

การปรับปรุงเครื่องประจุแบตเตอรี่พลังงานแสงอาทิตย์ขนาด
12V/10A

THE IMPROVEMENT OF 12V/10A SOLAR CHARGER



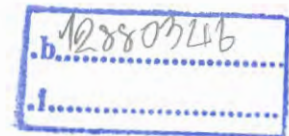
T149068



จิตตกร ปานทุม

ช.พ.
จ 348 ก
2558

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....149068
วัน,เดือน,ปี.....27.S.A. 2560



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต(ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดและเผยแพร่เอกสารต่อผู้อื่นถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ปีการศึกษา 2558

THE IMPROVEMENT OF 12V/10A SOLAR CHARGER



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED

IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (APPLIED PHYSICS)

DEPARTMENT OF PHYSICS, FACULTY OF SCIENCE





KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2015

เอกสารนี้
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงหรือเผยแพร่ข้อความของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ ปรับปรุงเครื่องประจุแบตเตอรี่พลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 12V/10A
 The Improvement of Solar Charger 12V/10A
 ชื่อนักศึกษา นายจิตตกร ปานทุม รหัสนักศึกษา 53050595
 ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต(ฟิสิกส์ประยุกต์)
 ภาควิชา ฟิสิกส์
 ปีการศึกษา 2558
 อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.กัจปัญญา สุวรรณสุขโข

คณะวิทยาศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังอนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต(ฟิสิกส์ประยุกต์) ประจำปีการศึกษา 2558

คณะกรรมการการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร.พิศาล สุขวิสูตร ประธานกรรมการ	
รศ.วิชิต ศิริโชติ กรรมการ	
อ.ธรรมรัตน์ แต่งตั้ง กรรมการ	
ดร.กัจปัญญา สุวรรณสุขโข กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงการพิเศษ	ปรับปรุงเครื่องประจุแบตเตอรี่พลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 12V/10A
ชื่อนักศึกษา	นายจิตตกร ปานทุม รหัสนักศึกษา 53050595
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต(ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชา	ฟิสิกส์
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง(สจล.)
ปีการศึกษา	2558
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.กมลปัญญา สุวรรณสุขโข

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาการเปรียบเทียบเพื่อปรับปรุงเครื่องประจุแบตเตอรี่พลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 12V/10A แบบ PWM โดยทำปรับความถี่และขนาดของความกว้างพัลส์ จากการศึกษาพบว่าเมื่อใช้ค่าความกว้างพัลส์เป็น 220 และค่าความถี่ที่ 400 Hz จะทำให้ได้ประสิทธิภาพในการประจุเพิ่มขึ้น 20%

คำสำคัญ : PWM เครื่องคุมประจุ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	The Improvement of Solar Charger 12V/10A	
Student	Mr.Jittagorn Pantoom	Student ID 53050595
Degree	Bachelor of Science (Applied Physics)	
Department	Physics	
Faculty	Science	
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)	
Academic Year	2015	
Advisor	Dr.Kajpanya Suwansukko	

Abstract

This special project was comparing studied to improve 12V/10A solar charger pulse width modulation (PWM) type by adjusting pulse width frequency. The result shown that the duty cycle and frequency of 220,400 Hz respective with effective battery charging of 20%.

Keyword : PWM, Solar charger

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากความเมตตาของ ดร.กมลปัทมา สุวรรณสุโข ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางในการทำวิจัยผู้จัดทำขอกราบขอพระคุณอย่างยิ่ง อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ ฉบับนี้ ซึ่งให้คำปรึกษาทางด้านวิชาการ ตลอดจนข้อเสนอแนะและวิธีการแก้ปัญหาต่างๆ เพื่อให้ผู้จัดทำสามารถนำไปปรับปรุงแก้ไขในโครงการพิเศษ และอาจารย์ท่านยังได้ยังสอนปรัชญาต่างๆเกี่ยวกับการดำเนินชีวิตนอกจากนี้ท่านยังได้ให้คำปรึกษาที่ดีทั้งในเรื่องการทำงาน การเข้าสังคมเพื่อให้ผู้จัดทำจะได้จบออกไปเป็นคนดีและเป็นกำลังหลักในการพัฒนาของสังคม

ขอขอบพระคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือผู้จัดทำตลอดมา

สุดท้ายนี้ ผู้จัดทำจะไม่สามารถมาถึงจุดนี้ได้ หากขาดการส่งเสริมจากพ่อแม่ และครอบครัว ทั้งในเรื่องการศึกษาและเป็นตัวอย่างที่ดีเสมอมา และขอขอบคุณเพื่อนภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ที่คอยให้กำลังใจ สู้มาด้วยกันจนถึงวันนี้

จิตตกร ปานทุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ฉ
คำย่อ/สัญลักษณ์	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ	1
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีบทที่เกี่ยวข้อง	2
2.1 เทคโนโลยีของแบตเตอรี่โดยรวม	3
2.2 แบตเตอรี่ที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์	3
2.3 ชนิดและประเภทของแบตเตอรี่	6
2.4 พลังงานแสงอาทิตย์	7
2.5 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์	9
2.6 การคุมประจุแบตเตอรี่	10
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	12
3.1 แผ่นวงจรของเครื่องคุมชาร์จแบตเตอรี่พลังงานแสงอาทิตย์	12
3.2 อุปกรณ์หลักที่ใช้ในการทำงานและวิจัย	13
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	14
4.1 ศึกษาและปรับปรุงโปรแกรมการทดลองของเครื่องคุมประจุ	14
4.2 การบันทึกผลการทดลองการประจุแบตเตอรี่ในการใช้งานจริง	17
4.3 การบันทึกผลการทดลองการปล่อยประจุแบตเตอรี่แบบดั้งเดิม	28
4.4 คำนวณผลการทดลอง และสรุปเปรียบเทียบประสิทธิภาพ	35
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	41
5.1 สรุปผลการวิจัย	41
5.2 ข้อเสนอแนะ	41

เอกสารอ้างอิง

เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ตารางที่ 1.1 แสดงถึงระยะเวลาทั้งหมดของการดำเนินงานในโครงการนี้	1
4.1 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องคุมประจุทั้งสองแบบ	40



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 1 ส่วนประกอบของเซลล์แบตเตอรี่	4
รูปที่ 2.1 ข้อมูลแสดงการแผ่รังสีในแต่ละพื้นที่ของโลก	8
รูปที่ 2.2 การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์	8
รูปที่ 2.3 การทำงานของโซลาร์เซลล์	8
รูปที่ 3.1 แผ่นวงจรด้านหน้า	12
รูปที่ 3.1 แผ่นวงจรด้านหน้า	12
รูปที่ 3.3 แผ่นผังวงจรที่จะทำการทดลอง	13
รูปที่ 4.1 เครื่องคุมประจุแบตเตอรี่ แบบดั้งเดิม และแบบปรับปรุง	14
รูปที่4.2 ช่วงCode โปรแกรมในการประจุที่กำหนดสัญญาณPWM	15
รูปที่4.3 ช่วงแก้ไขCode โปรแกรมในการประจุที่กำหนดสัญญาณPWM	15
รูปที่4.4 ช่วงCode โปรแกรมในการประจุแบตเตอรี่ที่กำหนดความถี่ของสัญญาณPWM	16
รูปที่4.5 ช่วงCode โปรแกรมในการประจุแบตเตอรี่ที่แก้ไขในรูป4.4	16
รูปที่4.6 การติดตั้งการทดลองภายนอกอาคารในระบบโซลาร์เซลล์ของจริง	17
รูปที่4.7 กราฟผลการทดลองการประจุกระแสเข้าแบตเตอรี่ในเครื่องประจูดั้งเดิม ช่วงเวลาทั้งหมด40000s วินาที	18
รูปที่4.8 กราฟผลการทดลองการประจุกระแสเข้าแบตเตอรี่ในเครื่องประจูดั้งเดิม ขยายในย่านช่วง15000s – 20000s (5000 วินาที)	19
รูปที่4.9 กราฟผลการทดลองการประจุกระแสเข้าแบตเตอรี่ในเครื่องประจูดั้งเดิม ขยายในย่านช่วง17000s – 17500s (500 วินาที)	20
รูปที่4.10 กราฟผลการทดลองการประจุกระแสเข้าแบตเตอรี่ในเครื่องประจูดั้งเดิม ขยายในย่าน50 วินาที	20
รูปที่4.11 กราฟผลการทดลองการประจุกระแสเข้าแบตเตอรี่ในเครื่องประจูดั้งเดิม เทียบกระแสกับอุณหภูมิสุ่มมาช่วงเวลา20,000s – 20,000s	21
รูปที่4.12 กราฟผลการทดลองการประจุกระแสเข้าแบตเตอรี่ในเครื่องประจูดั้งเดิม เทียบกระแสกับอุณหภูมิสุ่มมาช่วงเวลา20,000s – 20,000s	22
รูปที่4.13 กราฟผลการทดลองการประจุกระแสเข้าแบตเตอรี่ในเครื่องประจุ แบบแก้ไขช่วงเวลาทั้งหมด35000s วินาที	23
รูปที่4.14 กราฟผลการทดลองการประจุกระแสเข้าแบตเตอรี่ในเครื่องประจุแบบแก้ไข ขยายในย่านช่วง10000s – 15000s (5000 วินาที)	24
รูปที่4.15 กราฟผลการทดลองการประจุกระแสเข้าแบตเตอรี่ในเครื่องประจุ แบบแก้ไขขยายในย่านช่วง12250s – 12500s (250 วินาที)	25
รูปที่4.16 กราฟผลการทดลองการประจุกระแสเข้าแบตเตอรี่ในเครื่องประจุแบบแก้ไข เทียบกระแสกับอุณหภูมิสุ่มมาช่วงเวลา0s – 30,000s	26
รูปที่4.17 กราฟผลการทดลองการประจุกระแสเข้าแบตเตอรี่ในเครื่องประจุ แบบแก้ไขเทียบกระแสกับอุณหภูมิสุ่มมาช่วงเวลา0 – 30,000s	27

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่4.18 ภาพการทดลองการปล่อยประจุแบตเตอรี่	29
รูปที่4.19 กราฟผลการทดลองการปล่อยประจุกระแสเข้าแบตเตอรี่ ในเครื่องประจุตั้งเดิมช่วงเวลาทั้งหมด15000s วินาที	30
รูปที่4.21 กราฟผลการทดลองการปล่อยประจุกระแสเข้าแบตเตอรี่ ในเครื่องประจุตั้งเดิมช่วงเวลา12500s - 13500 วินาที	31
รูปที่4.22 กราฟผลการทดลองการปล่อยประจุกระแสเข้าแบตเตอรี่ ในเครื่องประจุแบบปรับปรุงช่วงเวลาทั้งหมด15000s วินาที	32
รูปที่4.23 กราฟผลการทดลองการปล่อยประจุกระแสเข้าแบตเตอรี่ในเครื่องประจุ แบบแก้ไขช่วงเวลา22,000s - 22,500 วินาที	33
รูปที่4.24 กราฟผลการทดลองการปล่อยประจุกระแสเข้าแบตเตอรี่ในเครื่องประจุ แบบแก้ไขช่วงเวลา22,250s - 22,500 วินาที	34
รูปที่4.25 กราฟผลการทดลองการประจุแบตเตอรี่ของเครื่องคุมประจุแบบตั้งเดิม ในความสัมพันธ์ระหว่าง กระแส กับแรงดัน ในเวลา 06:00-17:00	36
รูปที่4.26 กราฟผลการทดลองการประจุแบตเตอรี่ของเครื่องคุมประจุแบบปรับปรุง ในความสัมพันธ์ระหว่าง กระแส กับแรงดัน 06:00-17:00	37
รูปที่4.27 ผลค่าแปรปรวนการประจุแบตเตอรี่ของเครื่องคุมประจุแบบตั้งเดิม	38
รูปที่4.28 ผลค่าแปรปรวนการประจุแบตเตอรี่ของเครื่องคุมประจุแบบตั้งเดิม	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อและสัญลักษณ์

คำย่อ	คำอธิบาย
mV	Millivolt
mA	Milliamp
Sec	Second



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

โครงการพิเศษนี้เสนอการปรับปรุงแก้ไขปัญหาของระบบเครื่องชาร์จที่ใช้กับแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดในระบบพลังงานแสงอาทิตย์จัดทำเพื่อแก้ปัญหาเดิมๆคือการชาร์จประจุเกิน (Over-charge)ซึ่งเป็นการชาร์จที่ไม่มีประสิทธิภาพซึ่งเป็นปัญหาหลักที่จะแก้ไขในโครงการนี้อีกอย่างคือทำการปรับปรุงระบบเครื่องชาร์จให้มีการตอบสนองต่อเวลาซึ่งเป็นอีกปัจจัยสำคัญนอกเหนือจากนั้นคือการทำระบบคอนโทรลเลอร์ให้มีการรักษาสภาพแบตเตอรี่ให้ยืดอายุขึ้นกว่าเดิมเพื่อนำไปใช้งานจริงในเขตที่มีอุณหภูมิสูงกับแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดในระบบพลังงานแสงอาทิตย์

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ

- 1.2.1 แก้ไขปัญหาการเกิดชาร์จเกินประจุ (Over-Charge) จากระบบเครื่องชาร์จ
- 1.2.2 แก้ไขปัญหาการตอบสนองทุกอย่างของระบบเครื่องชาร์จ
- 1.2.3 ยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่จากการแก้ไขระบบเครื่องชาร์จ

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ

ศึกษาระบบเครื่องชาร์จคอนโทรลเลอร์ให้มมีสถานะ on/off ให้ดีขึ้นซึ่งจะสามารถแก้ไขการชาร์จและดีสชาร์จได้เป็นอย่างดีส่งผลให้แก้ปัญหการเกิดการชาร์จเกินประจุได้และทำให้มีการตอบสนองต่อเวลาได้ดี

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แสดงถึงระยะเวลาทั้งหมดของการดำเนินงานในโครงการนี้

แผนการดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินงาน
เสนอหัวข้อ	สิงหาคม – ตุลาคม พ.ศ. 2558
ศึกษาข้อมูล	กันยายน พ.ศ. 2558 – มกราคม พ.ศ. 2559
ทดลองแก้ไขปรับปรุง	ธันวาคม พ.ศ. 2558 – มีนาคม พ.ศ. 2559
ทดลองและเก็บข้อมูล	มีนาคม-พฤษภาคมพ.ศ. 2559

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.5.1 เครื่องชาร์จโซล่าเซลล์สามารถกำจัดปัญหาการชาร์จเกินประจุได้

1.5.2 ระบบเครื่องชาร์จมีการตอบสนองต่อเวลาได้ดีขึ้น

1.5.3 แบตเตอรี่มีอายุยืนยาวขึ้นกว่าเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้เฉพาะที่มหาวิทยาลัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.1 เทคโนโลยีของแบตเตอรี่โดยรวม

ในการเลือกใช้แบตเตอรี่สำหรับการเน้นการทำงานในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งระบบนี้มีความสำคัญผู้ทดลองต้องมีความเข้าใจส่วนประกอบลักษณะประสิทธิภาพและความต้องการในการใช้งานเป็นอย่างดีข้อมูลในบทนี้เป็นกรอบทบทวนพื้นฐานของคุณลักษณะแบตเตอรี่และการออกแบบประยุกต์ไปในทางระบบพลังงานแสงอาทิตย์ดังนี้

2.1.1 การเก็บพลังงานและตัวแบตเตอรี่เป็นแหล่งเก็บพลังงานที่ผลิตมาจากแผงPVและเป็นตัวจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าตามความต้องการ

2.1.2 ความเสถียรของแรงดันโวลเตจกับกระแสเป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าและกระแสให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีความคงที่โดยจ่ายกระแสแบบราบเรียบซึ่งขึ้นอยู่กับตัวPV ด้วย

2.1.3 สภาพะขึ้นลงของกระแสเป็นแหล่งจ่ายกระแสที่มีจุดต่ำสุดและจุดสูงสุดสำหรับตัวอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการกระแสที่ต้องการ

2.2 แบตเตอรี่ที่ใช้งานพลังงานแสงอาทิตย์

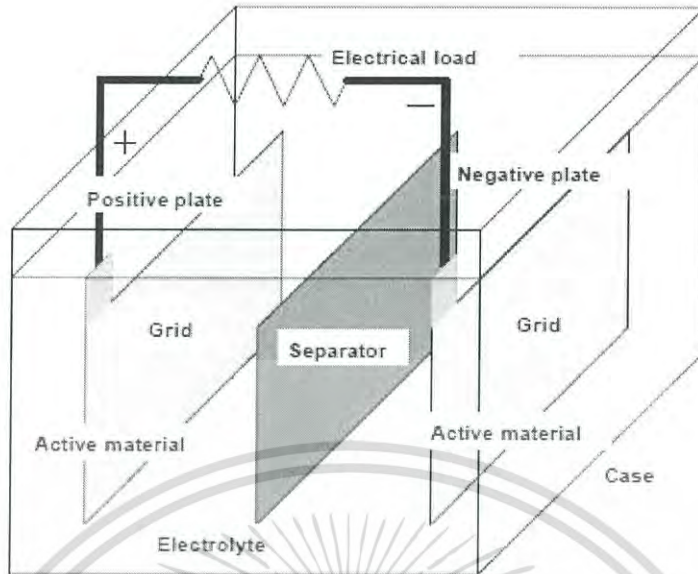
ในโรงงานแบตเตอรี่นั้นกระบวนการผลิตนั้นมีความพิถีพิถันเป็นอย่างมากเนื่องจากมีสารเคมีที่อันตรายและวัตถุที่เป็นพิษผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่โดยทั่วไปประกอบไปด้วยการกระบวนการทำโครงสร้างของแบตเตอรี่ต่อ1 เครื่องแบบลำดับและขนาดที่หลากหลายแบบหลังจากการผลิตขั้นต้นจะคุมระบบรอบการชาร์จของแบตเตอรี่ในโรงงานก่อนจากนั้นก็นำจัดไปที่ผู้แทนจำหน่ายและผู้ซื้อต่อไป

ในโรงงานผลิตมีรายละเอียดของโครงสร้างแบตเตอรี่ที่หลากหลายตามลางนี้จะอธิบายแต่ละส่วนพอสังเขป

2.2.1 Cell เป็นหน่วยเคมีไฟฟ้าพื้นฐานในแบตเตอรี่ตัวหนึ่งซึ่งประกอบด้วยแผ่นเพทซ์วบกและลบถูกแบ่งโดยการที่อยู่ในสารละลายที่เป็นอิเล็กโทรไลต์และหุ้มด้วยเคสในตัวกรดของตะกั่วแบตเตอรี่แต่ละเซลล์มีแรงดันประมาณ2.1โวลต์ซึ่งได้ต่อกัน6 เซลล์จึงเป็นประมาณ12 โวลต์ดังภาพที่1 ได้แสดงไดอะแกรมพื้นฐานของเซลล์กรดตะกั่วแบตเตอรี่

2.2.2 สารกระตุ้น(active-materials)การกระตุ้นสารวัสดุในแบตเตอรี่นั้นเป็นองค์ประกอบวัสดุที่มาจากแผ่นเพทซ์วบกและลบและเป็นตอบสนองทางเซลล์เคมีไฟฟ้าจำนวนของการกระตุ้นในแบตเตอรี่นั้นเป็นส่วนที่แหล่งเก็บประจุสามารถส่งเป็นแหล่งจ่ายได้ในกรดตะกั่วแบตเตอรี่นั้น การกระตุ้นตะกั่วแบบไดออกไซด์ (PbO2) ในตัวเพทซ์วบกและฟองโลหะตะกั่ว(Pb) ในแผ่นเพทซ์วบลซึ่งเป็นสิ่งที่ตอบสนองกับสารละลายกรดซัลฟิวริก(H2SO4)ท่ามกลางการทำงานของแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่1 ส่วนประกอบของเซลล์แบตเตอรี่

