $I_{IND,DC}$ ไปหาค่า L จาก รูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2 ความสัมพันธ์ค่า $E \cdot T$ กับค่ากระแสสภาวะสูงสุด

ดังนั้นจะได้ค่า $L = 100 \text{ } \mu\text{H}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การเลือกตัวเก็บประจุขาออก

ค่าตัวเก็บประจุขาออกและค่าความเหนี่ยวนำขดลวดขาออกจากคู่ pole ที่ dominate ในรอบการ switch ของ regulator เพื่อให้วงจรสามารถทำงานได้อย่างเสถียร คำนวณได้ตามสมการ

$$C_{OUT} \geq \frac{0.19 \times L \times R_C \times I_{LOAD(max)}}{V_{IN(min)} \times V_{OUT}}$$

$$C_{OUT} \geq \frac{V_{IN(min)} \times R_C \times (V_{IN(min)} + (3.74 \times 10^5 \times L))}{487,800 \times V_{OUT}^3}$$

โดยที่

$$R_C \leq \frac{750 \times I_{LOAD(max)} \times V_{OUT}^2}{V_{IN(min)}^2}$$

และ

$$R_C \leq \frac{750 \times 0.467 \times 18^2}{4^2} = 7092$$

โดยค่า R_C ควรใช้ค่าที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 3K

$$C_{out} \geq \frac{0.19 \times 100 \times 10^{-6} \times 2200 \times 0.467}{4 \times 18}$$

$$C_{out} \geq 270.875 \mu F$$

ดังนั้น จึงเลือกใช้ C_{out} ขนาด 470 μF

3.3.3 การเลือกใช้งานไดโอด

การเลือกใช้ Catch Diode ควรเลือกไดโอดที่ทนกระแสมากกว่า 1.2 เท่าของ กระแสภาระสูงสุด และควรมีเท่ากับขีดจำกัดกระแสสูงสุดของ LM2577 ด้วย นอกจากนี้ต้อง สามารถทนต่อการลัดวงจรที่ขาออกหรือสภาวะ overload ได้ ส่วนเรื่องแรงดันต้นนั้น ไดโอดที่เลือกควรจะสามารถทนต่อแรงดันย้อนกลับได้อย่างน้อย 1.25 เท่าของแรงดันขาเข้า สูงสุด สามารถเลือกไดโอดได้จากตัวอย่างตารางเลือกไดโอดจาก Datasheet ของ LM2577

V_{out} (max)	Schottky		Fast Recovery	
	1A	3A	1A	3A
20V	1N5817 MBR120P	1N5820 MBR320P		
30V	1N5818 MBR130P 11DQ03	1N5821 MBR330P 31DQ03		
40V	1N5819 MBR140P 11DQ04	1N5822 MBR340P 31DQ04		
50V	MBR150 11DQ05	MBR350 31DQ05	1N4933 MUR105	
100V			1N4934 HER102 MUR110 10DL1	MR851 30DL1 MR831 HER302

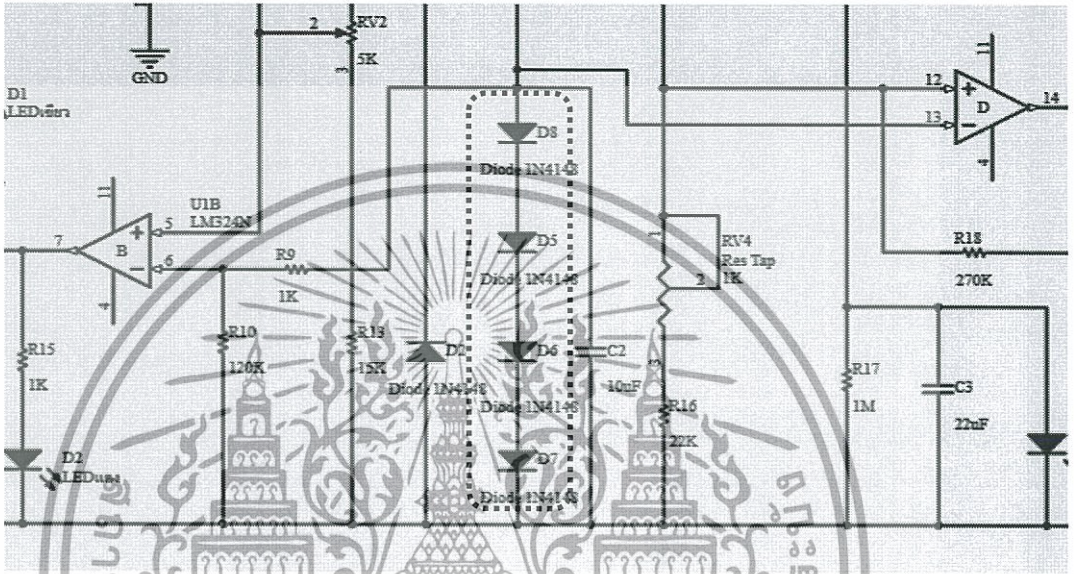
รูปที่ 3.3 ตารางการเลือกใช้ไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบวงจรชาร์จและการตัดสินใจตามเงื่อนไขที่เหมาะสม

3.4.1 การออกแบบแรงดันอ้างอิง

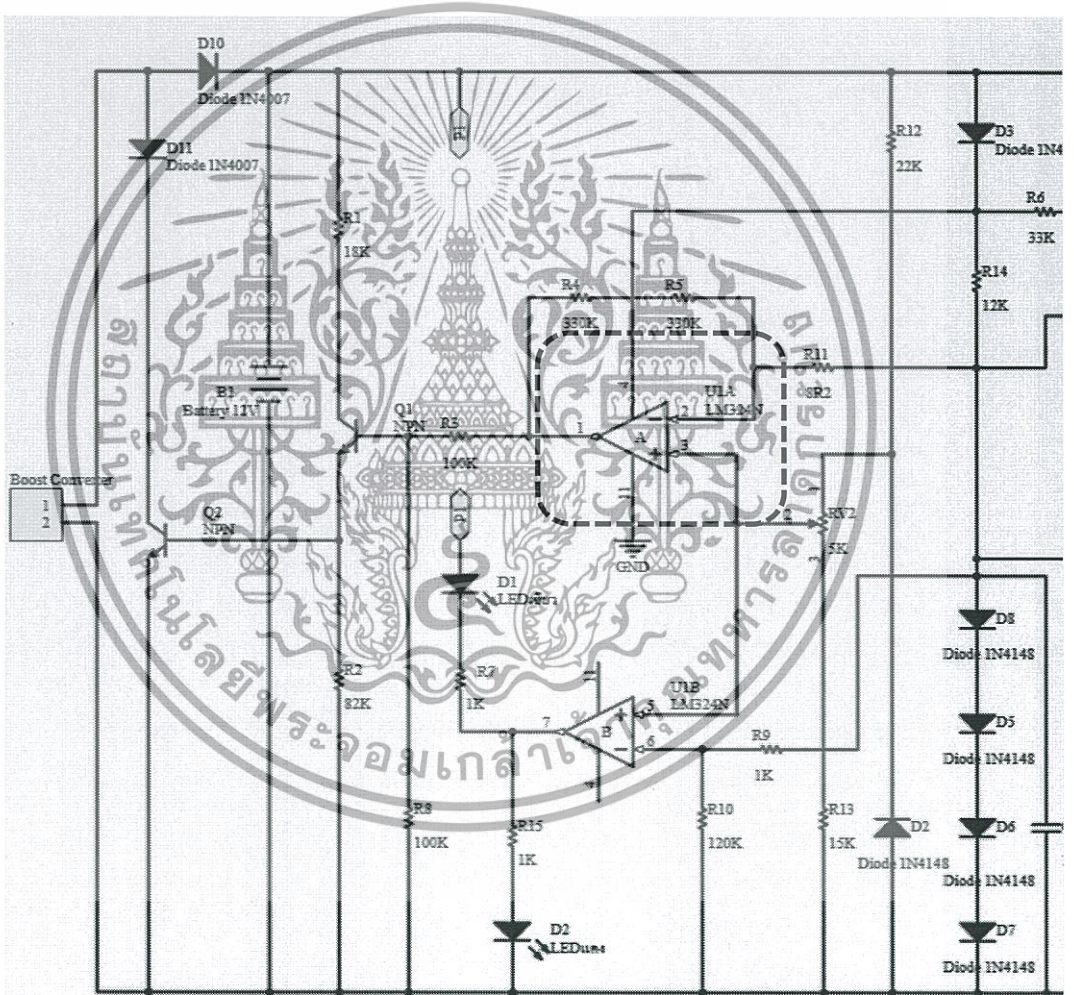
การออกแบบในส่วนนี้ เราต้องการให้แรงดัน ณ จุดที่เราต้องการ มีค่าคงที่ หรือสามารถมีค่าเปลี่ยนแปลงได้เล็กน้อยโดยไม่ส่งผลกระทบต่อผลการทดลอง เราจึงเลือกใช้ ไดโอด 4 ตัวมาต่ออนุกรมกัน เพื่อให้ได้แรงดันตกคร่อมตามที่เราต้องการ ดังรูปที่ 3.5 ซึ่งแรงดันที่เราได้นี้ จะเป็นแรงดันอ้างอิง เพื่อที่เราจะนำไปใช้ในวงจรเปรียบเทียบกับแรงดันต่อไป



