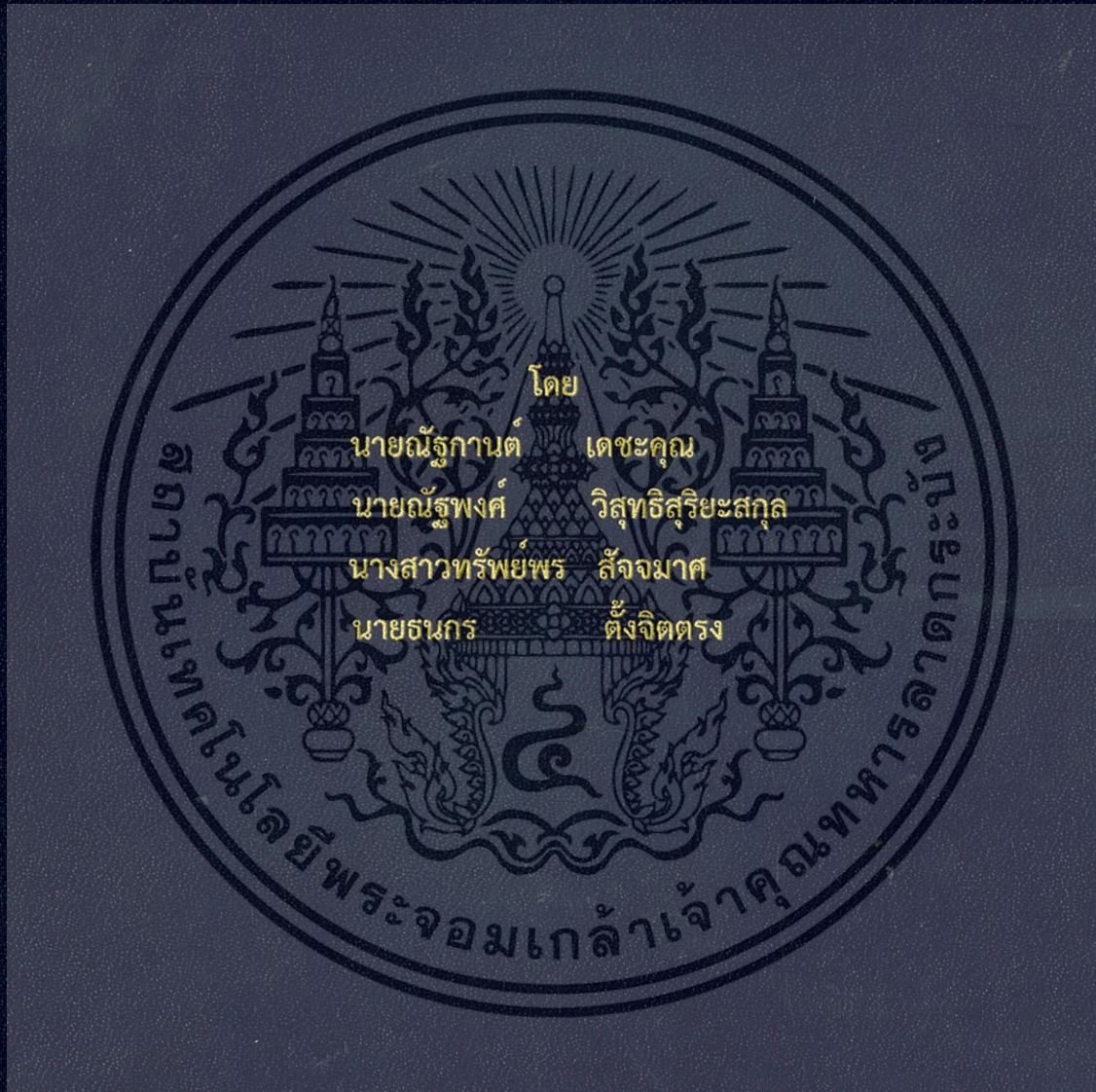


การศึกษาชุดสะสมพลังงานจากพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับไฟถนน

Energy Storage from Solar cell for Street light



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาชุดสะสมพลังงานจากพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับไฟถนน

Energy Storage from Solar cell for Street light



T138458



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 138458
วัน,เดือน,ปี..... 8 ต.ค. 2558

512713363

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Energy Storage from Solar cell for Street light



NATTAKARN DACHAKOON
NUTTAPONG VISUTTISURIYASAKOOL
SUPPORN SATJAMAS
THANAKORN TUNGJITRONG

THIS PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE BACHELOR DEGREE IN ELECTRICAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2557

การศึกษาชุดสะสมพลังงานจากพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับไฟถนน

Energy Storage from Solar cell for Street light



อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.อรรถพล

เง่าพิทักษ์กุล

ผศ.ดร.ชัยยันต์

เจตนาเสน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2557

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาชุดสะสมพลังงานจากพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับไฟถนน

ผู้จัดทำ

1. นายณัฐกานต์ เดชะคุณ
2. นายณัฐพงษ์ วิสุทธิสุริยะสกุล
3. นางสาวทรัพย์พร สัจจมาศ
4. นายธนกร ตั้งจิตตรง

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.อรรถพล เเงาพิทักษ์กุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยยันต์ เจตนาเสน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดสะสมพลังงานจากพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับไฟถนน

นายณัฐกานต์ เดชะคุณ
นายณัฐพงศ์ วิสุทธิสุริยะสกุล
นางสาวทรัพย์พร สังจมาศ
นายธนกร ตั้งจิตตรง
รศ.ดร.อรรณพ เง้าพิทักษ์กุล อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ.ดร.ชัยยันต์ เจตนาเสน อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2557

บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอการสร้างเครื่องประจุแบตเตอรี่สำหรับระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ประจุลงในแบตเตอรี่ประเภทตะกั่ว-กรด ขนาด 12V, 60Ah/20hr. จำนวน 1 ก้อน โดยใช้เทคนิคการประจุแบบ 3 สถานะ คือ สถานะแรกการประจุแบบกระแสไฟฟ้าคงที่ (Constant Current , CC) เป็นการประจุแบตเตอรี่ด้วยความรวดเร็ว โดยใช้ระดับกระแสที่สูง สถานะที่สองการประจุแบบแรงดันไฟฟ้าคงที่ (Constant Voltage charge , CV) เป็นสถานะที่ประจุแบตเตอรี่จนถึงความจุ 95% เพื่อช่วยยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ และสถานะสุดท้ายการประจุด้วยแรงดันไฟฟ้าปกติ (Floating Voltage charge , FV) ในสถานะนี้เป็นการป้องกันการคายประจุของตัวแบตเตอรี่ (Self-discharge) ทั้งนี้ยังได้มีการเปรียบเทียบเครื่องประจุแบตเตอรี่ที่ได้ออกแบบไว้กับเครื่องประจุแบตเตอรี่เชิงพาณิชย์ ในด้านประสิทธิภาพการทำงานและด้านเศรษฐศาสตร์ เพื่อปรับปรุงแบตเตอรี่ที่ออกแบบไว้ต่อไป

Energy Storage from Solar cell for Street light

MR. NATTAKARN

DACHAKOON

MR. NUTTAPONG

VISUTTISURIYASAKOOL

MISS SUPPORN

SATJAMAS

MR. THANAKORN

TUNGJITRONG

Assoc.Prof.Dr. ATTHAPOL NGAOPITAKKUL Supervisor

Asst.Prof.Dr. CHAIYAN JETTANASEN Supervisor

Year 2014

ABSTRACT

This project presents the design of solar charger for charging the lead-acid battery of 12V, 60Ah/20hr. by using 3 charging states : first state is constant current charging by using high current , second state is constant voltage by charging the battery until the capacity is 95% in order to save the battery life cycle and the last state is floating voltage charging, that is used to protect self-discharge of the battery. Moreover, efficiency and economic factor are compared between the designed and the commercial one to develop our charger in the future.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่องชุดสะสมพลังงานจากพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับไฟถนน ประสบความสำเร็จได้ด้วยดีนั้นเกิดจากการทำงานด้วยความมุ่งมั่นและอาศัยความร่วมมือกันของกลุ่มเป็นอย่างดีและได้รับการสนับสนุนจากบุคคลหลายท่านที่คอยให้คำปรึกษาและให้ความรู้เกี่ยวกับการวิจัยเรื่องดังกล่าว ทางผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณในความอนุเคราะห์ดังกล่าว ดังมีรายนามต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อรรถพล เเงาพิทักษ์กุล และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยยันต์ เจตนาเสน ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ และติดตามดูแลเอาใจใส่อย่างดี ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ในการทำโครงการวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณ คุณนครศักดิ์ แสงศรี ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการให้ยืมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงการ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุก ๆ ฝ่ายที่เกี่ยวข้องในการทำโครงการวิจัยนี้

ท้ายที่สุดนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดาที่ได้อุปการะเลี้ยงดู อบรมสั่งสอน ตลอดจนส่งเสริมทางการศึกษา จนสามารถสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีในครั้งนี้

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VII
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	5
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	6
1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงการ	6
1.5 แผนการดำเนินโครงการ	7
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	8
1.7 การจัดโครงสร้างของเนื้อหาภายในปฏิญานิพนธ์	8
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีเซลล์แสงอาทิตย์	10
2.1.1 หลักการทำงานโดยทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์	10
2.1.2 สมรรถนะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	10
2.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อเซลล์แสงอาทิตย์	12
2.2 วงจรทอนระดับแรงดัน (Buck Converter)	13
2.2.1 หลักการทำงานของวงจรทอนระดับแรงดัน	14
2.2.2 การหาค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจรทอนระดับแรงดัน	16
2.2.3 การหาค่าความเหนี่ยวนำที่เล็กที่สุดของวงจรทอนระดับแรงดัน	16
2.3 แบตเตอรี่	19
2.3.1 ชนิดของแบตเตอรี่	19

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.2 ขนาดแรงดันของเซลล์แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด	20
2.3.3 ค่าความลึกของการคายประจุแบตเตอรี่ (Depth of Discharge: DOD)	20
2.3.4 เทคนิคการประจุแบตเตอรี่	20
บทที่ 3 การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ	
3.1 ส่วนประกอบหลักของชุดวงจรเครื่องประจุแบตเตอรี่	23
3.2 วิธีออกแบบและการคำนวณวงจรทอนระดับแรงดัน	28
3.2.1 ส่วนประกอบของวงจรทอนระดับแรงดัน	28
3.2.2 การหาค่าตัวเหนี่ยวนำ (Inductance)	29
3.2.3 การหาค่าตัวเก็บประจุ (Capacitance)	29
3.3 การประมวลผลของส่วนโปรแกรมควบคุม	30
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	
4.1 การจำลองเซลล์แสงอาทิตย์	33
4.1.1 คุณสมบัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	33
4.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและอุณหภูมิกับเวลา	34
4.2 ผลการทดลองการประจุแบตเตอรี่	35
4.2.1 การทดสอบการประจุแบตเตอรี่ในสถานะกระแสคงที่	35
4.2.2 การทดสอบการประจุแบตเตอรี่ในสถานะแรงดันคงที่	40
4.2.3 การทดสอบการประจุแบตเตอรี่ในสถานะแรงดันปกติ	44
4.3 ผลการทดลองคุณลักษณะการประจุแบตเตอรี่ของเครื่องประจุแบตเตอรี่	48
4.4 ผลการเปรียบเทียบระหว่างเครื่องประจุแบตเตอรี่ที่ได้ออกแบบไว้กับเครื่องประจุแบตเตอรี่เชิงพาณิชย์	50
4.4.1 เครื่องประจุแบตเตอรี่ที่ได้ออกแบบไว้	52
4.4.2 เครื่องประจุแบตเตอรี่เชิงพาณิชย์	53
4.5 เปรียบเทียบราคาเครื่องประจุแบตเตอรี่ที่ออกแบบไว้กับเครื่องประจุแบตเตอรี่เชิงพาณิชย์	56

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 บทสรุป ปัญหาที่พบ และแนวทางการพัฒนา	
5.1 บทสรุป	58
5.2 ปัญหาที่พบและวิธีการแก้ไข	59
5.3 แนวทางในการพัฒนา	59
เอกสารอ้างอิง	60
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ตารางบันทึกผลการทดลองประจุแบตเตอรี่	60
ภาคผนวก ข การประจุแบตเตอรี่ โดยสถานะกระแสคงที่ที่ 10 A.	70
ภาคผนวก ค การประจุแบตเตอรี่ สถานะกระแสคงที่ที่ 6 A. โดยใช้ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดกำลังไฟฟ้าสูงสุด 245 W.	72
ภาคผนวก ง คู่มือเครื่องจำลองเซลล์แสงอาทิตย์	75
ภาคผนวก จ บทความทางวิชาการ	81
ประวัติผู้เขียน	86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 Block Diagram ของเครื่องประจุแบตเตอรี่	5
2.1 การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์	10
2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์	11
2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่ความเข้มแสงต่างๆ	12
2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่างๆ	13
2.5 วงจรทอนระดับแรงดัน	14
2.6 วงจรสมมูลเมื่อสวิตช์นำกระแส	15
2.7 วงจรสมมูลเมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส	15
2.8(ก) แรงดันที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ	18
2.8(ข) กระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ	18
2.8(ค) กระแสที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุ	18
2.9 แสดงขั้นตอนการอัดประจุแบตเตอรี่	21
3.1 แผนภาพบล็อกไดแกรมของเครื่องประจุแบตเตอรี่	23
3.2 ชุดวงจรเครื่องประจุแบตเตอรี่จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์	24
3.3 ชุดวงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า	25
3.4 ชุดขับมอเตอร์	26
3.5 ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์	27
3.6 วงจรทอนระดับแรงดัน	28
3.7 ไดอะแกรม (Flowchart) แสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องประจุแบตเตอรี่	30
3.8 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในการประจุแบตเตอรี่	31
4.1(ก) แผนภาพเส้นเดียว (One-line Diagram) ของการติดตั้งชุดการทดลอง	32
4.1(ข) การติดตั้งชุดการทดลองโดยรวม	32

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.2 กราฟคุณสมบัติทางไฟฟ้า (I-V curve) ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดกำลัง 270วัตต์	34
4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและอุณหภูมิกับเวลา	34
4.4(ก) สัญญาณกระแสและดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) เมื่อกรณ์ความเข้มแสง 600 วัตต์ต่อตารางเมตร (สถานะกระแสคงที่)	35
4.4(ข) สัญญาณกระแสและดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) เมื่อกรณ์ความเข้มแสง 800 วัตต์ต่อตารางเมตร (สถานะกระแสคงที่)	36
4.4(ค) สัญญาณกระแสและดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) เมื่อกรณ์ความเข้มแสง 1000 วัตต์ต่อตารางเมตร (สถานะกระแสคงที่)	36
4.5(ก) สัญญาณกระแสและดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) เมื่อกรณ์อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (สถานะกระแสคงที่)	38
4.5(ข) สัญญาณกระแสและดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) เมื่อกรณ์อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (สถานะกระแสคงที่)	38
4.5(ค) สัญญาณกระแสและดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) เมื่อกรณ์อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (สถานะกระแสคงที่)	39
4.6(ก) สัญญาณกระแสและดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) เมื่อกรณ์ความเข้มแสง 600 วัตต์ต่อตารางเมตร (สถานะแรงดันคงที่)	40
4.6(ข) สัญญาณกระแสและดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) เมื่อกรณ์ความเข้มแสง 700 วัตต์ต่อตารางเมตร (สถานะแรงดันคงที่)	41
4.6(ค) สัญญาณกระแสและดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) เมื่อกรณ์ความเข้มแสง 1000 วัตต์ต่อตารางเมตร (สถานะแรงดันคงที่)	41
4.7(ก) สัญญาณกระแสและดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) เมื่อกรณ์อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (สถานะแรงดันคงที่)	42
4.7(ข) สัญญาณกระแสและดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) เมื่อกรณ์อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (สถานะแรงดันคงที่)	43

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.7(ค) สัญญาณกระแสและดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) เมื่อกรณีอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (สถานะแรงดันคงที่)	43
4.8(ก) สัญญาณกระแสและดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) เมื่อกรณีความเข้มแสง 600 วัตต์ ต่อตารางเมตร (สถานะแรงดันปกติ)	44
4.8(ข) สัญญาณกระแสและดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) เมื่อกรณีความเข้มแสง 800 วัตต์ ต่อตารางเมตร (สถานะแรงดันปกติ)	45
4.8(ค) สัญญาณกระแสและดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) เมื่อกรณีความเข้มแสง 1000 วัตต์ ต่อตารางเมตร (สถานะแรงดันปกติ)	45
4.9(ก) สัญญาณกระแสและดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) เมื่อกรณีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (สถานะแรงดันปกติ)	46
4.9(ข) สัญญาณกระแสและดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) เมื่อกรณีอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (สถานะแรงดันปกติ)	47
4.9(ค) สัญญาณกระแสและดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) เมื่อกรณีอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (สถานะแรงดันปกติ)	47
4.10(ก) ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าขณะทำการประจุแบตเตอรี่กับเวลา โดยคงที่กระแสไฟฟ้าที่ประจุ 8 แอมป์	48
4.10(ข) ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าขณะทำการประจุแบตเตอรี่กับเวลา โดยคงที่กระแสไฟฟ้าที่ประจุ 8 แอมป์	49
4.11 กราฟคุณสมบัติทางไฟฟ้า (I-V curve) ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดกำลัง 63 วัตต์	50
4.12(ก) ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าขณะทำการประจุแบตเตอรี่กับเวลา โดยคงที่กระแสไฟฟ้าที่ประจุ 1 แอมป์	52
4.12(ข) ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าขณะทำการประจุแบตเตอรี่กับเวลา โดยคงที่กระแสไฟฟ้าที่ประจุ 1 แอมป์	52

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า	
4.13	เครื่องประจุแบตเตอรี่เชิงพาณิชย์	53
4.14(ก)	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าขณะทำการประจุแบตเตอรี่กับเวลาของเครื่องประจุแบตเตอรี่เชิงพาณิชย์	52
4.14(ข)	ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าขณะทำการประจุแบตเตอรี่กับเวลาของเครื่องประจุแบตเตอรี่เชิงพาณิชย์	52
ข-1	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าขณะทำการประจุแบตเตอรี่กับเวลาโดยคงที่กระแสไฟฟ้าที่ประจุ 10 แอมป์	71
ข-2	ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าขณะทำการประจุแบตเตอรี่กับเวลาโดยคงที่กระแสไฟฟ้าที่ประจุ 10 แอมป์	71
ค-1	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าขณะทำการประจุแบตเตอรี่กับเวลาโดยคงที่กระแสไฟฟ้าที่ประจุ 6 แอมป์	73
ค-2	ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าขณะทำการประจุแบตเตอรี่กับเวลาโดยคงที่กระแสไฟฟ้าที่ประจุ 6 แอมป์	74

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงาน	7
4.1 ราคาวัสดุอุปกรณ์ของเครื่องประจุแบตเตอรี่ที่ออกแบบไว้	56
ก-1 คุณลักษณะการประจุแบบ 3 สถานะ ลงแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด แบบรอบลึก (Deep Cycle) 12 V. 60Ah/20Hr จำนวน 1 ก้อน	66



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พลังงานเป็นสิ่งจำเป็นในสังคมเพื่อให้แน่ใจถึงคุณภาพชีวิตของประชาชนและเพื่อส่งเสริมองค์ประกอบอื่น ๆ ทั้งหมดของเศรษฐกิจ เทคโนโลยีพลังงานทดแทนเป็นพลังงานสะอาดและเป็นพลังงานที่มีอยู่เหลือเฟือซึ่งรวบรวมมาจากแหล่งพลังงานที่สร้างขึ้นใหม่ได้ด้วยตัวเอง เช่น แสงแดด ลม ดินและพืช แทบทุกภูมิภาคของประเทศไทยและทั่วโลกมีแหล่งพลังงานทดแทนหนึ่งประเภทหรือมากกว่านั้น ในปัจจุบันนี้พลังงานทดแทนคิดเป็น 18.2% [1] ของพลังงานที่ใช้ภายในประเทศไทย ส่วนใหญ่ได้มาจากพลังงานแสงอาทิตย์และเชื้อเพลิงชีวภาพ จะสังเกตเห็นว่าประเทศไทยมีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นส่วนมาก เนื่องจากสภาพภูมิประเทศที่ตั้งอยู่ในเขตร้อน [2]

ความสนใจในการใช้พลังงานแสงอาทิตย์กำลังมีการเติบโตทั่วโลก วันนี้อ่ากว่า 3,500 เมกะวัตต์ของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับการติดตั้งทั่วโลก [3,4] ตั้งแต่ปีคริสต์ศักราช 1970 ราคาของเซลล์แสงอาทิตย์ได้ลดลงอย่างต่อเนื่อง [5] ราคาที่ลดลงนี้ส่งเสริมให้มีการประยุกต์ใช้งานในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กภายในที่อยู่อาศัยไปทั่วโลกโดยประโยชน์ของระบบพลังงานแสงอาทิตย์มีอาทิเช่น การรักษาระดับกราฟของโพลต์ในช่วงที่ใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุด ทำให้แรงดันไฟฟ้าและความน่าเชื่อถือของระบบไฟฟ้าดีขึ้นและลดการสูญเสียในระบบจำหน่าย นอกจากนี้ยังเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมอีกด้วย ระบบพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ยังไม่เป็นที่นิยมมากเท่าที่ควรเพราะไม่สามารถนำมาใช้งานให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดได้ ซึ่งมีสาเหตุมาจากเอาต์พุตและสถานที่ตั้งของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ นอกจากนี้ขนาดและสถานะการทำงานยังไม่แน่นอน ซึ่งทำให้ระบบมีความยุ่งยากซับซ้อนและไม่สะดวกเหมือนกับการใช้ระบบจำหน่ายทั่วไป [6,7]

ในปัจจุบันมีการพัฒนาและเริ่มมีการนำพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้อย่างแพร่หลายมากขึ้นทั้งในต่างประเทศรวมถึงภายในประเทศไทย ซึ่งสังเกตได้จากข่าวสารต่างๆ อาทิเช่น ในต่างประเทศได้ทำการคิดค้นอุปกรณ์พลังงานแสงอาทิตย์ (LuminAID) ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อให้แสงสว่างยามเกิดภัยพิบัติที่เฮติและปาเลสไตน์และสามารถให้พลังงานแสงสว่างแทนโคมไฟได้ถึง 10 ชั่วโมง นอกจากนี้ยังสามารถกักน้ำและลอยน้ำได้ [8] และยังมีพัฒนาในด้านประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยมีการคิดค้นสติกเกอร์ซึ่งนำไปใช้กับด้านหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้มากขึ้นในการผลิตกำลังไฟฟ้า โดยสติกเกอร์นี้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้ถึง 4-12.5% ถึงแม้สภาพอากาศจะมีเมฆมาก [9] และไม่ว่าจะเป็นข่าวในประเทศญี่ปุ่นหรือเมียนมาร์ใน