2.2.3 อิเล็กโทรไลต์(Electrolyte)อิเล็กโทรไลต์เป็นการเหนี่ยวนำให้กระแสไหลผ่านไอออนในระดับกลางหรือเป็นตัวแลกเปลี่ยนของอิเล็กตรอนระหว่างเพทในแบตเตอรี่ภายในกรดตะกั่วอิเล็กโทรไลต์เป็นตัวให้สารละลายกรดซัลฟิวริกเจือจางอีกทั้งของรูปแบบของเหลว(ล้น) ที่เกิดการดูดกลืนในแผ่นรองกระจกในการล้นของเซลล์นี้เกิดขึ้นแต่เมื่อนั้นอิเล็กโทรไลต์จะเป็นสารละลายอัลคาไลน์ตัวหนึ่งของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์และน้ำการล้นมากที่สุดของแบตเตอรี่นั้นช่วงการเพิ่มน้ำนั้นต้องการเติมอิเล็กโทรไลต์ผ่านการใช้แคสเมื่อเติมน้ำเข้าไปในแบตเตอรี่การใช้น้ำกลั่นหรือน้ำปราศจากแร่ธาตุถือว่าสำคัญมาก ๆ เมื่อใช้น้ำที่ไม่บริสุทธิ์นั้นจะสามารถทำให้เกิดแบตเตอรี่เป็นพิษและทำให้ผลการใช้งานล้นเหลวภายใน

2.2.3 แผ่นตะแกรง(Grid)ในกรดตะกั่วแบตเตอรี่แผ่นตะแกรงจะมีสารตะกั่วเจือปนซึ่งเป็นตัวช่วยกระตุ้นสารวีสต์ในแผ่นเพทแบตเตอรี่และเป็นตัวเหนี่ยวนำกระแสสารเจือปนดังเช่นแอนโทโมนีและแคลเซียมส่วนมากจะนำมาใช้ให้แผ่นตะแกรงแข็งแรงขึ้นและมีผลทำให้แบตเตอรี่มีประสิทธิภาพจำนวนรอบในการใช้และการเกิดแก๊สแผ่นตะแกรงบางอันก็ทำจากการขยายตัวตะกั่วเล็กๆเจือปนกลายเป็นแผ่นเพทตะแกรงหนาอื่นนอกจากนี้ทำเป็นแกนตะกั่วยาวกับการกระตุ้นสารวีสต์รอบๆตัวหลอดหรือเรียกว่าแผ่นหลอด

2.2.4 แผ่นธาตุ(Plate)เป็นชิ้นส่วนฐานประกอบของแบตเตอรี่ประกอบด้วยตะแกรงและสารกระตุ้นบางครั้งเรียกว่าอิเล็กโทรดซึ่งปกติจะมีแผ่นเพทขั้วบวกและขั้วลบในเซลล์แบตเตอรี่ปกติจะเชื่อมกันเป็นแนวขนานที่แผงบัสหรือเป็นตัวเชื่อมต่อกภายในเซลล์บนแผ่นเพทการวางแผ่นเพทจะทำโดยใช้สารผสมของตะกั่วออกไซด์กรดซัลฟิวริกไฟเบอร์และน้ำไว้บนแผ่นตะแกรงซึ่งความหนาของตะแกรงและแผ่นเพทนั้นจะช่วยทำให้แบตเตอรี่มีรอบการใช้ทั้งมีประสิทธิภาพที่นานขึ้นสำหรับการสตาร์ทเครื่องยนต์หรือ SLIชนิดแบตเตอรี่นั้นแผ่นเพทบางหลายๆอันจะถูกใช้ต่อ1 เซลล์แบตเตอรี่ซึ่งผลพลู้นจะอยู่ในพื้นผิวเพื่อให้เกิดการส่งกระแสไฟฟ้าได้เต็มที่แต่จะไม่ทำให้กลไกความทนทานและไม่ว้ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปล่อยกระแสไฟฟ้าใช้ได้ไม่นานแผ่นเพทหนาใช้เพื่อให้ความยาวนานต่อการใช้เช่นการนำไปใช้ในรถยนต์กอล์ฟหรือเครื่องยนต์ไฟฟ้าอื่นๆแผ่นเพทหนานั้นสามารถปล่อยกระแสไฟฟ้าได้นานในแต่ละรอบอีกนั้นยังมีการยึดเกาะของสารกระตุ้นในตะแกรงเป็นอย่างดีซึ่งผลที่ได้มาคือมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน

2.2.5 แผ่นกั้น(Separator)แผ่นกั้นจะเป็นรูพรุนแบ่งฉนวนไฟฟ้าระหว่างเพทขั้วบวกและลบในแบตเตอรี่ใช้สำหรับคงแผ่นเพทไม่ให้เกิดการสัมผัสไฟฟ้าและเกิดการช็อตวงจรและอีกอย่างยังกันการไหลของอิเล็กโทรไลต์กับไอออนระหว่างเพทขั้วบวกและลบแผ่นกันทำจากยางพรมขนาดไมโครพลาสติคหรือฉนวนแผ่นใยแก้วบางกรณีแผ่นกั้นจะเหมือนตัวหุ้มแผ่นเพทและยับยั้งไหลของวัสดุจากการเกิดการช็อตวงจรที่ข้างล่างแผ่นเพท

2.2.6 การประกอบ(Element) ในที่นี้หมายถึงการซ้อนกันของแผ่นเพทบวกกับลบและแผ่นกันประกอบเข้าด้วยกันกับเพทประกอบการเชื่อมต่อระหว่างเพทบวกและลบ

2.2.7 แท่งขั้วบวก-ลบ(Terminal posts)แท่งขั้วบวก-ลบเป็นจุดต่อขั้วภายนอกที่เชื่อมต่อกับแบตเตอรี่ภายในซึ่งถ้าใช้งานกับระบบPV นั้นจะต้องโหลดไฟฟ้าจากขั้วต่อนั้นในแบตเตอรี่แท่งขั้วนี้โดยทั่วไปจะเป็นตะกั่วหรือตะกั่วจางหรือเป็นไปได้อีกสแตนเลสหรือแผ่นทองแดงเพื่อดำเนินการเป็นสนิมดีขึ้นอุปกรณ์ส่วนนี้อาจต้องการการทำความสะอาดโดยเฉพาะอย่างยิ่งตะกั่วแบบเติมน้ำกลั่นซึ่งเป็นการแนะนำโดยแท่งขั้วแบตเตอรี่มีโอกาสที่จะเสียหายได้หากใช้เวลานาน

2.2.8 จุกแบตเตอรี่(Cell vents)ในขณะที่ชาร์จแบตเตอรี่แก๊สจะมาจากภายในแบตเตอรี่ซึ่งอาจจะระบายออกสู่บรรยากาศในแบตเตอรี่น้ำกลั่นอิเล็กโทรไลต์จะเสียดังนั้นแก๊สที่ระเหยออกไปจากช่องจุกแบตเตอรี่เป็นเรื่องปกติและต้องการเสริมธาตุน้ำเพื่อรักษาระดับอิเล็กโทรไลต์ในแบตเตอรี่แห่งการระบายนั้นออกแบบโดยใช้กลไกกลความดันการปิดเครื่องโดยปกติแต่ในระหว่างการเปิดนั้นจะมีแรงดันที่สูงกว่าแบตเตอรี่ปกติมักจะเป็นการทำงานแบบโอเวอร์ชาร์จโดยแต่ละเซลล์จะคล้ายๆกับจุกแบตเตอรี่

จุกระบายเพลิงโดยทั่วไปเป็นส่วนประกอบขนาดใหญ่โรงงานแบตเตอรี่การระบายนั้นจะผ่านตัวกรองถ่านการออกแบบจะบรรจุด้วยการระเบิดเซลล์เป็นหนึ่งเซลล์เป็นการลดศักยภาพสำหรับการระเบิดรุนแรงในแหล่งเก็บแบตเตอรี่

2.2.9 กล่อง(Case) ทั่วไปกล่องแบตเตอรี่จะทำจากยางชนิดหนาหรือพลาสติกกล่องจะบรรจุเพทแผ่นกั้นและสารอิเล็กโทรไลต์กล่องจะเป็นกล่องที่หุ้มภายในทั้งหมดยกเว้นแท่งขั้วบวกลบจุกแบตเตอรี่และส่วนประกอบภายนอกอื่นๆกล่องนี้จะรักษาการไม่ให้เกิดแก๊สระเหยออกไปและยังรักษาระดับอิเล็กโทรไลต์และแผ่นเพทแบตเตอรี่สำหรับแบตเตอรี่ที่ใหญ่หรือยาวนานกล่องพลาสติกมักจะหุ้มปกภายนอกเป็นโลหะหรือพลาสติกแข็ง

2.3 ชนิดและประเภทของแบตเตอรี่

หลายชนิดหลายประเภทของแบตเตอรี่ที่ผลิตในปัจจุบันซึ่งแต่ละอย่างเน้นการออกแบบและประสิทธิภาพคุณลักษณะที่เหมาะสมสำหรับใช้งานโดยเฉพาะแต่ละชนิดของแบตเตอรี่นั้นจุดแข็งและอ่อนเฉพาะตัวในระบบโซล่าแบตเตอรี่ตะกั่วกรดทั่วไปหาง่ายมีหลายขนาดราคาต่ำและมีความเข้าใจประสิทธิภาพคุณลักษณะได้ดีในเรื่องสำคัญเล็กน้อยนิเกิลแคดเมียมเซลล์ใช้ในงานอณูหมิต่ำแต่มีราคาเริ่มต้นที่สูงมากและจำกัดและใช้เยอะสุดในระบบโซล่าซึ่งนั้นไม่ใช่แบตเตอรี่ที่ดีที่สุดและมันทำงานกับระบบโซล่าที่นักออกแบบได้จัดให้ใช้เหมาะสมกับงานที่ต้องการ

โดยทั่วไปการเก็บพลังงานไฟฟ้าในแบตเตอรี่สามารถแบ่งได้ 2 ประเภทนี้แบตเตอรี่ปฐมภูมิ และแบตเตอรี่ทุติยภูมิ

2.3.1 แบตเตอรี่ปฐมภูมิ

แบตเตอรี่หลักสามารถเก็บและส่งพลังงานไฟฟ้าแต่ไม่สามารถชาร์จซ้ำได้แบตเตอรี่ทั่วไปคาบอเนล-ซิงค์และลิเทียมนิยมนำมาใช้เป็นตัวจ่ายไฟฟ้าให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นแบตเตอรี่ปฐมภูมิซึ่งไม่สามารถใช้กับระบบโซลาร์ได้เนื่องจากไม่สามารถชาร์จซ้ำได้

2.3.2 แบตเตอรี่ทุติยภูมิ

แบตเตอรี่ทุติยภูมิสามารถเก็บและจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้และสามารถชาร์จซ้ำได้เช่นกันโดยการผ่านกระแสไฟฟ้าผ่านตัวมันในทิศทางตรงข้ามเพื่อเป็นการดิสชาร์จทั่วไปจะเป็นแบตเตอรี่น้ำกลั่นที่ใช้ในเครื่องยนต์และระบบโซลาร์ตารางที่ 1 จะแสดงคุณลักษณะและชนิดของแบตเตอรี่ทุติยภูมิซึ่งอันไหนที่มีความสำคัญกับระบบโซลาร์รายละเอียดในการแนะนำแบตเตอรี่ดังกล่าวทางด้านล่างนี้

ตารางที่ 2 ประเภทและคุณลักษณะของแบตเตอรี่ทุติยภูมิ

ชนิดของแบตเตอรี่	ราคา	ความยาวนานของ รอบการใช้งาน	การบำรุงรักษา
Flooded Lead-Acid	ต่ำ	ปานกลาง	ต่ำ
Lead-Antimony	ต่ำ	ดี	สูง
Lead-Calcium Open vent	ต่ำ	อ่อน	ปานกลาง
Lead-Calcium Sealed vent	ต่ำ	อ่อน	ต่ำ
Lead-Antimony/Calcium Hybrid	ปานกลาง	ดี	ปานกลาง
Capacitive Electrolyte Lead-Acid (VRLA)	สูง	ดี	สูง
Gelled	ปานกลาง	พอใช้	ต่ำ
Absorbed Glass Mat	ปานกลาง	พอใช้	ต่ำ
Nickel-Cadmium			
Sintered-Plate	สูง	ดี	ไม่มี
Pocketed-Plate	สูง	ดี	ปานกลาง

2.4 พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar energy)

ดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้โลกเป็นอันดับสามรองจากดวงพุธและดาวศุกร์โดยมีลักษณะเป็นกลุ่มก๊าซร้อนรูปทรงกลมที่มีความหนาแน่นสูงเปรียบได้กับเตาปฏิกรณ์ที่เกิดปฏิกิริยาฟิวชันของก๊าซที่เป็นส่วนประกอบอย่างต่อเนื่องดวงอาทิตย์มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 1.39 ล้านกิโลเมตรมีมวลเท่ากับ $1.99 \times 1,030$ กิโลกรัมและความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 1,410 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตรดวงอาทิตย์ประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจนในปริมาณ 75% ที่เหลือเป็นธาตุฮีเลียมและธาตุหนักอื่นๆเช่นเหล็กซึ่งที่กล่าวมาข้างต้นนี้อธิบายถึงลักษณะของดวงอาทิตย์พอสังเขปซึ่งต่อไปตามล่างนี้จะอธิบายองค์ประกอบหลักของพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่นำมาใช้เป็นพลังในการเก็บประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่วารณใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 ศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย

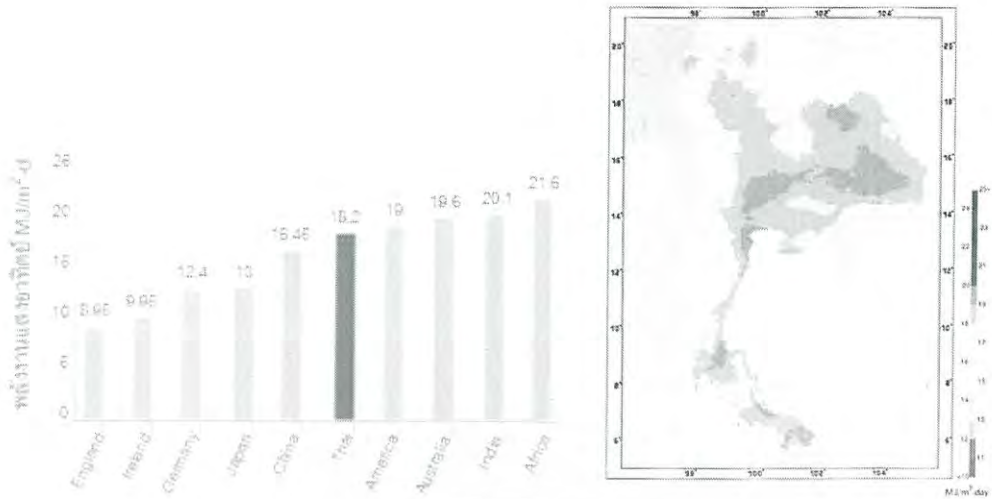
โดยทั่วไปศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของพื้นที่แห่งหนึ่งจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่นั้นหรือที่เรียกว่า “ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์” (global radiation) มีหน่วยทางด้านพลังงานเป็นเมกกะจูลต่อตารางเมตร (MJ/m²) โดยบริเวณที่รับแสงอาทิตย์เยอะก็จะได้พลังงานแสงอาทิตย์เยอะไปด้วยตามตำแหน่งโดยใช้เวลาแต่ละพื้นที่จะได้รับพลังงานคงที่เสมอไปโดยจะเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลในระยะเวลาแต่ละปีซึ่งการแผ่รังสีภายในประเทศไทยนั้นแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการกระจายตัวพลังงานเฉลี่ยค่อนข้างสูงคือเป็นเขตที่รับพลังงานที่สูงมากบนโลกนี้ส่วนรูปที่ 2.2 แสดงให้เห็นถึงเขตการรับพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละภาคพื้นที่ภายในประเทศไทยโดยข้อมูลระบุการรับพลังงานนั้นแสดงเป็นค่าพลังงานต่อหนึ่งวันโดยเฉลี่ยซึ่งจะเห็นได้ว่าภาคอีสานใต้กับเขตภาคกลางส่วนบนนั้นมีการแผ่รังสีค่อนข้างมาก

2.4.2 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell)

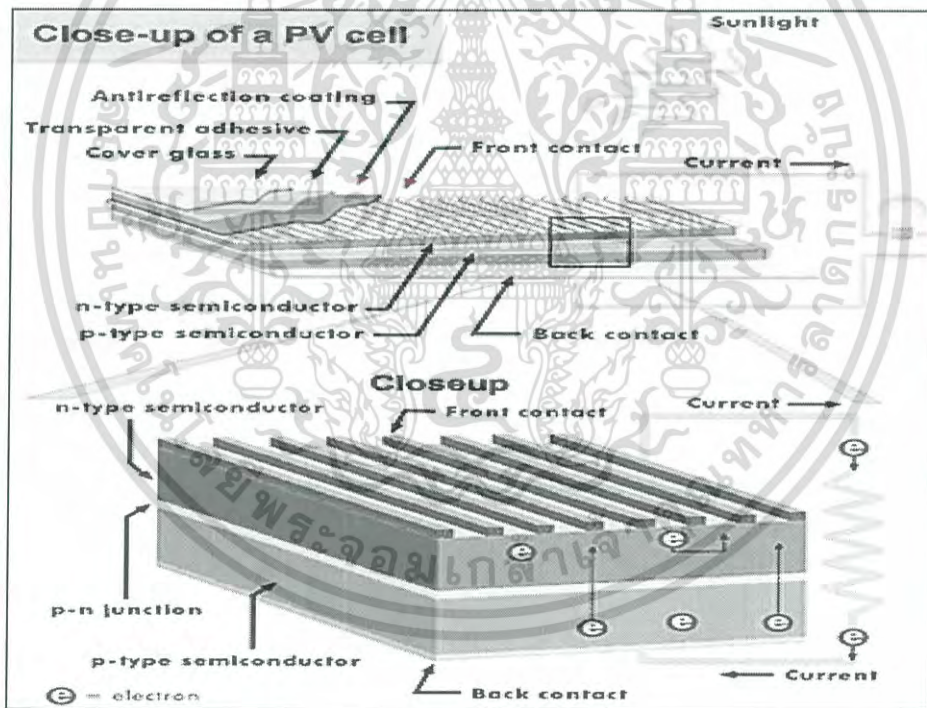
เซลล์แสงอาทิตย์หรือโซลาร์เซลล์ (อังกฤษ: solar cell) หรือเซลล์สุริยะหรือเซลล์โฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic cell) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำซึ่งหน้าที่แปลงพลังงานแสงหรือโฟตอนเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้ปรากฏการณ์โฟโตโวลเทอิกนั่นก็คือคุณสมบัติของสารเช่นค่าความต้านทานแรงดันและกระแสจะเปลี่ยนไปเมื่อมีแสงตกกระทบ

เซลล์แสงอาทิตย์คือสิ่งประดิษฐ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำเช่นซิลิคอน (Silicon), แกลเลียมอาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide), อินเดียมฟอสไฟด์ (Indium Phosphide), แคดเมียมเทลลูไรด์ (Cadmium Telluride) และคอปเปอร์อินเดียมไดเซเลไนด์ (Copper Indium Diselenide) เป็นต้น ซึ่งเมื่อได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงก็จะเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้าและจะถูกแยกเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบเพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสองของเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อนำขั้วไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งเมื่อต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงก็จะทำให้ทำงานได้รูปที่ 2.3 แสดงให้เห็นถึงลักษณะการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์จะเห็นว่าลักษณะทำงานนั้นทำงานแบบเดียวกับ P-N junction เหมือนกับไดโอดซึ่งมีเงื่อนไขภายใต้พลังงานแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



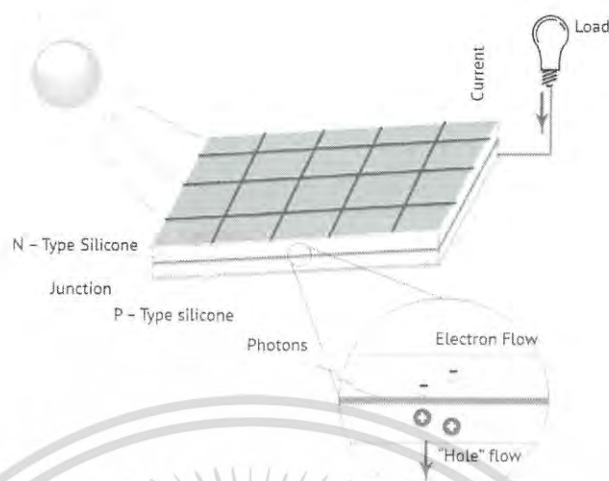
รูปที่ 2.1 ข้อมูลแสดงการแผ่รังสีในแต่ละพื้นที่ของโลก
ที่มา : <http://solaris.co.th/images/newspics/SolarGIS-Solar-map-Thailand-en.png>