รูปที่ 3.4 การออกแบบแรงดันอ้างอิง

3.4.2 การออกแบบเงื่อนไขวงจรในการชาร์จและหยุดชาร์จ

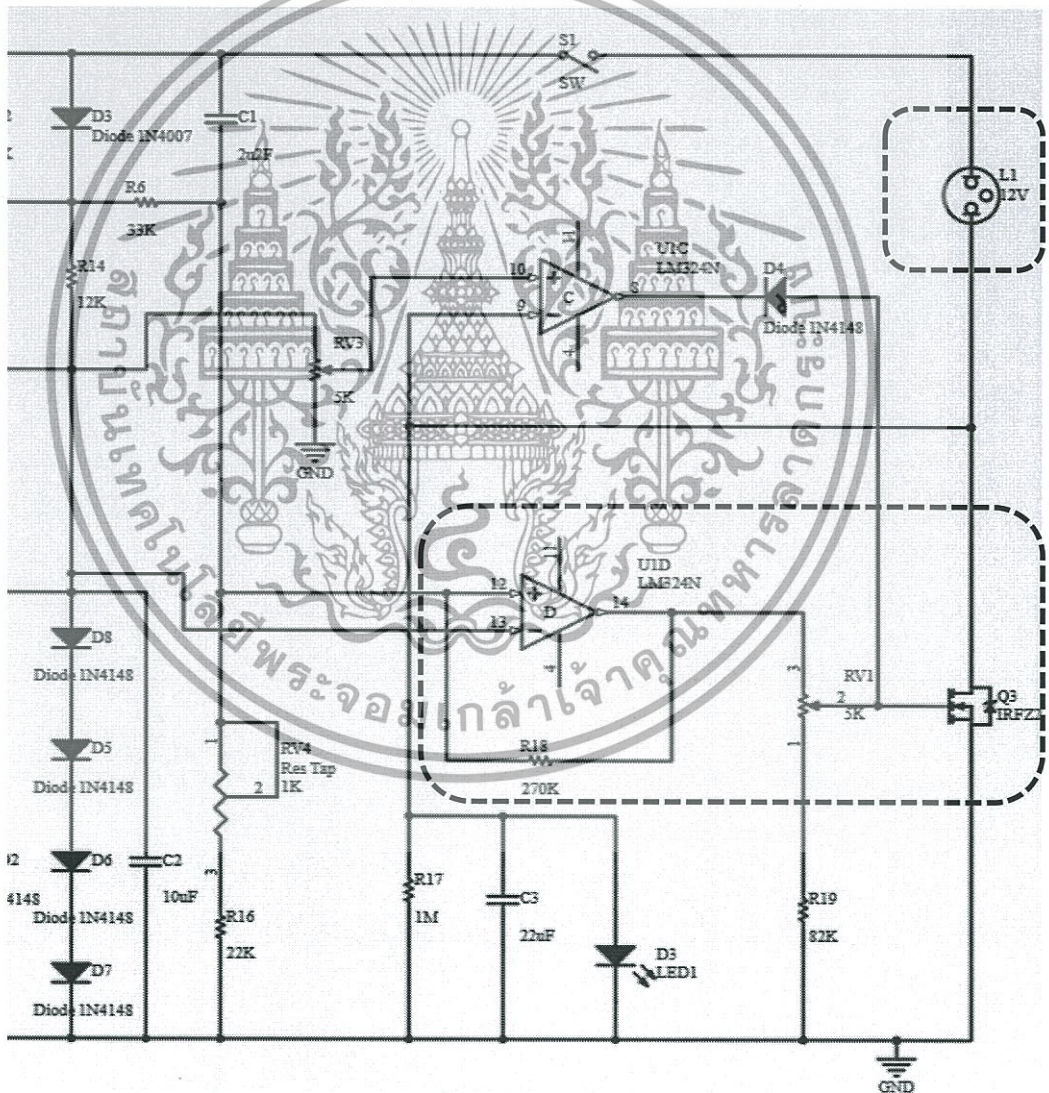
เราเลือกใช้อุปกรณ์มาช่วยในการกำหนดเงื่อนไขของวงจร โดยการให้อุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ โดยสังเกตจากรูปที่ 3.6 ในขณะที่แบตเตอรี่เต็ม ที่ขาอินพุทของออปแอมป์ 3 จะมีค่า V_{in+} มากกว่า V_{in-} ที่ขาอินพุทของออปแอมป์ 2 ทำให้เอาพุทที่ขา 1 ของออปแอมป์ที่ได้มา มีค่าเป็นไฮ หรือมีค่าประมาณไฟเลี้ยงของจร ซึ่งจะทำให้ทรานซิสเตอร์ ที่ Q1 และ Q2 ทำงาน โดยกระแสจะไม่ไหลผ่านเข้าแบตเตอรี่ แต่จะไหลผ่านทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวแทน แต่เมื่อขณะที่แบตเตอรี่อ่อน ที่ขาอินพุทของออปแอมป์ 3 จะมีค่า V_{in+} น้อยกว่า V_{in-} ที่ขาอินพุทของออปแอมป์ 2 ทำให้เอาพุทที่ได้มีค่าเป็นโล หรือมีค่าประมาณกราว ซึ่งจะทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 ไม่ทำงาน ทำให้กระแสไหลเข้าแบตเตอรี่ เป็นการเริ่มชาร์จแบตเตอรี่