เรื่องของการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งในประเทศญี่ปุ่นได้มีการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในเมืองโตเกียว ซึ่งมีขนาดกำลังการผลิต 4.019 เมกะวัตต์ เป็นแบบไฟฟ้ากระแสตรง และตอนนี้ได้ก่อสร้างเสร็จสมบูรณ์แล้ว ซึ่งอยู่ในระหว่างการทดสอบการเดินเครื่องผลิตไฟฟ้า ส่วนโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศเมียนมาร์นั้นมีขนาดกำลังผลิตสูงสุดถึง 220 เมกะวัตต์ โดยจะสร้างที่เมืองมินบู รัฐแมคเกวย์ นครหลวงเนปิดอร์ สาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมาร์ โดยคาดการณ์ไว้ว่าจะเสร็จสมบูรณ์ภายใน 3 ปี [10,11]

ซึ่งภายในประเทศไทยได้มีการพัฒนาด้วยเช่นกัน เมื่อไม่นานมานี้ประเทศไทยได้มีการเสนอนโยบาย “โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งบนหลังคา (โซลาร์รูฟท็อป)” ซึ่งมีกำลังผลิตไม่เกิน 1 เมกะวัตต์ โดยจะมุ่งเน้นไปที่บ้านพักอาศัย ซึ่งมีกำลังการผลิตรวม 3.3 เมกะวัตต์ ส่วนใหญ่เป็นโซลาร์รูฟท็อปที่ทำการติดตั้งบนหลังคาที่พักอาศัย และมีกำลังการผลิตไม่เกิน 10 กิโลวัตต์ และบางส่วนเป็นกลุ่มที่ติดตั้งบนอาคารโรงงานอุตสาหกรรม และสามารถติดตั้งได้ทันทีถ้าหลังคาสามารถรองรับน้ำหนักของแผงได้ [12] และอีกหนึ่งการพัฒนาคือ “โครงการพลังงานทดแทน (พลังงานแสงอาทิตย์) โดยโครงการนี้มุ่งเน้นที่ระบบบำบัดน้ำเสีย เพราะมีปัญหาความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้พลังงานเชื้อเพลิงไม่เพียงพอ จึงมีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 185 วัตต์ จำนวน 12 แผง บนหลังคา และทำการทดสอบประสิทธิภาพหลังการติดตั้ง ผลที่ได้คือสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เพียงพอกับการเปิดระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าในพื้นที่ส่วนกลางได้ถึงร้อยละ 23.43 และยังช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อีกด้วย และหากติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เต็มหลังคาจะสามารถลดความร้อนผ่านกรอบอาคารได้สูงสุดประมาณ 4 องศาเซลเซียสและสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลา 21 ปี [13] เมื่อมองในภาพรวมจากข่าวสารเหล่านี้แล้วจะเห็นว่าเกือบทุกประเทศเริ่มมีการเคลื่อนไหวและเริ่มหันมาให้ความสำคัญในเรื่องของพลังงานทดแทนเหล่านี้โดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์ เพราะไม่มีการเสียค่าใช้จ่ายในเรื่องของเชื้อเพลิง และในเรื่องของราคาต้นทุนตอนนี้มีการลดลงจากในอดีตมาก เพราะมีความสนใจในการผลิตมากขึ้น เศรษฐกิจดีขึ้น และแต่ละประเทศยังมองถึงอนาคตอีกว่าความต้องการในการใช้กำลังไฟจะยังคงเพิ่มมากขึ้นซึ่งแต่ละประเทศจะต้องผลิตกำลังไฟให้เพียงพอต่อความต้องการในการใช้กำลังไฟอีกด้วย

โดยกระบวนการของเซลล์แสงอาทิตย์คือการผลิตไฟฟ้าจากแสงได้โดยตรงทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ [14] ประกอบกับการลงทุนด้านวัตถุดิบต่ำ ซึ่งในกระบวนการดังกล่าว เซลล์แสงอาทิตย์ไม่มีการจุกะเบิดและไม่มีการเผาไหม้ที่ทำให้เกิดมลพิษและมลภาวะร้ายแรงต่อมนุษย์ เพื่อสำรองพลังงานไฟฟ้าและจัดเก็บพลังงานที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไว้ใช้ จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์สำรองในการจัดเก็บพลังงานที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์

ได้แก่ แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด ตัวเก็บประจุยิ่งยวด (Supercapacitor) แบตเตอรี่ยิ่งยวด (Ultrabattery) และการเก็บสะสมพลังงานไว้ในรูปสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Superconducting Magnetic Energy Storage , SMES)

ตัวเก็บประจุยิ่งยวด (Supercapacitor) คือตัวเก็บประจุไฟฟ้าจำนวนหลาย ๆ ชั้นมา รวมกัน ซึ่งทำงานโดยไม่ใช้ปฏิกิริยาทางเคมี และเหมาะสำหรับงานที่ต้องใช้กระแสสูง การประจุที่เร็ว และชาร์จบ่อย ๆ ซึ่งตัวเก็บประจุไฟฟ้ายิ่งยวดจะมีความต้านทานเสมือนที่ต่ำเพียงประมาณ 0.7 มิลลิโห์ม ซึ่งทำให้การประจุหรือการคายประจุมีการสูญเสียทางความร้อนน้อย และสามารถทำงานได้ที่ อุณหภูมิห้อง [15] แต่ยังมีข้อเสียก็คือยังเป็นเทคโนโลยีที่ใหม่ ทำให้อุปกรณ์ยังมีราคาสูงและยังคงมี ปัญหาในการใช้งาน รวมถึงขนาดของตัวเก็บประจุยิ่งยวดยังมีความจุน้อยกว่าแบตเตอรี่อยู่ [16]

แบตเตอรี่ยิ่งยวด (Ultrabattery) เป็นอุปกรณ์การเก็บพลังงานแบบผสมผสาน เทคโนโลยีตัวเก็บประจุยิ่งยวดกับเทคโนโลยีแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรดในเซลล์เดียวกันโดยใช้สาร อิเล็กโทรไลต์ร่วมกัน โดยแบตเตอรี่ยิ่งยวดมีขั้วบวกขั้วเดียวและขั้วลบสองขั้ว โดยขั้วลบขั้วหนึ่งคือ คาร์บอนและอีกขั้วหนึ่งคือตะกั่ว การเพิ่มขึ้นของขั้วลบคาร์บอนทำให้แบตเตอรี่ยิ่งยวดมีลักษณะการ ทำงานที่แตกต่างกับแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดธรรมดา โดยสามารถทนผลกระทบจากซัลเฟตได้มากกว่า แบบธรรมดา ทำให้แบตเตอรี่มีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่ยังคงมีราคาสูงจึงไม่ได้รับความนิยมมากนัก [17]

การเก็บสะสมพลังงานไว้ในรูปสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Superconducting Magnetic Energy Storage , SMES) เป็นระบบที่ไม่มีความสูญเสียเนื่องจากความต้านทานในคอยล์แม่เหล็ก ตัวนำยิ่งยวด ข้อดีของวิธีการนี้คือมีความน่าเชื่อถือ แต่มีข้อเสียคือ ราคาสูง ต้องการระบบทำความ เย็นเพื่อทำความเย็นและคงสภาพความนำให้กับคอยล์แม่เหล็กตัวนำยิ่งยวด และเหมาะกับการ นำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพไฟฟ้ามากกว่า [18]

และแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด ซึ่งเป็นแบตเตอรี่ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย มีราคาไม่ แพงเมื่อเทียบกับเทคโนโลยีสมัยใหม่ซึ่งมีราคาสูงมาก และด้วยเทคโนโลยีของแบตเตอรี่เองก็ได้รับการ พัฒนามามากจากเดิมเนื่องจากการใช้งานมาอย่างยาวนาน ดังนั้นผู้จัดทำจึงเลือกใช้แบตเตอรี่ตะกั่ว- กรด (Lead-acid Battery) มาจัดเก็บพลังงานที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ [19,20]

การเก็บสะสมพลังงานในรูปของแบตเตอรี่ไม่สามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพมาก นัก ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการพัฒนาของระบบพลังงานแสงอาทิตย์จึงมีวิธีการประจุแบตเตอรี่แบบต่าง ๆ เกิดขึ้น อาทิเช่น การประจุแบตเตอรี่แบบพัลส์ (Pulse Charging) [21] เป็นวิธีที่มีการขจัด สนามแม่เหล็กเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดแก๊สเป็นช่วงๆ ป้องกันการไหลย้อนกลับของกระแสไฟฟ้า และ ช่วยลดอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิแบตเตอรี่ อย่างไรก็ตามเวลาที่ใช้ในการอัดประจุจะมากขึ้น

เพราะไม่มีพลังงานส่งผ่านไปยังแบตเตอรี่เป็นช่วงๆ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าในระดับความเข้มแสงเดียวกัน วิธีการประจุแบตเตอรี่แบบพัลส์จะทำการอัดประจุได้ช้ากว่าแต่อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ก็จะมากกว่า [22]

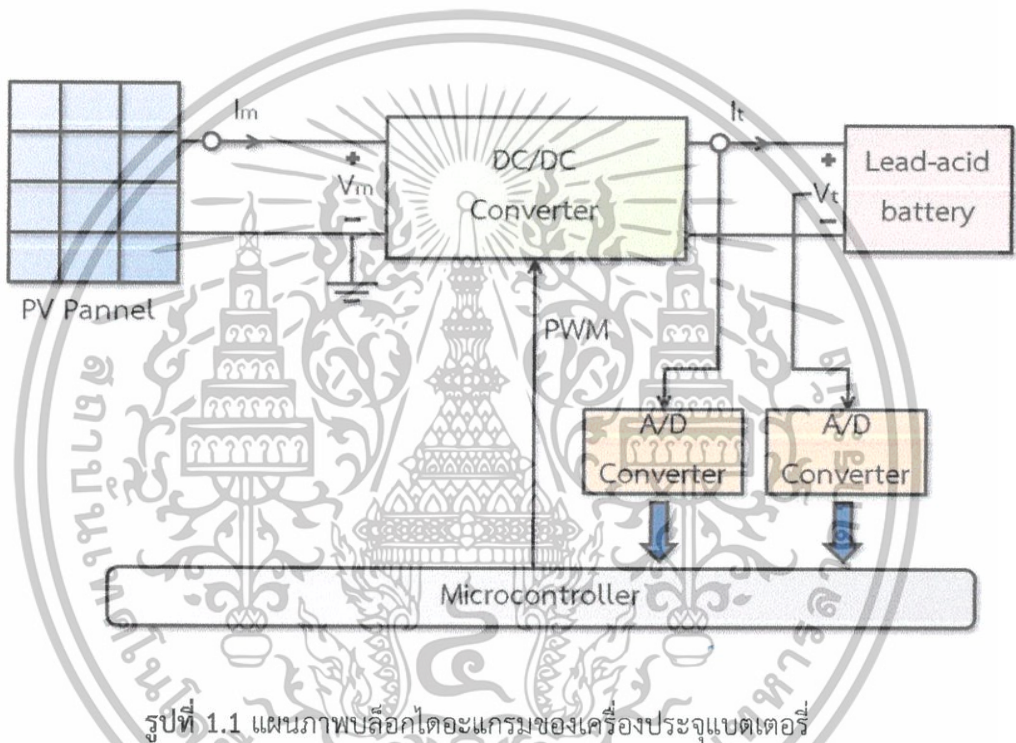
และการประจุแบตเตอรี่แบบที่ละน้อย (Trickle Charge) ซึ่งเป็นการอัดประจุด้วยกระแสไฟฟ้าคงที่ที่อัตรา $C/100$ ของความจุแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด ถ้าสมมติความจุของแบตเตอรี่เท่ากับ 120Ah กระแสไฟฟ้าในการอัดประจุก็จะเท่ากับ 1.2 A. โดยวิธีนี้เป็นวิธีการอัดประจุเพื่อชดเชยการคายประจุด้วยตัวเอง (self-discharge) หรือการอัดประจุใหม่หลังจากแบตเตอรี่ถูกใช้งานจนพลังงานเหลือน้อยมาก ๆ ซึ่งวิธีการประจุแบตเตอรี่แบบที่ละน้อยนั้นจะช่วยยืดอายุของแบตเตอรี่ได้ [23,24]

และการประจุแบตเตอรี่แบบกระแสคงที่ (Constant Current) จะใช้ระดับกระแสที่สูงในการประจุโดยไม่ทำให้แบตเตอรี่โอเวอร์ฮีต สำหรับแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดสามารถประจุได้ในระดับกระแสไม่เกิน $0.2C$ A. (C คือความจุของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด) [25] เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดกับตัวแบตเตอรี่ [26]

การประจุแบตเตอรี่ด้วยแรงดันไฟฟ้าคงที่ (Constant voltage charge , CV) จะเป็นการประจุด้วยแรงดันค่าหนึ่ง หลังจากการประจุแบบกระแสคงที่ เพื่อให้การประจวยังคงสามารถดำเนินต่อไปได้โดยไม่ต้องใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดใหญ่จนเกินไปในการประจุแบบกระแสคงที่เพียงอย่างเดียวเพราะเมื่อทำการประจุแบตเตอรี่ แรงดันของแบตเตอรี่ก็จะเพิ่มขึ้น และการที่จะประจุด้วยกระแสสูงในขณะที่ความจุเริ่มมากนั้นสามารถทำได้ยาก และเพื่อรักษาอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ไม่ให้มีการประจุที่รุนแรงเกินไป และไม่เป็นการไปเร่งปฏิกิริยาเคมีในตัวแบตเตอรี่จากความร้อนที่สะสมในขณะที่ประจุแบตเตอรี่ [27,28]

เพื่อที่จะให้เกิดการใช้ประโยชน์สูงสุดจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ การควบคุมการประจุแบบ 3 สถานะ คือ การประจุแบบกระแสคงที่ (Constant Current , CC) ซึ่งเป็นการอัดประจุโดยใช้กระแสไม่เกิน $0.2C$ การประจุด้วยแรงดันไฟฟ้าคงที่ (Constant voltage charge , CV) เป็นการประจุเมื่อแบตเตอรี่มีความจุเข้าใกล้ 70-90% ของความจุสูงสุดและ การประจุด้วยแรงดันไฟฟ้าปกติ (Floating voltage charge , VF) เป็นสถานะที่แบตเตอรี่มีความจุเข้าใกล้ความจุสูงสุด ซึ่งเป็นอีกระบบหนึ่งที่มีความน่าสนใจ [29,30]

ดังนั้นกลุ่มของผู้วิจัยมีแบบแผนและแนวคิดในการสร้างเครื่องประจุแบตเตอรี่โดยใช้ วงจรทอนระดับแรงดัน (Buck Converter) เพื่อเป็นการทอนระดับแรงดันให้สามารถประจุแบตเตอรี่ ที่ 12 โวลต์ ได้ และใช้เทคนิคการประจุแบบ 3 สถานะ (Three State Charge) ซึ่งเป็นเทคนิคการ ประจุที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการนำไปใช้กับระบบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยจะทำให้วงจร สามารถรองรับการประจุที่กระแสสูงได้ และรองรับแรงดันขาเข้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในช่วงที่ กว้างเพื่อการประจุแบตเตอรี่ และสามารถยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ได้ด้วย



1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 สร้างเครื่องประจุแบตเตอรี่โดยอาศัยเทคนิคการประจุแบบ 3 สถานะ (Three State Charge) และทำให้มีประสิทธิภาพในการประจุสูงขึ้น

1.2.2 สามารถประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการทำงานของ เครื่องต้นแบบเครื่องประจุแบตเตอรี่

1.2.3 สามารถนำเครื่องต้นแบบเครื่องประจุแบตเตอรี่ไปประยุกต์ใช้กับระบบไฟฟ้า 1 เฟสที่ใช้กับไฟถนน เพื่อที่จะลดค่าไฟฟ้าและใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องประจุแบตเตอรี่สำหรับระบบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้กับไฟถนน โดยใช้เครื่องจำลองพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ แบบ Poly-crystalline silicon ขนาด 270 W จำนวน 1 แผง โดยใช้วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรง คือ วงจรทอนระดับแรงดัน (Buck Converter) ซึ่งสามารถลดระดับแรงดันไฟฟ้าตามต้องการที่ต้องการประจุแบตเตอรี่ได้ ซึ่งควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และใช้เทคนิคการประจุแบบ 3 สถานะ (Three State Charge) คือ การประจุแบตเตอรี่แบบกระแสคงที่ (Constant Current , CC) การประจุด้วยแรงดันไฟฟ้าคงที่ (Constant Voltage charge , CV) และการประจุด้วยแรงดันไฟฟ้าปกติ (Floating Voltage charge , FV) และใช้แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด ขนาดความจุ 60 แอมป์-ชั่วโมง โดยจ่ายให้หลอดไฟถนนไดโอดเปล่งแสง ขนาด 41 W

1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงการ

- 1.4.1 ศึกษาค้นคว้าและหาข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติของเครื่องประจุแบตเตอรี่
- 1.4.2 ทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อหาคุณสมบัติและคุณลักษณะเฉพาะของเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 1 แผง
- 1.4.3 จัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ตลอดจนศึกษาวิธีการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ
- 1.4.5 ทำการสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องประจุแบตเตอรี่โดยใช้ข้อมูลที่ได้ออกแบบไว้
- 1.4.6 บันทึกและวิเคราะห์ผลการทดลอง และทำการปรับปรุงชิ้นงาน
- 1.4.7 สรุปผลการทดลอง นำเสนอผลงานและจัดทำรูปเล่มปริยฐานิพนธ์

1.5 แผนการดำเนินงาน

ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลและทำความเข้าใจในทฤษฎีตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ ออกแบบและสร้างเครื่อง จากนั้นทำการทดลองและบันทึกผลการทดลองที่ได้ ซึ่งมีแผนการดำเนินงานดังนี้

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

การดำเนินงาน	พ.ศ.2557																พ.ศ.2558																							
	ส.ค.				ก.ย.				ต.ค.				พ.ย.				ธ.ค.				ม.ค.				ก.พ.				มี.ค.				เม.ย.				พ.ค.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติของเครื่องประจุแบบเตอรี	←→				←→				←→																															
2. ศึกษาวิธีประจุแบบเตอรีแบบ 3 สถานะและออกแบบเครื่องประจุแบบเตอรี					←→				←→																															
3. ศึกษาและจำลองแผงเซลล์แสงอาทิตย์จากเครื่องจำลองเซลล์แสงอาทิตย์									←→				←→																											
4. จัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย													←→				←→																							
5. ทำการสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องประจุแบบเตอรีตามที่ได้ออกแบบไว้																	←→				←→																			
6. บันทึกและวิเคราะห์ผลการทดลองและทำการปรับปรุงชิ้นงาน																					←→				←→															
7. สรุปผลการทดลอง นำเสนอผลงาน และจัดทำรูปเล่มปริญาานิพนธ์																													←→				←→							

←→ ระยะเวลาที่วางแผนไว้

←-----> ระยะเวลาที่ดำเนินงานจริง

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

ประโยชน์ที่ได้รับสามารถแบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือประโยชน์ทางด้านพลังงานทดแทนและประโยชน์ทางด้านวิศวกรรม

1.6.1 ประโยชน์ทางด้านพลังงานทดแทน ได้แก่

1.6.1.1 สามารถนำเทคโนโลยีการประจุแบตเตอรี่ที่มีประสิทธิภาพมาประยุกต์ใช้กับพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

1.6.1.2 สามารถนำพลังงานไฟฟ้าที่เหลือจากการประจุแบตเตอรี่ไปใช้กับอุปกรณ์อำนวยความสะดวกอื่นๆ เพื่อเป็นการประหยัดค่าไฟฟ้า

1.6.1.3 สามารถนำเทคโนโลยีการประจุแบตเตอรี่นี้ไปประยุกต์ใช้กับโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้สูงขึ้นและง่ายเข้าสู่ระบบจำหน่ายไฟฟ้า ซึ่งเพิ่มเสถียรภาพและความน่าเชื่อถือของระบบไฟฟ้า อีกทั้งยังช่วยลดการสร้างโรงไฟฟ้าซึ่งมีค่าใช้จ่ายสำหรับเชื้อเพลิงและอาจเป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

1.6.2 ประโยชน์ทางด้านวิศวกรรม ได้แก่

1.6.2.1 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องประจุแบตเตอรี่และยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ได้

1.6.2.2 เป็นการนำระบบควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์ใช้กับเครื่องประจุแบตเตอรี่ให้ทำงานอย่างชาญฉลาดมากขึ้น

1.7 การจัดโครงสร้างของเนื้อหาภายในปฏิญญาสิทธิบัตร

ปฏิญญาสิทธิบัตรฉบับนี้ประกอบด้วยเนื้อหาและสาระที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องประจุแบตเตอรี่ ซึ่งสามารถแบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บท ดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ ในบทนี้จะกล่าวถึงที่มาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของการวิจัยขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการรวมถึงวิธีการดำเนินงานและแผนการดำเนินโครงการตลอดจนประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัยนี้

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องไม่ว่าจะเป็นทฤษฎีเซลล์แสงอาทิตย์ วงจรทอนระดับแรงดัน แบตเตอรี่ เทคนิคการประจุแบตเตอรี่แบบ 3 สถานะ (Three State Charge)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบและการสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องประจุแบตเตอรี่ โดยมีส่วนประกอบหลักของชุดวงจรเครื่องประจุแบตเตอรี่ วิธีออกแบบและการคำนวณวงจรทอนระดับแรงดัน (Buck Converter) และการประมวลผลของส่วนโปรแกรมควบคุม

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง ในบทนี้จะเป็นการแสดงผลการทดลองการประจุแบตเตอรี่ทั้ง 3 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาคุณสมบัติของเครื่องประจุแบตเตอรี่ที่ทำการออกแบบ

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหาที่พบ และแนวทางการพัฒนา ในบทนี้จะกล่าวถึงบทสรุปที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า ปัญหาที่พบบ่อยระหว่างการดำเนินงาน วิธีปรับปรุงแก้ไข และแนวทางในการพัฒนา การนำโครงการไปต่อยอด



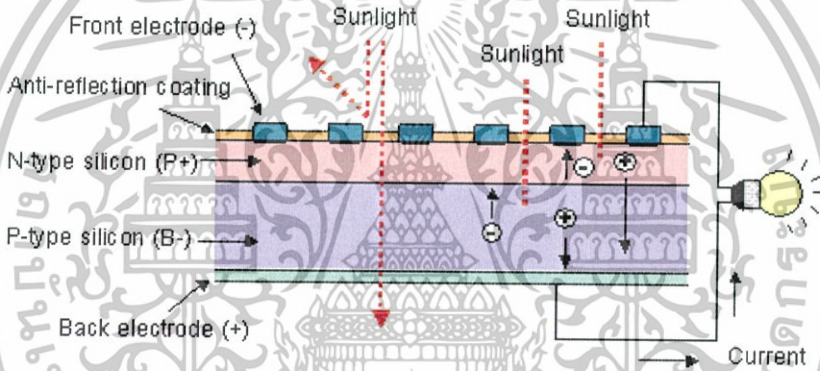
บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell)