รูปที่ 2.2 การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 2.3 การทำงานของโซลาร์เซลล์

ที่มา : https://lh3.googleusercontent.com/Ov-YocsljoRPtz46zIMbKRg6c8Sa2pamDXFxLn7_RbKq2vrS_KTnmVb9bCSVhDZNXo79h2ZqFKhTie1P5V4ikL-24laQTadllgPQzJv2WYOvG-VzDI0

แผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ภายใต้แสงอาทิตย์เท่านั้นรูปที่ 2.3 แสดงให้เห็นว่าเมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบบที่โซลาร์เซลล์จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าออกมาและทำให้หลอดไฟฟ้าสว่างได้โดยผลิตรออกมาเป็นกระแสตรงโดยเห็นได้ชัดว่าทำงานภายใต้แสงอาทิตย์เท่านั้น

จากรูปนั้นเห็นได้ว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นมีองค์ประกอบของ P-N junction ที่ทำงานแบบเดียวกันกับไดโอดแต่แตกต่างจากไดโอดทั่วไปตรงที่รอยต่อ P-N นั้นจะเปิดทางได้โดยรับแสงพลังงานจากแสงอาทิตย์เท่านั้นเมื่อได้รับพลังงานแสงอาทิตย์แล้วอิเล็กตรอนก็จะวิ่งเข้าหาโฮลในอีกฝั่งหนึ่งซึ่งเป็นพาหะนำไฟฟ้าจึงเกิดเป็นกระแสไฟฟ้าออกมาใช้งาน

2.3.1 กำลังไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้

เซลล์แสงอาทิตย์ทุกแผงที่ผลิตมาสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้จำกัดโดยความสามารถกักตุนของกำลังผลิตสามารถคำนวณได้จากแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้โดยทั่วไปแต่ละแผงจะผลิตแรงดันไฟฟ้าได้ประมาณ 12-14 โวลต์ดังนั้นปริมาณกระแสไฟฟ้าเป็นตัวกำหนดว่าจะผลิตกำลังไฟฟ้าได้เท่าไรสมการข้างล่างนี้เป็นวิธีคำนวณหา กำลังไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้

กำลังไฟฟ้า = กระแสไฟฟ้า X แรงดันไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

กระแสมีหน่วยเป็นแอมแปร์ (A)

แรงดันไฟฟ้ามีหน่วยเป็นโวลต์(V)

เช่น ถ้ามีแผงโซลาร์เซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 2.5 A แรงดัน 12 โวลต์กำลังไฟฟ้าที่ได้จะเป็น

$$2.5 \text{ A} \times 12 \text{ Volt} = 30 \text{ วัตต์}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ลงนามไว้สำหรับใช้ในการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ยู่ได้เห็นว่าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังไฟฟ้าวัตต์ (Watt, W) เป็นกำลังไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตเพื่อให้ใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการ

พลังงานวัตต์-ชั่วโมงวัตต์-ชม. เป็นพลังงานที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตกำลังไฟฟ้าได้เป็นช่วงเวลาหนึ่งมีวิธีคำนวณดังนี้

$$\text{วัตต์-ชม.} = \text{กำลังไฟฟ้า} \times \text{ชั่วโมง}$$

ตัวอย่างเช่นถ้าหลอดไฟดวงหนึ่งต้องการกำลังไฟฟ้า 30 วัตต์เปิดใช้งาน 5 ชั่วโมงจะต้องใช้กำลังไฟฟ้าเป็นเท่าไร: $30 \text{ watt} \times 5 \text{ Hour} = 150 \text{ วัตต์-ชม.}$

2.4 ระบบเครื่องคุมการชาร์จแบตเตอรี่ของพลังงานแสงอาทิตย์

ประการแรกที่สำคัญของระบบเครื่องคุมการชาร์จแบตเตอรี่ในระบบพลังงานแสงอาทิตย์อิสระคือมีระบบรักษาแบตเตอรี่ที่สมรรถนะสูงเท่าที่เป็นไปได้ซึ่งจะต้องมีระบบป้องกัน 3 อย่างที่สำคัญดังนี้

1. ระบบป้องกันการเกิดการชาร์จเกินประจุ : เพื่อการจำกัดการใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อชาร์จเต็มประจุ
2. ระบบป้องกันการปล่อยกระแสไฟเกิน: เพื่อการตัดการเชื่อมต่อระบบจ่ายกระแสจากแบตเตอรี่เมื่อแบตเตอรี่เข้าสู่สถานะการชาร์จในระดับต่ำ

2.6 การคุมประจุแบตเตอรี่

2.6.1 การป้องกันการชาร์จเกินประจุ

ช่วงแต่ละเดือนของแต่ละปีจะมีการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ที่แรงไม่เท่ากันซึ่งเป็นเรื่องปกติตามฤดูกาลโดยการทำงานของแผงเซลล์นั้นจะทำงานในช่วงที่มีฤดูกาลที่ดีไปจนถึงที่ที่สุด (ในช่วงฤดูร้อน) การผลิตพลังงานนั้นจะผลิตเกินกว่าความจำกัดที่จะใช้งานจากแผงเซลล์เพื่อป้องกันการความเสียหายจากการชาร์จเกินประจุซึ่งตัวคุมการชาร์จใช้เพื่อป้องกันการเกิดการชาร์จเกินประจุเครื่องคุมการชาร์จนั้นจะต้องป้องกันการชาร์จเกินประจุกับขนาดรูปแบบของแบตเตอรี่และสภาวะการใช้งานช่วงการเปลี่ยนฤดูอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงและความแรงของแสงแดด

คุมแรงดันการชาร์จเป็นฟังก์ชันแรกของเครื่องคุมการชาร์จและอาจเป็นตัวสำคัญมากที่สุดอย่างหนึ่งที่สำคัญต่อประสิทธิภาพและอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ซึ่งจุดประสงค์คือเป็นตัวจ่ายพลังงานให้กับแบตเตอรี่ในแบบที่ชาร์จอย่างเต็มที่โดยไม่เกิดการชาร์จเกินประจุการที่ชาร์จแบตเตอรี่โดยไม่มีเครื่องคุมการชาร์จนั้นกระแสจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะไหลเข้าสู่แบตเตอรี่ตามสัดส่วนของแสงแดดแม้ว่าแบตเตอรี่จะต้องการชาร์จหรือไม่ก็ตามหากแบตเตอรี่ชาร์จเต็มประจุโดยไม่มีการคุมแรงดันจะส่งผลให้แบตเตอรี่ได้รับแรงดันที่สูงมากเกินไปก่อให้เกิดมีแก๊สระเหยอย่างรุนแรงสูญเสียอิเล็กโทรไลต์มีความร้อนภายในและแผ่นตะกั่วเกิดการกัดกร่อนไวขึ้นในกรณีที่เกิดขึ้นมากที่สุดคือถ้าไม่มีระบบป้องกันการชาร์จเกินประจุจากระบบพลังงานแสงอาทิตย์

เครื่องคุมการชาร์จยังป้องกันการเกิดการชาร์จเกินประจุโดยการจำกัดการไหลของกระแสจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าสู่แบตเตอรี่เมื่อเวลาชาร์จใกล้เต็มประจุโดยระบบคุมแรงดันมักจะทำงานได้โดยการจำกัดแรงดันแบตเตอรี่เป็นค่าสูงสุดซึ่งมักจะเป็นการตั้งค่าจุดการคุมแรงดันไว้ (VR set point) กระแสอาจจำกัดในขณะที่มีการรักษาระบบการคุมแรงดันหรือตัดการเชื่อมต่อจนกระทั่งแรงดันออกแบตเตอรี่หล่นไปยังจุดแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งค่าไว้ถึงที่เชื่อมต่อกับอีกครั้ง ประโยชน์ด้านการคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 การป้องกันการปล่อยกระแสเกิน

ช่วงเวลาที่แดดอ่อนๆหรือช่วงเวลาที่การใช้โหลดเยอะๆพลังงานที่มาจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์อาจผลิตไม่เพียงพอที่จะชาร์จแบตเตอรี่ให้เต็มประจุเมื่อแบตเตอรี่หลังกระแสออกนานๆ การเกิดปฏิกิริยาจะเกิดที่แผ่นตะกั่วและตัวเชื่อมระหว่างแผ่นตะกั่วกับตัววัสดุทำปฏิกิริยามีการอ่อนตัวเมื่อแบตเตอรี่มีการไหลกระแสเกินซ้ำหลายๆครั้งนั้นจะก่อให้เกิดการการเก็บประจุเสื่อมและมีผลกระทบต่ออายุการใช้งานเพื่อการป้องกันการจ่ายกระแสเกินนั้นเครื่องคุมชาร์จจะต้องมีระบบการตัดการเชื่อมต่อการไหลเมื่อแบตเตอรี่เข้าสู่สภาวะแรงดันต่ำหรือสภาวะการชาร์จต่ำ

ในบางครั้งการไหลไฟฟ้าในระบบพลังงานแสงอาทิตย์จะต้องมีพลังงานที่มีแรงดันสูงพอที่จะใช้งานถ้าแบตเตอรี่มีการจ่ายกระแสที่ยาวนานแรงดันจะหล่นจนมีระดับต่ำกว่าระยะที่จะใช้งานและการไหลจะไม่สามารถจ่ายพลังงานได้ทั้งหมดที่ต้องการนี้เป็นอีกเหตุผลที่สำคัญที่จะต้องจำกัดการจ่ายกระแสเกินในระบบพลังงานแสงอาทิตย์

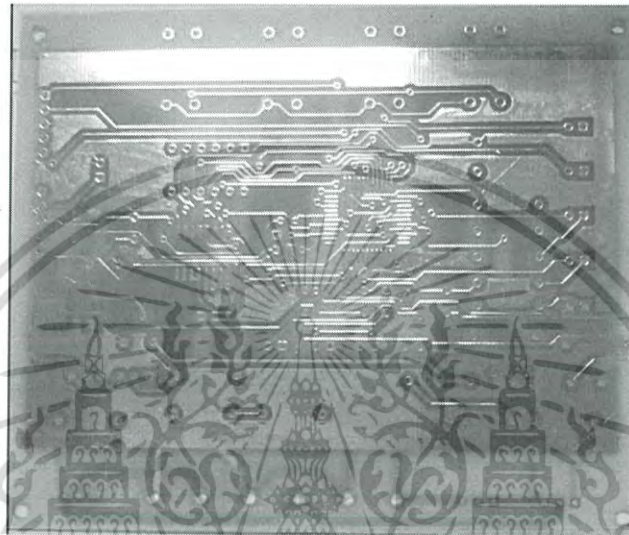
การป้องกันการจ่ายกระแสเกินในเครื่องคุมชาร์จนั้นปกติจะทำงานโดยการเปิดวงจรการเชื่อมต่อระหว่างแบตเตอรี่กับโหลดเมื่อแบตเตอรี่เข้าสู่จุดpre-setหรือจุดที่ปรับเป็นจุดตัดโหลดแรงดันต่ำ (LVD : Low voltage load disconnection) เครื่องคุมชาร์จส่วนมากจะมีระบบสัญญาณไฟและเสียงเตือนเพื่อเตือนให้ผู้ใช้ได้รู้เพื่อมาตัดการเชื่อมต่อเองเมื่อระดับแรงดันแบตเตอรี่เข้าสู่ระดับที่ปกติ วงจรโหลดจะถูกเชื่อมต่ออีกครั้ง

ระบบแบบไม่มีลูกเงินคือโดยทั่วไปการป้องกันการจ่ายกระแสเกินนั้นโดยการเชื่อมต่อไปยังวงจรตัดโหลดแรงดันต่ำของเครื่องคุมชาร์จถ้าแรงดันแบตเตอรี่หล่นไปยังระดับต่ำแต่ยังอยู่รักษาระดับซึ่งจริงแล้วสามารถเปิดวงจรและตัดการเชื่อมต่อของโหลดได้เป็นการป้องกันการเกิดการจ่ายกระแสเกินแต่โหลดวิกฤติยังสามารถเชื่อมต่อตรงไปยังแบตเตอรี่ดังนั้นเครื่องไม่ตัดการเชื่อมต่ออัตโนมัติอย่างไรก็ตามระบบจะอันตรายที่โหลดวิกฤติซึ่งจะเป็นจ่ายกระแสเกินเสียงเตือนหรือวิธีอื่นที่จะให้ผู้ใช้รู้นั้นควรจะมีข้อมูลสถานะหากโหลดวิกฤติได้เชื่อมต่อไปยังแบตเตอรี่

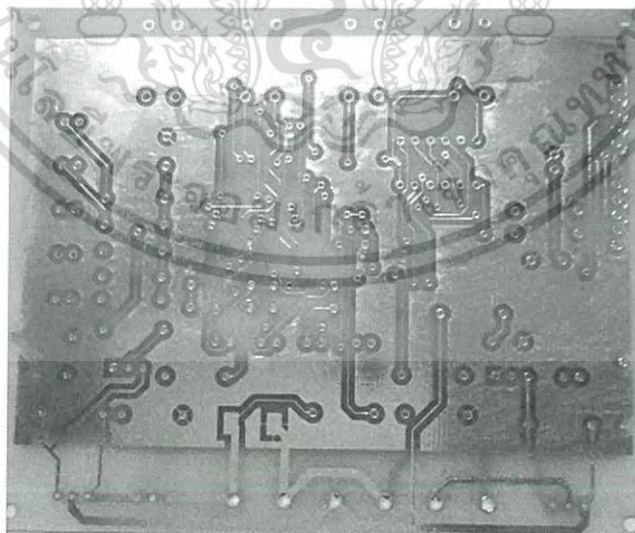
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 แผ่นวงจรเครื่องชาร์จแบตเตอรี่พลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 3.1 แผ่นวงจรด้านหน้า



รูปที่ 3.2 แผ่นวงจรด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

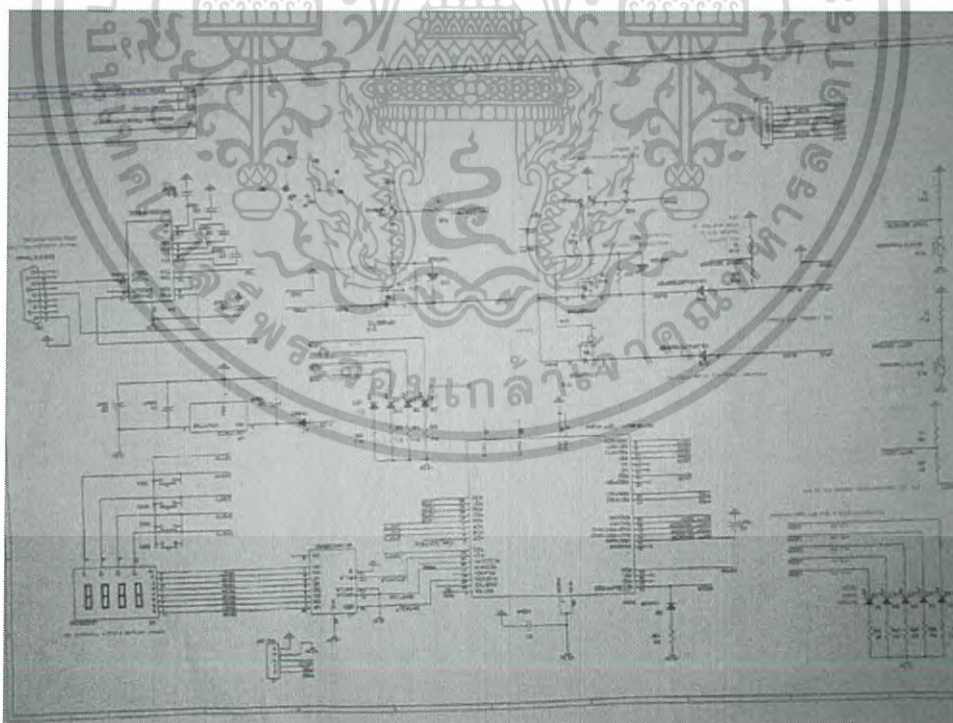
แผ่นวงจรนี้เป็นแผ่นวงจรที่เป็นฐานในการใส่ชุดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของวงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่จากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ในระบบPWMจากรูปพบว่าสามารถเพิ่มเติมและปรับปรุงวงจรได้ด้วยการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ให้ทำงานได้ตามที่ต้องการแผ่นการวงจรนี้จะใช้ทำเป็นเครื่องชาร์จที่นำไปใช้งานจริงๆตามแผนโครงการพิเศษนี้

3.2 อุปกรณ์หลักที่ใช้ในการทดลองและวิจัย

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองและวิจัยโครงการพิเศษนี้จะเป็นชุดอุปกรณ์ทดลองและบันทึกค่าผลต่างๆที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ได้ผลเป็นไปตามที่ต้องการก่อนที่จะลงมือประกอบของจริงในรูปที่ 3.1 และ 3.2 โดยมีอุปกรณ์ทดลองหลักๆดังนี้

- แผ่นไฟโต้บอร์ด
- พาวเวอร์ซัพพลาย
- ออสซิลโลสโคป
- เครื่องกำเนิดสัญญาณ
- เครื่องวัดแรงดันและกระแส
- เครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมโปรแกรม Labview
- ชุดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับโครงการ

นี่เป็นอุปกรณ์ที่จะใช้ดำเนินการวิจัยสำหรับการปรับปรุงเครื่องควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ให้มีประสิทธิภาพการชาร์จที่เป็นไปตามเป้าหมายการดำเนินงานของโครงการพิเศษนี้ตามรูปที่ 3.3



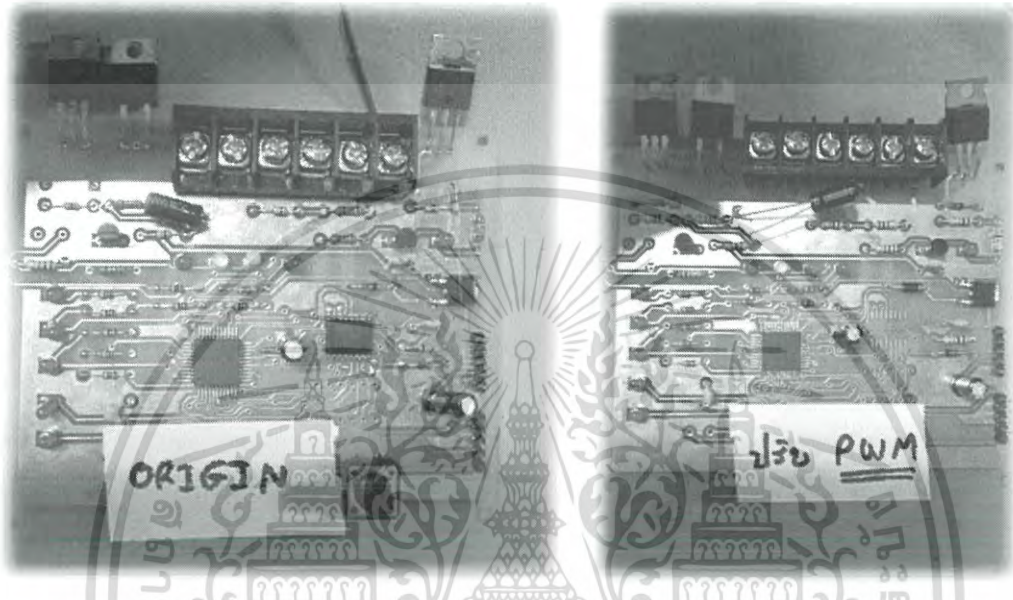
รูปที่ 3.3 แผ่นผังวงจรที่จะทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 ศึกษาและปรับโปรแกรมการทดลองของเครื่องคุมประจุ