รูปที่ 3.5 การออกแบบวงจรเปรียบเทียบแรงดันให้ชาร์จหรือหยุดชาร์จแบตเตอรี่

3.4.4 เงื่อนไขการทำงานของโหลดเมื่อแบตเตอรี่เต็มหยุดการทำงานเมื่อแบตเตอรี่อ่อน

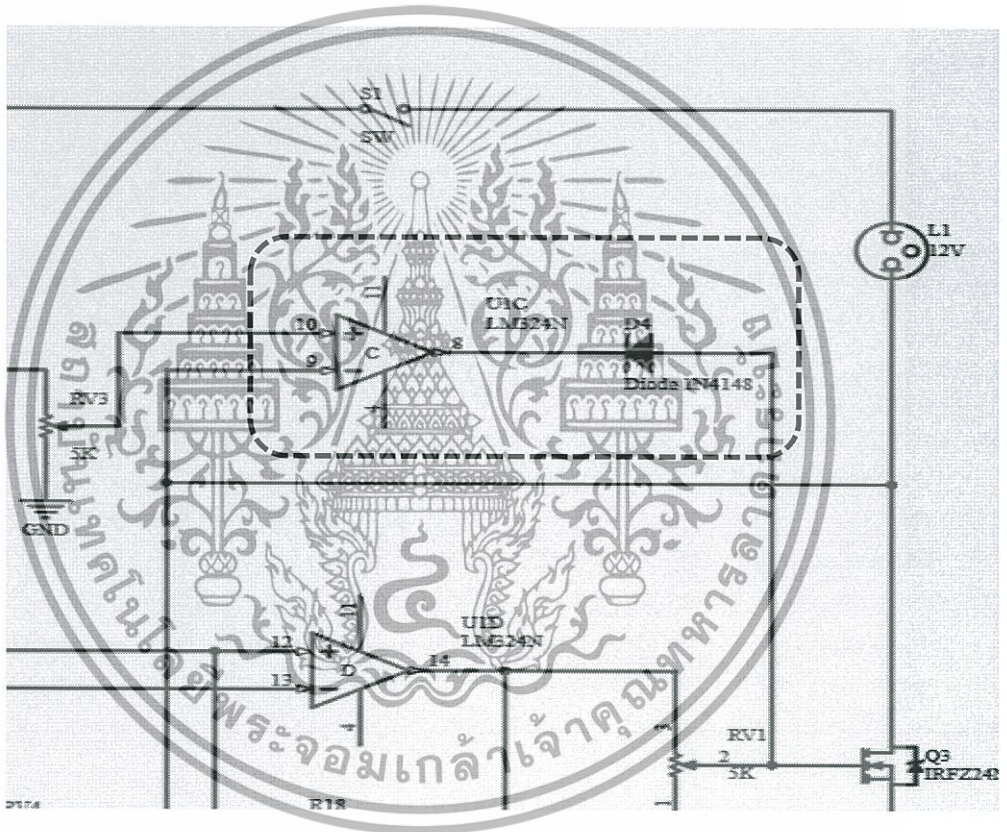
การออกแบบในส่วนนี้นั้น เราใช้อุปกรณ์มาเป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดัน เช่นเดียวกัน สังเกตจากรูปที่ 3.8 ซึ่งเมื่อแบตเตอรี่เต็ม ขาอินพุทของออปแอมที่ขา 12 จะมีค่า V_{in+} มากกว่า ค่า V_{in-} ที่ขาอินพุทของออปแอมที่ขา 13 ซึ่งจะทำให้เอาพุทที่เราได้ที่ขา 14 ของออปแอมมีค่าเป็นไฮหรือมีค่าประมาณไฟเลี้ยง ซึ่งจะทำให้ มีแรงดันตกคร่อมที่ขา G ของ Mosfet เราทำการปรับค่าแรงดันที่ขา V_{gs} ของ Mosfet ให้มีกระแสไหลผ่านโหลดได้ตามที่เราต้องการ ซึ่งในขณะนั้น mosfet จะทำหน้าที่เป็นสวิตช์ On ในกรณีที่แบตเตอรี่อ่อน ขาอินพุทของออปแอมที่ขา 12 จะมีค่า V_{in+} น้อยกว่า V_{in-} ที่ขาอินพุทของออปแอมที่ขา 13 ซึ่งจะทำให้เอาพุทที่เราได้ที่ขา 14 ของออปแอมนั้นมีค่าเป็นโล หรือมีค่าประมาณกราว ซึ่งแสดงว่าจะไม่มีแรงดันตกคร่อมที่ขา G ของ Mosfet ดังนั้น Mosfet จึงทำงานเป็นสวิตช์ในโหมด Off ทำให้ไม่มีกระแสสามารถไหลผ่านโหลดได้



รูปที่ 3.7 การออกแบบเงื่อนไขในการทำงานของโหลด

3.4.5 การออกแบบส่วนป้องกันวงจร

เนื่องจากการทำงาน ถ้าเกิดเหตุขัดข้องหรือโหลดเสียหายซึ่งอาจทำให้เกิดกระแสลัดวงจรได้ เราจึงได้นำวงจรเปรียบเทียบแรงดันมาช่วยในส่วนนี้ โดยสังเกตจากรูปที่ 3.9 ในการทำงานปกติที่ขาอินพุทของออปแอมที่ขา 10 จะมีค่า V_{in+} มากกว่า V_{in-} ที่ขา 9 ของออปแอม ทำให้เอาพุทที่เราได้ที่ขา 8 ของออปแอมนั้นมีค่าเป็นไฮหรือมีค่าประมาณไฟเลี้ยงซึ่งในส่วนนี้ ไดโอด D4 จะไม่ทำงานทำให้ไม่มีกระแสไหล แต่เมื่อใดก็ตามที่โหลดเกิดการลัดวงจรขึ้น แรงดันอินพุทที่ขา 9 ของออปแอมจะมีค่า V_{in-} มากกว่า V_{in+} ที่ขา 10 ของออปแอม ทำให้เอาพุทที่ขา 8 ของออปแอมนั้นมีค่าเป็นโลหรือมีค่าประมาณกราว ซึ่งไดโอด D4 จะทำงานโดนจะทำให้กระแสที่ไหลลัดวงจรจากโหลดที่มาจากแบตเตอรี่นั้นมาผ่านไดโอดและลงกราวไป เพื่อไม่ให้วงจรได้รับความเสียหาย



รูปที่ 3.8 การออกแบบส่วนป้องกันของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

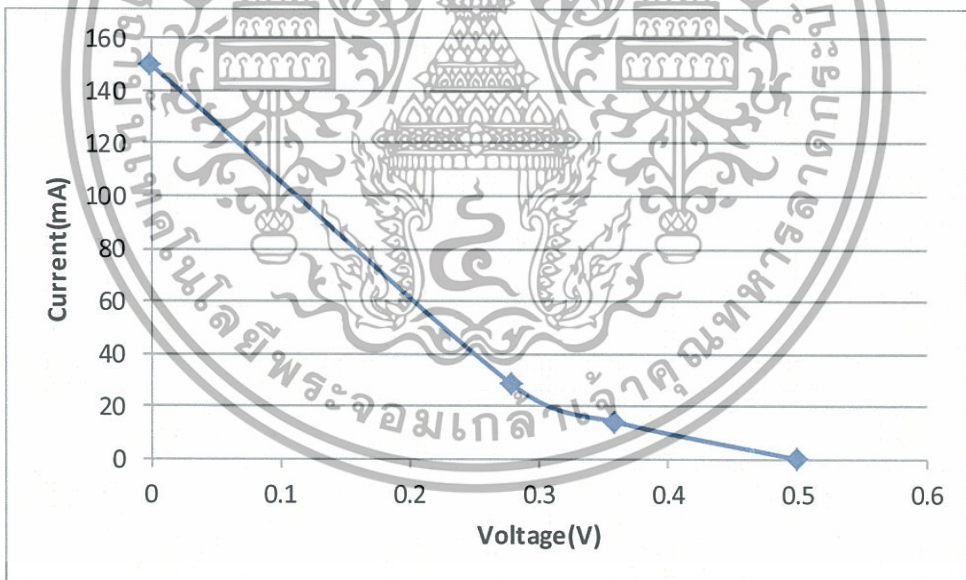
4.1 การทดลองแผ่นเพลทีयरในขณะติดกับตู้อบแบบจำลองและฮีทซิงค์

ขั้นตอนการทดลอง

1. นำตู้อบแบบจำลองที่ติดกับแผ่นเพลทีयरและฮีทซิงค์ ไปวางไว้กลางแดด
2. ใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิเริ่มคงที่ ทำการวัดกระแสและแรงดันของแผ่นเพลทีयर
3. บันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 ขณะเวลา 12.00 น. ซึ่งได้ค่า $\Delta T \approx 30^\circ\text{C}$

Current(mA)	Voltage(V)
150	0
14	0.36
28	0.28
0	0.51



รูปที่ 4.1 กราฟการทดลองของแผ่นเพลทีयरขณะติดกับตู้อบแบบจำลอง

จากผลการทดลองทำให้เราทราบว่าจุดที่น่าจะให้กำลังงานได้มากที่สุด คือจุดที่มี กระแส = 28mA และมีแรงดัน = 0.28 V จากสมการ $P=IV$

4.2 การทดลองวงจรเพิ่มระดับแรงดัน (Step up converter)