2.1.1 หลักการทำงานโดยทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์

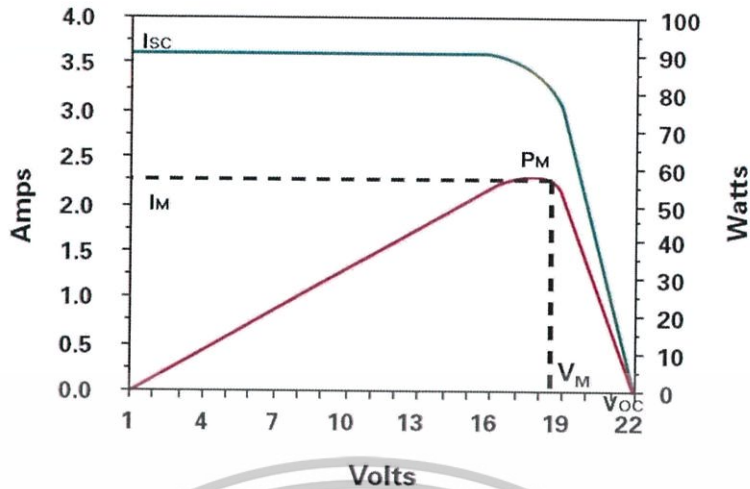
การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง เมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงานตกกระทบกับสารกึ่งตัวนำ จะเกิดการส่งถ่ายพลังงานระหว่างกัน พลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า (อิเล็กตรอน) ขึ้นในสารกึ่งตัวนำ จึงสามารถต่อกระแสไฟฟ้าง่ายๆไปใช้งานได้ (ตามรูปที่ 2.1) [31]



รูปที่ 2.1 การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

2.1.2 สมรรถนะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ [32]

การทดสอบสมรรถนะของเซลล์แสงอาทิตย์ จะทำการทดลองโดยการเปลี่ยนค่าความต้านทานไปเรื่อยๆ โดยแต่ละครั้งการเปลี่ยนแปลงความต้านทานจะทำการบันทึกแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวของเซลล์แสงอาทิตย์และกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร จากนั้นนำมาเขียนกราฟจะได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

จากกราฟ V-I Curve ที่เราสามารถพิจารณาหาค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์ได้ ดังต่อไปนี้

1. ขนาดแรงดันไฟฟ้าในขณะเปิดวงจร (V_{oc}) คือขนาดของแรงดันไฟฟ้าในขณะที่มีความต้านทานค่าเป็นอนันต์ ($R_L = \infty$) สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์เซลล์เดียว จะมีค่า V_{oc} ไม่เกิน 0.6 V. สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ที่เป็นแผงจะขึ้นอยู่กับจำนวนเซลล์มาต่อรวมกัน
2. ขนาดของกระแสไฟฟ้าลัดวงจร (I_{sc}) จะมีลักษณะทำนองเดียวกันกับค่า V_{oc} โดยทั่วไปแล้วสำหรับเซลล์เดียวจะมีขนาดของกระแสไฟฟ้าลัดวงจรไม่เกิน 2.5 A
3. การหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (P_m) จะทำการหาได้จากตำแหน่งของกราฟตรงจุดที่อ่านได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด และค่าแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าที่จุดนี้คือจุด V_m และ I_m ตามลำดับ เพราะฉะนั้นสามารถเขียนสมการของกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ดังนี้คือ

$$P_m = I_m V_m \quad (2.1)$$

4. ค่าฟิลแฟคเตอร์ (Fill Factor) สามารถหาได้จากความสัมพันธ์คือ

$$\text{Fill Factor} = \frac{P_m}{P_o} \quad (2.2)$$

โดยที่

$$P_m = I_m V_m \quad (2.3)$$

$$P_o = I_{sc} V_{oc} \quad (2.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

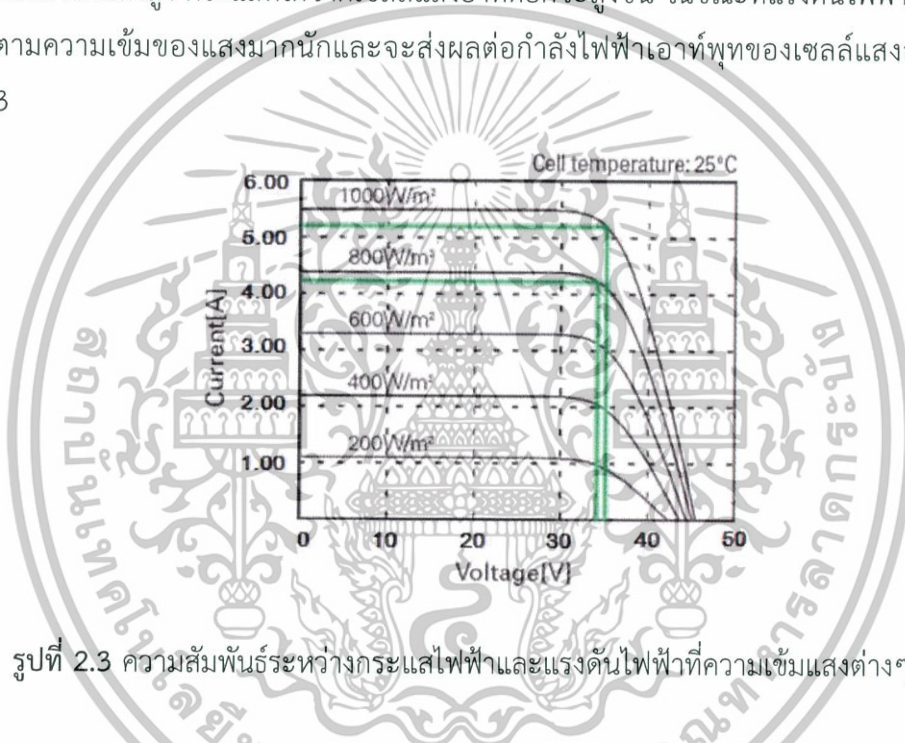
5. การหาค่าประสิทธิภาพของเซลล์ (Efficiency) สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{พลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่ได้จากเซลล์ (mW)} \times 100\%}{\text{พลังงานได้จากแสง (mW/cm}^2) \times \text{พื้นที่รับแสง (cm}^2)} \quad (2.5)$$

2.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อเซลล์แสงอาทิตย์

1. ความเข้มของแสง

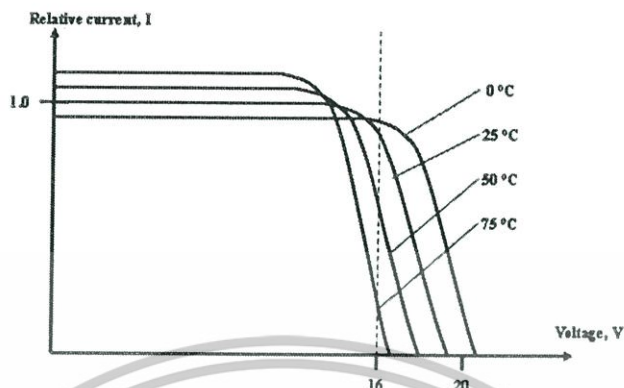
กระแสไฟฟ้า (Current) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง หมายความว่าเมื่อความเข้มของแสงสูง กระแสที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะสูงขึ้น ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าแทบจะไม่แปรไปตามความเข้มของแสงมากนักและจะส่งผลต่อกำลังไฟฟ้าเอาต์พุตของเซลล์แสงอาทิตย์ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่ความเข้มแสงต่างๆ

2. อุณหภูมิ

กระแสไฟฟ้าจะไม่แปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตของเซลล์แสงอาทิตย์แปรผกผันกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วทุกๆ 1 องศาที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง 0.5% ซึ่งมีผลทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงด้วย



รูปที่ 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่างๆ

3. จำนวนเซลล์ในแต่ละโมดูล

การที่เพิ่มจำนวนเซลล์แสงอาทิตย์มักจะเพิ่มในลักษณะที่ทำให้แรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้น โดยจะทำให้กระแสค่อนข้างคงที่

4. พื้นที่ของแต่ละเซลล์

การที่เพิ่มพื้นที่บนแผงเซลล์แสงอาทิตย์นี้จะทำให้กระแสเพิ่มขึ้น

5. ชนิดของสารที่ใช้ทำแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ถ้าใช้สารที่ใช้ทำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ดีมากเท่าไร ก็ยังทำให้สามารถได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ได้มากขึ้น แต่ราคาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะสูงตามไปด้วย

2.2 วงจรทอนระดับแรงดัน (Buck Converter) [33]

วงจรทอนระดับแรงดัน คือ วงจรที่ทำให้ระดับแรงดันไฟฟ้าด้านออกมีค่าต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า และเพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าด้านออกที่มีความเป็นกระแสตรงมากๆ จะนิยมใช้วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low pass filter) ซึ่งโดยมากจะเลือกใช้วงจรกรองแบบ LC เพราะมีอัตราการลดทอนสัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการ ผกผันกับกำลังสองของความถี่

การวิเคราะห์การทำงานของวงจรทอนระดับแรงดันในช่วงที่เป็นสภาวะอยู่ตัว (Steady State) จะมีการกำหนดเงื่อนไขการทำงานของวงจรทอนระดับแรงดันดังนี้

- 1). กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบเวลาจะมีค่าเท่ากัน

$$i_L(t + T) = i_L(t) \quad (2.6)$$

หมายถึงกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจะมีค่าเท่ากัน ณ ตำแหน่งเดียวกันใน

ทุกคาบเวลา

2). แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบเวลาจะมีค่าเท่ากับศูนย์

$$V_L = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} V_L(\lambda) d\lambda = 0 \quad (2.7)$$

หมายถึงผลรวมของผลคูณระหว่างแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำกับเวลาในแต่ละคาบเวลาจะมีค่าเท่ากับศูนย์

3). กระแสไฟฟ้าเฉลี่ยของตัวเก็บประจุในแต่ละคาบเวลาจะมีค่าเท่ากับศูนย์

$$I_c = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} i_c(t) dt = 0 \quad (2.8)$$

หมายถึงประจุที่ถูกเก็บ (Charged) และที่คาย (Discharged) ของตัวเก็บประจุในแต่ละคาบเวลาจะต้องเท่ากัน

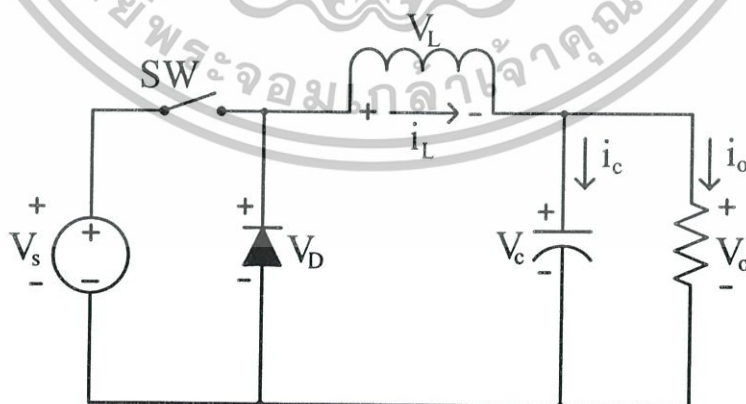
4). กำลังไฟฟ้าด้านเข้าเท่ากับกำลังไฟฟ้าด้านออก

$$P_s = P_o \quad (2.9)$$

กรณีนี้กำหนดให้อุปกรณ์ทุกตัวเป็นอุดมคติ ทำให้ไม่มีการสูญเสียเนื่องจากการทำงานของวงจร ประสิทธิภาพของวงจรจึงเท่ากับร้อยเปอร์เซ็นต์

2.2.1 หลักการทำงานของวงจรทอนระดับแรงดัน

หลักการทำงานของวงจรทอนระดับแรงดัน เพื่อจะออกแบบให้แรงดันไฟฟ้าด้านออกตามที่ต้องการ คือ ต้องเริ่มจากเงื่อนไขที่ว่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ ในแต่ละคาบเวลาจะมีค่าเท่ากับศูนย์ จากนั้นก็จะสามารถหากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำได้ดังสมการที่ (2.10) การวิเคราะห์การทำงานของสวิตช์ ในแต่ละโหมด จะต้องวิเคราะห์ในสภาวะอยู่ตัวดังนี้

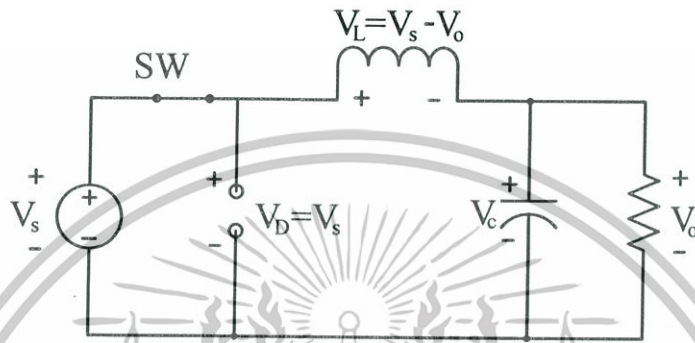


รูปที่ 2.5 วงจรทอนระดับแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขณะสวิตช์นำกระแส

จากรูป 2.6 กระแสไฟฟ้าที่ไหลจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจะไหลผ่านสวิตช์ผ่านตัวเหนี่ยวนำไปยังโหลด โดยที่กระแสไฟฟ้าส่วนหนึ่งจะไปเก็บที่ตัวเก็บประจุ จากกฎของเคอร์ชอฟฟ์สามารถเขียนเป็นสมการของแรงดันไฟฟ้าได้ดังนี้



รูปที่ 2.6 วงจรสมมูลเมื่อสวิตช์นำกระแส

$$-V_s + V_L + V_o = 0$$

$$V_L = V_s - V_o$$

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

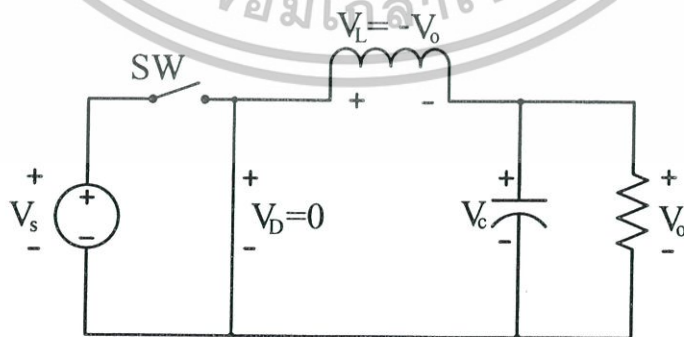
$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_s - V_o}{L}$$

dt ในกรณีอยู่ในช่วงเวลานำกระแส คือ dt = DT

$$\Delta i_{L,on} = \left(\frac{V_s - V_o}{L} \right) DT$$

(2.10)

ขณะสวิตช์ไม่นำกระแส



รูปที่ 2.7 วงจรสมมูลเมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส ไดโอดจะถูกไบอัสไปข้างหน้า (Forward bias) ให้นำกระแส ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำเกิดการไหลอย่างต่อเนื่อง และจากกฎของเคอร์ชอฟฟ์จะได้สมการของแรงดันไฟฟ้าดังนี้

$$\begin{aligned} V_L &= -V_o \\ V_L &= -V_o = L \frac{di_L}{dt} \\ \frac{di_L}{dt} &= \frac{\Delta i_{L,off}}{\Delta t} = \frac{-V_o}{L} \end{aligned} \quad (2.11)$$

ความหมายของสมการที่ (2.11) คือ กระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจะค่อยๆมีค่าลดลง เพราะการเปลี่ยนแปลงกระแสตัวเหนี่ยวนำต่อเวลามีค่าเป็นลบ

dt ในกรณีอยู่ในช่วงเวลาหยุดนำกระแส คือ $dt = (1-D)T$ ดังนั้นจากสมการที่ (2.11) สามารถจัดรูปใหม่ได้เป็น

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

2.2.2 การหาค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจรทอนระดับแรงดัน

จากเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในสมการที่ (2.6) กล่าวคือ ในช่วงสภาวะอยู่ตัว การเปลี่ยนแปลงของกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำในขณะที่สวิตช์นำกระแส จะมีการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นเท่ากับการเปลี่ยนแปลงที่ลดลงของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำในขณะที่สวิตช์ไม่นำกระแส หรืออาจจะกล่าวได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำสุทธิมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้นจากสมการที่ (2.10) กับสมการที่ (2.12) จะได้ว่า

$$\begin{aligned} \Delta i_{L,off} + \Delta i_{L,on} &= 0 \\ \left(\frac{V_s - V_o}{L}\right)DT + \left(-\frac{V_o}{L}\right)(1-D)T &= 0 \\ (V_s - V_o)D - V_o(1-D) &= 0 \\ V_s D - V_o D - V_o + V_o D &= 0 \\ \frac{V_o}{V_s} &= D \end{aligned} \quad (2.13)$$

2.2.3 การหาค่าความเหนี่ยวนำที่เล็กที่สุดของวงจรทอนระดับแรงดัน

ลำดับต่อไป คือ การหาค่าความเหนี่ยวนำที่เล็กที่สุดที่จะทำให้วงจรทอนระดับแรงดันทำงานในโหมดกระแสต่อเนื่อง โดยเริ่มต้นจากการหากระแสเฉลี่ยที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำซึ่งจะเท่ากับกระแสเฉลี่ยที่ไหลผ่านโหลด เนื่องจากขณะที่อยู่ในสภาวะการทำงานอยู่ตัว กระแสเฉลี่ยที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุจะมีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้นจะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$I_L = I_o = \frac{V_o}{R} \quad (2.14)$$

จากรูปที่ 2.8(ข) จะสามารถหากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำที่มีค่าสูงสุดและต่ำสุดได้จากสมการในช่วงที่สวิตช์ไม่นำกระแสดังนี้

$$\begin{aligned} I_{L,max} &= I_L + \frac{\Delta i_L}{2} \\ I_{L,max} &= \frac{V_o}{R} + \frac{1}{2} \left[\frac{V_o}{L} (1-D)T \right] \\ I_{L,max} &= V_o \left[\frac{1}{R} + \frac{(1-D)}{2Lf} \right] \end{aligned} \quad (2.15)$$

ดังนั้นกระแสตัวเหนี่ยวนำต่ำสุดคือ

$$\begin{aligned} I_{L,min} &= I_L - \frac{\Delta i_L}{2} \\ I_{L,min} &= \frac{V_o}{R} - \frac{1}{2} \left[\frac{V_o}{L} (1-D)T \right] \\ I_{L,min} &= V_o \left[\frac{1}{R} - \frac{(1-D)}{2Lf} \right] \end{aligned} \quad (2.16)$$

เงื่อนไขที่สำคัญสำหรับการทำงานในโหมดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำแบบต่อเนื่อง คือกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจะต้องเป็นกระแสบวกเสมอ สมการที่ (2.16) สามารถนำมาใช้ในการหาค่าไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำแบบไม่ต่อเนื่อง และหาก $I_{L,min}$ เท่ากับศูนย์พอดี คือเป็นช่วงต่อระหว่างกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำเป็นแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง

$$I_{L,min} = V_o \left[\frac{1}{R} - \frac{(1-D)}{2Lf} \right] = 0 \quad (2.17)$$

$$\left[\frac{1}{R} - \frac{(1-D)}{2Lf} \right] = 0 \quad (2.18)$$

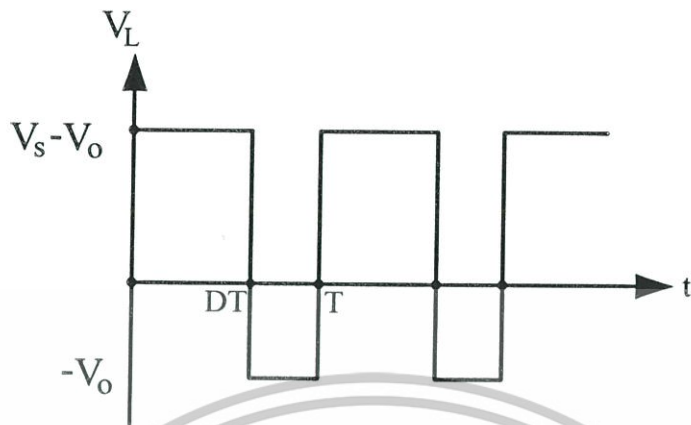
$$\frac{1}{R} = \frac{(1-D)}{2Lf} \quad (2.19)$$

ดังนั้นจะได้ว่า

$$L_{min} = \frac{(1-D)R}{2f} \quad (2.20)$$

$$f = \frac{(1-D)R}{2L_{min}} \quad (2.21)$$

สมการที่ (2.17) ใช้ในการหาค่าความเหนี่ยวนำที่เล็กที่สุดที่ทำให้วงจรยังสามารถทำงานในโหมดกระแสต่อเนื่อง ซึ่งจะได้ค่าความเหนี่ยวนำที่เล็กที่สุดตั้งสมการที่ (2.20) ส่วนสมการที่ (2.21) ใช้สำหรับการพิจารณาหาความถี่ในการสวิตช์ที่เหมาะสม เมื่อตัวเหนี่ยวนำถูกกำหนดค่าความเหนี่ยวนำ



รูปที่ 2.8 แรงดันตกคร่อมและกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 แบตเตอรี่

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์สะสมพลังงานที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานเคมีให้เป็นพลังงานไฟฟ้าจ่ายออกมาให้เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ แบตเตอรี่บางชนิดสามารถอัดไฟเข้าไปเพื่อเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานเคมีแล้วค่อยๆ ปลดปล่อยพลังงานให้เครื่องใช้ไฟฟ้า

2.3.1 ชนิดของแบตเตอรี่

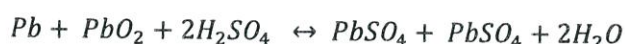
แบตเตอรี่สามารถแบ่งเป็นสองชนิดใหญ่ๆคือ แบตเตอรี่ปฐมภูมิ (Primary Battery) และแบตเตอรี่ทุติยภูมิ (Secondary Battery)

1. แบตเตอรี่ปฐมภูมิ (Primary battery) คือแบตเตอรี่ที่สามารถเก็บพลังงานไฟฟ้าเคมีแล้วจ่ายเป็นพลังงานไฟฟ้าออกมาได้ แต่จะไม่สามารถที่จะอัดประจุกลับเข้าไปเพื่อนำมาใช้งานอีกครั้งได้

2. แบตเตอรี่ทุติยภูมิ (Secondary Battery) คือแบตเตอรี่ที่สามารถเก็บพลังงานไฟฟ้าเคมีแล้วจ่ายเป็นพลังงานไฟฟ้าออกมาได้ และสามารถที่จะอัดประจุกลับเข้าไปเพื่อใช้งานใหม่เมื่อไฟหมดได้ โดยจ่ายกระแสในทิศทางตรงกันข้ามกับการคายประจุ เช่น แบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด และแบตเตอรี่แบบเงินสังกะสี แบตเตอรี่แบบเงินสังกะสีซึ่งราคาแพงมากแต่จ่ายไฟได้มากที่สุด

แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด

แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดประกอบด้วยแผ่นคาโทดและแผ่นแอโนดวางสลับกันจมอยู่ในสารอิเล็กโทรไลต์ที่ทำจากสารละลายกรดกำมะถัน แผ่นเพลทจะวางสลับกัน เพื่อจะได้มีพื้นที่ผิวสัมผัสอิเล็กโทรไลต์มากเพื่อที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยามากขึ้น นอกจากนี้ความต้านทานภายในเซลล์จะยังมีค่าน้อยลงด้วยอิเล็กโทรดเป็นแอโนดจะสร้างขึ้นจากตะกั่วที่บริสุทธิ์และคาโทดจะสร้างจากส่วนผสมของตะกั่วและตะกั่วเปอร์ออกไซด์ ขณะที่เซลล์คายประจุให้กระแสไฟฟ้าออกมานั้น อะตอมของตะกั่วแผ่นแอโนดจะแตกตัวเป็นไอออนที่มีประจุบวกเข้าไปอยู่ในอิเล็กโทรไลต์และทิ้งอิเล็กตรอนให้ไหลเข้าสู่วงจร ที่คาโทดตะกั่วเปอร์ออกไซด์จะแตกตัวเป็นไอออนของตะกั่ว ซึ่งมีประจุบวกสูงและเป็นไอออนที่มีประจุลบสูง ไอออนของตะกั่วที่เป็นประจุบวกสูงจะดึงเอาอิเล็กตรอนจากวงจรเพื่อที่จะรวมตัวกลายเป็นไอออนของตะกั่วที่มีประจุบวกซึ่งเป็นชนิดเดียวกับแอโนดทำให้เกิดกระแสไหลจากคาโทดผ่านไปยังวงจรภายนอกไอออนของตะกั่วจากอิเล็กโทรดทั้งสองจะทำปฏิกิริยากับกรดกำมะถัน ซึ่งเป็นอิเล็กโทรไลต์กลายเป็นตะกั่วซัลเฟตและก๊าซไฮโดรเจน สามารถเขียนสูตรสำหรับปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นได้ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรทางเคมีแสดงให้เห็นว่าสารละลายเล็กโทรไลต์ จะเกิดการเจือจางลงโดยโมเลกุลของน้ำที่เกิดขึ้นซึ่งเป็นขณะเดียวกับที่เซลล์คายประจุ จึงทำให้สามารถใช้เป็นวิธีการหาสถานะการประจุและคายประจุของเซลล์ได้

แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดที่ใช้ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์มีหลายชนิด แต่ละชนิดมีการออกแบบและคุณสมบัติการทำงานใช้งานที่แตกต่างกัน โดยจะจัดแบ่งได้ 3 ลักษณะคือ

1. แบตเตอรี่รถยนต์ (Starting Lighting and Ignition: SLI)
2. แบตเตอรี่รถไฟฟ้า (Motive Power or Traction Battery)
3. แบตเตอรี่สำหรับรถไฟฟ้า (Stationary Battery)

2.3.2 ขนาดแรงดันของเซลล์แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด

ขนาดแรงดันของเซลล์แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดที่มาตรฐาน จะมีแรงดันไฟฟ้าปกติประมาณ 2 โวลต์ต่อเซลล์ การที่จะนำแบตเตอรี่ออกไปใช้งาน จะทำได้โดยการนำแบตเตอรี่หลายๆ เซลล์มาต่อกันในลักษณะอนุกรมกัน โดยขั้วบวกของเซลล์ที่หนึ่ง และขั้วลบของเซลล์สุดท้าย ทั้งสองขั้วที่กล่าวมาจะเป็นจุดต่อที่จะนำเอาพลังงานไปใช้งาน

2.3.3 ค่าความลึกของการคายประจุแบตเตอรี่ (Depth of Discharge: DOD)

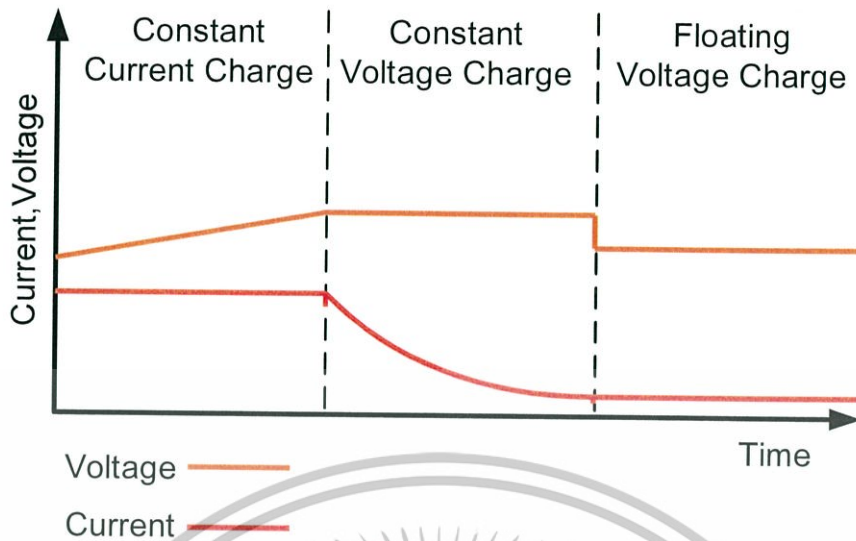
ค่าความลึกของการคายประจุแบตเตอรี่ (Depth of Discharge: DOD) คือผลของการคายประจุแบตเตอรี่ที่ปริมาณต่างๆกัน ส่งผลให้การใช้งานของแบตเตอรี่มีการเปลี่ยนแปลง ยิ่งมีการคายประจุของแบตเตอรี่มาก จะทำให้จำนวนรอบการใช้งานแบตเตอรี่ยิ่งลดลง หมายความว่า ยิ่งเปอร์เซ็นต์ค่าความลึก (%DOD) สูงจะยิ่งทำให้แบตเตอรี่มีจำนวนรอบการใช้งานต่ำ

2.3.4 เทคนิคการประจุแบตเตอรี่

เทคโนโลยีการประจุแบตเตอรี่ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เครื่องประจุแบตเตอรี่ในช่วงแรกไม่มีความซับซ้อนมากนักโดยใช้การต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเข้ากับแบตเตอรี่ ในปัจจุบันเครื่องประจุแบตเตอรี่จะมีตัวควบคุมภายในเพื่อสามารถแสดงผลแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ อุณหภูมิและเวลาที่ต้องใช้ในการประจุเพื่อใช้ในการพิจารณากระแสชาร์จในขณะนั้น

กระบวนการอัดประจุสามารถแบ่งได้ออกเป็น 3 สถานะ ซึ่งกระบวนการอัดประจุแสดงดังภาพที่ 2.9 และสามารถอธิบายได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แสดงขั้นตอนการอัดประจุแบตเตอรี่

2.3.4.1 ช่วงการอัดประจุ: ช่วงของการอัดประจุสามารถแบ่งได้เป็น 3 สถานะ
ได้แก่

สถานะที่ 1 การประจุแบบกระแสคงที่ (Constant Current Charge) : เป็นช่วงแรกของการอัดประจุแบตเตอรี่ แสดงดังรูปที่ 2.9 ในทางอุดมคติการอัดประจุด้วยกระแสที่มีเสถียรภาพ ช่วงการประจุแบบกระแสคงที่จะถูกแสดงในลักษณะเฉพาะโดยแรงดันไฟฟ้าที่มีการเพิ่มขึ้นอย่างคงที่ (แสดงดังรูปที่ 2.9) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการอัดประจุ (แสดงดังรูปที่ 2.9) สำหรับแบตเตอรี่ตะกั่วกรดแบบ AGM ขนาด 12 โวลต์ โดยทั่วไปแล้วแรงดันที่ใช้ในการอัดประจุจะอยู่ที่ประมาณ 14.6-14.8 โวลต์

สถานะที่ 2 การประจุด้วยแรงดันไฟฟ้าคงที่ (Constant Voltage Charge) : เครื่องประจุแบตเตอรี่จะตรวจสอบค่าแรงดันไฟฟ้าและความต้านทานของแบตเตอรี่เมื่อสภาวะการอัดประจุถึงประมาณ 80% การอัดประจุเข้าสู่ช่วงการประจุด้วยแรงดันไฟฟ้าคงที่ในช่วงนี้จะเป็นการอัดประจุแบบแรงดันไฟฟ้าคงที่ ในขณะที่กระแสไฟฟ้าในการอัดประจุจะลดลงอย่างรวดเร็ว (แสดงดังรูปที่ 2.9) เพื่อทำให้เกิดการอัดประจุโดยไม่เกิดการโอเวอร์ฮีต การอัดประจุในช่วงเวลานี้จะใช้เวลาชานาน ยกตัวอย่างเช่น การอัดประจุ 20% สุดท้ายของแบตเตอรี่จะใช้เวลานานกว่าการอัดประจุ 20% แรกของแบตเตอรี่ในช่วงการประจุแบบกระแสคงที่โดยกระแสไฟฟ้าจะลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่งแบตเตอรี่อัดประจุเกือบเต็มความจุ ค่าของแรงดันไฟฟ้าในช่วงการประจุด้วยแรงดันไฟฟ้าคงที่จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและชนิดของแบตเตอรี่

สถานะที่ 3 การประจุด้วยแรงดันไฟฟ้าปกติ (Floating Voltage Charge) :
 ในช่วงการประจุด้วยแรงดันไฟฟ้าปกติจะเริ่มเข้าสู่ช่วงที่แบตเตอรี่ใกล้จะถูกประจุจนเต็ม ที่สภาวะการ
 อัดประจุถึงประมาณ 85% แต่ส่วนใหญ่จะอยู่ที่สภาวะการอัดประจุประมาณ 95% การอัดประจุ
 ในช่วงนี้จะเป็นการทำให้อัดประจุแบตเตอรี่ได้เต็มความจุ ในระหว่างช่วงนี้กระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการอัด
 ประจุแบตเตอรี่ยังคงอยู่ในระดับคงที่ซึ่งจะอยู่ในช่วง 2-10% ของความจุขึ้นอยู่กับชนิดของแบตเตอรี่
 และระดับแรงดันไฟฟ้าจะลดลงไปคงที่ที่ประมาณ 13.2-13.4 โวลต์ ซึ่งเป็นระดับแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่
 แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ สามารถรับได้ ในช่วงการประจุด้วยแรงดันไฟฟ้าปกติสามารถแสดงได้ดังรูป
 ที่ 2.9 ถ้าแบตเตอรี่ถูกใช้งานอย่างหนักในระหว่างการอัดประจุจะไม่สามารถทำให้เข้าสู่ช่วงการประจุ
 ด้วยแรงดันไฟฟ้าปกติได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

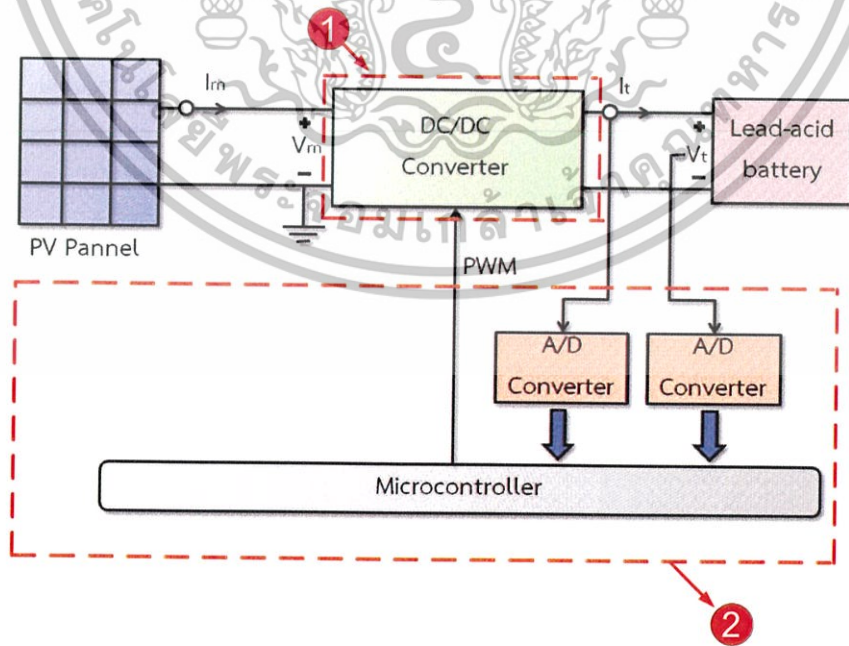
บทที่ 3

การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อประจุแบตเตอรี่ประกอบด้วยวงจรหลัก ได้แก่ วงจรทอนระดับแรงดัน (Buck Converter) และวงจรควบคุม (Controller) ที่สามารถทอนระดับแรงดันไฟฟ้าได้ ดังนั้นในบทนี้จะนำเสนอส่วนประกอบหลักของชุดวงจรดังกล่าวและวิธีคำนวณค่าส่วนประกอบในวงจร

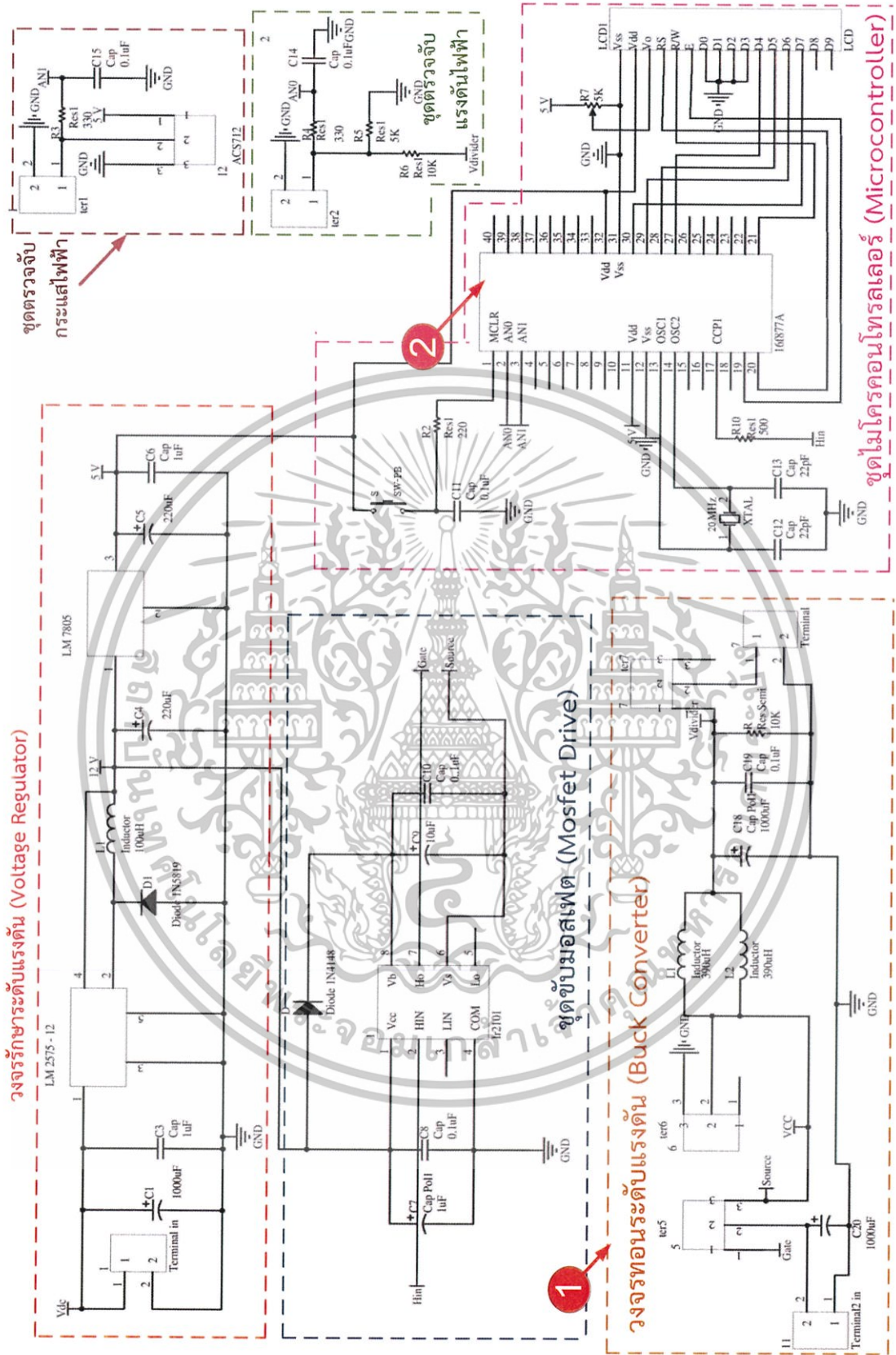
3.1 ส่วนประกอบหลักของชุดวงจรเครื่องประจุแบตเตอรี่

จากบล็อกไดอะแกรมดังแสดงในรูปที่ 3.1 เมื่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์จะแปลงพลังงานออกมาในรูปของพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงไหลเข้าสู่วงจรทอนระดับแรงดัน (Buck Converter) เพื่อแปลงระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้เข้าสู่แบตเตอรี่ซึ่งแบตเตอรี่ที่เลือกใช้มีขนาด 12 โวลต์ 60 แอมป์-ชั่วโมงต่อ 20 ชั่วโมง โดยมีอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณอนาล็อกของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าทางด้านขาออกของวงจรทอนระดับแรงดัน (Buck Converter) เข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เพื่อประมวลผลและส่งสัญญาณควบคุม (PWM) ไปควบคุมวงจรทอนระดับแรงดัน (Buck Converter)



รูปที่ 3.1 แผนภาพบล็อกไดอะแกรมของเครื่องประจุแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

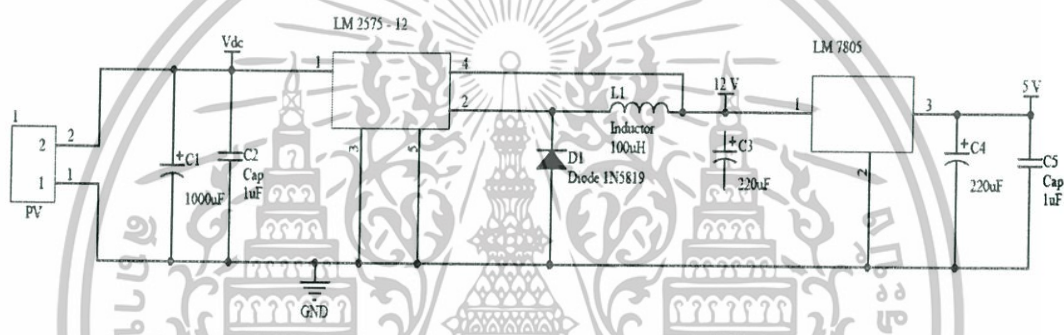


รูปที่ 3.2 ชุดวงจรเครื่องประจุแบตเตอรี่จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.2 แสดงภาพรวมของวงจรเครื่องประจุแบตเตอรี่ซึ่งจะประกอบด้วยวงจรรักษาระดับแรงดัน (Voltage Regulator) ชุดขับมอสเฟต (Mosfet Drive) วงจรทอนระดับแรงดัน (Buck Converter) ชุดตรวจจับสนะไฟฟ้า ชุดตรวจจับสนะไฟฟ้า และชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

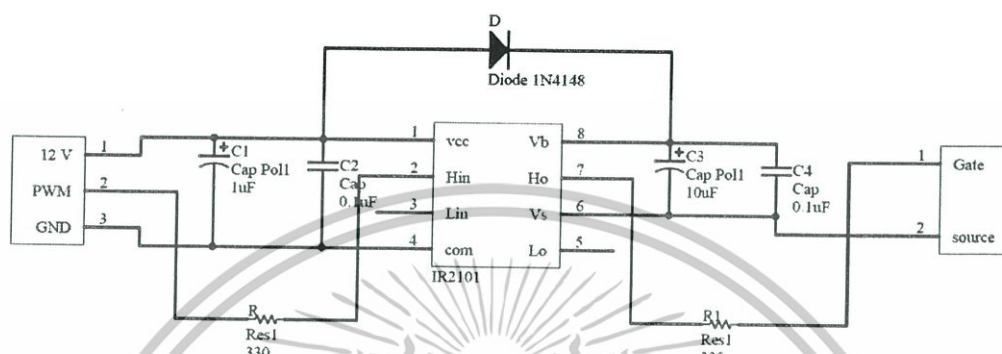
วงจรรักษาระดับแรงดัน (Voltage Regulator) ขนาดแรงดันเอาต์พุต 5 โวลต์ และ 12 โวลต์ โดยวงจรรักษาระดับแรงดันเอาต์พุต 5 โวลต์ ใช้ IC LM7805 จ่ายไฟให้กับชุดไมโครคอนโทรลเลอร์และชุดตรวจจับสนะไฟฟ้า และวงจรรักษาระดับแรงดันเอาต์พุต 12 โวลต์ ใช้ IC LM2575-12 จ่ายไฟให้กับชุดขับมอสเฟต



รูปที่ 3.3 ชุดวงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า

จากรูปที่ 3.3 แสดงชุดรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า (Voltage Regulator) จะมีหลักการทำงานดังนี้ เมื่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้ามาในชุดวงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า (Voltage Regulator) จะผ่านตัวเก็บประจุ (C_1 และ C_2) เพื่อรักษาระดับแรงดันให้เรียบและเข้าสู่ IC เบอร์ LM2575-12 เพื่อแปลงระดับแรงดันเป็น 12 โวลต์ โดยผ่านตัวเหนี่ยวนำ (L_1) เพื่อควบคุมไม่ให้กระแสมีความผิดเพี้ยนไปก่อนที่จะจ่ายชุดขับมอสเฟต และส่งกลับไปตรวจสอบเพื่อให้ระดับแรงดันทางด้านขาออกมีค่าคงที่ จากนั้นแรงดันที่ได้ 12 โวลต์ จะผ่านตัวเก็บประจุ (C_3) เพื่อรักษาระดับแรงดันและเข้าสู่ IC เบอร์ 7805 เพื่อแปลงแรงดันเป็น 5 โวลต์ โดยผ่านตัวเก็บประจุ (C_4 และ C_5) เพื่อรักษาระดับแรงดันให้คงที่ก่อนนำไปจ่ายให้ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์และชุดตรวจจับสนะไฟฟ้าต่อไป

ชุดขับมอสเฟต (Mofset Drive) ใช้ IC เบอร์ IR2101 จำนวน 8 ขา เป็นวงจรขับมอสเฟตชนิดหนึ่ง ซึ่งจะรับสัญญาณดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) ที่สร้างจากไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) และทำหน้าที่ขยายสัญญาณก่อนที่จะส่งสัญญาณไปขับมอสเฟต