รูปที่ 4.1 เครื่องคุมประจุมอเตอร์ แบบดั้งเดิม และแบบปรับปรุง

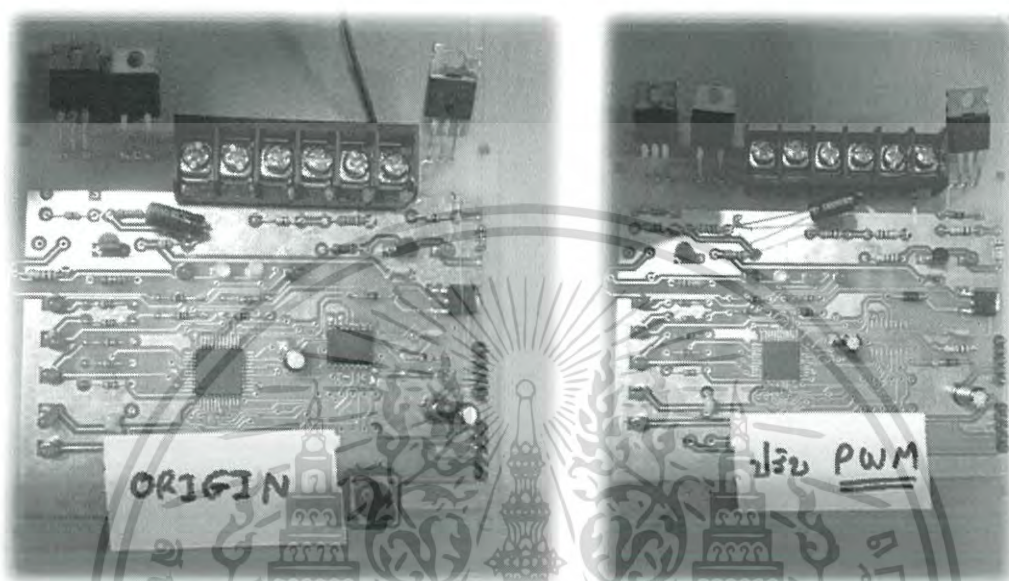
หัวข้อนี้จะเป็นการศึกษาและปรับโปรแกรมของเครื่องคุมประจุโดยอันดับแรกคือการประกอบเครื่องคุมประจุตามรูปที่ 1 ที่ทำการประกอบสำเร็จโดยทำการประกอบในรูปแบบเดียวกัน อยู่สองเครื่องโดยอุปกรณ์ทุกอย่างเหมือนกันหมด แต่สิ่งที่จะแตกต่างกันคือโปรแกรมที่จะอัดเข้าใช้งานซึ่งจะแตกต่างกันที่ สัญญาณ PWM โดยแบบดั้งเดิมรูปซ้ายมือจะใช้ โค้ดปกติ ส่วนรูปซ้ายมือจะเป็นการใช้โค้ดแบบปรับลดสัญญาณ PWM และความถี่ลง 10% และจากนั้นจะนำเครื่องคุมประจุไปทดลองใช้ภายในนอกอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 ศึกษาและปรับโปรแกรมการทดลองของเครื่องคุมประจุ



รูปที่ 4.1 เครื่องคุมประจุแบตเตอรี่ แบบดั้งเดิม และแบบปรับปรุง

หัวข้อนี้จะเป็นการศึกษาและปรับโปรแกรมของเครื่องคุมประจุโดยอันดับแรกคือการประกอบเครื่องคุมประจุตามรูปที่ 1 ที่ทำการประกอบสำเร็จโดยทำการประกอบในรูปแบบเดียวกัน อยู่สองเครื่องโดยอุปกรณ์ทุกอย่างเหมือนกันหมด แต่สิ่งที่จะแตกต่างกันคือโปรแกรมที่จะอัดเข้าใช้งานซึ่งจะแตกต่างกันที่ สัญญาณ PWM โดยแบบดั้งเดิมรูปซ้ายมือจะใช้ โค้ดปกติ ส่วนรูปซ้ายมือจะเป็นการใช้โค้ดแบบปรับลดสัญญาณ PWM และความถี่ลง 10% และจากนั้นจะนำเครื่องคุมประจุไปทดลองใช้ภายในนอกอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับสัญญาณในการทดลองนี้คือการแก้ไขcode ของโปรแกรมที่บันทึกในเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยทำการปรับตัวเลขแก้ไขตัวเลขที่เกี่ยวกับสัญญาณPWM และเปิดฟังก์ชันปล่อยโหลดตลอดเวลาโดยใช้โปรแกรมMikroCในการแก้ไข

```

if(Y>100) // SUN shine >+10.0V test at 1.0V
{
f0=1;
PWM1_Start();
charging_stage=1; // change mode to bulk charging
j=100;
duty_cycle=j;
j= (j*255)/100; // convert to 0-255 for 0-100%
PWM1_Set_Duty(j);
bulk_LED=0;
}

```

รูปที่4.2 ช่วงCode โปรแกรมในการประจุที่กำหนดสัญญาณPWM

ตามรูป4.2 คือแบบต้นฉบับที่ยังได้ปรับในรูปนั้นสิ่งที่ปรับคือ $j = (j*255)/100$ คือรูปของสัญญาณPWM โดย255 คือช่วงduty cycle ของสัญญาณซึ่งจะปรับให้มีขนาดเล็กลงเพื่อการประจุแบตเตอรี่ให้เบาลงกว่าเดิมคือการลดทอนขนาดสัญญาณนั่นเอง

```

f0=1;
PWM1_Start();
charging_stage=1; // change mode to bulk charging
j=100;
duty_cycle=j;
j= (j*230)/100; // convert to 0-255 for 0-100%
PWM1_Set_Duty(j);
bulk_LED=0;

```

รูปที่4.3 ช่วงแก้ไขCode โปรแกรมในการประจุที่กำหนดสัญญาณPWM

ตามรูปที่4.3 คือการแก้ไขcode เสร็จแล้วโดยลดขนาดสัญญาณไป10% เปลี่ยนจาก255 ไปเป็น230

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Unlock_IOLOCK();
PPS_Mapping(13, _OUTPUT, _CCP1_P1A);
Lock_IOLOCK();

PWM1_Init(500); // init PWM 500Hz
PWM1_Start();

```

รูปที่4.4 ช่วงCode โปรแกรมในการประจุแบตเตอรี่ที่กำหนดความถี่ของสัญญาณPWM

รูปที่4.4 คือcode กำหนดความถี่ของสัญญาณดั้งเดิมที่ตั้งไว้คือ500 Hz โดยส่วนนี้ต้องปรับและแก้ไขให้เหลือประมาณ400 Hz เพื่อลดการสั่นของสัญญาณPWM เพื่อไม่ให้แบตเตอรี่ร้อนเร็วแบบเดิม

```

Unlock_IOLOCK();
PPS_Mapping(13, _OUTPUT, _CCP1_P1A);
Lock_IOLOCK();

PWM1_Init(400); // init PWM 500Hz
PWM1_Start();