ขั้นตอนการทดลอง

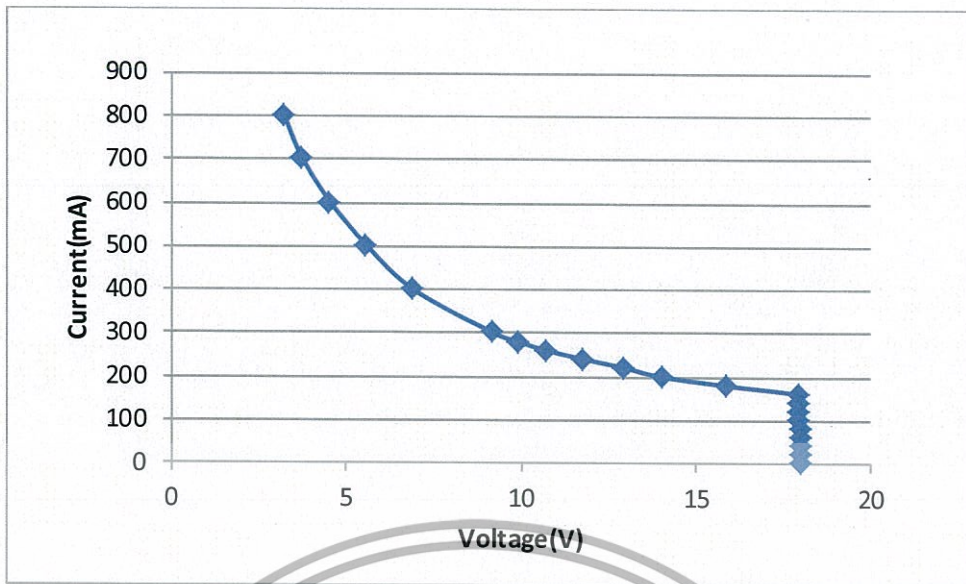
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ต่อแหล่งจ่ายไฟเข้ากับอินพุทของวงจรเพิ่มระดับแรงดัน
2. ทำการต่อแอกทีฟโพลด์เข้ากับเอาพุทของวงจรเพิ่มระดับแรงดัน
3. ปรับแหล่งจ่ายไฟให้มีค่า $V_{in}=3.5V$ แล้วใช้แอกทีฟโพลด์ติงกระแสและทำการบันทึกค่าไว้
4. ทำการเปลี่ยนค่า V_{in} และบันทึกผลการทดลองเช่นข้อ 3 โดยให้ $V_{in} = 4 V, V_{in} = 4.5 V$ และ $V_{in} = 5 V$ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2.1 ผลการทดลองกระแสและแรงดันของวงจรเพิ่มระดับแรงดันที่ $V_{in} = 3 V$

Output Current (mA)	Output Voltage (V)
800	3.24
700	3.76
600	4.56
500	5.60
400	6.93
300	9.22
280	9.92
260	10.72
240	11.79
220	12.97
200	14.04
180	15.92
160	17.98
140	17.99
120	18
100	18.01
80	18.02
60	18.03
40	18.04
20	18.05
0	18.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



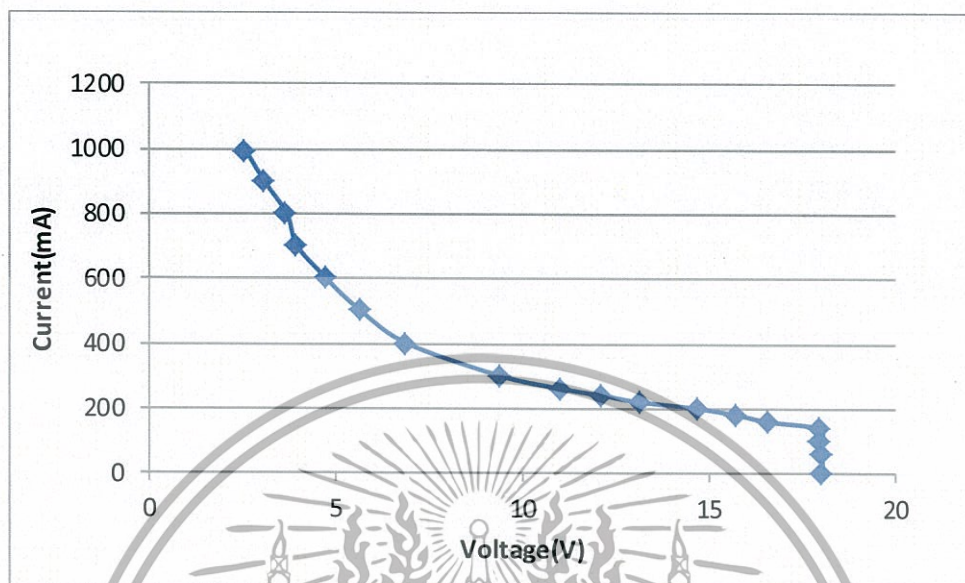
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับกระแสขณะให้ $V_{in} = 3.5 \text{ V}$

ตารางที่ 4.2.2 ผลการทดลองกระแสและแรงดันของวงจรเพิ่มระดับแรงดันที่ $V_{in} = 4 \text{ V}$

Output Current (mA)	Output Voltage (V)
990	2.6
900	3.08
800	3.68
700	3.96
600	4.74
500	5.66
400	6.90
300	9.41
260	11.06
240	12.12
220	13.14
200	14.73
180	15.76
160	16.60
140	17.98
100	18.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

60	18.03
0	18.06

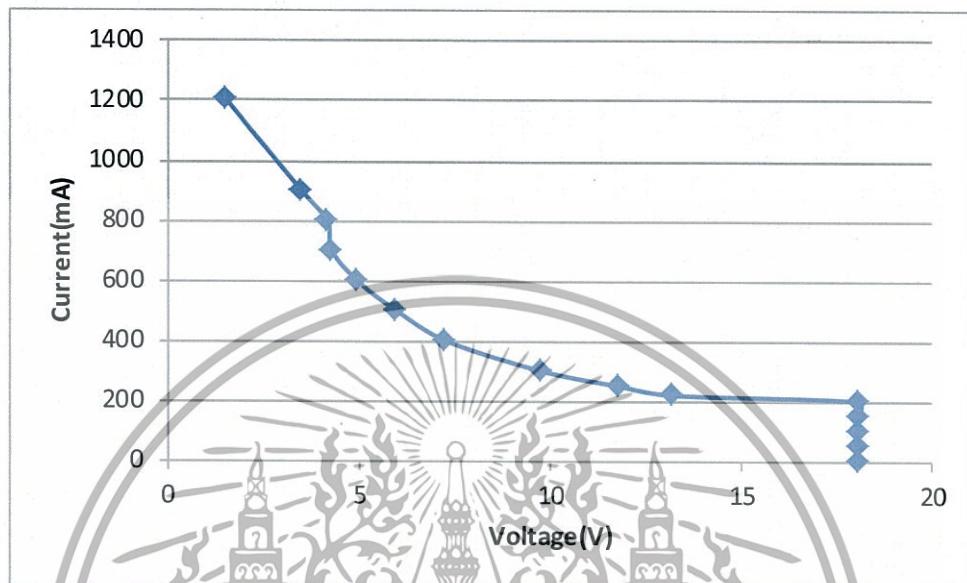


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับกระแสขณะให้ $V_{in} = 4 \text{ V}$

ตารางที่ 4.2.3 ผลการทดลองกระแสและแรงดันของวงจรเพิ่มระดับแรงดันที่ $V_{in} = 4.5 \text{ V}$

Output Current (mA)	Output Voltage (V)
1200	1.53
900	3.48
800	4.16
700	4.27
600	4.93
500	5.96
400	7.26
300	9.75
250	11.76
220	13.20
200	18.05
150	18.05