รูปที่ 3.4 ชุดขับมอสเฟต

จากรูปที่ 3.4 แสดงชุดขับมอสเฟต (Mofset Drive) มีหลักการทำงานดังนี้ เมื่อแรงดัน 12 โวลต์ ที่จ่ายมาจากชุดวงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าจะผ่านตัวเก็บประจุ (C_1 และ C_2) เพื่อรักษาระดับแรงดันโดยเข้า IR2101 ที่ขา 1 (V_{cc}) และแบ่งจ่ายไปยังขา 8 (V_b) โดยผ่านตัวเก็บประจุ (C_3 และ C_4) เพื่อรักษาระดับแรงดัน ในขณะที่สัญญาณควบคุม (PWM) จากไมโครคอนโทรลเลอร์จะเข้าขา 2 (H_{in}) ของ IR2101 และจะออกมาจากขา 7 (H_o) โดยที่สัญญาณควบคุม (PWM) ที่ออกมาจะมีแรงดันมากขึ้นแล้วจะผ่านตัวต้านทาน (R_1) เพื่อจำกัดกระแสก่อนที่จะส่งไปยังขาเกตของมอสเฟต

หลังจากแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าผ่านเครื่องประจุแบตเตอรี่แล้วได้ทำการตรวจจับแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อใช้ประมวลผลในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

- การตรวจจับกระแสไฟฟ้าใช้เซนเซอร์ ACS712 รับกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด 20 แอมป์
- การตรวจจับแรงดันใช้หลักการวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า (Voltage Divider) เป็นวงจรแบ่งแรงดันโดยมีหลักการคำนวณดังนี้

แบตเตอรี่ที่มีแรงดัน 12 โวลต์ แต่ในความเป็นจริงเมื่อแบตเตอรี่เต็มจะมีแรงดันมากกว่า 12 โวลต์ เนื่องจากถ้าใช้แรงดัน 12 โวลต์ มาคำนวณอาจทำให้แรงดันเอาต์พุตที่ได้อาจจะเกิน 5 โวลต์ได้ ดังนั้นจึงเมื่อแรงดันที่จะคำนวณเป็น 20 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้

$$V_{\text{Battery}} = 20 \text{ V.}$$

$$V_{\text{Battery to MCU}} = 5 \text{ V.}$$

จากสูตรวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า

$$V_{\text{Battery to MCU}} = V_{\text{Battery}} \times \left(\frac{R_5}{R_5 + R_6} \right) \tag{3.4}$$

$$\frac{V_{\text{Battery to MCU}}}{V_{\text{Battery}}} = \left(\frac{R_5}{R_5 + R_6} \right) \tag{3.5}$$

$$\frac{5}{20} = \left(\frac{R_5}{R_5 + R_6} \right)$$

ถ้าเรากำหนดค่าความต้านทาน $R_5 = 5 \text{ k}\Omega$

จะได้

$$\frac{5k}{5k + R_6} = \frac{5}{20}$$

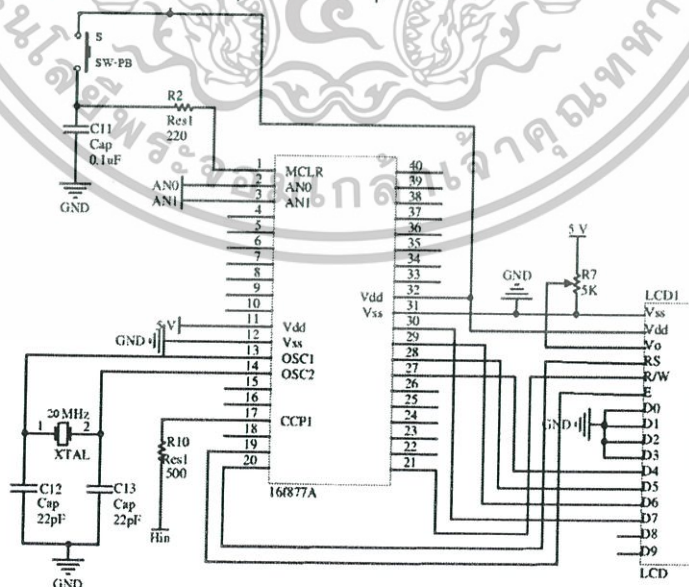
$$R_6 = 15k\Omega$$

ดังนั้นจะต้องใช้

$$R_5 = 5k\Omega$$

$$R_6 = 15k\Omega$$

เมื่อตรวจสอบสัญญาณอนาล็อกของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าทางด้านขาออกของวงจรทอนระดับแรงดัน (Buck Converter) แล้วจะเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) โดยในโครงงานนี้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC16F877A มาทำหน้าที่ประมวลผลและควบคุมการทำงานของชุดเครื่องประจุแบตเตอรี่



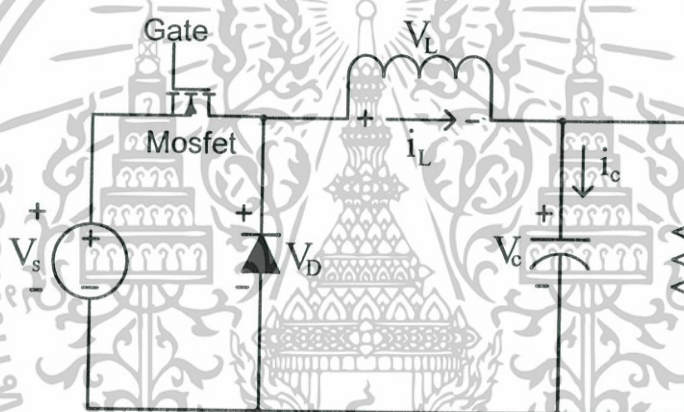
รูปที่ 3.5 ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.5 ขา 11 (V_{dd}) และ 12 (V_{ss}) คือขาที่รับไฟเลี้ยง 5 โวลต์ มาจากวงจรรักษาระดับแรงดัน (Voltage Regulator) และขา AN0 คือขาที่รับสัญญาณอนาล็อกแรงดันไฟฟ้า ขา AN1 คือขาที่รับสัญญาณอนาล็อกกระแสไฟฟ้า มาประมวลผลต่อไปและขา 17 (CCP1) เป็นขาที่ใช้ส่งสัญญาณควบคุม (PWM) เพื่อสั่งการวงจรทอนระดับแรงดันต่อไป

3.2 วิธีออกแบบและการคำนวณวงจรทอนระดับแรงดัน (Buck Converter)

จากรูปที่ 3.1 จะเห็นได้ว่า เครื่องประจุแบตเตอรี่จะใช้สัญญาณอนาล็อกจากวงจรทอนระดับแรงดัน (Buck Converter) ดังนั้นในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการออกแบบและการคำนวณวงจรทอนระดับแรงดัน (Buck Converter)



รูปที่ 3.6 วงจรทอนระดับแรงดัน

จากรูปที่ 3.6 ใช้มอสเฟตเป็นสวิตช์ในการทำงานโดยได้รับสัญญาณควบคุม (PWM) จากชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) และไดโอด (Diode) ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ฟรีวิลไดโอดในช่วงที่มอสเฟตหยุดนำกระแสทำให้กระแสวิ่งผ่านโหลดอย่างต่อเนื่อง ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุทำหน้าที่ส่งถ่ายกำลังไฟฟ้าจากอินพุตไปยังเอาต์พุต

3.2.1 ส่วนประกอบของวงจรทอนระดับแรงดัน

1. ตัวเก็บประจุ (C) เป็นตัวกรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่านร่วมกับตัวเหนี่ยวนำทางด้านขาออก และทำหน้าที่จ่ายกระแสให้กับโหลดด้วย
2. มอสเฟต (Mosfet) ทำหน้าที่ในการสวิตซ์ไฟเข้าสู่โหลดโดยจะได้รับสัญญาณควบคุมจากส่วนขยายสัญญาณควบคุม โดยมอสเฟตที่ใช้เป็นเพาเวอร์มอสเฟต IRF 2807

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ตัวเหนี่ยวนำ (L) ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับโหลด ช่วยกรอง และป้องกันการกระชากของกระแสในช่วงที่มอสเฟตหยุดนำกระแส เลือกใช้แกนเฟอร์ไรต์แบบ EE ซึ่งมีค่าสูญเสียในวงจรแม่เหล็กต่ำ และพลังงานสูญเสียจากขดลวดน้อยลง

4. ไดโอด (D) ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ฟรีวิลไดโอด ในช่วงที่มอสเฟตหยุดนำกระแสทำให้กระแสผ่านโหลดอย่างต่อเนื่อง เลือกใช้ NSD318 b20100G

3.2.2 การหาค่าตัวเหนี่ยวนำ (Inductance)

ในการหาค่าตัวเหนี่ยวนำที่เล็กที่สุดที่จะทำให้ทำงานในโหมดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำแบบต่อเนื่อง จะหาได้จากสมการดังนี้

$$L_{min} = \frac{(1-D) \cdot R}{2f_s} \quad (3.1)$$

โดย f_s คือ ความถี่การสวิตช์ เลือกใช้ที่ความถี่ 25kHz

R คือ ความต้านทานของโหลด 10 โอห์ม

D คือ ค่าดีวตีไซเคิล

จาก
เมื่อ

$$\frac{V_o}{V_s} = D \quad (3.2)$$

$$V_o = 14.6 \text{ V. (แรงดันที่ใช้ในการประจุลงแบตเตอรี่)}$$

$$V_s = 37 \text{ V. (แรงดันเฉลี่ยที่ออกมาจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์)}$$

$$\therefore D = 0.39$$

จะได้

$$L_{min} = 122 \mu\text{H}$$

เลือกใช้

$$L = 195 \mu\text{H}$$

3.2.3 การหาค่าตัวเก็บประจุ (Capacitance)

หาค่าตัวเก็บประจุ C จากสมการอัตราการลอคคลื่นแรงดันไฟฟ้าในตัวเก็บประจุ

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{1-D}{8LCf^2} \quad (3.3)$$

จะได้

$$C = \frac{1-D}{8Lf^2 \left(\frac{\Delta V_o}{V_o}\right)} ; \text{อัตราการลอคคลื่นของแรงดันไฟฟ้าใน } C = 5\%$$

$$\therefore C_1 = 12.5 \mu\text{F}$$

เลือกใช้

$$C = 1,000 \mu\text{F}$$

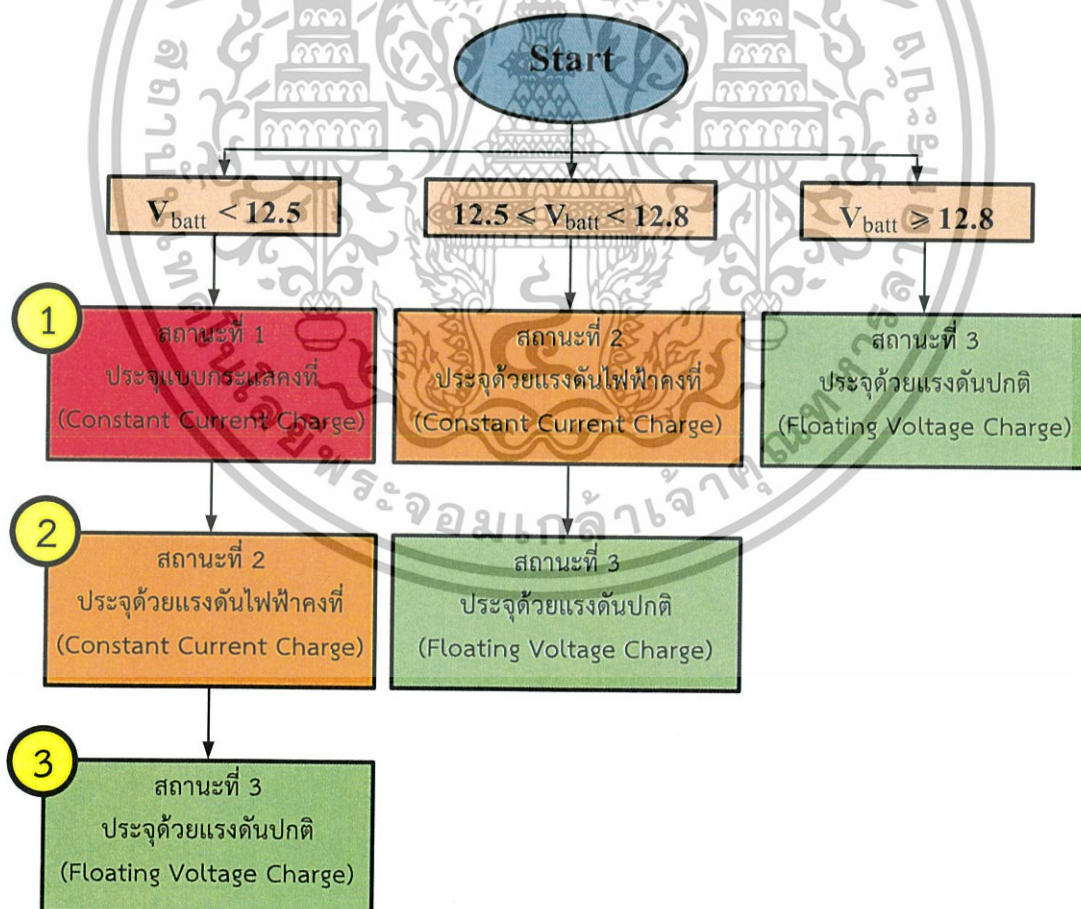
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การประมวลผลของส่วนโปรแกรมควบคุม

เริ่มต้นโปรแกรมจะทำการตรวจสอบระดับแรงดันไฟฟ้าเปิดวงจรของแบตเตอรี่ว่าอยู่ในช่วงใด เพื่อจะทำการเลือกว่าจะให้เริ่มประจุแบตเตอรี่ในสถานะใด โดยวงจรจะทำการประจุตามสถานะดังนี้ การประจุในสถานะกระแสคงที่ (Constant Current) การประจุในสถานะแรงดันไฟฟ้าคงที่ (Constant Voltage) และการประจุในสถานะแรงดันไฟฟ้าปกติ (Floating Voltage Charge)

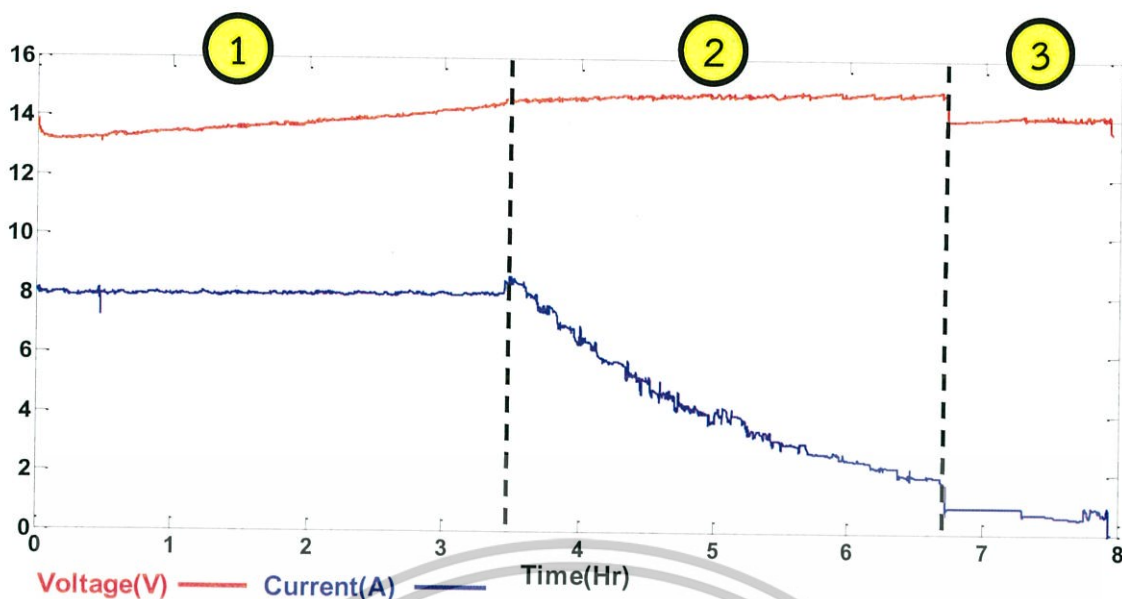
เมื่อโปรแกรมสั่งให้ประจุแบบกระแสคงที่ก็จะทำการตรวจสอบค่าแรงดันไฟฟ้าขณะประจุไปด้วยว่าถึงค่าที่กำหนดไว้เพื่อเปลี่ยนสถานะเป็นการประจุแบบแรงดันคงที่หรือยัง หากถึงค่าที่กำหนดแล้วก็จะเปลี่ยนเป็นการประจุแบบแรงดันคงที่ต่อไป และเช่นเดียวกับการประจุแบบแรงดันคงที่ การประจุแบบแรงดันไฟฟ้าปกติ ก็จะมีการตรวจสอบเพื่อเปลี่ยนสถานะเช่นกัน

และในการประจุสถานะสุดท้ายทำการประจุแบบแรงดันไฟฟ้าปกติ เมื่อค่ากระแสที่ใช้ประจุลดลงจนเหลือ 0.1A แสดงว่าแบตเตอรี่เต็มพิกัดแล้ว เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่มีค่าใกล้เคียงกับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการประจุ จึงทำการตัดการประจุแบตเตอรี่



รูปที่ 3.7 ไดอะแกรม (Flowchart) แสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องประจุแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในการประจุแบตเตอรี่

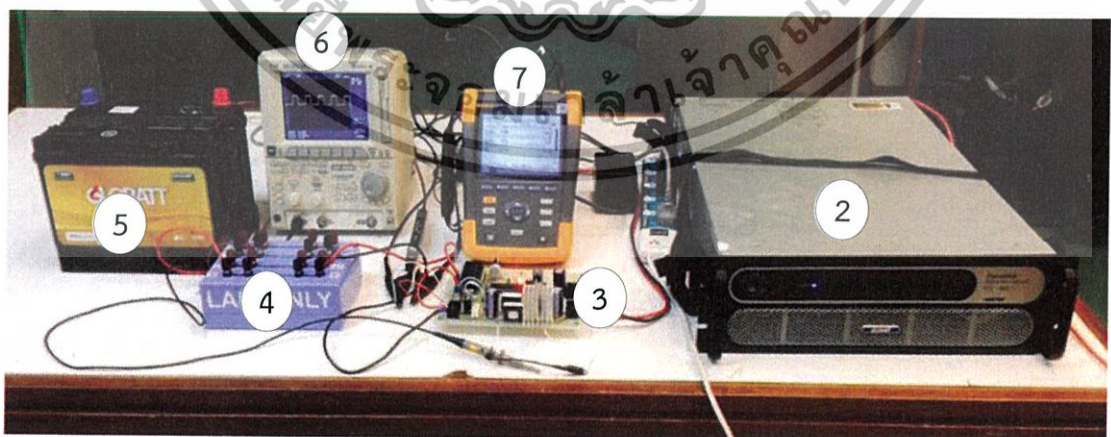
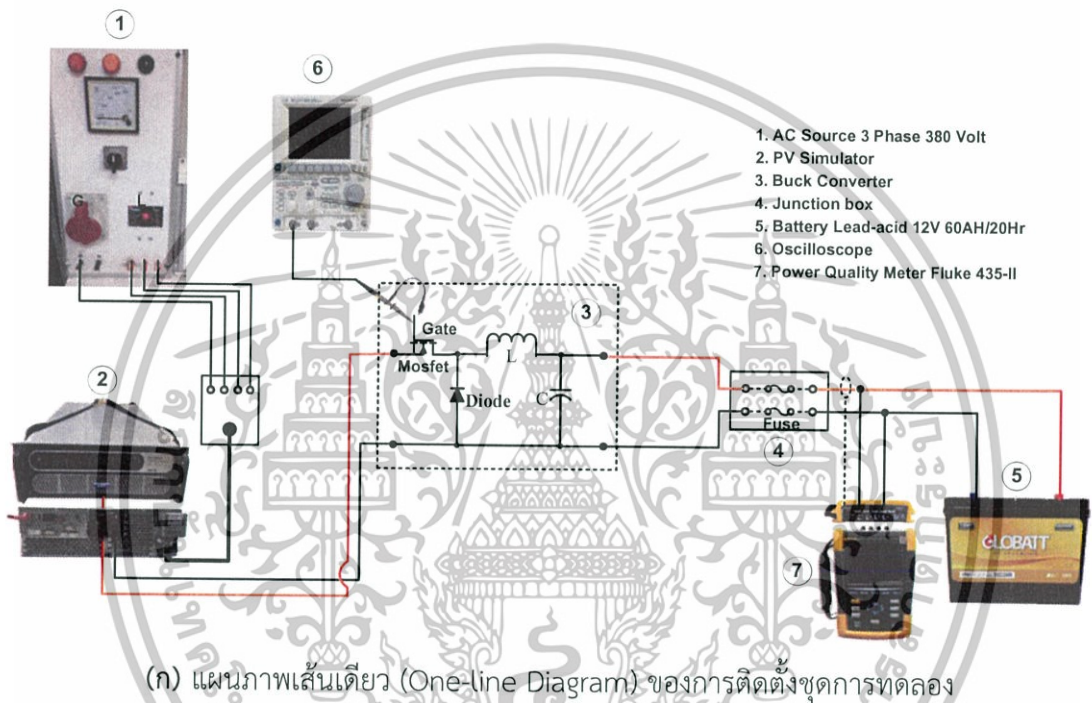
จากรูปที่ 3.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในการประจุแบตเตอรี่ ซึ่งจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ในการประมวลผลการทำงาน ตามขั้นตอนรูปที่ 3.7 โดยจะสังเกตเห็นว่ามีการกระเพื่อมของค่ากระแส เนื่องจากตัวตรวจจับกระแสไฟฟ้ามีช่วงของการตรวจที่กว้าง

ซึ่งผลของการทดสอบวงจร โดยการปรับค่าความเข้มแสงและอุณหภูมิ และหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและอุณหภูมิกับเวลา และทำการทดลองประจุแบตเตอรี่ โดยใช้เครื่องจำลองเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งผลการทดลองจะแสดงในบทที่ 4 ต่อไป

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในหัวข้อนี้จะเป็นการแสดงผลการทดลองการประจุแบตเตอรี่ทั้ง 3 สถานะ คือ สถานะแรก ประจุโดยควบคุมกระแสให้มีค่าคงที่ สถานะที่ 2 และ 3 เป็นการควบคุมแรงดันไฟฟ้าให้มีค่าคงที่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาคุณสมบัติของเครื่องประจุแบตเตอรี่ที่ทำการออกแบบ โดยมีการเชื่อมต่อชุดทดลอง ดังภาพ 4.1 (ก) และ 4.1 (ข)