//Batt_LED=0;
//float_LED=0;

```

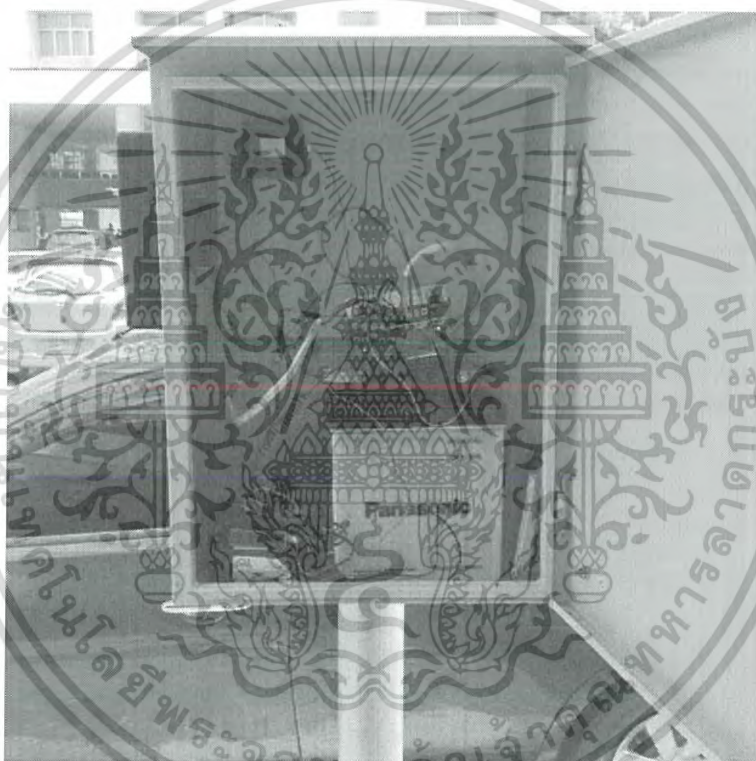
รูปที่4.5 ช่วงCode โปรแกรมในการประจุแบตเตอรี่ที่แก้ไขในรูป4.4

ตามรูป4.5 คือการแก้ไขcodeของโปรแกรมสำเร็จแล้วโดยมีสัญญาณความถี่ที่400 Hz โดยลดจากเดิมที่500 Hz ส่วนนี้เป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งที่กำหนดขนาดสัญญาณPWM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การบันทึกผลการทดลองการประจุแบตเตอรี่ในการใช้งานจริงของเครื่องคุมประจุแบบต้นฉบับกับแบบปรับปรุง

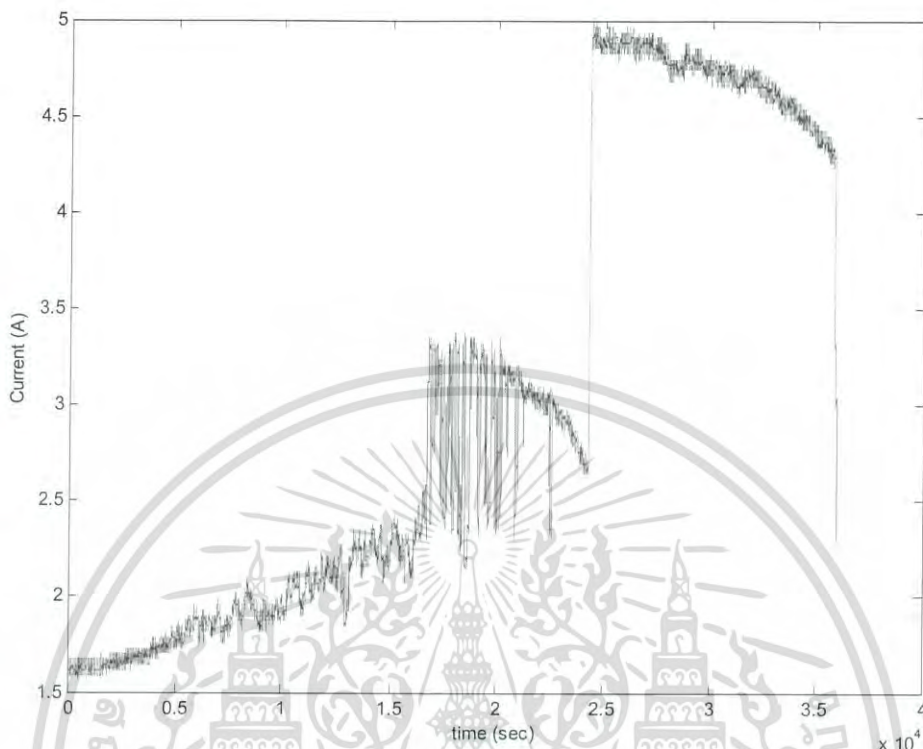
ต่อไปนี้จะเป็นการแสดงผลการทดลองของเครื่องคุมประจุแบบต้นฉบับกับแบบแก้ไขในการใช้งานจริงโดยการนำแบตเตอรี่กับเครื่องคุมประจุไปต่อกับระบบจ่ายไฟของโซล่าเซลล์และตัวโหลดที่เป็นหลอดไฟของจริงที่อยู่ภายนอกอาคารโดยมีตัวบันทึกผลการทดลองที่เป็นData logger ที่เป็นโมดูลของArduinoในการทดลองครั้งนี้จะเป็นการทดลองในสถานที่เสมือนที่อยู่ในโครงการที่อ.ชาติการจ.พิษณุโลกโดยมีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกันโดยต้องเผชิญกับสภาพอากาศที่ร้อนจัดที่อยู่ในตู้แบตเตอรี่ในราวๆ38-42 องศาเซลเซียสในการทดลองนี้จะเทียบกันของสองระบบนี้ว่าแบบระบบของการลดสัญญาณPWM ยังมีประสิทธิภาพดีกว่าระบบแบบเดิมหรือไม่ภายใต้สภาพอากาศที่ร้อน



รูปที่4.6การติดตั้งการทดลองภายนอกอาคารในระบบโซล่าเซลล์ของจริง

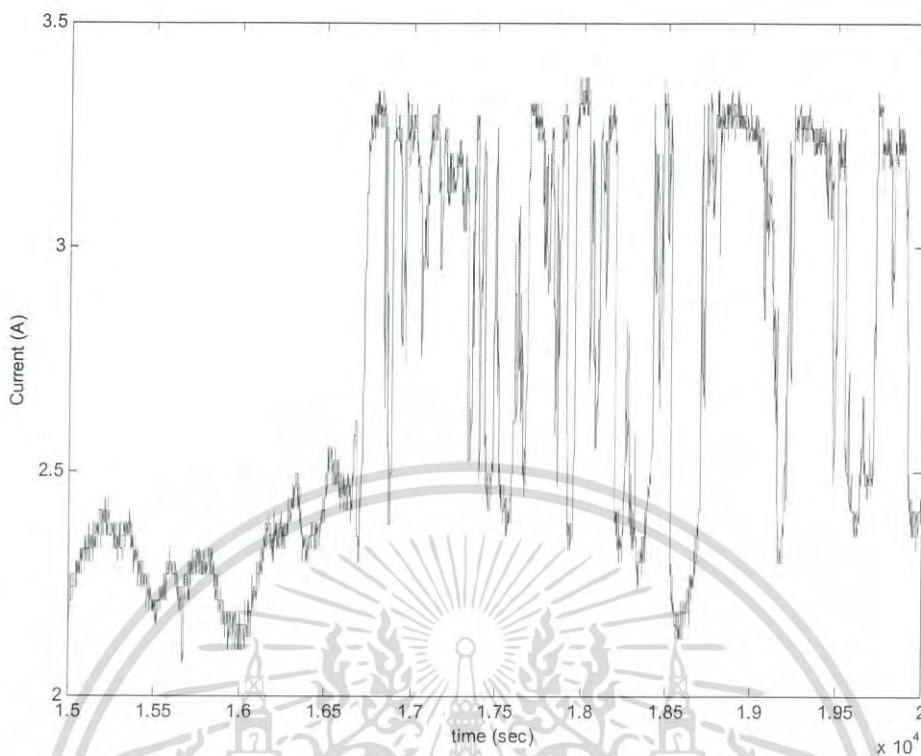
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 ผลการทดลองการประจุแบตเตอรี่ในการใช้งานจริงของเครื่องคุมประจุแบบต้นฉบับในการประจุแบตเตอรี่



รูปที่ 4.7 กราฟผลการทดลองการประจุกระแสเข้าแบตเตอรี่ในเครื่องประจุดั้งเดิม ช่วงเวลาทั้งหมด 40000s วินาที

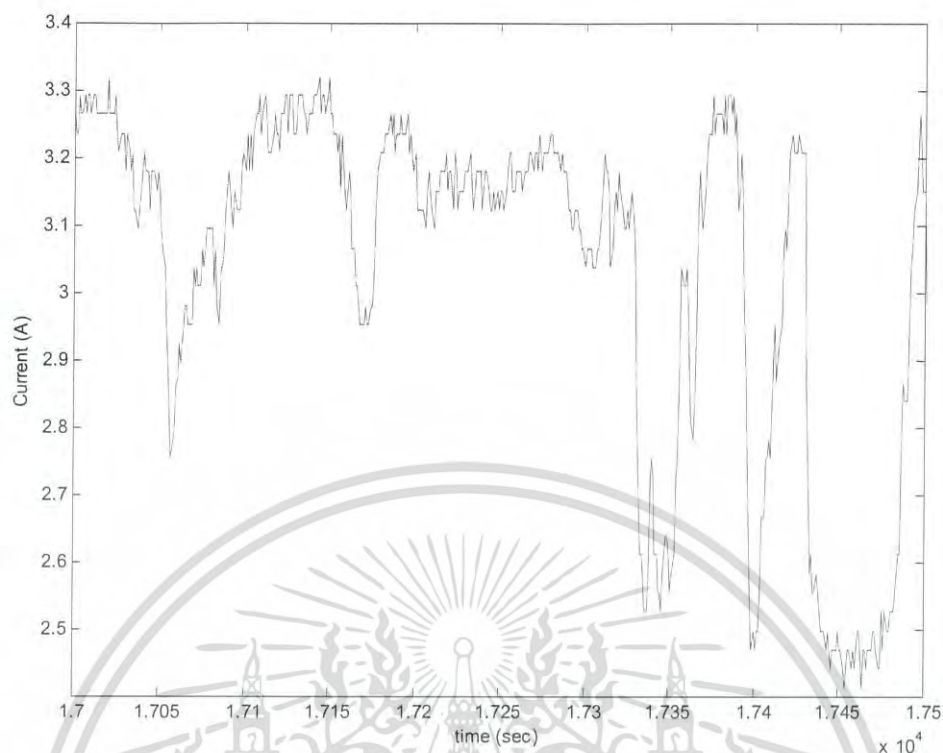
ดังรูป 4.7 เมื่อเผชิญกับของจริงเห็นได้ว่าการประจุแบตเตอรี่เต็มไปด้วยความปั่นป่วนมาก เนื่องจากสภาพอากาศที่ร้อนจึงเห็นว่าด้วยสภาพอากาศที่ร้อนเสริมไปด้วยความแรงของสัญญาณ PWM และความแรงของแฉดที่แปรปรวนจึงทำให้มีการปั่นป่วนไปเยอะกว่าเดิมตามรูปที่ 4.10 ดังกราฟที่เห็น



รูปที่4.8กราฟผลการทดลองการประจุกระแสเข้าแบตเตอรี่ในเครื่องประจุตั้งเดิมขยายในย่านช่วง 15000s – 20000s (5000 วินาที)

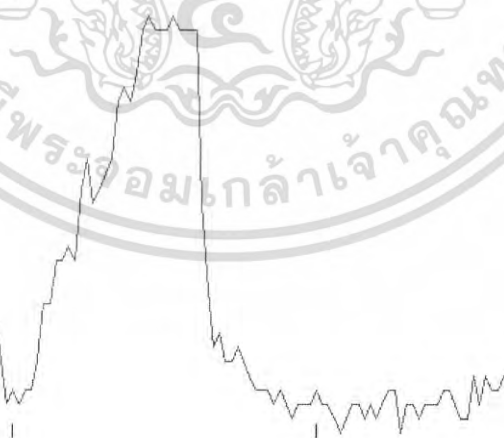
ดังรูปที่4.8เป็นช่วงเวลากลางวันและใกล้ๆเที่ยงวันเมื่อขยายดูพบว่าการปั่นป่วนเยอะพอสมควรเกิดการสั่นของสัญญาณPWM ที่แรงพอสมควรโดยช่วงการสั่นขึ้นลงสูงถึง1 แอมมกว่าๆ แตกต่างจากการทดลองในห้องทดลองเป็นอย่างมากเมื่อเจอสภาพอากาศของจริงการเกิดแบบนี้จะเป็นผลเสียกับแบตเตอรี่อย่างมากคือทำให้แบตเตอรี่เดือดเร็วลดอายุการใช้งานไปอย่างรวดเร็วด้วยสภาพอากาศที่ร้อนแรงที่เพิ่มมาคือสัญญาณของPWM ที่ได้กล่าวไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



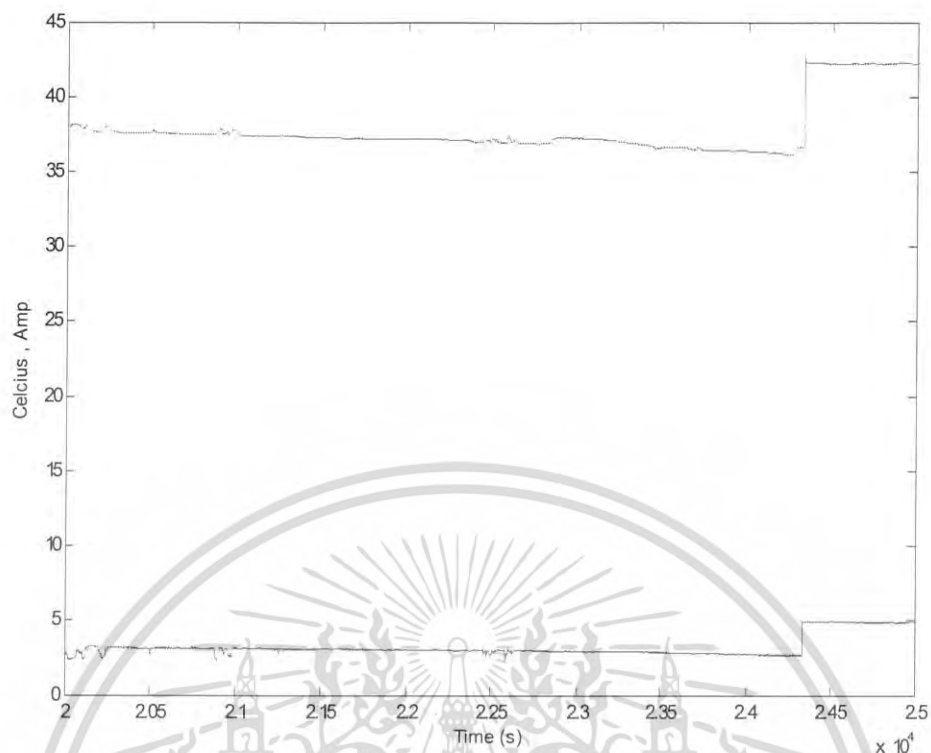
รูปที่4.9กราฟผลการทดลองการประจุกระแสเข้าแบตเตอรี่ในเครื่องประจุตั้งเดิมขยายในย่านช่วง 17000s – 17500s (500 วินาที)

ตามกราฟด้านบนขยายในช่วงเวลา500 วินาทีเห็นได้กราฟมีความขุ่นปนดูไม่เป็นระเบียบ มีรอยหยักเยอะพอสมควรเมื่อขยายเข้าดูยิ่งเห็นได้ชัดของความไม่เป็นระเบียบดังรูปที่4.13



รูปที่4.10กราฟผลการทดลองการประจุกระแสเข้าแบตเตอรี่ในเครื่องประจุตั้งเดิมขยายในย่าน50 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

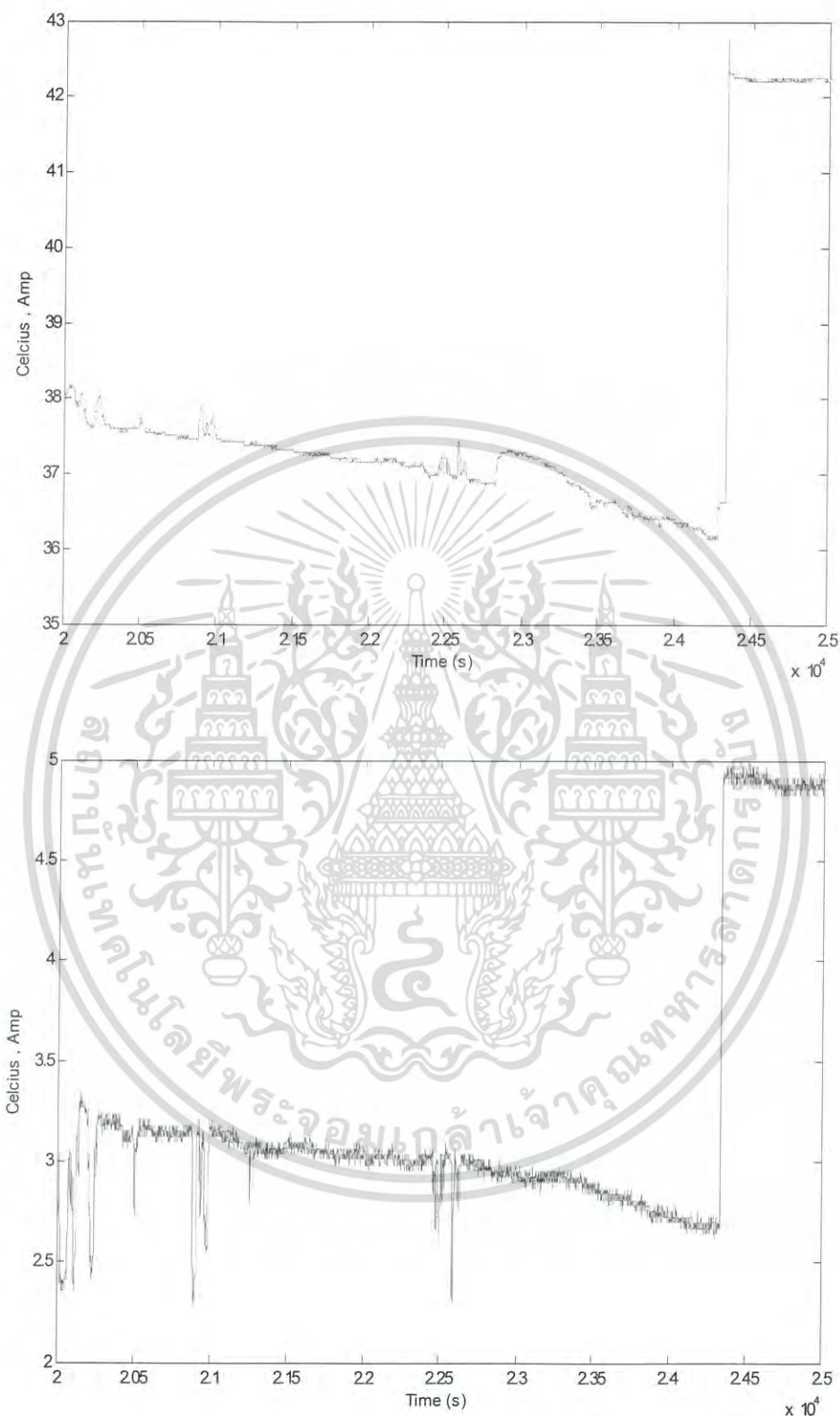


รูปที่ 4.11 กราฟผลการทดลองการประจุกระแสเข้าแบตเตอรี่ในเครื่องประจุตั้งเดิมเทียบกระแสกับอุณหภูมิสู่มมาช่วงเวลา $20,000\text{s} - 20,000\text{s}$

ตามรูปที่ 4.11 เห็นได้ว่าสภาพอากาศทำให้เกิดการปั่นป่วนของกระแสอย่างเห็นได้ชัดเลยว่า กราฟอุณหภูมิกับกระแสไฟฟ้าขึ้นลงเกือบจะไปพร้อมกันนั้นแน่ชัดเลยว่าสภาพอากาศทำให้เกิดการปั่นป่วนในการประจุแบตเตอรี่อย่างเห็นได้ชัดเจนถ่วงแต่แน่นอนการเกิดแบบนี้ส่งผลให้เกิดผลเสียกับแบตเตอรี่แน่นอนจึงต้องมีการปรับสัญญาณ PWM ลดลงเพื่อให้ลดทูลความเสียหายของแบตเตอรี่ในสภาพอากาศที่ร้อนอบอ้าวแบบนี้

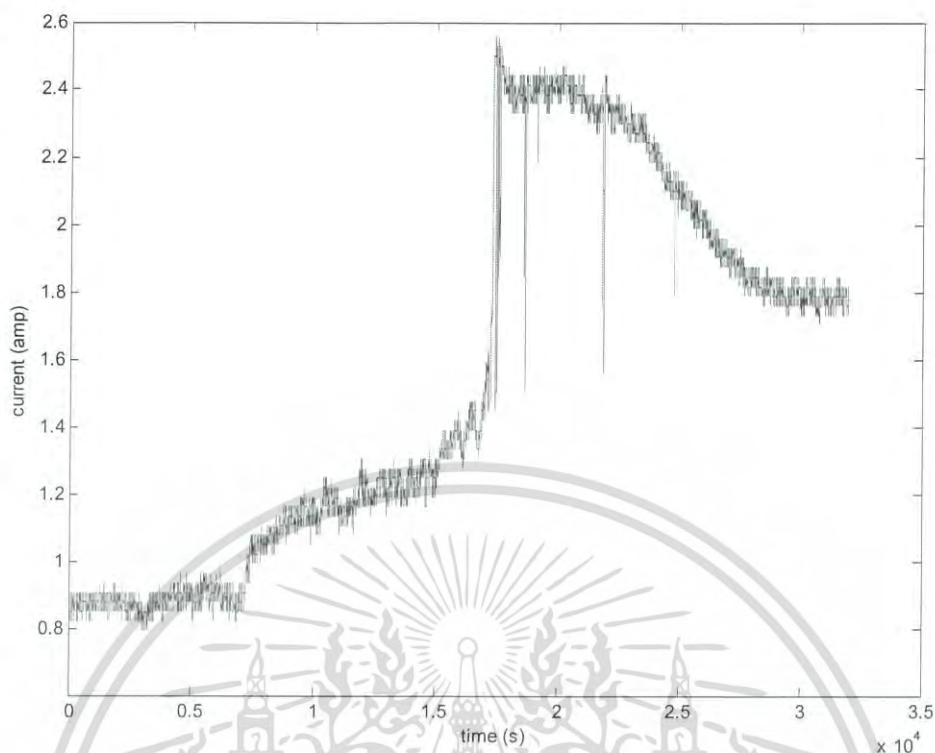
ตามรูปที่ 4.12 เมื่อขยายระยะดูจะพบว่าเมื่ออุณหภูมิไม่คงที่หรือแปรปรวนกระแสไฟฟ้าก็จะแปรปรวนได้เช่นกันจึงต้องแก้สัญญาณด้วยการลดขนาดเพื่อลดทูลความเสียหายแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.12กราฟผลการทดลองการประจุกระแสเข้าแบตเตอรี่ในเครื่องประจุตั้งเดิมเทียบกระแสกับ
อุณหภูมิสุ่มมาช่วงเวลา20,000s – 20,000s และย่านกระแสในช่วงค่า0-5 amp

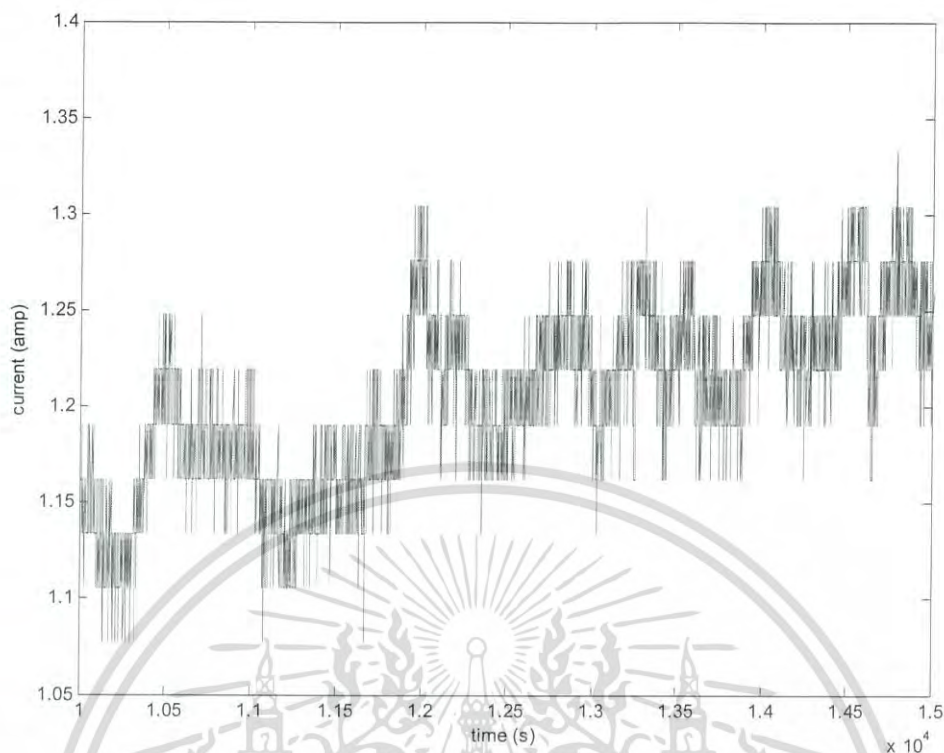
เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของ บริษัท อีทีอี เทคโนโลยี จำกัด
4.1.2 ผลการทดลองการประจุแบตเตอรี่ในการใช้งานจริงของเครื่องคุมประจุแบบสแตนด์บาย PWM ค่า
ไม่มีการแก้ไขที่ส่ง อีทีอี เทคโนโลยี ให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
10% ในการประจุแบตเตอรี่



รูปที่4.13กราฟผลการทดลองการประจุกระแสเข้าแบตเตอรี่ในเครื่องประจุแบบแก้ไข
ช่วงเวลาทั้งหมด35000s วินาที

จากรูปที่4.13พบว่าเส้นกราฟมีความเป็นระเบียบขึ้นมาเมื่อดูจากรูปที่4.10 แบบดั้งเดิม
เส้นกราฟมีความลดการป้อนป่วนลงมาพอสมควรจึงเห็นผลจากการลดสัญญาณPWM ช่วยในการลด
ความแปรปรวนได้แท้จริงเนื่องจากลดความถี่และขนาดduty cycle ทำให้เครื่องประจุแบตเตอรี่ลด
การป้อนกระแสเข้าแบตเตอรี่เมื่อดูจากสภาพกราฟแล้วสื่อให้เห็นว่าการแก้ไขมีประสิทธิภาพในการลด
ความเสียหายของแบตเตอรี่เมื่ออยู่สภาพอากาศร้อนอบอ้าวจึงตอบได้แน่ชัดว่าการลดสัญญาณPWM
ช่วยให้การประจุแบตเตอรี่มีความสมดุลกับสภาพอากาศได้แท้จริง

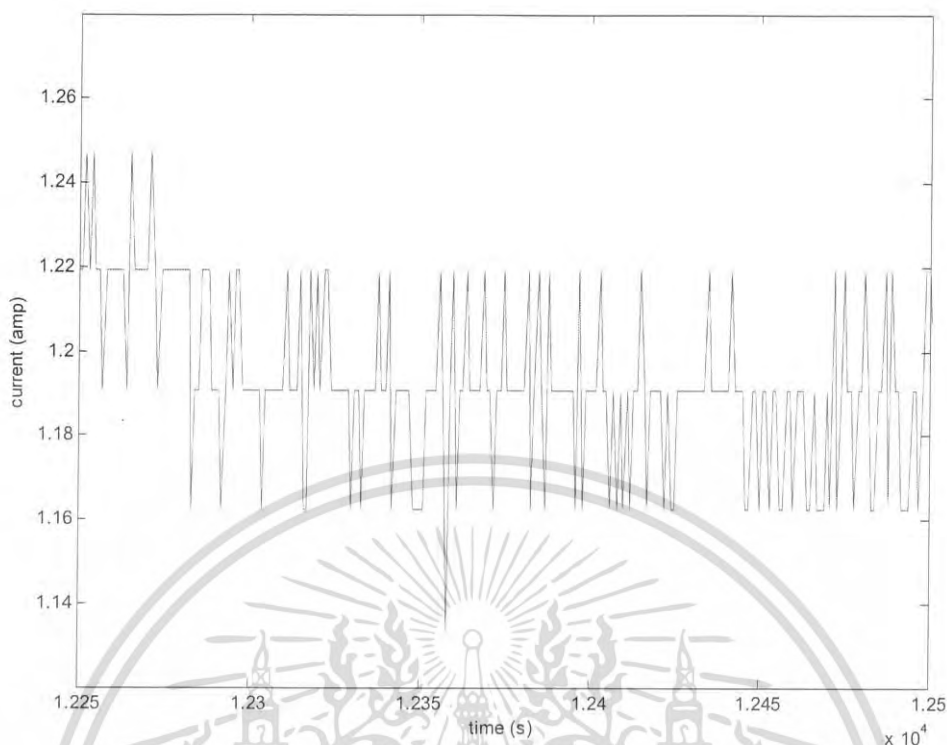
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 กราฟผลการทดลองการประจุกระแสเข้าแบตเตอรี่ในเครื่องประจุแบบแก้ไขขยายในย่าน ช่วง 10000s – 15000s (5000 วินาที)

จากรูปที่ 4.14 พบว่าการสั่นของสัญญาณมีช่วงขึ้นลงไม่เกิน 0.4 แอมป์ซึ่งลดการสั่นได้มากพอสมควรกราฟมีความเป็นระเบียบขึ้นมาเยอะพอสมควรจากกราฟสื่อให้เห็นว่าการประจุแบตเตอรี่แบบแก้ไขได้ลดขนาดการประจุในช่วงแต่ละเวลาหมายความว่าเครื่องประจุแบบแก้ไขได้ประจุแบตเตอรี่แบบค่อยๆประจุนั้นเองหรือไม่รับประจุนั้นเอง

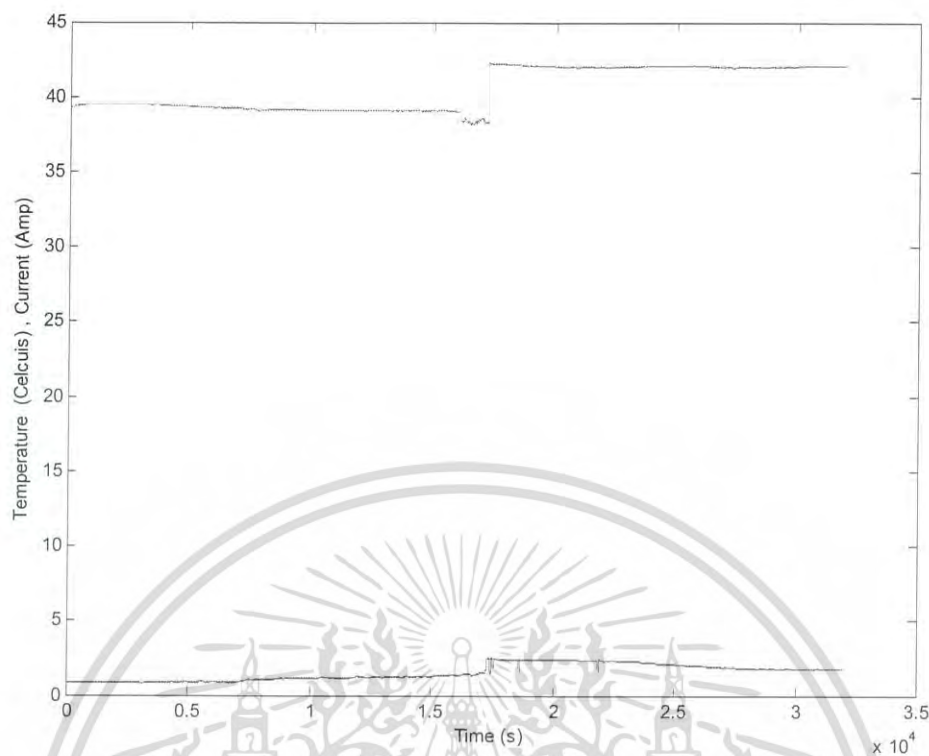
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.15กราฟผลการทดลองการประจุกระแสเข้าแบตเตอรี่ในเครื่องประจุแบบแก๊ซขยายในย่านช่วง 12250s – 12500s (250 วินาที)

จากรูปที่4.15แสดงให้เห็นได้ชัดเจนเลยว่าการประจุแบตเตอรี่แบบแก๊ซมีประสิทธิภาพขึ้นมาจริงเมื่อดูจากกราฟโดยเส้นกราฟมีความเป็นระเบียบขึ้นมาจริงๆมีการเรียงตัวอย่างสม่ำเสมอในช่วงเวลาที่มีสะดุดมาบ้างเล็กน้อยจึงตอบได้ชัดเจนเลยว่าการประจุแบบนี้ช่วยลดความเสียหายของแบตเตอรี่ได้แน่นอนเนื่องจากการแปรปรวนน้อยมาก

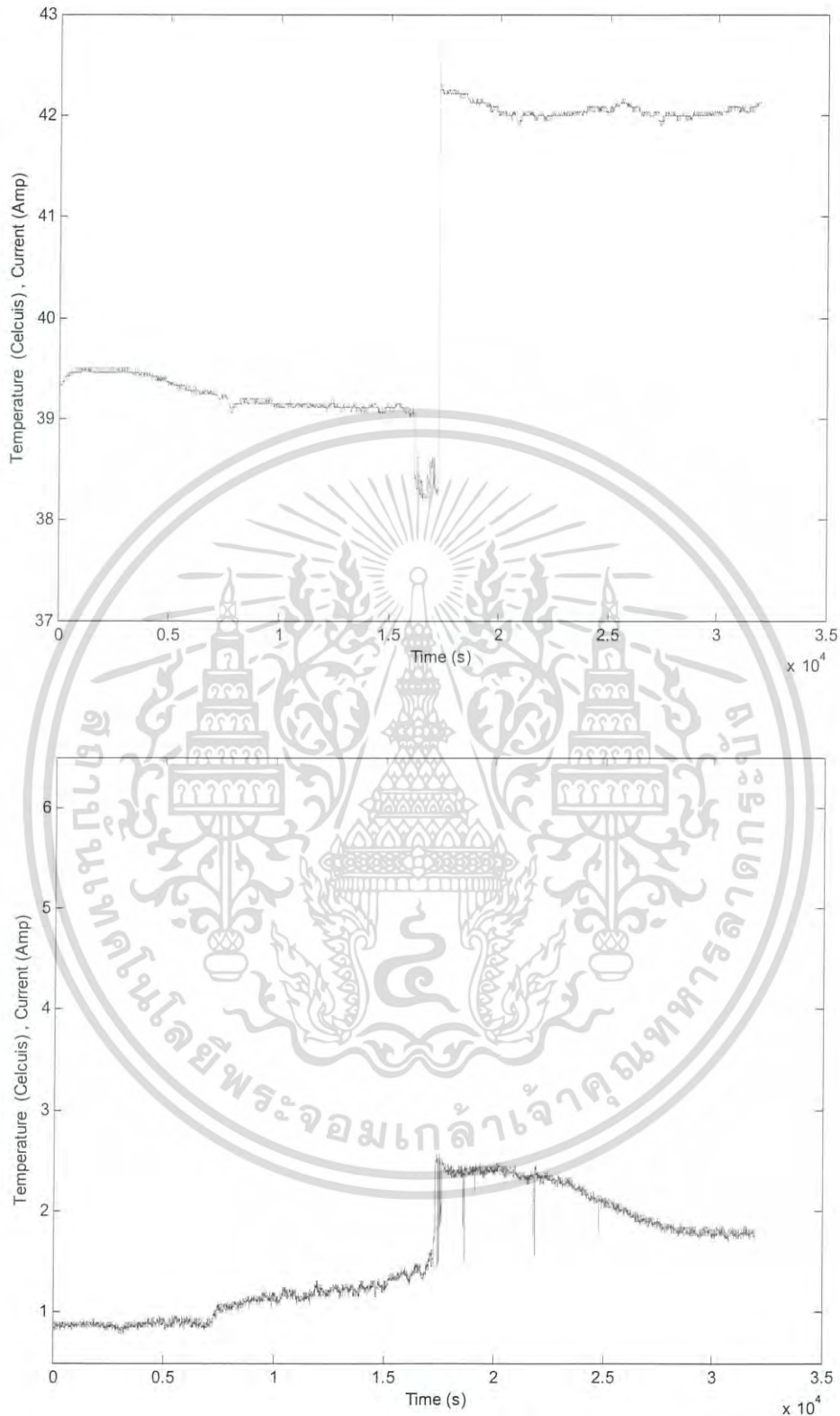
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 กราฟผลการทดลองการประจุกระแสเข้าแบตเตอรี่ในเครื่องประจุแบบแก้ไขเทียบกระแสกับอุณหภูมิสุ่มมาช่วงเวลา 0s – 30,000s