100	18.05
50	18.05
0	18.06

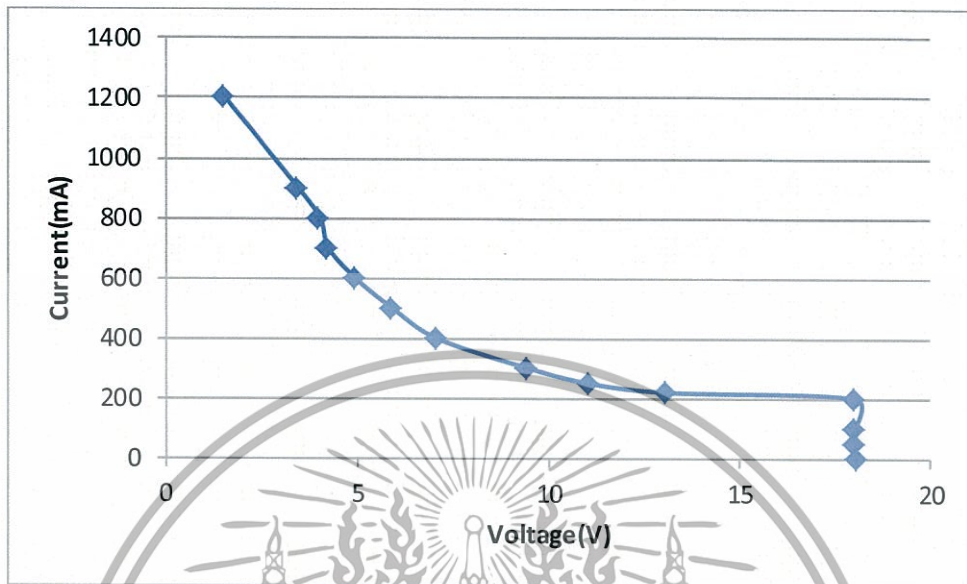


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับกระแสขณะให้ $V_{in} = 4.5$ V

ตารางที่ 4.2.4 ผลการทดลองกระแสและแรงดันของวงจรเพิ่มระดับแรงดันที่ $V_{in} = 5$ V

Output Current (mA)	Output Voltage (V)
1200	1.54
900	3.44
800	4.01
700	4.23
600	4.92
500	5.89
400	7.05
300	9.44
250	11.03
220	13.05
200	18.01

50	18.02
0	18.06



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับกระแสขณะให้ $V_{in} = 5 \text{ V}$

จากการทดลองนี้เพื่อสังเกตว่าในขณะที่เราได้ป้อนแรงดันที่ค่าต่างๆกัน จะมีผลทำให้เอาพุทที่เราได้นั้น มีค่าแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด

4.3 การทดลองแบตเตอรี่

4.3.1 การทดลองระยะเวลาการคายประจุของแบตเตอรี่

ขั้นตอนการทดลอง โดยเราทำการต่อแบตเตอรี่ขนาด $12 \text{ V } 7 \text{ AH}/20 \text{ HR}$ เข้ากับ Dummy Load โดยกำหนดให้มีกระแสไหลผ่าน 0.28 mA แล้วทำการบันทึกระยะเวลาที่ใช้กับแรงดันของแบตเตอรี่

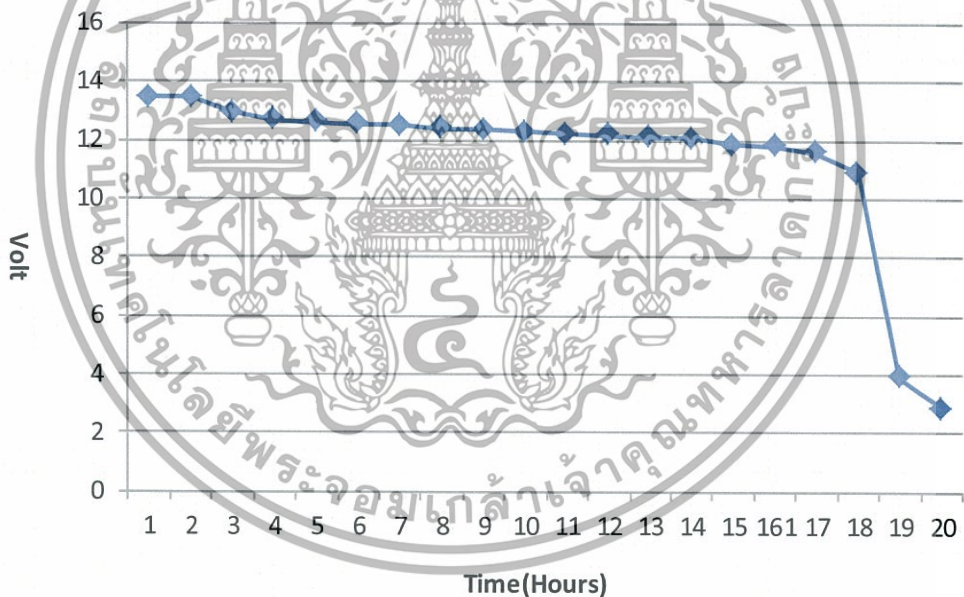
ตารางที่ 4.3.1 ผลการทดลองการคายประจุของแบตเตอรี่

V(Volt)	Time(hours)
13.45	1
13.45	2
12.93	3
12.67	4
12.6	5
12.54	6
12.49	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12.4	8
12.35	9
12.29	10
12.2	11
12.17	12
12.11	13
12.05	14
11.84	15
11.8	16
11.6	17
10.9	18
3.9	19
2.85	20



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับแรงดันของแบตเตอรี่

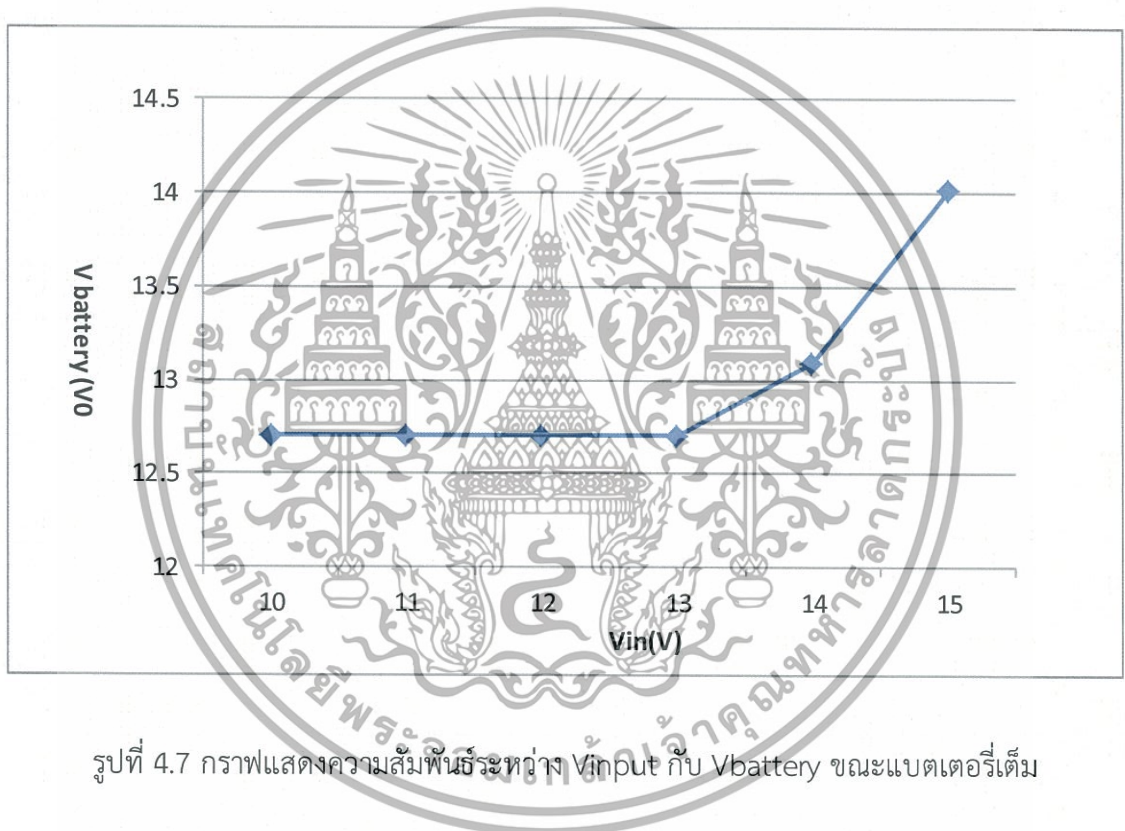
4.3.2 การทดลองวัดค่าแรงดันแบตเตอรี่พร้อมกับแหล่งจ่ายไฟ ขณะที่แบตเตอรี่เต็ม ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อแบตเตอรี่เข้าในวงจร Control และต่อแหล่งจ่ายไฟเข้าในอินพุทของวงจร Control
2. ให้ปรับค่าแรงดัน V_{in} ตั้งแต่ค่า 10-15 V
3. ทำการบันทึกผลการทดลองที่ได้ของค่าแรงดันแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3.2 ผลการทดลองขณะแบตเตอรี่เต็ม