(ข) การติดตั้งชุดการทดลองโดยรวม

รูปที่ 4.1 แผนภาพเส้นเดียว (One-line Diagram) และภาพการติดตั้งชุดการทดลองโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.1 (ก) และรูปที่ 4.1 (ข) อธิบายการเชื่อมต่อชุดทดลองดังนี้ เครื่องจำลองเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถจำลองแผงเซลล์แสงอาทิตย์ สภาพอากาศ และความเข้มแสง โดยมีไฟฟ้ากระแสตรงออกมาเหมือนสภาวะจริง โดยรับไฟ 3 เฟส เพื่อเลี้ยงให้เครื่องสามารถทำงานได้ ต่อมาเครื่องประจุแบตเตอรี่ทำหน้าที่ลดทอนระดับแรงดันเพื่อให้สามารถประจุลงแบตเตอรี่ได้ และเป็นตัวคอยปรับสัญญาณควบคุม (PWM) เพื่อกำหนดค่าดีวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) ให้เหมาะสมกับแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ต้องการ โดยก่อนเข้าแบตเตอรี่จะต่อฟิวส์เพื่อป้องกันกระแสเกิน ในขณะเดียวกันใช้เครื่องออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) ตรวจสอบสัญญาณควบคุม (PWM) และใช้เครื่องตรวจวัดคุณภาพกำลังไฟฟ้า (Power Quality Meter) ตรวจวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าเพื่อบันทึกผลการทดลอง

4.1 การจำลองเซลล์แสงอาทิตย์

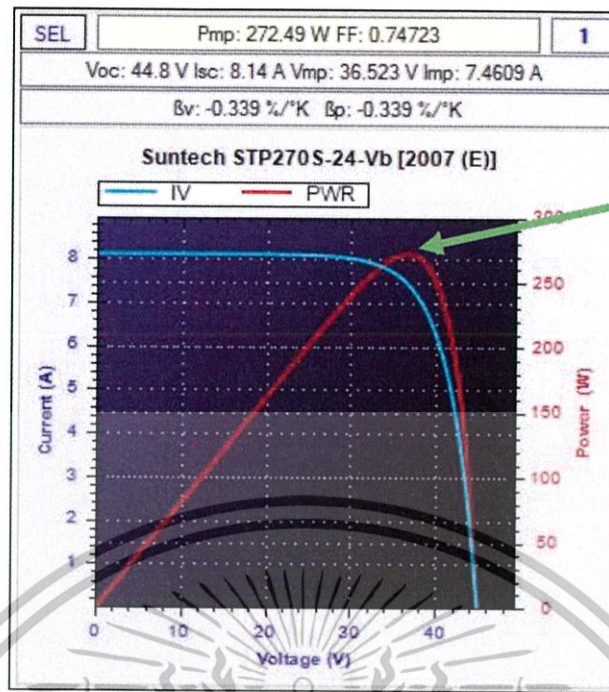
4.1.1 คุณสมบัติของแผงเซลล์อาทิตย์

โดยแผงที่นำมาทดสอบเป็นแผงชนิดผลึกรวมซิลิกอน ขนาด

- ขนาดกำลังสูงสุด	270	วัตต์
- แรงดันไฟฟ้าที่กำลังสูงสุด	35	โวลต์
- กระแสไฟฟ้ากำลังสูงสุด	7.71	แอมป์
- กระแสไฟฟ้าลัดวงจร	8.2	แอมป์
- แรงดันไฟฟ้าเมื่อเปิดวงจร	44.5	โวลต์

ค่าตัวเลขนี้ คิดจากสภาพมาตรฐานที่ความเข้มแสง $1,000 \text{ W/m}^2$ ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 1 องศาเซลเซียส จะทำให้แรงดันลดลง 0.5%

จากรูปที่ 4.2 แสดงถึงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ I-V curve สามารถใช้ตรวจสอบกำลังผลิตสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ หากอุณหภูมิของเซลล์และความเข้มแสงที่ตกกระทบบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าคงที่ จากเส้นกราฟสีแดงแสดงให้เห็นว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ 270 วัตต์



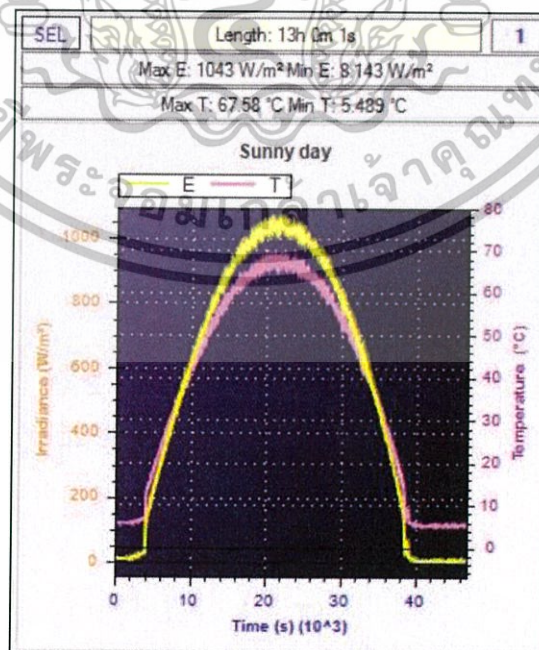
กำลังไฟฟ้าสูงสุด

270 วัตต์

รูปที่ 4.2 กราฟคุณสมบัติทางไฟฟ้า (I-V curve) ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาดกำลัง 270 วัตต์

4.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและอุณหภูมิกับเวลา

เนื่องจากการทดลองต้องใช้เครื่องจำลองพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งการจำลองขึ้นอยู่กับชนิดของแผงและความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและอุณหภูมิกับเวลา เป็นการจำลองในวันที่มีแสงแดดตลอดทั้งวัน



รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและอุณหภูมิกับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและอุณหภูมิกับเวลา เมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้กระแสไฟฟ้าที่ออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นด้วย แต่ส่งผลต่อแรงดันไฟฟ้าเพียงเล็กน้อย และเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าที่ออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงแต่ไม่ส่งผลต่อกระแสไฟฟ้า

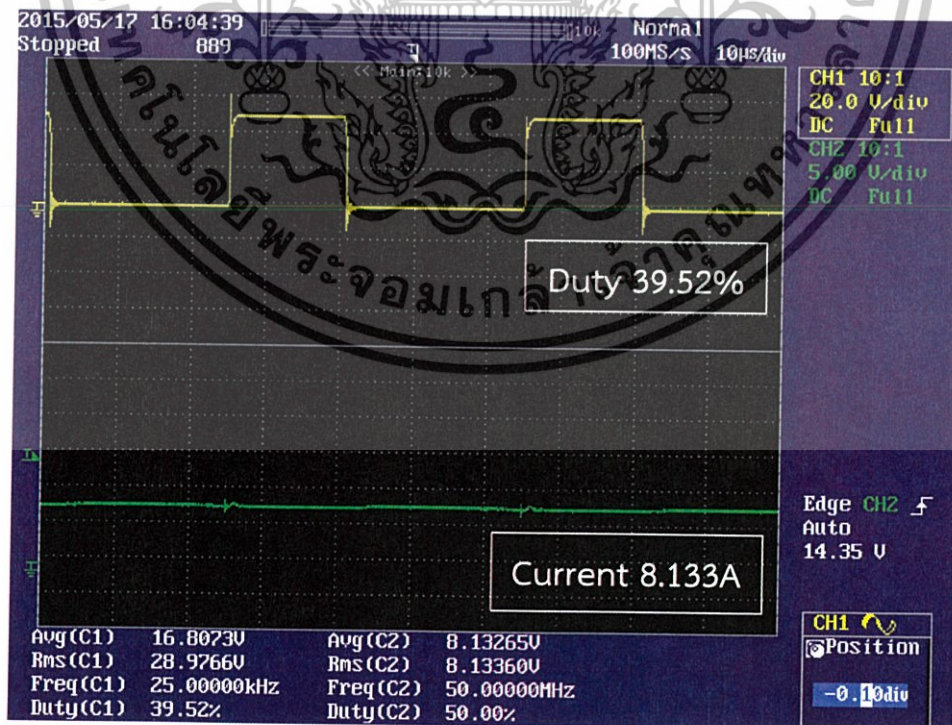
4.2 ผลการทดลองการประจุแบตเตอรี่

4.2.1 การทดสอบการประจุแบตเตอรี่ในสถานะกระแสคงที่ (Constant Current)

การประจุในสถานะนี้เป็นการประจุในสถานะแรกเริ่มของการประจุแบตเตอรี่ โดยจะจำกัดกระแสประจุให้มีค่าคงที่ที่ประมาณ 8 แอมป์ ในช่วงแรงดันของแบตเตอรี่ขณะประจุไม่เกิน 14.6 โวลต์ ในทุกๆ ค่าความเข้มแสงและอุณหภูมิ

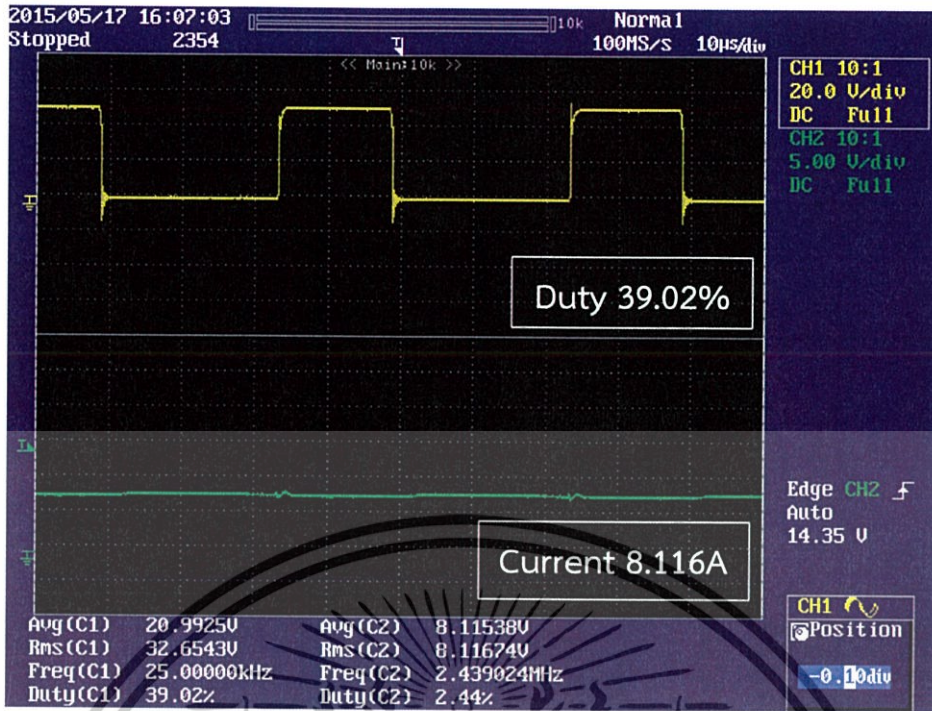
1.) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle)

ทำการทดลองโดยการจำลองแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และทำการปรับค่าความเข้มแสงไปที่ 600, 800, และ 1000 วัตต์ต่อตารางเมตร โดยคงที่ค่าอุณหภูมิไว้ที่ 37 องศาเซลเซียส เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle)

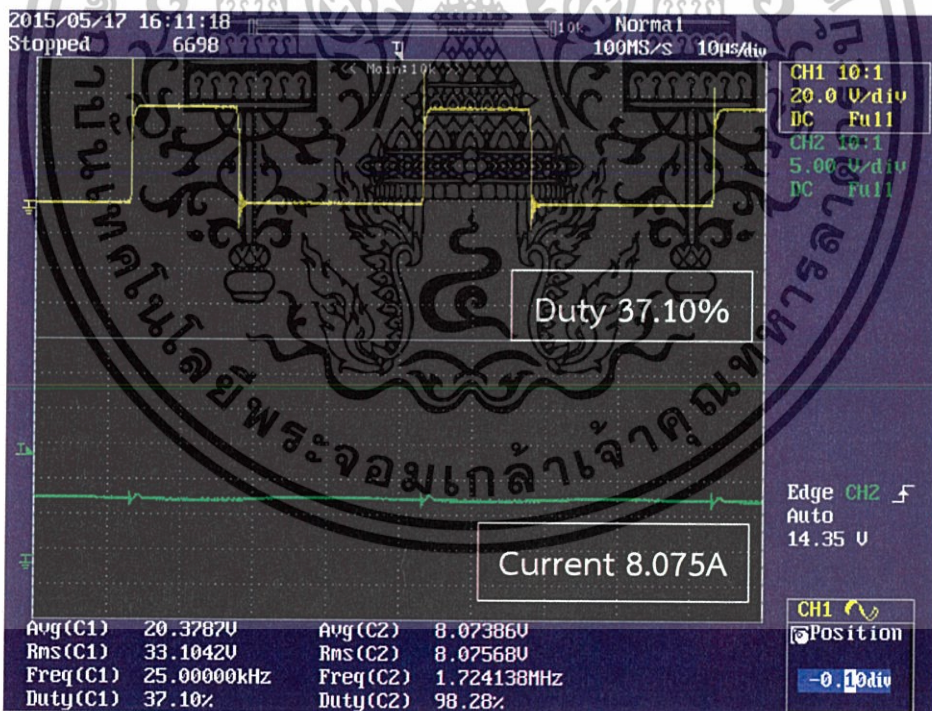


(ก.) กรณีความเข้มแสง 600 วัตต์ต่อตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข.) กรณีความเข้มแสง 800 วัตต์ต่อตารางเมตร



(ค.) กรณีความเข้มแสง 1000 วัตต์ต่อตารางเมตร

รูปที่ 4.4 สัญญาณกระแสและดิวิตีไซเคิล (Duty Cycle) เมื่อเปลี่ยนความเข้มแสงในกรณีต่างๆ

(สถานะกระแสคงที่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าเมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากสมการ

$$P_{out} = P_{in} \times eff$$

$$V_{out}I_{out} = V_{in}I_{in} \times eff$$

$$Duty = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{I_{in}}{I_{out}} \times eff$$

ดังนั้น

$$Duty = \frac{V_{out}}{V_{in}} \quad (4.1)$$

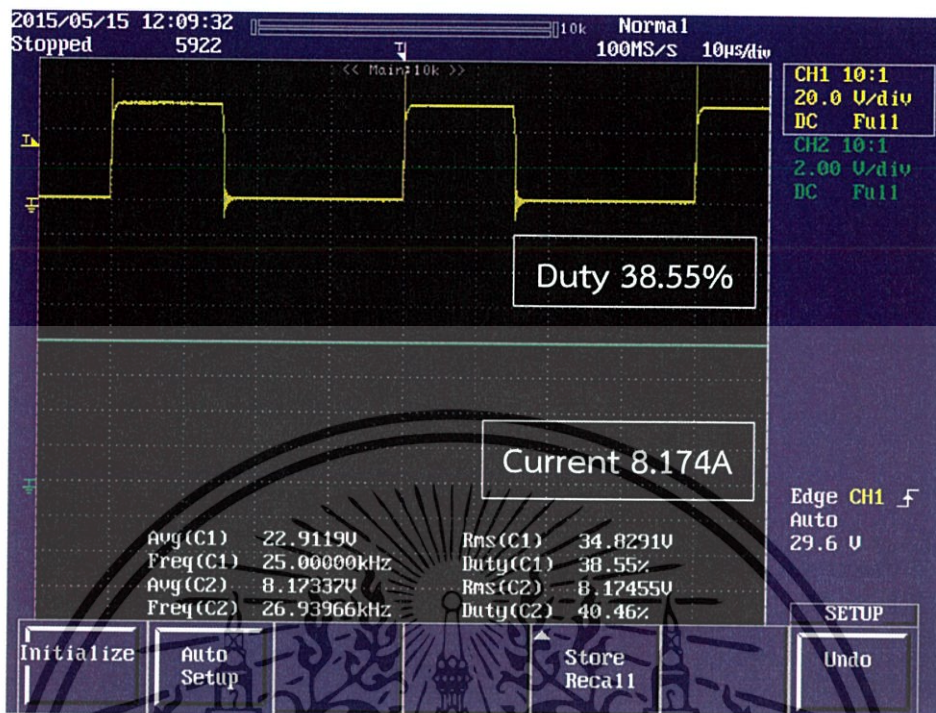
และ

$$Duty = \frac{I_{in}}{I_{out}} \times eff \quad (4.2)$$

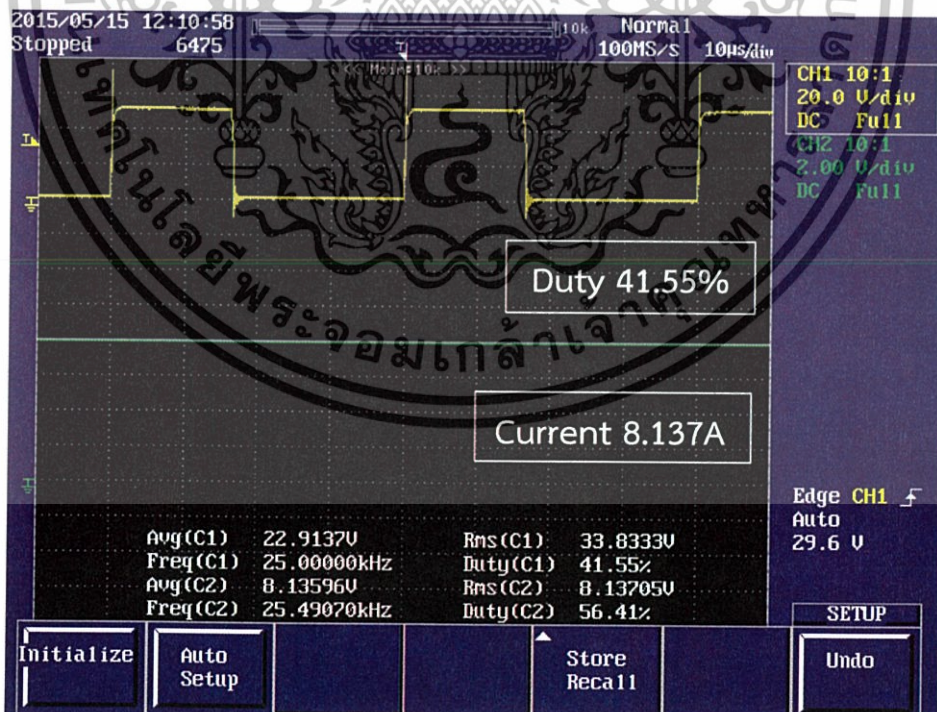
จากสมการที่ 4.1 และ 4.2 โดยมีประสิทธิภาพ (eff) ประมาณ 83 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉลี่ย ในสถานะกระแสคงที่ เมื่อทำการเพิ่มค่าความเข้มแสง ค่าที่ได้จากการจำลองแผงเซลล์แสงอาทิตย์คือ แรงดันไฟฟ้าขาเข้า (V_{in}) เพิ่มขึ้นเล็กน้อยและกระแสไฟฟ้าขาเข้า (I_{in}) คงที่ และผลที่ได้จากวงจรคือ ดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) มีค่าลดลง จึงจะทำให้กระแสไฟฟ้าขาออก (I_{out}) มีค่าคงที่ที่ 8 แอมป์ ตามวัตถุประสงค์

2.) ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle)

ทำการทดลองโดยการจำลองแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และทำการปรับค่าอุณหภูมิไปที่ 30 , 40 , และ 50 องศาเซลเซียส โดยคงที่ค่าความเข้มแสงไว้ที่ 800 วัตต์ต่อตารางเมตร เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle)

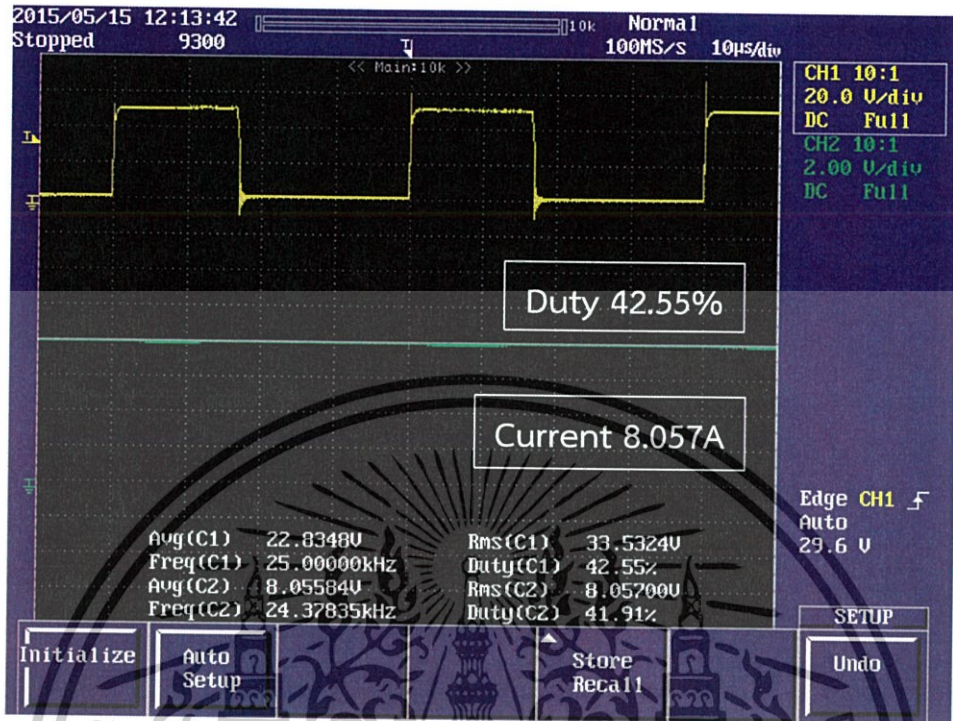


(ก.) กรณีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส



(ข.) กรณีอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ค.) กรณียุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส
รูปที่ 4.5 สัญญาณกระแสและดิวตี้ไซเคิล (Duty cycle) เมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิในกรณีต่างๆ (สถานะกระแสคงที่)