จากรูปที่ 4.16 เห็นได้เลยว่า กระแสไม่เปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิมากนัก กระแสไฟค่อนข้างจะคงตัวไม่เหมือนแบบต้นฉบับที่แปรปรวนไปตามอุณหภูมิ ผลจากการทดลองแบบนี้แสดงให้เห็นแน่ชัดเลยว่าแบบปรับลด PWM นั้นส่งผลลดความเสียหายของแบตเตอรี่ได้แน่นอน จากกราฟที่รูป 4.17 นั้นเมื่อขยายดูเข้าไปยิ่งเห็นผลที่ชัดเจนออกมาได้เลยว่าการประจุกระแสไม่แปรปรวนตามอุณหภูมิน้อยพอสมควร

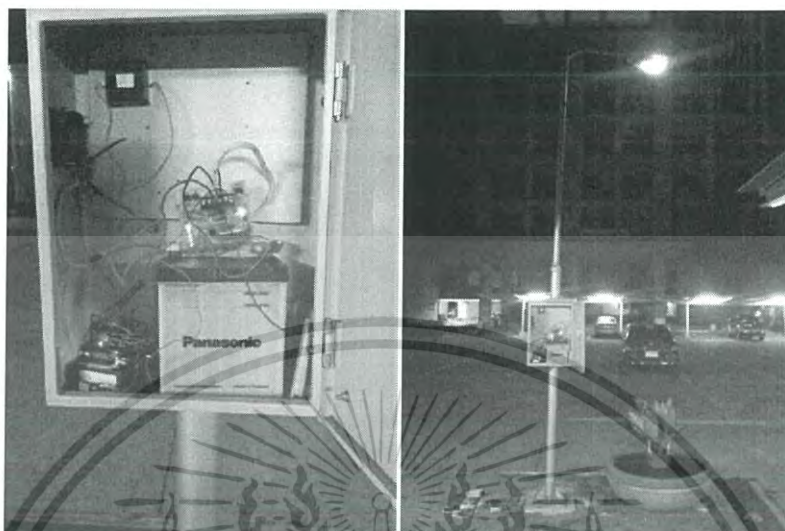
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 กราฟผลการทดลองการประจุกระแสเข้าแบตเตอรี่ในเครื่องประจุแบบแก้ไขเทียบกระแสกับ
อุณหภูมิสุ่มมาช่วงเวลา 0 - 30,000s และย่านกระแสในช่วงค่า 0-5 amp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การบันทึกผลการทดลองการปล่อยประจุแบตเตอรี่ที่เทียบผลระหว่างแบบดั้งเดิม กับแบบปรับปรุง

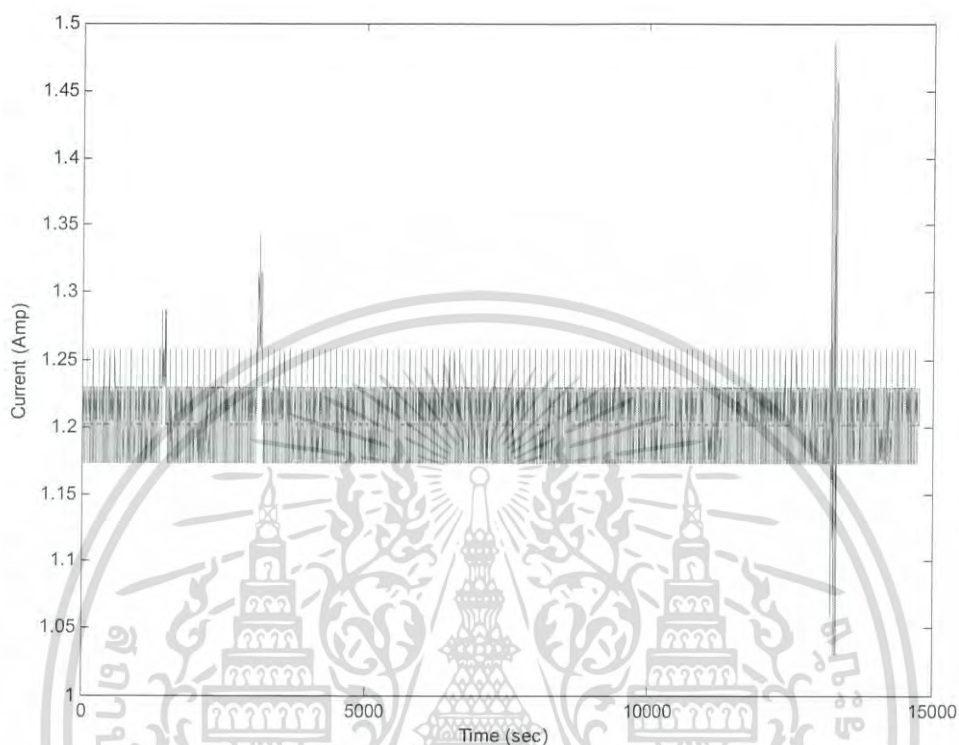


รูปที่ 4.18 ภาพการทดลองการปล่อยประจุแบตเตอรี่

การทดลองครั้งนี้เป็นการบันทึกผลการทดลองการปล่อยประจุแบตเตอรี่เป็นการทดลองแบบใช้งานจริงซึ่งสถานที่ปฏิบัติงานนี้อยู่ภายนอกอาคารลานจอดรถทำการทดลองในเวลากลางคืนการทดลองครั้งนี้เน้นการเทียบว่าการปล่อยประจุแบบดั้งเดิม กับแบบปรับปรุงแบบไหนมีประสิทธิภาพมากกว่ากันในเรื่องการคุมการปล่อยประจุเกิน หรือ Over-load

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

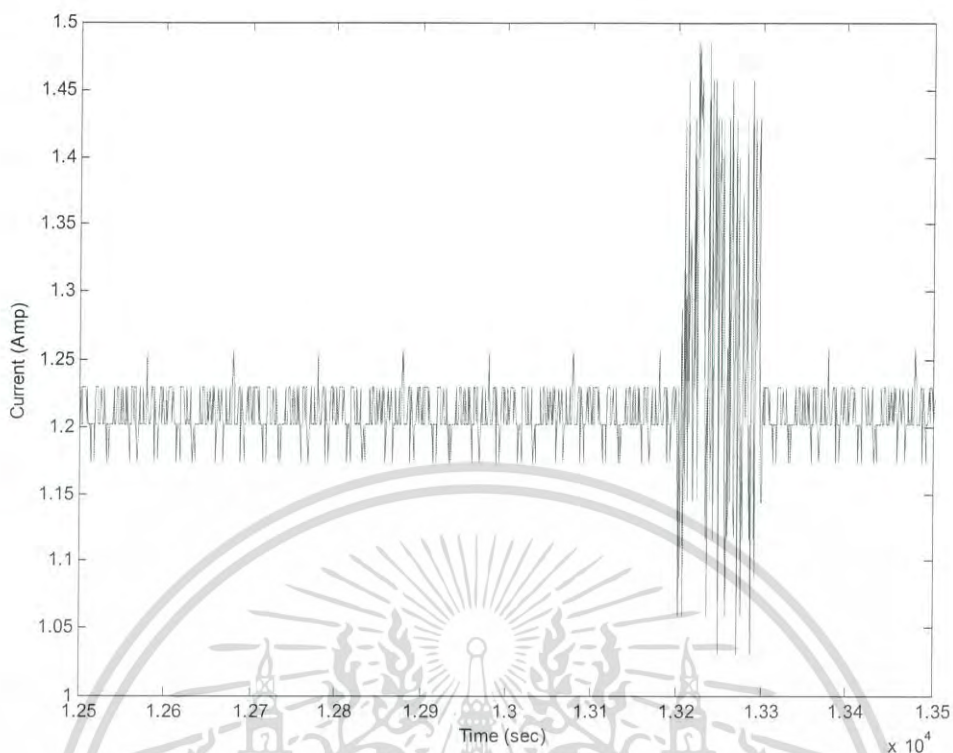
4.3.1 ผลการทดลองการปล่อยประจุแบตเตอรี่ในการใช้งานจริงของเครื่องคุมประจุแบบตั้งเดิมในการปล่อยประจุแบตเตอรี่



รูปที่ 4.19 กราฟผลการทดลองการปล่อยประจุกระแสเข้าแบตเตอรี่ในเครื่องประจุตั้งเดิม
ช่วงเวลาทั้งหมด 15000s วินาที

จากรูป 4.19 ผลการทดลองดูจากกราฟพบว่ามีบางช่วงเกิดการปล่อยประจุเกิน มีช่วงเวลาหนึ่งที่เกิดการปล่อยเกินมาสูงมาก ซึ่งเป็นการคุมการไหลตกระแสที่มาจากสัญญาณ PWM แบบตั้งเดิมที่การปล่อยเร็วเกินไปทำให้ช่วงไหลตบางช่วงที่เกิดโอเวอร์ไหลตของอุปกรณ์ไฟฟ้าบางตัว

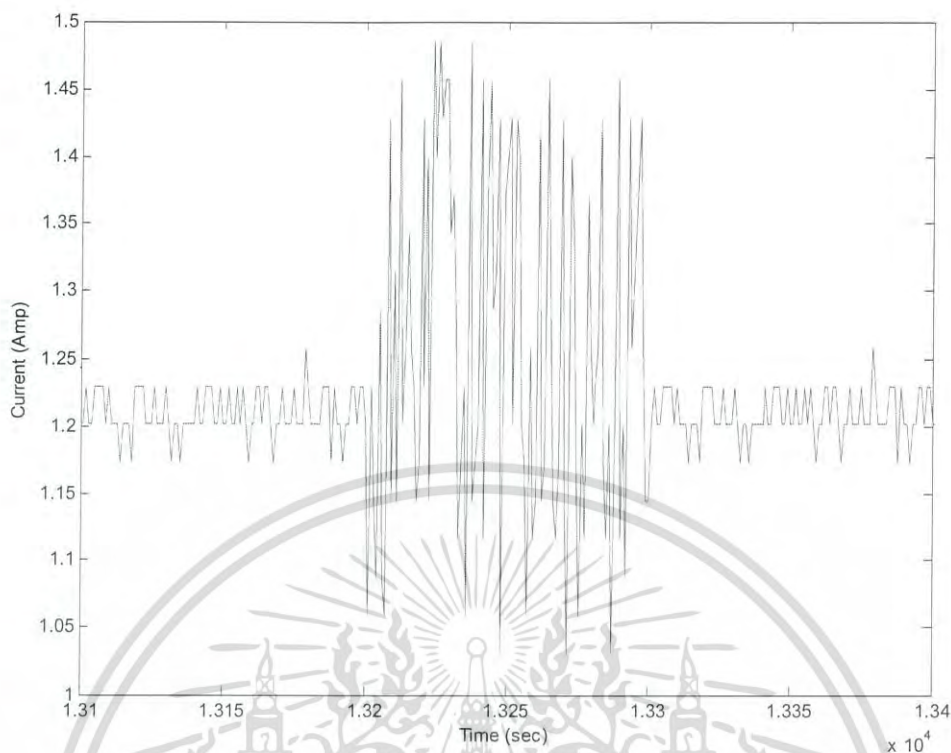
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 กราฟผลการทดลองการปล่อยประจุกระแสเข้าแบตเตอรี่ในเครื่องประจุดั้งเดิม
ช่วงเวลา 12500s - 13500 วินาที

จากรูปที่ 4.20 เห็นได้ว่าการคุมการปล่อยประจุเกินนั้นมีความยาวนาน ประมาณ 100 วินาที
ถึงจะกลับมาเป็นปกติ เท่ากับว่าแบตเตอรี่อายุสั้นลงไปอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

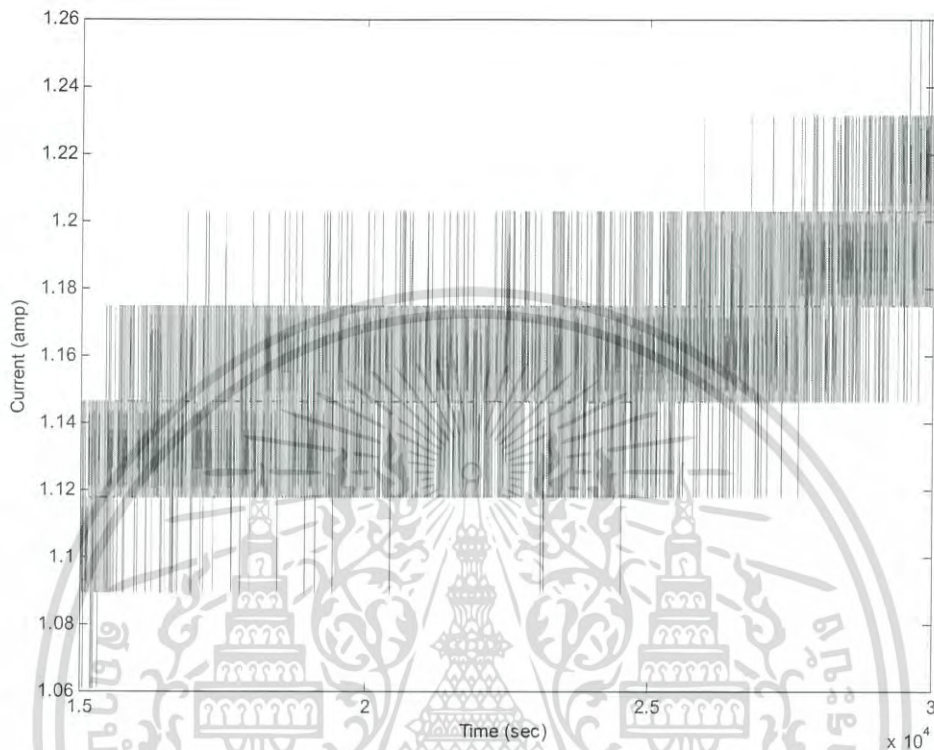


รูปที่ 4.21 กราฟผลการทดลองการปล่อยประจุกระแสเข้าแบตเตอรี่ในเครื่องประจุตั้งเดิม
ช่วงเวลา 13100s - 13400 วินาที

จากรูปที่ 4.21 ขยายช่วงเวลา 400 วินาที เห็นได้ชัดเจนเลยว่าการคุมการปล่อยประจุแบบตั้งเดิมยังมีความแปรปรวนเยอะพอสมควรเมื่อดูจากกราฟ ซึ่งผลแบบนี้ก่อให้เกิดความเสียหายกับแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

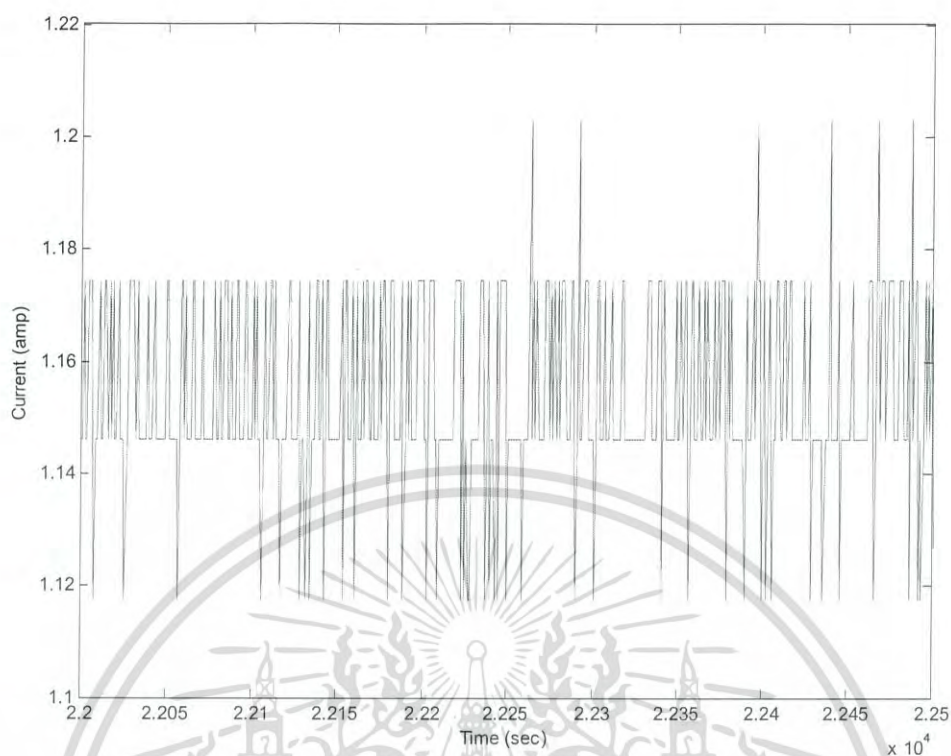
4.3.2 ผลการทดลองการปล่อยประจุแบตเตอรี่ในการใช้งานจริงของเครื่องคุมประจุแบบลดสัญญาณPWM 10%ในการปล่อยประจุแบตเตอรี่



รูปที่4.22กราฟผลการทดลองการปล่อยประจุกระแสเข้าแบตเตอรี่ในเครื่องประจุแบบปรับปรุงช่วงเวลาทั้งหมด15000s วินาที

จากรูป 4.22ผลการทดลองดูจากกราฟพบว่าไม่ค่อยพบการเกิดโอเวอร์โวลตมากนัก เนื่องจากการปล่อยประจุนั้นปล่อยไปตามสัญญาณ PWM ที่ได้ปรับไว้จึงลดปัญหาการเกิดโอเวอร์โวลตของกระแสไฟฟ้า การปล่อยประจุดูจากกราฟแล้วค่อนข้างที่จะมีความสม่ำเสมอ

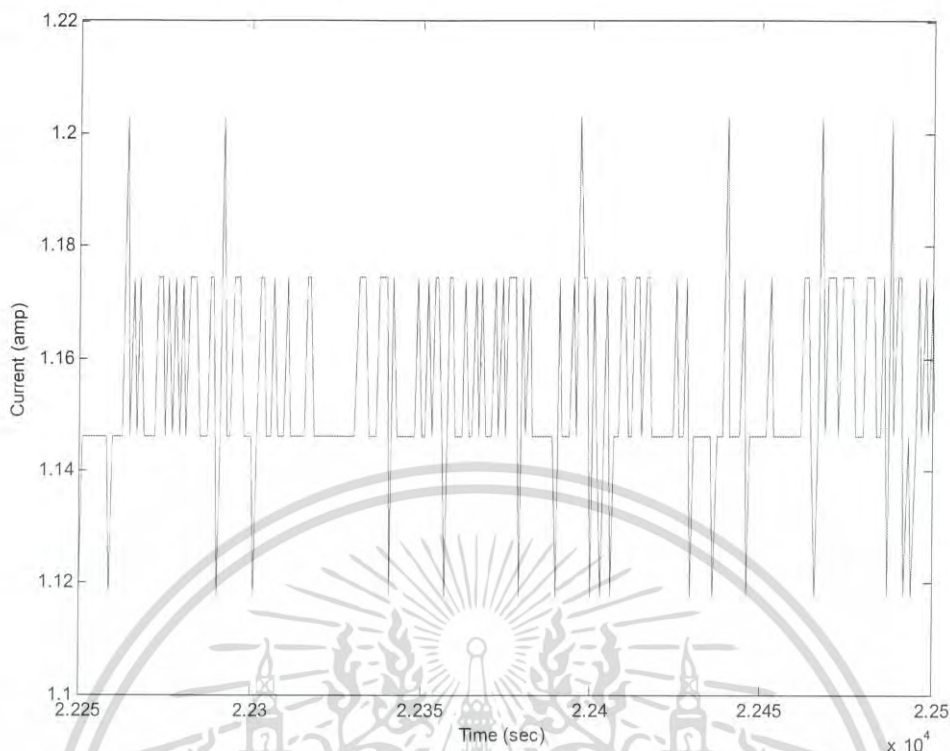
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 กราฟผลการทดลองการปล่อยประจุกระแสเข้าแบตเตอรี่ในเครื่องประจุแบบแก๊ซ
ช่วงเวลา 22,000s – 22,500 วินาที

จากรูปที่ 4.23 ขยายช่วงเวลาเมื่อดูกราฟแล้วเห็นได้ชัดเจนว่าการเรียงกระแสปล่อยไหลด
นั้นค่อนข้างเป็นระเบียบมากกว่าแบบเครื่องคุมประจุดั้งเดิมอย่างเห็นได้ชัดมีบางช่วงที่หลุดไปบ้างแต่
ไม่มากนักไม่เกิน 20mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24 กราฟผลการทดลองการปล่อยประจุกระแสเข้าแบตเตอรี่ในเครื่องประจุแบบแก้ไข
ช่วงเวลา 22,250s – 22,500 วินาที

จากรูปที่ 4.24 ขยายช่วงเวลาเมื่อดูกราฟแล้วยังเห็นได้ชัดเกี่ยวกับกระแสที่ปล่อยไหล
ออกมาซึ่งมีการคุมกระแสไม่ให้เกิดโอเวอร์โหลดได้เป็นอย่างดี

สรุปผลการทดลอง การคล้ายประจุระหว่างเครื่องคุมประจุแบบต้น กับแบบปรับปรุง

จากการทดสอบการปล่อยประจุแบบใช้งานจริงพบว่าเครื่องคุมประจุแบตเตอรี่พลังงาน
แสงอาทิตย์แบบปรับปรุง หรือแบบลดสัญญาณ PWM 10% นั้นมีการคุมกระแสให้คงที่ที่ดีกว่าแบบ
ดั้งเดิมอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบผลการทดลองจากกราฟ ซึ่งเป็นผลพวงจากการลดสัญญาณ PWM ให้
ต่ำลง การปล่อยประจุจึงลดอัตราเร็วในการปล่อยประจุ เครื่องคุมจึงสามารถคุมกระแสได้ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 จำนวนผลการทดลอง และสรุปเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องคุมประจุแบตเตอรี่แบบดั้งเดิม กับแบบปรับปรุงแก้ไขและเพิ่มเติมการตัดฟังก์ชัน Float ออก

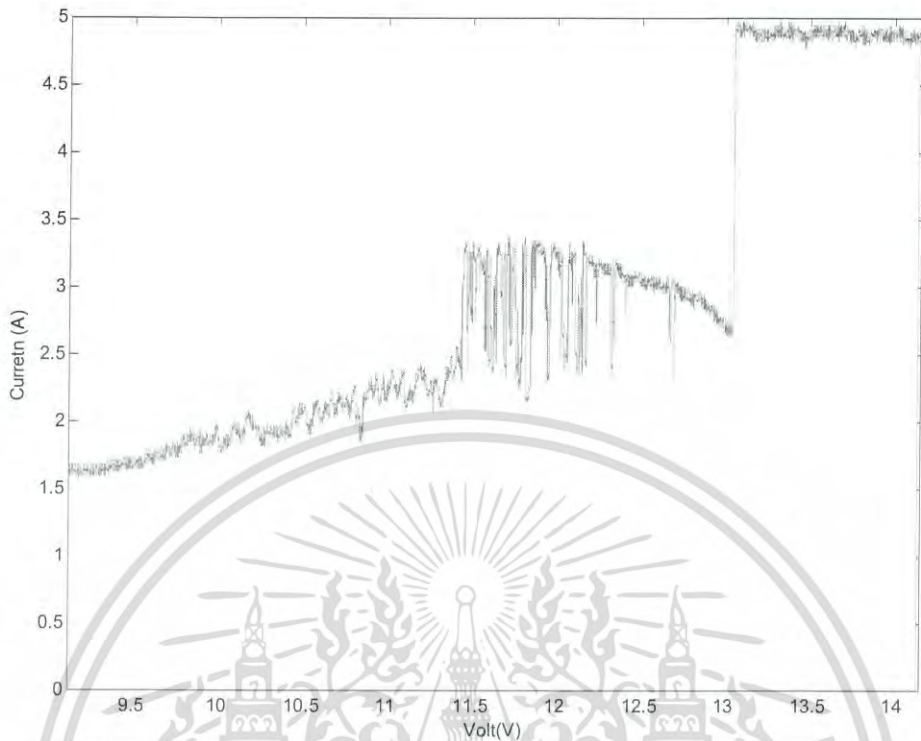
การคำนวณผลการทดลองนี้จะเป็นการคำนวณในด้านประสิทธิภาพการชาร์จแบตเตอรี่ของทั้งสองแบบในด้านการให้พลังงานการชาร์จแบตเตอรี่ และสรุปข้อดีข้อเสียของทั้งสองแบบ ในรายงานเล่มนี้จะเป็นการคำนวณ พลังงานในการชาร์จแบตเตอรี่ ประสิทธิภาพการชาร์จแบตเตอรี่ เวลาในการใช้ไหลดกับเครื่องใช้ไฟฟ้า (หลอดไฟกระแสดตรง)

การคำนวณหาพลังงานการชาร์จแบตเตอรี่ คือการนำความสัมพันธ์ช่วงเวลาระหว่างกระแสประจุแบตเตอรี่ กับแรงดันประจุแบตเตอรี่ ซึ่งจะคำนวณเวลาตั้งแต่เริ่มชาร์จ วินาทีแรกถึงวินาทีสุดท้าย จากสมการ $E(v) = \int_0^T V(t) \cdot I(t) \cdot dt$ ซึ่งจะนำค่าเหล่านี้มาจากผลการทดลองจากกราฟมาคำนวณ ทั้งสองแบบคือแบบประจูดั้งเดิม กับแบบปรับปรุง

การคำนวณหาประสิทธิภาพในการชาร์จแบตเตอรี่นั้นจะคำนวณสถิติการชาร์จหรือสถานะของการชาร์จ (State of Charge) ในที่นี้จะวัดจากกราฟแล้วเทียบค่าสมการลดถอย (R-Squared) โดยถ้าค่าลดถอยในที่นี้คือการแปรผันมีค่ามากที่สุดคือ 1 โดยคิดเป็น % คือ 100% ถ้าค่าลดถอยมีค่าน้อยมากยังมีประสิทธิภาพในการชาร์จมากค่า R-Squared นี้จะมากคิดเป็นค่าแปรปรวนในการสถิติการชาร์จของเครื่องคุมการชาร์จทั้งสองแบบ จากสมการเชิงเส้นโพลีโนเมียล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1 คำนวณหาค่าพลังงานในการประจุของเครื่องคุมประจุแบบดั้งเดิม



รูปที่ 4.25 กราฟผลการทดลองการประจุแบตเตอรี่ของเครื่องคุมประจุแบบดั้งเดิม ในความสัมพันธ์ระหว่าง กระแส กับแรงดัน ในเวลา 06:00-17:00

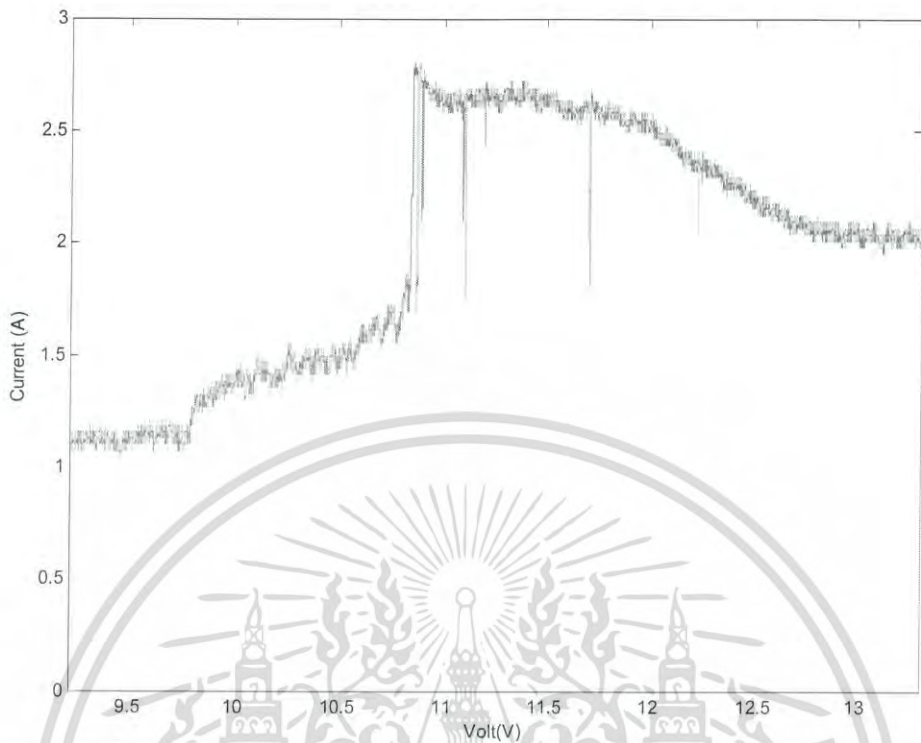
จากรูปที่ 4.25 จากกราฟจะพบพื้นที่สีเหลืองนั่นคือค่าพลังงานในการประจุแบตเตอรี่จากเครื่องคุมประจุแบบดั้งเดิม โดยจะคำนวณจากสมการ