Vin	Vbattery
10	12.7
11	12.7
12	12.7
13	12.7
14	13.09
15	14.01



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Vinput กับ Vbattery ขณะแบตเตอรี่เต็ม

4.3.3 การทดลองวัดค่าแรงดันแบตเตอรี่พร้อมแหล่งจ่ายไฟ ขณะแบตเตอรี่อ่อน ขั้นตอนการทดลอง

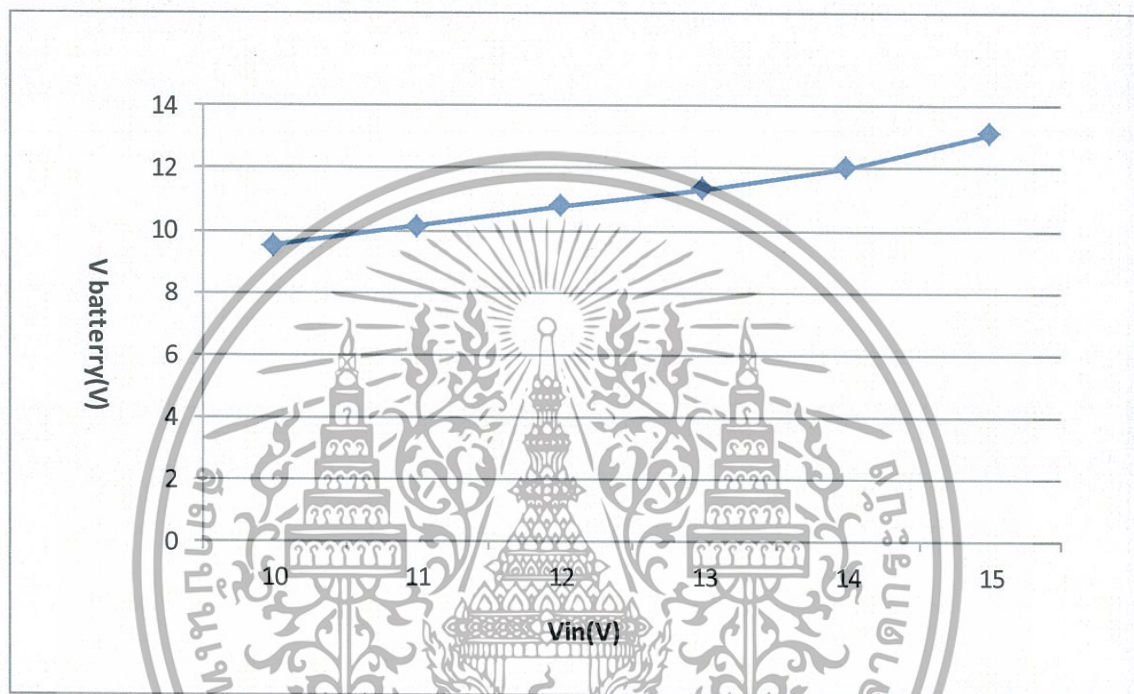
1. ต่อแบตเตอรี่เข้าในวงจร Control และต่อแหล่งจ่ายไฟเข้าในอินพุทของวงจร Control
2. ให้ปรับค่าแรงดัน Vin ตั้งแต่ค่า 10-15 V
3. ทำการบันทึกผลการทดลองที่ได้ของค่าแรงดันแบตเตอรี่

ตารางที่ 4.3.3 ผลการทดลองขณะแบตเตอรี่อ่อน

Vin	V battery
-----	-----------

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

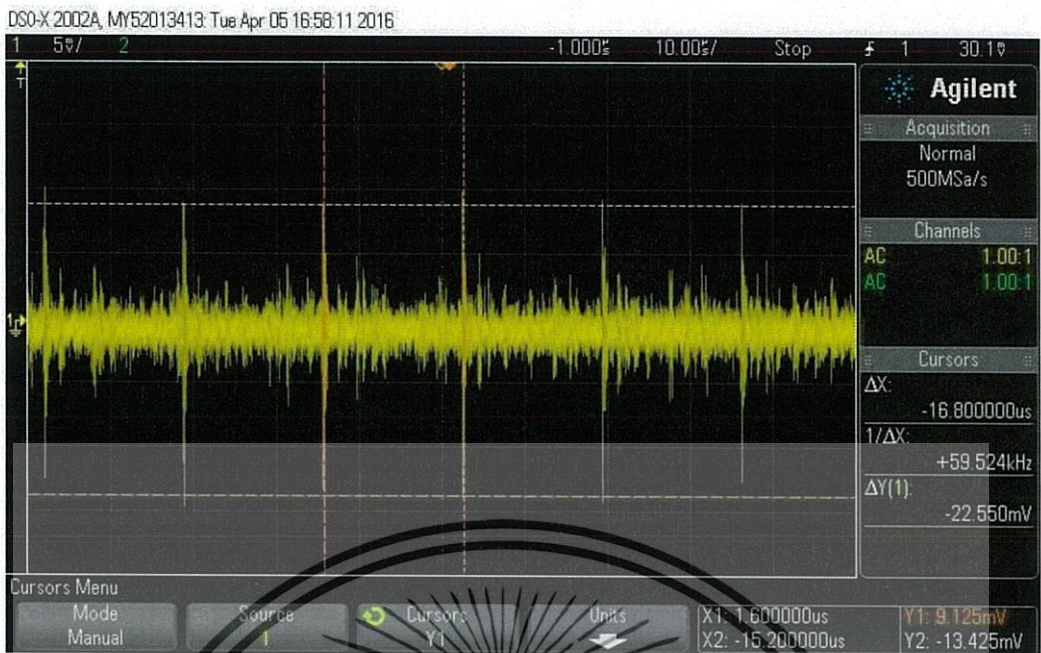
10	9.5
11	10.13
12	10.79
13	11.32
14	12.03
15	13.1



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Vinput กับ Vbattery ขณะแบตเตอรี่อ่อน

4.4 การทดลองวัดสัญญาณเข้าพุทของออปแอม

ขั้นตอนการทดลอง ทำการต่อแบตเตอรี่และแหล่งจ่ายไฟเข้ากับอินพุทของวงจร Control ทำการวัดสัญญาณโดยใช้สโคปจับที่ขา 1 ของออปแอมเทียบกับกราวด์ บันทึกรูปภาพกราฟที่ได้มา