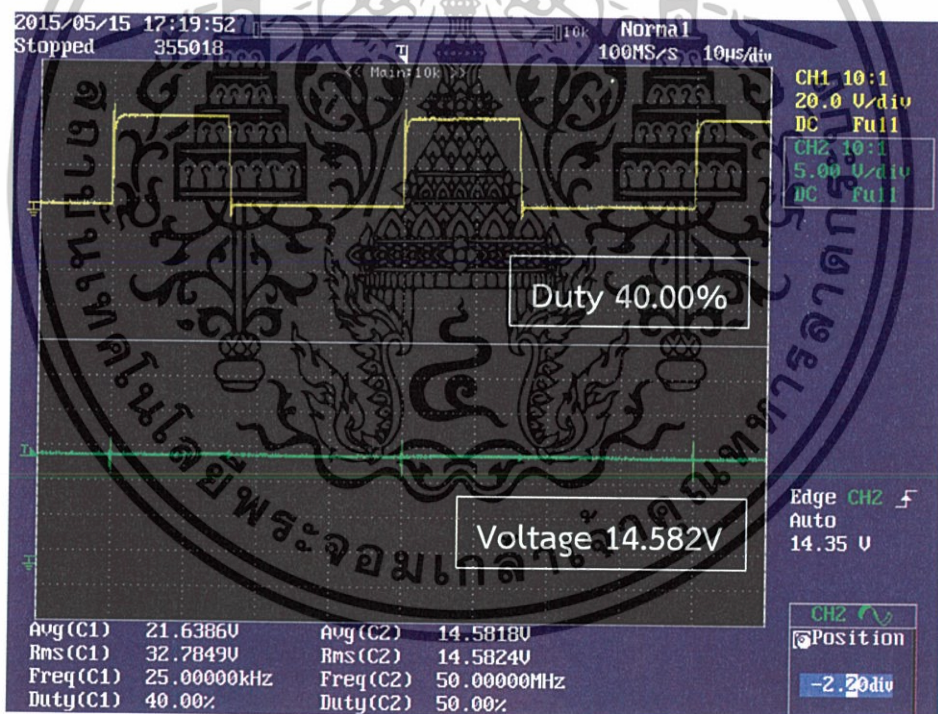
จากรูปที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และจากสมการที่ 4.1 และ 4.2 โดยมีประสิทธิภาพ (eff) ประมาณ 83 เปอร์เซ็นต์โดยเฉลี่ย ในสถานะกระแสคงที่ เมื่อทำการเพิ่มอุณหภูมิ ค่าที่ได้จากการจำลองแผงเซลล์แสงอาทิตย์คือ แรงดันไฟฟ้าขาเข้า (V_{in}) ลดลงและกระแสไฟฟ้าขาเข้า (I_{in}) เพิ่มขึ้น และผลที่ได้จากวงจรคือ ดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) มีค่าเพิ่มขึ้น จึงจะทำให้กระแสไฟฟ้าขาออก (I_{out}) มีค่าคงที่ที่ 8 แอมป์ ตามวัตถุประสงค์

4.2.2 การทดสอบการประจุแบตเตอรี่ในสถานะแรงดันคงที่ (Constant Voltage)

การประจุแบตเตอรี่ในสถานะนี้เป็นการประจุต่อจากสถานะกระแสคงที่ เมื่อแรงดันที่ขั้วของแบตเตอรี่ขณะประจุมีค่าถึง 14.6 โวลต์ แล้วทำการจำกัดแรงดันที่ใช้ในการประจุลงแบตเตอรี่ให้มีค่าคงที่ที่ประมาณ 14.6 โวลต์ ทุกๆ ช่วงของความเข้มแสงและอุณหภูมิ

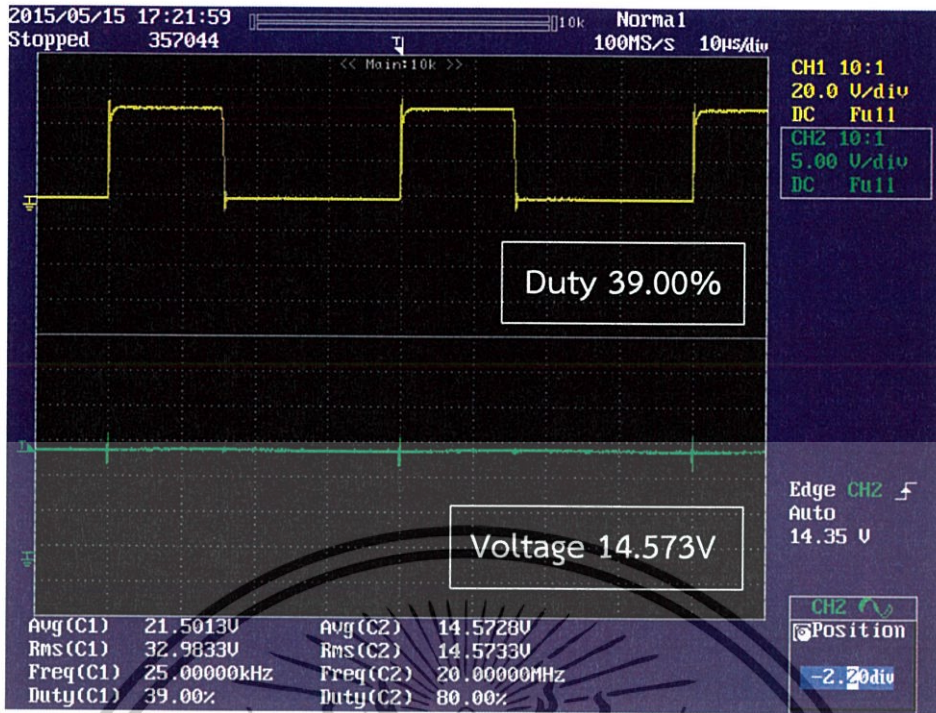
1.) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle)

ทำการทดลองโดยการจำลองแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และทำการปรับค่าความเข้มแสงไปที่ 600 , 800 และ 1000 วัตต์ต่อตารางเมตร โดยคงที่ค่าอุณหภูมิไว้ที่ 37 องศาเซลเซียส เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle)

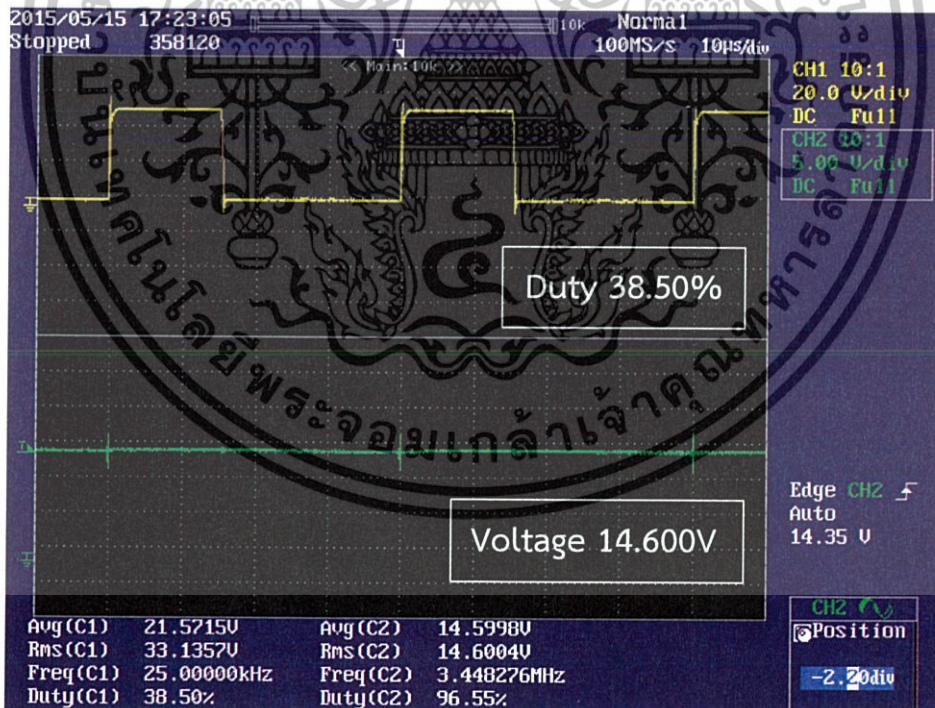


(ก.) กรณีความเข้มแสง 600 วัตต์ต่อตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข.) กรณีความเข้มแสง 800 วัตต์ต่อตารางเมตร



(ค.) กรณีความเข้มแสง 1000 วัตต์ต่อตารางเมตร

รูปที่ 4.6 สัญญาณแรงดันและดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) เมื่อเปลี่ยนความเข้มแสงในกรณีต่างๆ

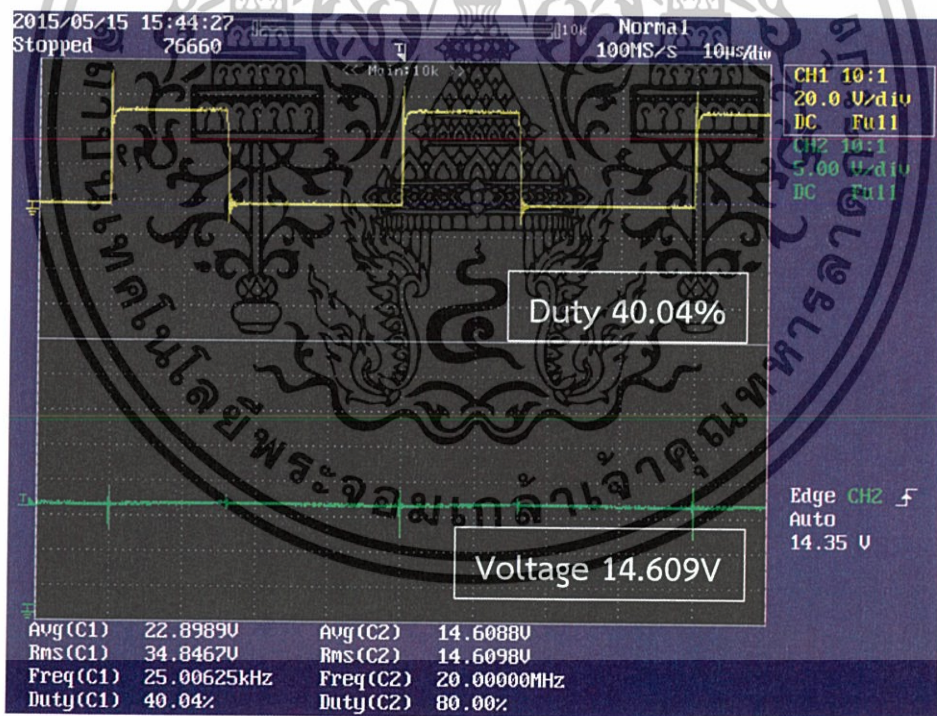
(สถานะแรงดันคงที่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่าเมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) มีแนวโน้มลดลง และจากสมการที่ 4.1 และ 4.2 โดยมีประสิทธิภาพ (eff) ประมาณ 83 เปอร์เซ็นต์โดยเฉลี่ย ในสถานะแรงดันคงที่ เมื่อทำการเพิ่มค่าความเข้มแสง ค่าที่ได้จากการจำลองแผงเซลล์แสงอาทิตย์คือ แรงดันไฟฟ้าขาเข้า (V_{in}) เพิ่มขึ้นเล็กน้อยและกระแสไฟฟ้าขาเข้า (I_{in}) เพิ่มขึ้น และผลที่ได้จากวงจรคือ ดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) มีค่าลดลง จึงจะทำให้แรงดันไฟฟ้าขาออก (V_{out}) มีค่าคงที่ที่ 14.6 โวลต์ ตามวัตถุประสงค์

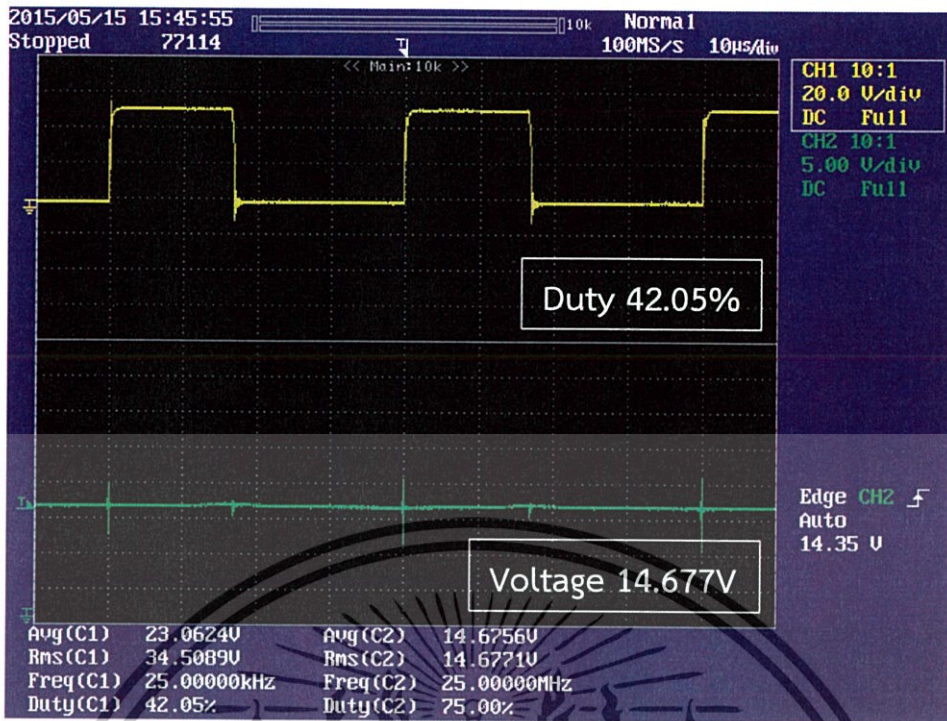
2.) ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle)

ทำการทดลองโดยการจำลองแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และทำการปรับค่าอุณหภูมิไปที่ 30 , 40 และ 50 องศาเซลเซียส โดยคงที่ค่าความเข้มแสงไว้ที่ 800 วัตต์ต่อตารางเมตร เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle)

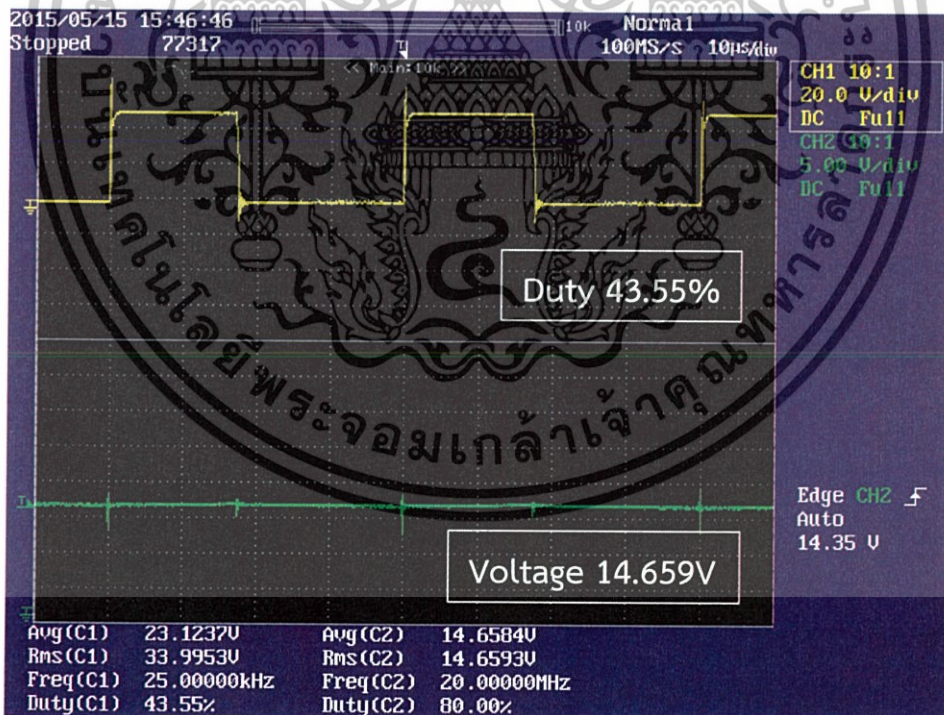


(ก.) กรณีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข.) กรณีอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส



(ค.) กรณีอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

รูปที่ 4.7 สัญญาณแรงดันและดิวิตีไซเคิล (Duty Cycle) เมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิในกรณีต่างๆ
(สถานะแรงดันคงที่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

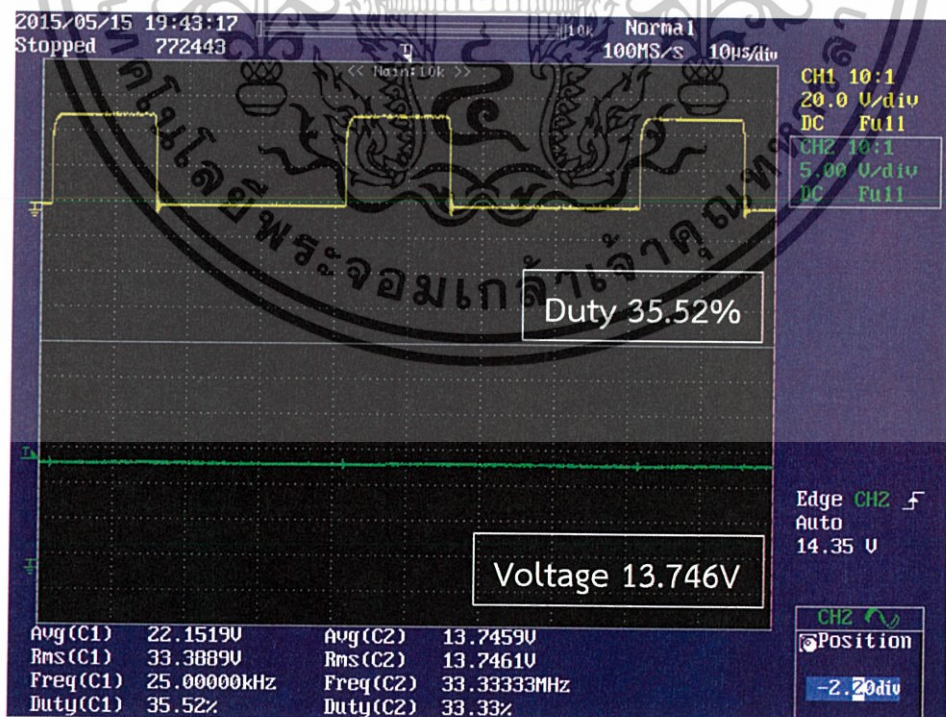
จากรูปที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และจากสมการที่ 4.1 และ 4.2 โดยมีประสิทธิภาพ (eff) ประมาณ 83 เปอร์เซ็นต์โดยเฉลี่ย ในสถานะแรงดันคงที่ เมื่อทำการเพิ่มอุณหภูมิ ค่าที่ได้จากการจำลองแผงเซลล์แสงอาทิตย์คือ แรงดันไฟฟ้าขาเข้า (V_{in}) ลดลงและกระแสไฟฟ้าขาเข้า (I_{in}) เพิ่มขึ้น และผลที่ได้จากวงจรคือ ดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) มีค่าเพิ่มขึ้น จึงจะทำให้แรงดันไฟฟ้าขาออก (V_{out}) มีค่าคงที่ที่ 14.6 โวลต์ ตามวัตถุประสงค์

4.2.3 การทดสอบการประจุแบตเตอรี่ในสถานะแรงดันปกติ (Float Charge)

การประจุแบตเตอรี่ในสถานะนี้เป็นการประจุต่อจากสถานะแรงดันคงที่ เมื่อกระแสขณะประจุแบตเตอรี่มีค่าลดลงถึง 1.5 แอมป์ แล้วทำการจำกัดแรงดันที่ใช้ในการประจุลงแบตเตอรี่ให้ มีค่าคงที่ที่ประมาณ 13.8 โวลต์ ทุกๆช่วงของความเข้มแสงและอุณหภูมิ

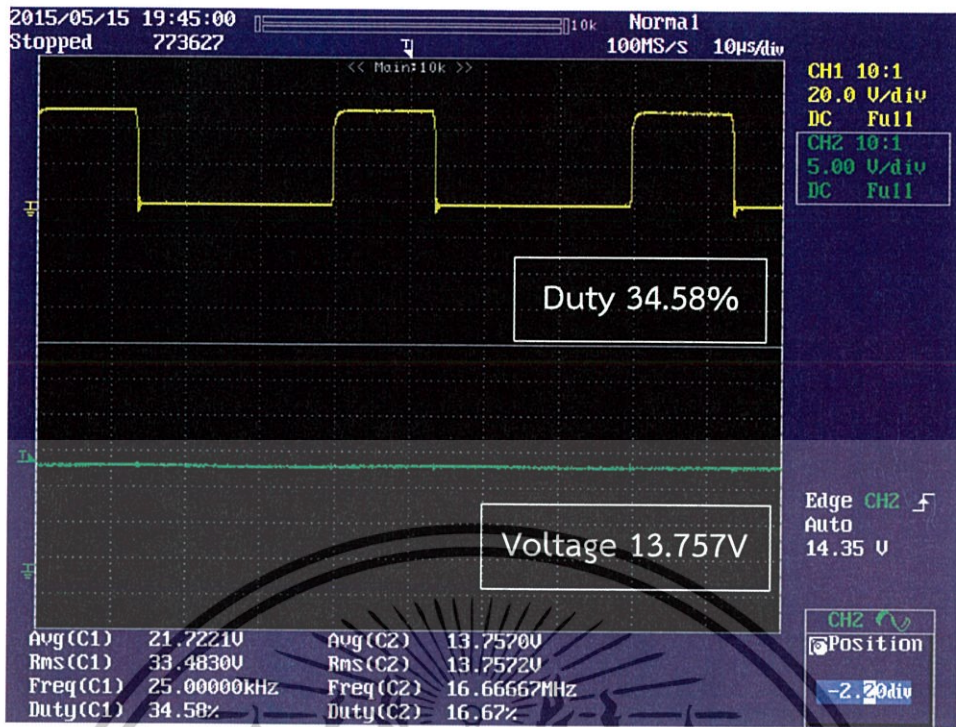
1.) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle)

ทำการทดลองโดยการจำลองแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และทำการปรับค่าความเข้มแสงไปที่ 600 , 800 และ 1000 วัตต์ต่อตารางเมตร โดยคงที่ค่าอุณหภูมิไว้ที่ 37 องศาเซลเซียส เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle)

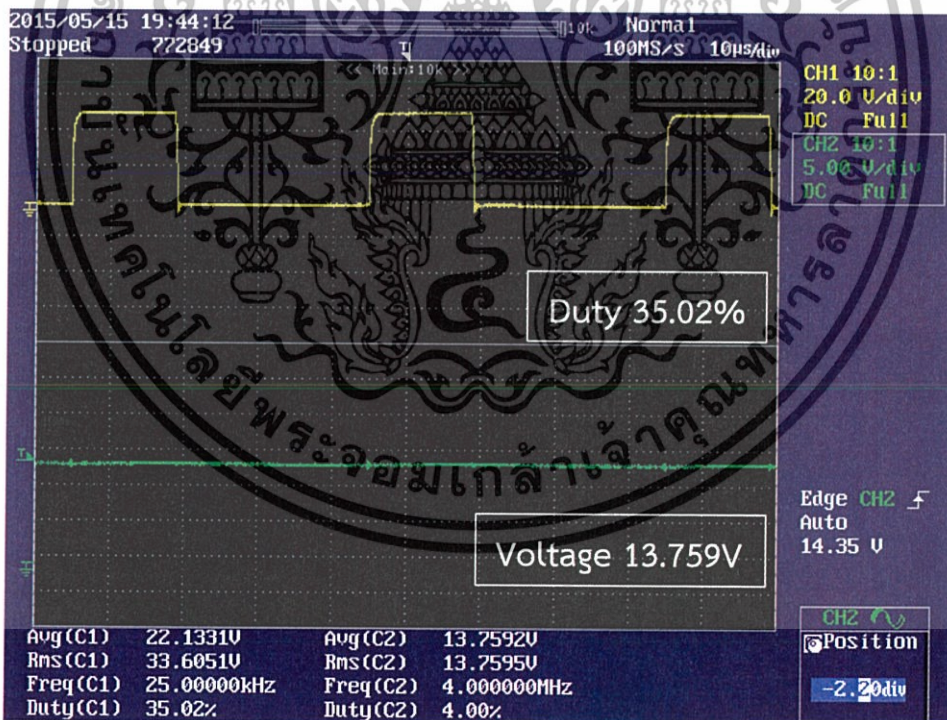


(ก.) กรณีความเข้มแสง 600 วัตต์ต่อตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข.) กรณีความเข้มแสง 800 วัตต์ต่อตารางเมตร