$$E(v) = \int_0^T V(t) \cdot I(t) \cdot dt$$

ผลที่คำนวณออกมาได้พลังงานเป็น 14.6 kW จากการที่ได้ค่าพลังงานมากก็มาจากการที่สัญญาณ PWM แบบดั้งเดิมนั้นมีขนาดสัญญาณ Duty Cycle และ ความถี่ที่ตั้งค่าไว้ไว้นั้นสูงพอสมควร จึงทำให้กระแสนั้นไหลผ่านเข้าแบตเตอรี่เยอะ แต่อย่างไรก็ตาม จากกราฟก็มีช่วงเกิดการประจุเกิน (Over-Charge) อยู่เยอะพอสมควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 คำนวณหาค่าพลังงานในการประจุของเครื่องคุมประจุแบบปรับปรุ่



รูปที่ 4.26 กราฟผลการทดลองการประจุแบตเตอรี่ของเครื่องคุมประจุแบบปรับปรุ่ ในความสัมพันธ์ระหว่าง กระแส กับแรงดัน 06:00-17:00

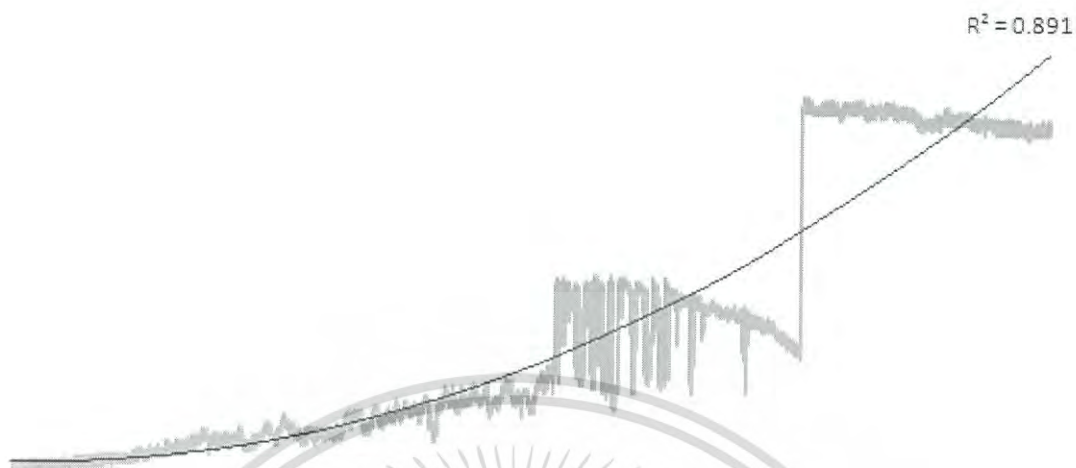
จากรูปที่ 4.26 จากกราฟจะพบพื้นที่สี่เหลี่ยมที่สีเหลืองนั้นคือค่าพลังงานในการประจุแบตเตอรี่ จากเครื่องคุมประจุแบบปรับปรุ่ โดยจะคำนวณจากสมการ

$$E(v) = \int_0^T V(t) \cdot I(t) \cdot dt$$

ผลที่คำนวณออกมาได้พลังงานเป็น 9.8 kW จากการที่ได้ค่าพลังงานน้อยกว่าแบบดั้งเดิมก็ มาจากการที่สัญญาณ PWM แบบปรับปรุ่ได้ลดสัญญาณและความถี่ลง จึงทำให้กระแสไหลเข้า แบตเตอรี่นั้นลดลงแต่ผลที่ได้มาคือ ลดการเกิดการประจุเกิน (Over-Charge) น้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 การหาค่าแปรปรวนจากการทดของเครื่องคุมประจุแบบดั้งเดิม

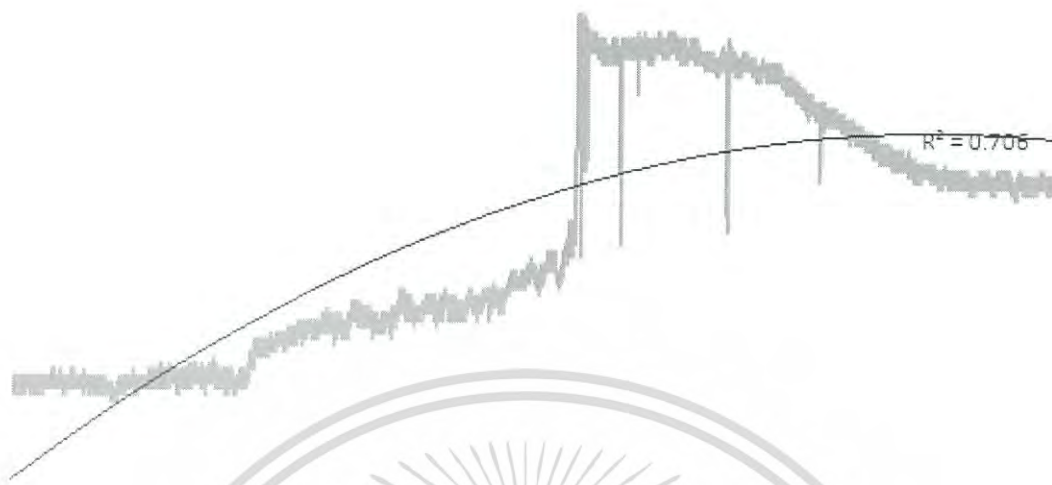


รูปที่ 4.27 ผลค่าแปรปรวนการประจุแบตเตอรี่ของเครื่องคุมประจุแบบดั้งเดิม

จากรูปที่ 4.26 ในการอิงค่าจากเส้นโพลีโนเมียล ได้ค่า R-Squared ถึง 89.1% ซึ่งถือว่า เยอะพอสมควรเนื่องจากความไม่เป็นระเบียบของเส้นกราฟซึ่งเป็นผลมาจากการประจุแบตเตอรี่ที่มี PWM สูงและอุณหภูมิที่ร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.4 การหาค่าแปรปรวนจากการทดสอบของเครื่องคุมประจุแบบปรับปรุง



รูปที่ 4.28 ผลค่าแปรปรวนการประจุแบตเตอรี่ของเครื่องคุมประจุแบบดั้งเดิม

จากรูปที่ 4.27 ในการอิงค่าจากเส้นโพลีโนเมียล ได้ค่า R-Squared ลดลงเหลือ 70% ซึ่งถือว่าลดลงมาเยอะพอสมควรเนื่องจากความเป็นระเบียบของเส้นกราฟมากขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากการประจุแบตเตอรี่ที่มีการลด PWM ลงนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.5 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสีย และสรุปผลการทดลองของเครื่องประจุแบตเตอรี่ทั้งสองแบบ

ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องคุมประจุทั้งสองแบบ

แบบเครื่องคุมประจุแบตเตอรี่	ค่าพลังงานการชาร์จ (06:00-17:00)	ค่าแปรปรวนการชาร์จ (%)
แบบดั้งเดิม	14.6kW	89.1%
แบบปรับปรุง	9.8 kW	70%

จากตารางที่ 2 ได้ผลการเปรียบเทียบเป็นที่แน่ชัดจากการทดลองพบว่า การประจุแบบดั้งเดิมนั้นให้พลังงานการประจุได้เยอะมากถึง 14.6 kW ซึ่งมากกว่าแบบปรับปรุง 4.8 kW แต่มีค่าแปรปรวนในการประจุถึง 89.1% ซึ่งเยอะพอสมควรซึ่งเป็นข้อเสีย และเป็นผลเสียกับแบตเตอรี่พอสมควรเนื่องจากสัญญาณ และความถี่ของ PWM นั้นมีค่าสูงกว่าแบบปรับปรุงจึงคุมการประจุได้ไม่ดีเท่าแบบปรับปรุง

เครื่องคุมประจุแบบปรับปรุงนั้นถึงจะมีค่าพลังงานการชาร์จน้อยกว่าแบบดั้งเดิมก็ตาม แต่อย่างไรก็ตามในการคุมการประจุแบบปรับปรุงนั้นมีประสิทธิภาพมากกว่าแบบดั้งเดิมในการคุมกระแสไฟเข้าแบตเตอรี่ซึ่งลดค่าแปรปรวนลงเยอะพอสมควรซึ่งลดความเสียหายที่เกิดกับแบตเตอรี่ลงมาเยอะเนื่องจากปรับลดสัญญาณ และความถี่ของ PWM ลงไป 10% โดยแลกกับการได้รับพลังงานน้อยลง แต่พลังงาน 9.8 kW ก็เพียงพอกับหลอดไฟที่เปลืองโหลตให้ใช้ในตอนกลางคืนแน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการประจุแบตเตอรี่ของเครื่องประจุแบตเตอรี่พลังงานแสงอาทิตย์โดยการปรับค่าพัลส์และความถี่เพื่อเปรียบเทียบกับเครื่องประจุแบตเตอรี่ โดยปรับ ความกว้างพัลส์ลดลง 10% และความถี่ที่ 400Hz ทำให้ค่าแปรปรวนในการชาร์จลดลง 20%

5.2 ข้อเสนอแนะ

การปรับลดสัญญาณ PWM เป็นส่วนช่วยให้ชาร์จประจุได้ราบเรียบเล็กน้อย แต่ถ้าจะปรับใช้งานจริงๆต้องแก้ส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ โดยการเสริมและเพิ่มส่วนกำจัดความร้อนและมีส่วนพลังงานทดแทน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] James P. Dunlop, P.E. 1997. Batteries and Charge Control in Stand-Alone Photovoltaic Systems *Fundamentals and Application*.
- [2] S. G. Tesfahunegn. O. Ulleberg. T.M. Undeland. P.J.S. Vie. A Simplified battery charge controller for safety and increased utilization in standalone PV applications



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

/*

Solar Charge Controller V1.0
PIC18F46J11 44-pin TQFP
Copyright (C) 2012 WichitSirichote,
wichit.sirichote@gmail.com

11 March 2012 Test I/O port and UART1 9600
Default internal oscillator is 4MHz (after
reset)

12 March 2012 Test PWM and UART commands

15 March 2012 Add 22M to the 32768 Low power xtal

16 March 2012 modify input diode to prevent low voltage
reverse current from battery to PV

19 March 2012 add proportional control to absorption and
float voltage control

proportional band is set to 50 for testing
command .is used to monitor the battery voltage

21 March 2012 add I term to control PWM, PB is changed to
20%

23 March 2012 use conversion equation for displaying the
volt meter

$$Y = 0.1X - 9.5$$

X is battery voltage 145 for +14.5V

Y is 5 levels scale

enable approx. 2s watchdog timer

26 March 2012 when PV <+6.0V after 10mins turn relay on
when>+10.0V after 3mins turn relay off

2 April 2012 reset fail_flag when VBATT >+11.5V
iffail_flag is set, manual load connect is not allowed. Until
Vbatt>+11.5V fail_flag will be cleared.

3 April 2012 new version without the need of series diode. Use
back-to-back P-channel POWER FET as the series insted.
to read PV voltage, disable the PWM about 1ms before read PV
voltage
the rest functions are the same.

4 April 2012 back to blocking diode, try with schottky diode
with low forward voltage

semiconductor TO-220 case
MBR1645 16A 45V schottky diode from ON

remove disabled PWM when read PV voltage

change night mode timer to 5mins at +8V

29 January 2013 test PI control with I term = 20
rename the previous hex file with oldsolarcharger.hex

configuration fuses

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ 04A1 0B50 09F3 01FF เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

31 January 2013 add the offset to absorption and float set point with +1.0V

7 February 2013 fix mode changing from bulk to absorption and add +1.0V offset for proportional control