รูปที่ 4.9 กราฟสัญญาณที่ขาเข้าพุทของออปแอมป์ที่ขา 1

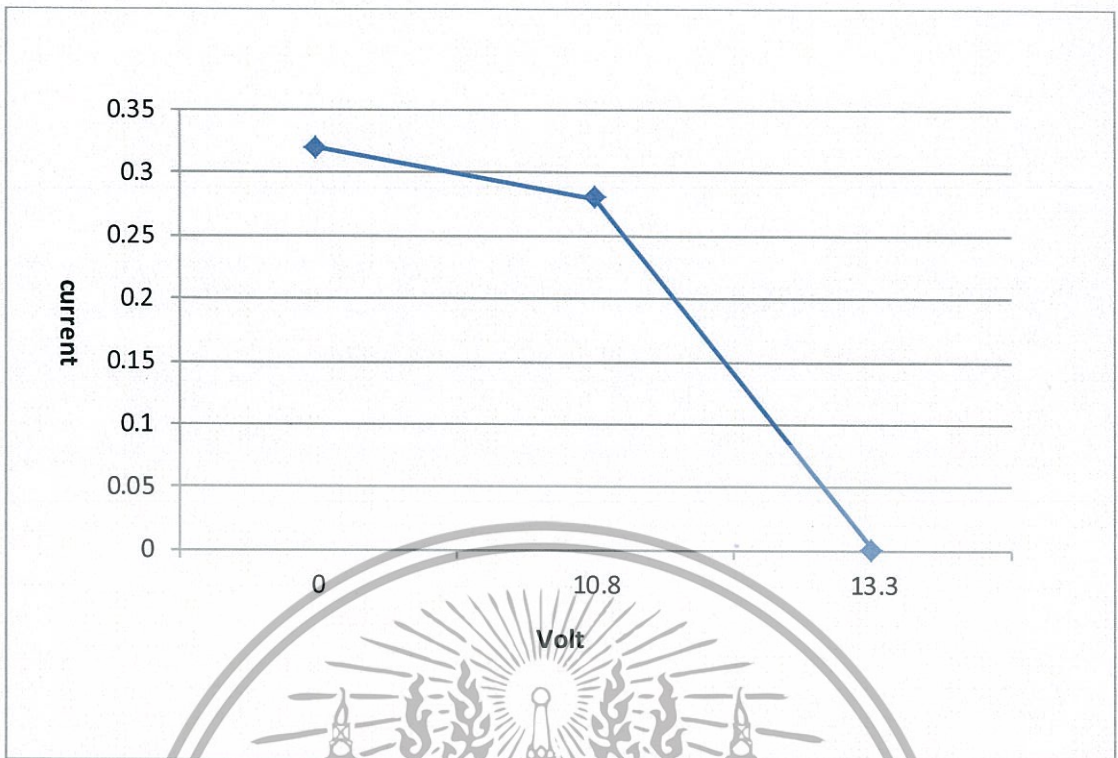
4.5 การทดลองตั้งกระแสของวงจร Control

ขั้นตอนการทดลอง ทำการต่อแบตเตอรี่และแหล่งจ่ายไฟเข้ากับอินพุทของวงจร Control และต่อ Dummy Load เพื่อทำการตั้งกระแส และบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการตั้งกระแสของ Dummy load

V(Volt)	I(A)
0	0.32
10.8	0.28
13.3	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันของDummy Load

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

5.1 ตู้อบแบบจำลองและแผ่นเพลทเทียร์

จากการทดสอบตู้อบแบบจำลองโดยการนำไปตากแดดพร้อมกับติดแผ่นเพลทเทียร์ ซึ่งแผ่นเพลทเทียร์ 1 แผ่น เมื่อมีอุณหภูมิต่างกันประมาณ 30°C จะได้แรงดัน Open Circuit = 0.51 V และจะได้ค่ากระแสขณะลัดวงจร = 150 mA ซึ่งจากกราฟ เราเลือกใช้จุดที่ให้กำลังงานสูงสุด คือจุดที่มีค่าแรงดัน = 0.28 V และมีกระแส = 28 mA

ซึ่งเราพบว่าตู้อบแบบจำลองของเรานี้ทำงานได้ดีในระดับหนึ่ง แต่ไม่สามารถเก็บรักษาความร้อนได้คงที่ และไม่ได้คำนึงถึงส่วนประกอบต่างๆที่มีผลต่อการเก็บความร้อน เช่น การคำนวณขนาดพื้นที่ภายในตู้อบ ความโค้งต่อการรับแสง และที่เปิดปิดตู้อบ จึงทำให้อาจจะไม่ใช่ตู้อบที่ให้พลังงานความร้อนได้ดีที่สุดในส่วนนี้เราสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดร่วมกับการใช้ความรู้ของผู้ที่มีประสบการณ์และเชี่ยวชาญในด้านนี้เข้ามาช่วยกันพัฒนา เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นต่อไป ในส่วนของแผ่นเพลทเทียร์นั้น เราจะนำไปต่อในวงจรเพิ่มระดับแรงดัน ซึ่งจากผลการทดลองที่เราได้ แสดงว่าเราจำเป็นต้องใช้แผ่นเพลทเทียร์มาต่อขนานกันประมาณ 16 อันเพื่อให้ได้แรงดันตามที่ต้องการ และต่ออนุกรมกันประมาณ 24 อันจึงจะได้แรงดันตามที่ต้องการ ซึ่ง ณ ปัจจุบันแผ่นเพลทเทียร์มีราคาค่อนข้างสูง ซึ่งจะทำให้ไม่มีงบประมาณพอในการทำกรทดลอง เราจึงได้ทำโครงการนี้เป็นแนวทางเพื่อนำไปต่อยอดและพัฒนาต่อไปในอนาคต

5.2 วงจรเพิ่มระดับแรงดัน

จากการทดลองเราได้ทำการป้อนแรงดันเข้าที่ Input ของวงจรที่ค่าต่างๆกัน เพื่อสังเกตว่า ค่า Output ที่ได้ นั้น มีความแตกต่างกันมากเท่าไร ซึ่งถ้าค่า Output ที่เราได้ นั้น ไม่ต่างกันมาก เราจะเลือกใช้แรงดัน Input ที่น้อยที่สุด เพื่อเป็นการประหยัดในการใช้แผ่นเพลทเทียร์

ดังนั้นจากผลการทดลอง เราจึงเลือกใช้ที่ $V_{in} = 4.5\text{ V}$ ซึ่งจากการทำงานของวงจร ไม่มีข้อบกพร่องในการทำงาน

5.3 วงจรชาร์จและการตัดสินใจตามเงื่อนไขที่เหมาะสม

ในการทดลองวงจรนี้เราได้แบ่งวงจรออกเป็น 4 ส่วนหลักๆ ส่วนที่ 1 คือการตัดสินใจในการชาร์จหรือไม่ชาร์จ ซึ่งเราได้กำหนดให้วงจรเริ่มชาร์จเมื่อแบตเตอรี่เราเหลือ 9.6 V ซึ่งมาจากคุณสมบัติของแบตเตอรี่ คือใช้งานได้จนเหลือ 80% ของแบตเตอรี่ ส่วนที่ 2 คือไฟ led ในการแจ้งสถานะ คือเมื่อ led สีแดงติดหมายถึงแบตเตอรี่เต็มพร้อมใช้งาน และ led สีเขียวติดหมายถึงกำลังชาร์จแบตเตอรี่ ซึ่งจะทำการชาร์จแบตเตอรี่เมื่อแบตเตอรี่เหลือ 9.6 V ส่วนที่ 3 คือส่วนที่เป็นการกำหนดให้โหลดทำงานหรือหยุดทำงาน ซึ่งในส่วนนี้โหลดจะทำงานเมื่อแบตเตอรี่เต็มและจะทำงานต่อเนื่องไปเรื่อยๆจนกระทั่งแบตเตอรี่มีแรงดันเหลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 9.6 V ส่วนที่ 4 O/L Setting คือเป็นส่วนป้องกันวงจร เมื่อมีการลัดวงจรเกิดขึ้น หรือเมื่อมีค่า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟเกิน ส่วนนี้จะทำหน้าที่ป้องกันวงจรไม่ให้เสียหาย ซึ่งจากการทดลองเราปรับค่ากระแสไหลสูงสุดมีค่า 0.28 A เนื่องจากแบตเตอรี่ของเราจ่ายได้ 7.5 AH จึงคำนวณให้แบตเตอรี่จ่ายไหลได้นาน 24 HR ได้ค่ากระแส 0.28 A และเมื่อเราได้ทำการทดลองเพื่อทดสอบว่าในส่วนของพาร์ทป้องกันนั้นได้ทำงานหรือไม่ ซึ่งเราได้ค่ากระแสขณะไหลลัดวงจร และไฟ LED สีเขียวติด = 0.32 A