```
*/
unsigned char command;
unsigned char buffer[128];
int k=0;
intduty_cycle=0;
float g;
float t;
int y;
// charging stage 0 night_mode
//          1 BULK
//          2 ABSORPTION
//          3 FLOAT
//
shortcharging_stage=0;

intVbatt,light_sensor,temp_sensor;
int j;

#define conversion_batt 69.4/194
#define conversion_temp 31.5/456

#define start_voltage120 // start voltage is +12.0V

#define tick_LED PORTD.B0
#define bulk_LED PORTD.B1
#define float_LED PORTD.B2
#define relay PORTD.B7

#define LED1 PORTB.B0
#define LED2 PORTB.B1
#define LED3 PORTB.B2
#define LED4 PORTB.B3
#define LED5 PORTB.B4

#define key1 PORTE.B0
#define key2 PORTE.B1

char menu[] = "\r\nSP print status\
\r\n\t print tick\
\r\n\t PWM duty cycle set\
\r\n\t proportional band set\
\r\n\t print status start\
\r\n\t print status stop\
\r\n\t help";
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void print_status();
void restart_cycle();
void enter_night_mode();
void turn_off_relay();
void low_voltage_disconnect();

#define absorption_volt145 // target control voltage +14.5V
for absorption charging stage
#define float_volt 138 // target control voltage +13.8V for
float charging stage

float current_volt;
float error=0;
int PB=20; // test with 20% proportional band
short f5=0;
short f6=0;

int record=0;
int x;
short f2=0;
short f3=0;
float pTerm, Kp;

short status_key1=0;
short scan_key_flag=0;

void get_command()
{
if (UART1_Data_Ready()) command= UART1_Read();
else command=0;
}

void send_prompt()
{
UART1_Write_Text("\r\n>");
}

void enter_command()
{
if (command==0x0d)
{UART1_Write_Text("\r\nSOLAR CHARGE CONTROLLER V2.0");
send_prompt();
}
}

void command_n()
{
if (command== 't')
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ควรนำ UART1_Write_Text(buffer); มาใช้ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

send_prompt();
}

}

void print_menu()
{
if (command=='?')
{
UART1_Write_Text(menu);
send_prompt();
}
}

short f0=0;
// charging cycle begins with PV >12.0V

void bulk_start()
{
if (f0==0)
{
g=light_sensor*conversion_batt;
y=g*1;

if (y>100) // SUN shine >+10.0V test at 1.0V
{
f0=1;
PWM1_Start();
charging_stage=1; // change mode to bulk charging
j=100;
duty_cycle=j;
j= (j*255)/100; // convert to 0-255 for 0-100%
PWM1_Set_Duty(j);
bulk_LED=0;
}
}
}

int one_hour=0;
short f1=0;

void absorption_start()
{
if (charging_stage==1)
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่สามารถใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุขัดแย้งและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(y>absorption_volt) // if Vbatt>=14.5V then enter absorption
{
charging_stage=2; // absorption mode
bulk_LED=1; // turn yellow LED off
// j=10; // reduce PWM to 10%
//duty_cycle=j;
//j= (j*255)/100; // convert to 0-255 for 0-100%
//PWM1_Set_Duty(j);
one_hour=0; // reset one hour timer
f1=1; // one_hour enable flag
}
}

intone_minute=0;

// enter interrupt every two seconds
void interrupt()
{
if(PIR1.TMR1IF)
{
PIR1.TMR1IF=0; // must be cleared by software
//PORTB.B0 = 0;
tick_LED = 0;
delay_ms(100);
tick_LED = 1;
//PORTB.B0 = 1;
k++;

if(charging_stage==2)
{
bulk_LED=0;
delay_ms(300);
bulk_LED=1;
}

if(f1==1)
{one_hour++; // enable one hour timer 3600/2 = one hour
if(one_hour>=1800) // hold for one hour
{
f1=0;
charging_stage=3;
float_LED=0;
}
}

Vbatt=ADC_Read(0);
light_sensor=ADC_Read(1);
temp_sensor=ADC_Read(2);

batt_volt_meter();
proportional_control_absorption();
proportional_control_float();
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 if (f5) ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(++one_minute>=5) // try with every 10seconds
//one_minute*tick=60 seconds
{
one_minute=0;
f6=1;

}

if(charging_stage==3) restart_cycle();

enter_night_mode();
turn_off_relay();
low_voltage_disconnect();

scan_key_flag=1; // used for reading key every 2 seconds
}
}

```

```

intLVD_timer=0;
shortfail_flag=0;

voidlow_voltage_disconnect()
{
// test battery voltage only when load is connected
if(charging_stage==0 &&fail_flag==0)
{
t = Vbatt*conversion_batt;
x=t*1+7; // plus 0.7V forward voltage

if(x<115) // disconnect load if battery voltage <+11.5V
{
if(++LVD_timer>90) // 3mins less than 11.5V then disconnect
the load
{
LVD_timer=0;
relay=0; // disconnect load

fail_flag=1;

}
}
}
}

```

```

intrestart_timer=0;

```

```

voidrestart_cycle()
{

```

```

t = Vbatt*conversion_batt;

```

```

x=t*1+7; // plus 0.7V forward voltage

```

```

if(x<132) // if Vbatt<+13.2V for 10mins, restart charging
cycle

```

เอกสาร (สอ. 132) ที่ส่ง // ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(++restart_timer> 300) // within 10minute restart charging
cycle
{
restart_timer=0;
charging_stage=1;
f3=0;
}
}

```

```

intnight_timer=0;
shortnight_flag=0;
shortmorning_flag=0;

```

```

voidenter_night_mode()

```

```

{
if(night_flag==0)
{
g=light_sensor*conversion_batt;
y=g*1;

if(y<80) // if PV < +8.0V for 5mins enter night mode
{
if(++night_timer>150) // enter nigh mode after 10mins test 20
ticks
{
night_timer=0;
charging_stage=0;
PWM1_Stop();
bulk_LED=1;
float_LED=1;
relay=1; // turn relay on

night_flag=1;
morning_flag=1;
}
}
}
}
}

```

```

voidturn_off_relay()

```

```

{
if(morning_flag)
{
g=light_sensor*conversion_batt;
y=g*1;

if(y>100) // if PV > +10.0V for 10mins start morning
{
if(++night_timer>90) // turn light off within 3mins
night_timer=0;
charging_stage=1;
}
}
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่สามารถนำข้อมูลนี้ไปทำซ้ำหรือดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

bulk_LED=1;
float_LED=1;
relay=0; // turn relay off

night_flag=0;
morning_flag=0;
    f0=0; // clear bulk flag
    }
    }
    }

```

```

}

```

```

void print_analog()
{

```

```

if(command== ' ')
{
    g = Vbatt*conversion_batt;
    y=g*1+7; // plus 0.7V forward voltage
    sprintf(buffer, "\r\nVbatt=+%d.%dV", y/10, y%10);
    UART1_Write_Text(buffer);
    g=light_sensor*conversion_batt;
    y=g*1;
    sprintf(buffer, "\r\nPV=+%d.%dV", y/10, y%10);
    UART1_Write_Text(buffer);

    g= temp_sensor*conversion_temp;
    y=g*1;
    sprintf(buffer, "\r\nTemperature=%dC", y);
    UART1_Write_Text(buffer);
    sprintf(buffer, "\r\nPWM=%d%", duty_cycle);
    UART1_Write_Text(buffer);

    if(charging_stage==0)UART1_Write_Text("\r\nNight mode");
    if(charging_stage==1)UART1_Write_Text("\r\nBulk");
    if(charging_stage==2)UART1_Write_Text("\r\nAbsorption");
    if(charging_stage==3)UART1_Write_Text("\r\nFloat");

    sprintf(buffer, "\r\nOne hour absorption timer(1800
    ticks)=%d", one_hour);
    UART1_Write_Text(buffer);

    send_prompt();
}
}

```

```

// proportional control for absorption charging stage one hour

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ผูกมัดใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void proportional_control_absorption()

```

```

if(charging_stage==2)
{
    g = Vbatt*conversion_batt;
    y=g*1+7; // plus 0.7V forward voltage
    current_volt=y;
    error = (absorption_volt+10)-current_volt; // add offset +1.0V
    Kp=100/PB;
    pTerm=Kp*error;
    f2=1;
}
}

```

```

// proportional control for float charging stage one hour at
+13.5V

```

```

voidproportional_control_float()
{
if(charging_stage==3)
{
    g = Vbatt*conversion_batt;
    y=g*1+7; // plus 0.7V forward voltage
    current_volt=y;
    error = (float_volt+10)-current_volt; // add offset +1.0V
    Kp=100/PB;
    pTerm=Kp*error;
    f3=1;
}
}

```

```

void read_key1()
{
if(scan_key_flag)
{
    scan_key_flag=0;
    //while(key1==0)continue; // used for testing the
watchdog timer
    //delay_ms(100);
if(key1==0)
{
    status_key1^=1;
if(status_key1==1 &&fail_flag==0) relay=1;
else relay=0;
}
}
}

```

```

// select night mode program

```

```

void read_key2()
{
while(key2==0)continue;
delay_ms(100);
if(key2==0)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }
}

void turn_relay_on()
{
    if(command== 'r')
    {
        PORTD.B7=1;
        status_key1=1;
    }
}

```

```

}

void turn_relay_off()
{
    if(command== 'o')
    {
        PORTD.B7=0;
        status_key1=0;
    }
}

```

```

char getchar()
{
    while(UART1_Data_Ready()==0)
        continue;
    return UART1_Read();
}

```

```

int getnum()
{
    char s[6];      /* five characters plus terminator */
    char c;
    int i;
    for (i = 0; (c =getchar()) != 13; i++)
    {
        UART1_Write(c);
        s[i] = c;
    }
    s[i] = '\0';
    return (atoi(s));
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม ห้ามนำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นใดโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

//duty cycle set

```

```

voidPWM_set()
{
if(command=='d')
{
UART1_Write_Text("enter 0-100% duty cycle>");
//PWM1_Init(500);
//PWM1_Stop();
j=getnum();
duty_cycle=j; // for status display
j= (j*255)/100; // convert to 0-255 for 0-100%
PWM1_Set_Duty(j);
//PWM1_Start();
//sprintf(buffer,"%d",getnum());
//UART1_Write_Text(buffer);

send_prompt();
}
}

// X      Y
// 145      5
//135      4
//125      3
//115      2
//105      1
// Y = 0.1X - 9.5

voidbatt_volt_meter()
{
t = Vbatt*conversion_batt;
t+=7; // pluse forward diode voltage 0.7V
t = t/10 - 9.5;
x = t*1;

if(x>=2) fail_flag=0; // reset fail flag to enable LVD again

if (x<1)
{
LED1=1;
LED2=1;
LED3=1;
LED4=1;
LED5=1;
}

if (x== 1)
{
LED1=0;
LED2=1;
LED3=1;
LED4=1;
LED5=1;
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 if(x==2)
 ไม่วางกฏใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    LED1=0;
    LED2=0;
    LED3=1;
    LED4=1;
    LED5=1;
}
if (x==3)
{
    LED1=0;
    LED2=0;
    LED3=0;
    LED4=1;
    LED5=1;
}
if (x==4)
{
    LED1=0;
    LED2=0;
    LED3=0;
    LED4=0;
    LED5=1;
}
if (x>=5)
{
    LED1=0;
    LED2=0;
    LED3=0;
    LED4=0;
    LED5=0;
}

// x=t*1+7; // plus 0.7V forward voltage
/*
if (x<100)
{
    LED1=1;
    LED2=1;
    LED3=1;
    LED4=1;
    LED5=1;
}

if (x>= 100 && x <=105)
{
    LED1=0;
    LED2=1;
    LED3=1;
    LED4=1;
    LED5=1;
}

if(x>110 && x <=115)
{
    LED1=0;
    LED2=0;
    LED3=1;

```

เอกสารนี้เป็นสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าการอื่นใดอีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        LED4=1;
        LED5=1;
    }
    if (x>120 && x <=125)
    {
        LED1=0;
        LED2=0;
        LED3=0;
        LED4=1;
        LED5=1;
    }
    if (x>130 && x <=135)
    {
        LED1=0;
        LED2=0;
        LED3=0;
        LED4=0;
        LED5=1;
    }
    if (x>140 && x <=145)
    {
        LED1=0;
        LED2=0;
        LED3=0;
        LED4=0;
        LED5=0;
    }
    if (x>145)
    {
        LED1=0;
        LED2=0;
        LED3=0;
        LED4=0;
        LED5=0;
    }
    */
}

```

```

void set_PWM_absorption()
{
    if (f2)
    {
        f2=0;
        y=error;
        //sprinti(buffer, "\r\nerror=%d", y);
        //UART1_Write_Text(buffer);
        y=pTerm; // PI control
        //sprinti(buffer, " pTerm=%d", y);
        //UART1_Write_Text(buffer);

        j=pTerm;
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 if (j<0) j=0; if (j>100) j=100;
 ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(j>=0 && j <=100)
{
duty_cycle=j; // for status display
j= (j*255)/100; // convert to 0-255 for 0-100%
PWM1_Set_Duty(j);
}

//sprinti(buffer, " PWM=%d%%", duty_cycle);
//UART1_Write_Text(buffer);
}
}

```

```

voidset_PWM_float()
{
if(f3)
{
f3=0;
y=error;
//sprinti(buffer, "\r\nerror=%d", y);
//UART1_Write_Text(buffer);
y=pTerm;
//sprinti(buffer, " pTerm=%d", y);
//UART1_Write_Text(buffer);

j=pTerm;

if(j<0) j=0;
if(j>100) j=100;

if(j>=0 && j <=100)
{
duty_cycle=j; // for status display
j= (j*255)/100; // convert to 0-255 for 0-100%
PWM1_Set_Duty(j);
}

//sprinti(buffer, " PWM=%d%%", duty_cycle);
// UART1_Write_Text(buffer);
}
}

```

```

voidproportional_command()
{
if(command=='p')
{
UART1_Write_Text("\r\nEnter proportional band (2-100)
>");
PB = getnum();
send_prompt();
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามแก้ไขเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

voidprint_status_start()
{

```

```

if(command== '.')
{
    f5=1;
    UART1_Write_Text("Enable capture text");
}
}

void print_status_stop()
{
if(command=='-')
{
    f5=0;
    UART1_Write_Text("\r\nStop print status");
send_prompt();
}
}

// print status to terminal every one minute
// Vbatt, PV, temperature, PWM, PB, charging stage
void print_status()
{
if(f6)
{
    f6=0;

    g = Vbatt*conversion_batt;
    y=g*1+7; // plus 0.7V forward voltage
    sprintf(buffer, "\r\n%d, +%d.%d", ++record, y/10, y%10);
    UART1_Write_Text(buffer);
    g=light_sensor*conversion_batt;
    y=g*1;
    sprintf(buffer, ", +%d.%d", y/10, y%10);
    UART1_Write_Text(buffer);

    g= temp_sensor*conversion_temp;
    y=g*1;
    sprintf(buffer, ", %d", y);
    UART1_Write_Text(buffer);

    sprintf(buffer, ", %d, %d", duty_cycle, PB);
    UART1_Write_Text(buffer);

    sprintf(buffer, ", %d", charging_stage);
    UART1_Write_Text(buffer);
}
}

```

```

void main()
{
delay_ms(100); // power up delay
//ADCON1 = 0x0F; // configure RA2 pin as analog
TRISA = 0xFF; // PORTA is input
//CMCON |= 7; // Disable comparators
TRISB = 0x00; // set direction to be output

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูงานในวงแคบเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

TRISC = 0x03;          // set direction to be output
PORTC = 0xff;
TRISD = 0x00;          // set direction to be output
TRISE = 0x07;          // set direction
PORTE = 0x40;          // enable internal pull up

PORTB= 0x00;
PORTD = 0x0f;
ANCON0=0xF0;
ANCON1=0x1F;          // set PORTC to digital I/O

UART1_Init(9600);      // Initialize UART1 module
at 9600 bps
Delay_ms(100);         // Wait for UART 1module to
stabilize
T1CON = 0x8F; // overflow every 2 seconds

TMR1H=0;
TMR1L=0;

UART1_Write_Text("\r\nSOLAR CHARGE CONTROLLER V2.0");
PIR1.TMR1IF = 1;      // clear TMR1IF
PIE1.TMR1IE = 1;     // enable timer1 overflow interrupt
INTCON = 0xC0; // global enable and timer1

Unlock_IOLOCK();
PPS_Mapping(13, _OUTPUT, CCP1_P1A);
Lock_IOLOCK();

PWM1_Init(500); // init PWM 500Hz
PWM1_Start();

//bulk_LED=0;
//float_LED=0;

while(1)
{
get_command();
enter_command();
command_n();
print_analog();
turn_relay_on();
turn_relay_off();
print_menu();
PWM_set();

bulk_start();
absorption_start();
set_PWM_absorption();
set_PWM_float();
proportional_command();
print_status_start();
print_status_stop();
print_status();
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการอื่นได้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    read_key1();
    read_key2();
asm CLRWDT ; // clear WDT    normal loop running

}

}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้