ซึ่งจากที่กล่าวมานี้เรายังพบข้อบกพร่องในบางส่วนของวงจร เนื่องจากการชาร์จแบตเตอรี่ แบตเตอรี่จะยังไม่เต็มแต่วงจรจะหยุดชาร์จก่อน ซึ่งปัญหานี้น่าจะเกิดจากการออกแบบความกว้างของฮิสเตอร์ซิส ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันน้อยเกินไป เนื่องจากรายังไม่มีความชำนาญ และประสบการณ์มากพอ แต่เราสามารถนำไปต่อยอดพัฒนา เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นต่อไปได้ ในส่วนอื่นๆ วงจรทำงานได้มีประสิทธิภาพและเป็นไปตามเงื่อนไขที่ต้องการ

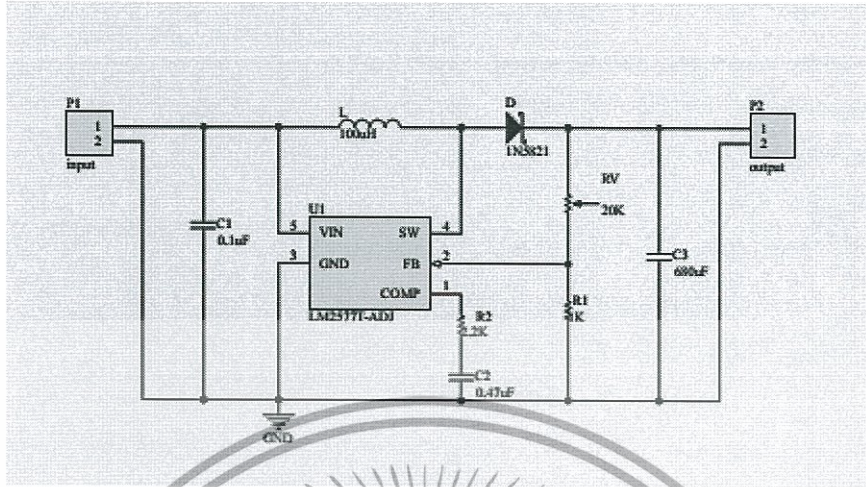
5.4 แบตเตอรี่

จากการทดลองในการโครงการครั้งนี้เราได้เลือกแบตเตอรี่ตะกั่วกรดแบบ SLA ขนาด 12V 7 Ah โดยการนำเซลล์แบตเตอรี่ขนาด 6 V 7Ah จำนวน เซลล์มาต่ออนุกรมกัน 2 เนื่องจากการทำงานของเรานั้นเน้นใช้พลังงานจากความร้อนที่สูงในระดับหนึ่ง จึงไม่เหมาะแก่การใช้แบตเตอรี่ชนิดอื่นเช่น ลิเทียมไอออน เพราะแบตเตอรี่ชนิดนี้ถ้าอยู่ในสถานะที่มีความร้อนสูงจะทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพไม่สามารถใช้งานได้อย่างเต็มที่ แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วเป็นที่แพร่หลายในหุมรถยนต์ ณ ขณะนี้ เพราะมีราคาถูกและทนต่อความร้อนได้ การชาร์จของแบตเตอรี่ชนิดนี้ ต้องการการชาร์จในระดับช้าจึงเหมาะแก่โครงการของเรา เพราะตัวโครงการนั้นใช้เทอร์โมอิเล็กทริกเจเนอเรเตอร์ ที่มีความสามารถในการให้กระแสน้อยและต้องใช้เวลาในการสร้างกระแสไฟฟ้าจึงไม่ทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพเร็วเกินกว่าที่ควรจะเป็น

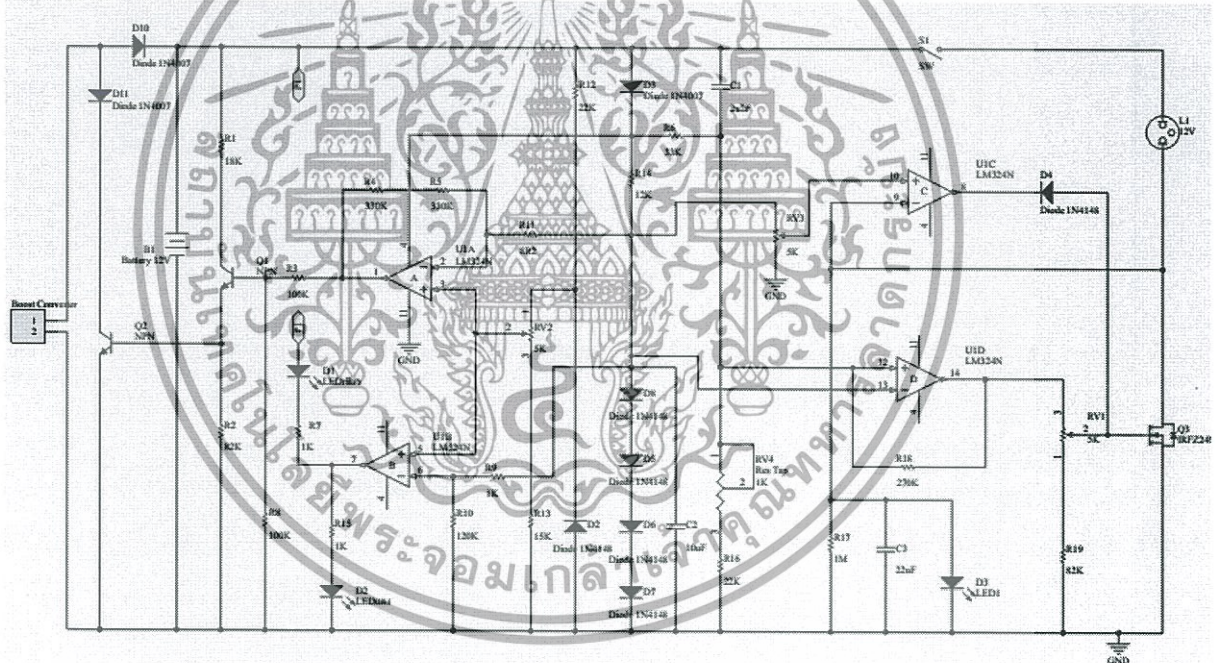
จากการทดลองแผ่น TEG เราไม่สามารถใช้แผ่น TEG ให้ชาร์จแบตเตอรี่ให้เต็มได้ในเวลาที่น้อยเพราะแผ่น TEG ไม่สามารถสร้างกระแสไฟฟ้าที่มากพอในการชาร์จแบตเตอรี่ การทำโครงการนี้ยังเป็นเพียงโครงการในอุดมคติ โครงสร้างเพื่ออนาคตที่จะได้รับการพัฒนาให้ดีขึ้นอีกอย่างแน่นอน

ภาคผนวก

วงจรเพิ่มระดับแรงดัน (Boost Converter)



วงจรการตัดสินใจตามเงื่อนไข



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Battery university group(BUP) Lead acid battery(ออนไลน์) สืบค้นจาก http://batteryuniversity.com/learn/article/lead_based_batteries
- [2] Battery university group(BUP) Charge Lead acid battery(ออนไลน์) สืบค้นจาก <http://batteryuniversity.com/learn/>
- [3] กิตติพจน์โตสินธุ์. (2550). ทำเล่นให้เป็นจริง. กรุงเทพฯ : อิเล็กทรอนิกส์กรุงเทพรังสิต การผลิตกระแสไฟฟ้า (ออนไลน์) . (2555) . สืบค้นจาก: <http://microcontroller-electronicsupdate.blogspot.com/2012/08/biolite-campstove.html>
- [4] การถ่ายเทความร้อน (ออนไลน์) . (2555) . สืบค้นจาก: <http://www.thaigoodview.com/node/42080>
- [5] หลักการทำงานของแผ่นเพลเทียร์(ออนไลน์) . (2555) . สืบค้นจาก: <http://www.ninekaow.com/wbs/?action=view&sub=05&id=0007227>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้