(ค.) กรณีความเข้มแสง 1000 วัตต์ต่อตารางเมตร

รูปที่ 4.8 สัญญาณแรงดันและดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) เมื่อเปลี่ยนความเข้มแสงในกรณีต่างๆ

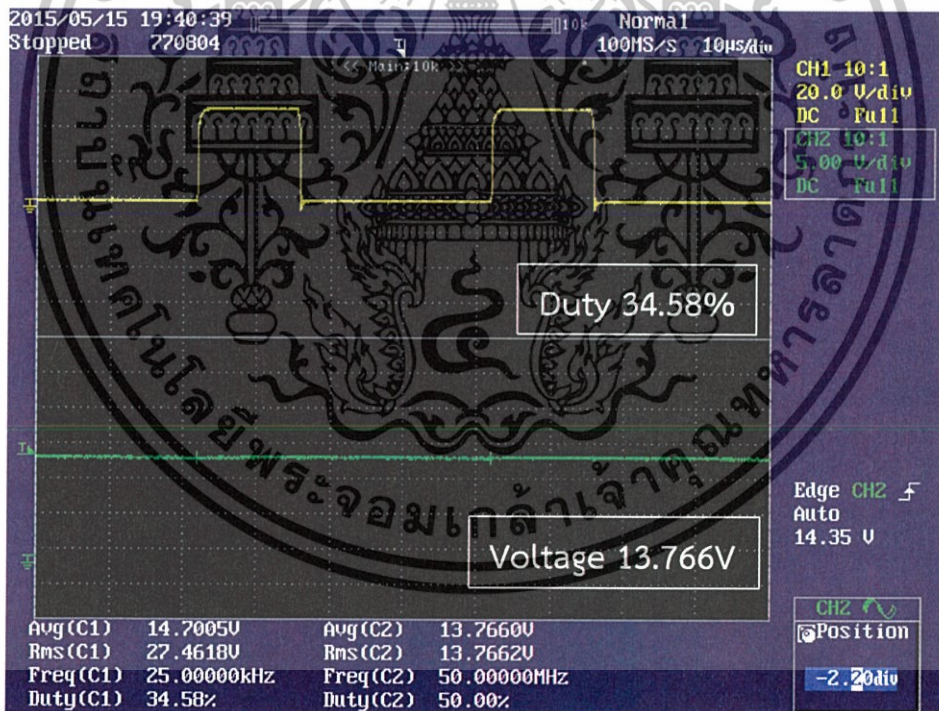
(สถานะแรงดันปกติ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.8 แสดงให้เห็นว่าเมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) มีแนวโน้มลดลง และจากสมการที่ 4.1 และ 4.2 โดยมีประสิทธิภาพ (eff) ประมาณ 83 เปอร์เซ็นต์โดยเฉลี่ย ในสถานะแรงดันปกติ เมื่อทำการเพิ่มค่าความเข้มแสง ค่าที่ได้จากการจำลองแผงเซลล์แสงอาทิตย์คือ แรงดันไฟฟ้าขาเข้า (V_{in}) เพิ่มขึ้นเล็กน้อยและกระแสไฟฟ้าขาเข้า (I_{in}) เพิ่มขึ้น และผลที่ได้จากวงจรคือ ดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) มีค่าลดลง จึงจะทำให้แรงดันไฟฟ้าขาออก (V_{out}) มีค่าคงที่ที่ 13.8 โวลต์ ตามวัตถุประสงค์

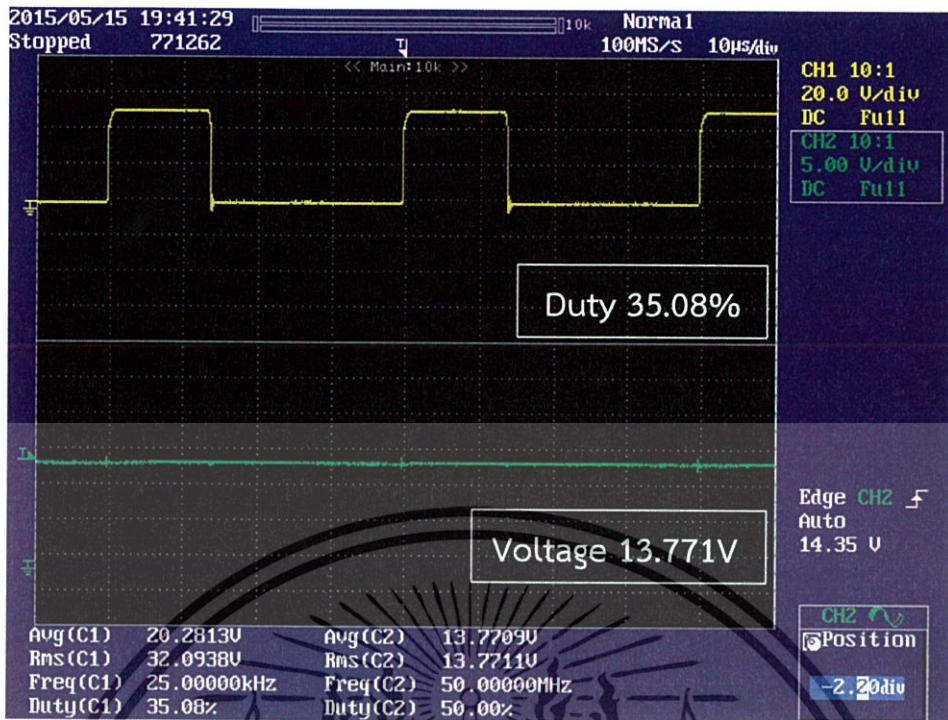
2.) ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle)

ทำการทดลองโดยการจำลองแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และทำการปรับค่าอุณหภูมิไปที่ 30 , 40 และ 50 องศาเซลเซียส โดยคงที่ค่าความเข้มแสงไว้ที่ 800 วัตต์ต่อตารางเมตร เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle)

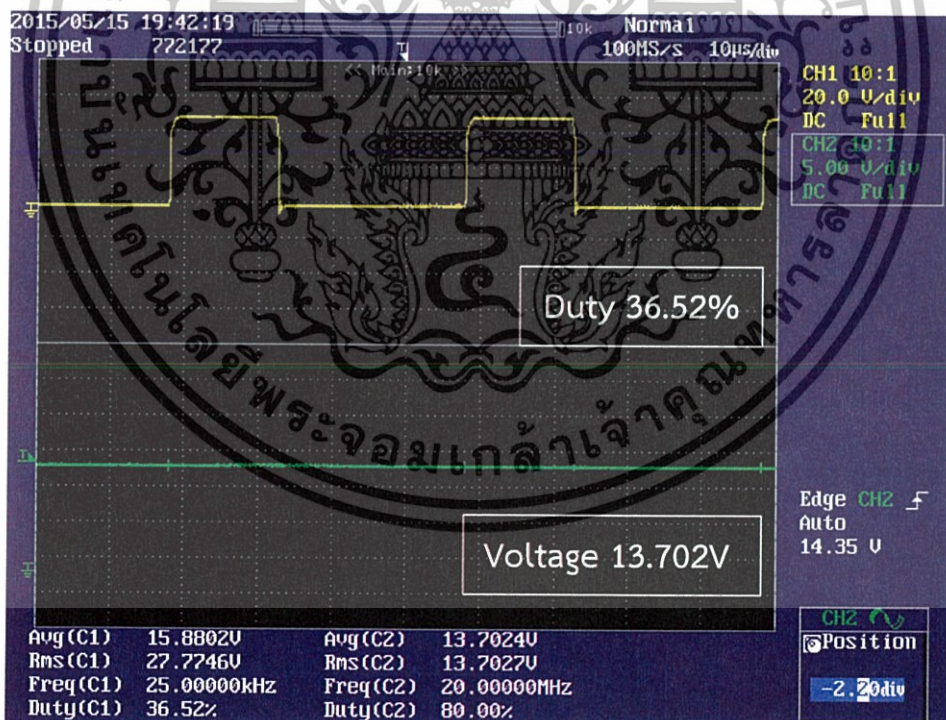


(ก.) กรณีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข.) กรณีอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส



(ค.) กรณีอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

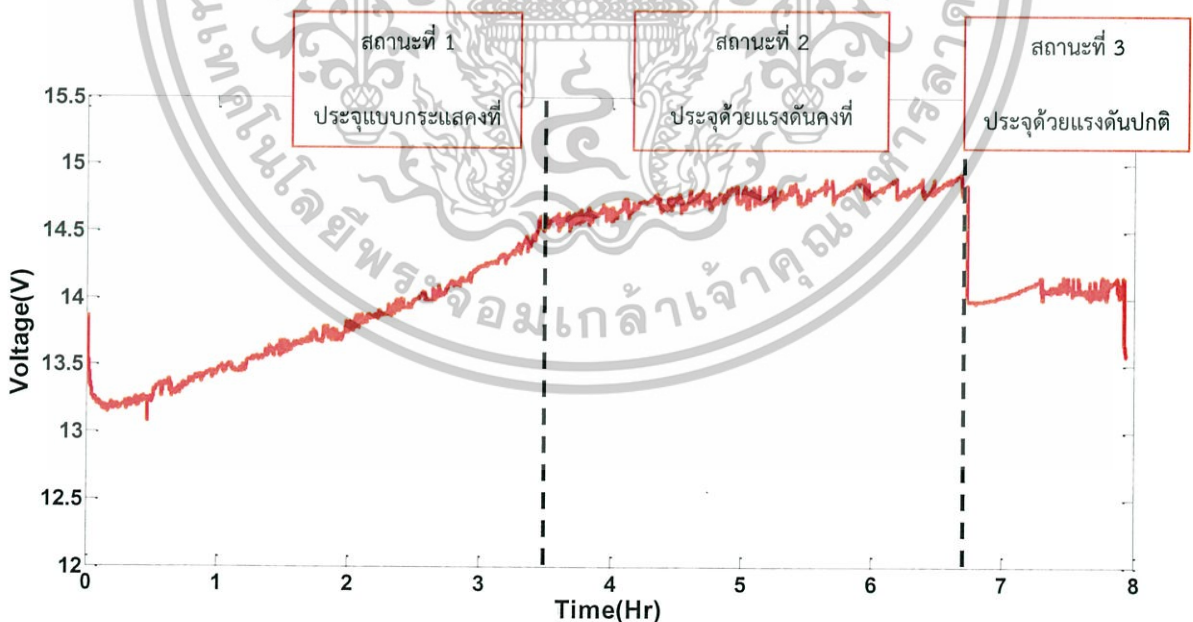
รูปที่ 4.9 สัญญาณแรงดันและดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) เมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิในกรณีต่างๆ (สถานะแรงดันปกติ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

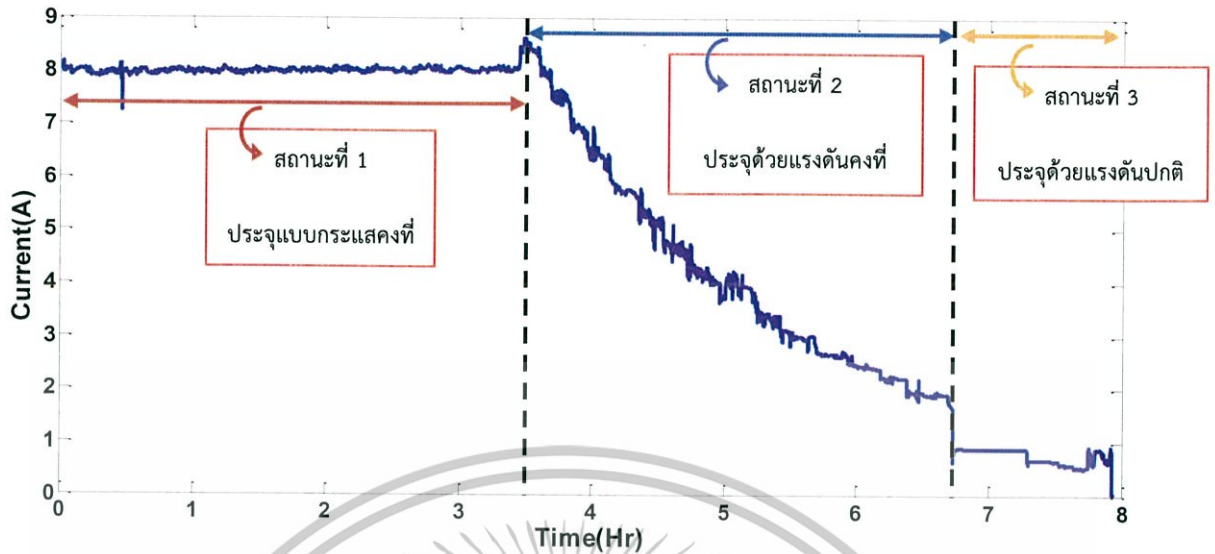
จากรูปที่ 4.9 แสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และจากสมการที่ 4.1 และ 4.2 โดยมีประสิทธิภาพ (eff) ประมาณ 83 เปอร์เซ็นต์โดยเฉลี่ย ในสถานะแรงดันปกติ เมื่อทำการเพิ่มอุณหภูมิ ค่าที่ได้จากการจำลองแผงเซลล์แสงอาทิตย์คือ แรงดันไฟฟ้าขาเข้า (V_{in}) ลดลงและกระแสไฟฟ้าขาเข้า (I_{in}) เพิ่มขึ้น และผลที่ได้จากวงจรคือ ดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) มีค่าเพิ่มขึ้น จึงจะทำให้แรงดันไฟฟ้าขาออก (V_{out}) มีค่าคงที่ที่ 13.8 โวลต์ ตามวัตถุประสงค์

4.3 ผลการทดลองคุณลักษณะการประจุแบตเตอรี่ของเครื่องประจุแบตเตอรี่

ในการประจุแบตเตอรี่จะแบ่งเป็น 3 สถานะในการประจุ สถานะแรกจะเป็นการประจุด้วยกระแสคงที่ที่ 8 แอมป์ ในการประจุสถานะนี้จะทำให้แบตเตอรี่มีความจุประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์แล้วจะเข้าสู่สถานะที่ 2 คือการประจุด้วยแรงดันคงที่ที่ 14.6 โวลต์ การประจุสถานะนี้จะทำให้แบตเตอรี่มีความจุถึงประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ และจะเข้าสู่สถานะสุดท้ายคือการประจุด้วยแรงดันคงที่ที่ 13.8 โวลต์ ซึ่งเป็นการประจุที่จะทำให้แบตเตอรี่เต็มความจุและป้องกันการเกิดการคายประจุด้วยตัวเอง (Self-Discharge)



(ก.) แรงดันไฟฟ้าขณะทำการประจุแบตเตอรี่



(ข.) กระแสไฟฟ้าขณะทำการประจุแบตเตอรี่

รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าขณะทำการประจุแบตเตอรี่กับเวลา โดยคงที่กระแสไฟฟ้าที่ประจุ 8 แอมป์

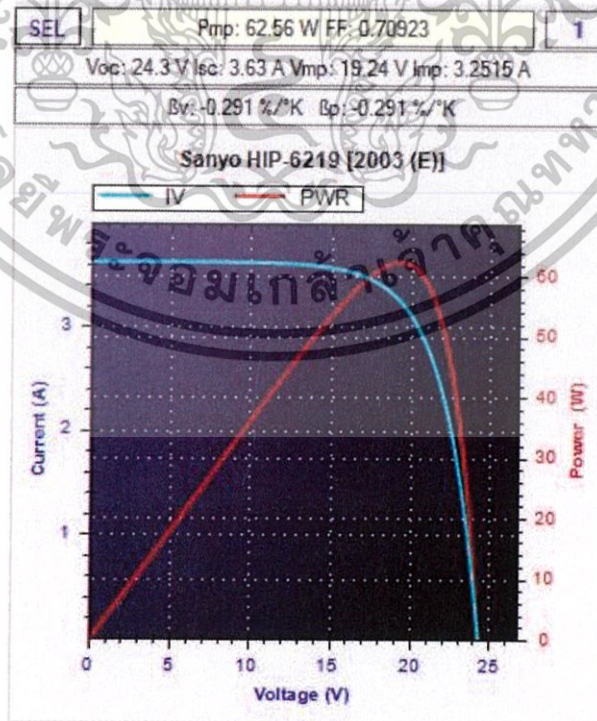
จากรูปที่ 4.10 เป็นผลของการทดลองการประจุแบตเตอรี่ด้วยเครื่องประจุแบตเตอรี่ที่ได้ออกแบบไว้ โดยในสถานะแรกเป็นการควบคุมให้กระแสประจุมีค่าคงที่ที่ 8 แอมป์ เมื่อแรงดันที่ขั้วแบตเตอรี่มีค่าเพิ่มขึ้นถึง 14.6 โวลต์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเปลี่ยนไปประจุในสถานะที่สอง คือการควบคุมแรงดันขณะประจุให้มีค่าคงที่ที่ 14.6 โวลต์ จนกระทั่งแรงดันที่ขั้วแบตเตอรี่มีค่าใกล้เคียงกับแรงดันที่ประจุ ส่งผลให้กระแสที่ใช้ในการประจุมีค่าลดลง จนมีค่าเหลือเพียง 1.5 แอมป์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเปลี่ยนไปประจุในสถานะที่สาม คือควบคุมให้แรงดันขณะประจุมีค่าคงที่ที่ 13.8 โวลต์ จนกระทั่งกระแสประจุมีค่าลดลงเหลือ 0.1 แอมป์ จึงสิ้นสุดการประจุ โดยใช้เวลาในการประจุทั้งสิ้น 7 ชั่วโมง 47 นาที

4.4 ผลการเปรียบเทียบระหว่างเครื่องประจุแบตเตอรี่ที่ได้ออกแบบไว้กับเครื่องประจุแบตเตอรี่เชิงพาณิชย์

ในการประจุแบตเตอรี่เพื่อเปรียบเทียบระหว่างเครื่องประจุแบตเตอรี่ที่ได้ออกแบบไว้กับเครื่องประจุแบตเตอรี่เชิงพาณิชย์ ซึ่งได้ทำการเปรียบเทียบโดยอ้างอิงตามความสามารถของเครื่องประจุแบตเตอรี่เชิงพาณิชย์ ซึ่งสามารถทำงานได้โดยการจำลองแสงเซลล์แสงอาทิตย์แรงดันสูงสุดไม่เกิน 40 โวลต์ จึงจำเป็นต้องลดการจำลองขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีขนาดแรงดันไม่เกิน 40 โวลต์ โดยได้ทำการทดลองโดยการประจุแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 4 แอมป์-ชั่วโมงต่อ 10 ชั่วโมง โดยจำลองแสงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดดังนี้

- ขนาดกำลังสูงสุด 63 วัตต์
- แรงดันไฟฟ้าที่กำลังสูงสุด 19.0 โวลต์
- กระแสไฟฟ้าที่กำลังสูงสุด 3.29 แอมป์
- กระแสไฟฟ้ลัดวงจร 3.63 แอมป์
- แรงดันไฟฟ้าเมื่อเปิดวงจร 24.3 โวลต์

ค่าตัวเลขนี้ คิดจากสภาพมาตรฐานที่ความเข้มแสง $1,000 \text{ W/m}^2$ ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 1 องศาเซลเซียส จะทำให้แรงดันลดลง 0.5%



รูปที่ 4.11 กราฟคุณสมบัติทางไฟฟ้า (I-V curve) ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาดกำลัง 63 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

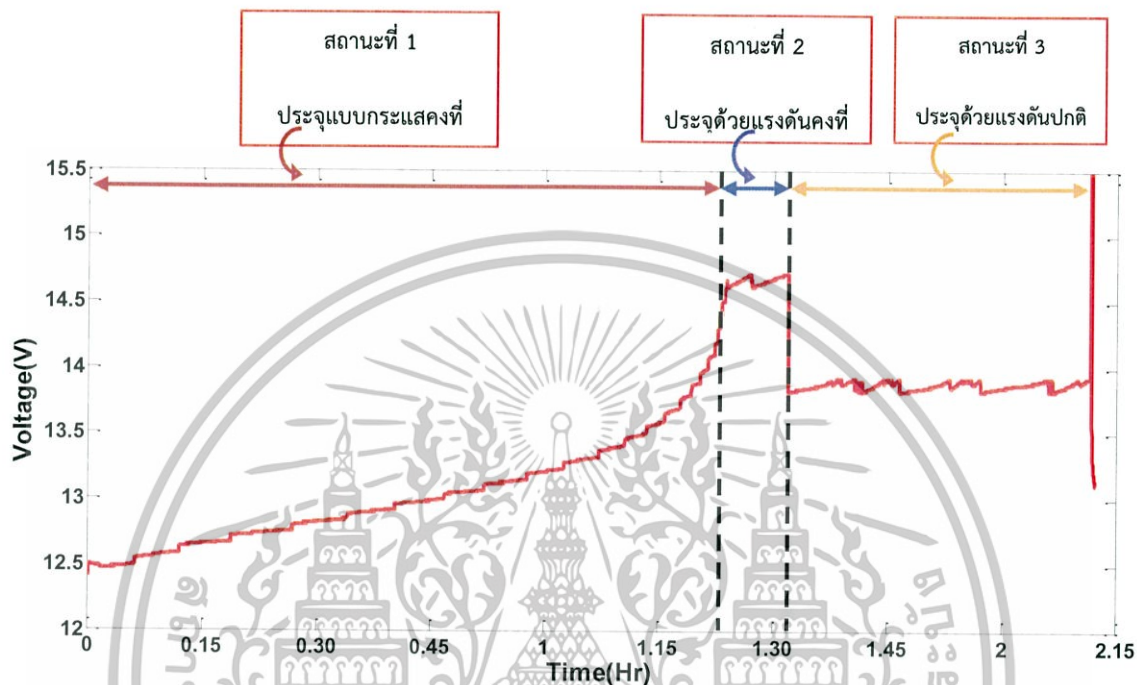
จากรูปที่ 4.11 แสดงถึงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ I-V curve สามารถใช้ตรวจสอบกำลังผลิตสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ หากอุณหภูมิของเซลล์และความเข้มแสงที่ตกกระทบบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าคงที่ จากเส้นกราฟสีแดงแสดงให้เห็นว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ 63 วัตต์



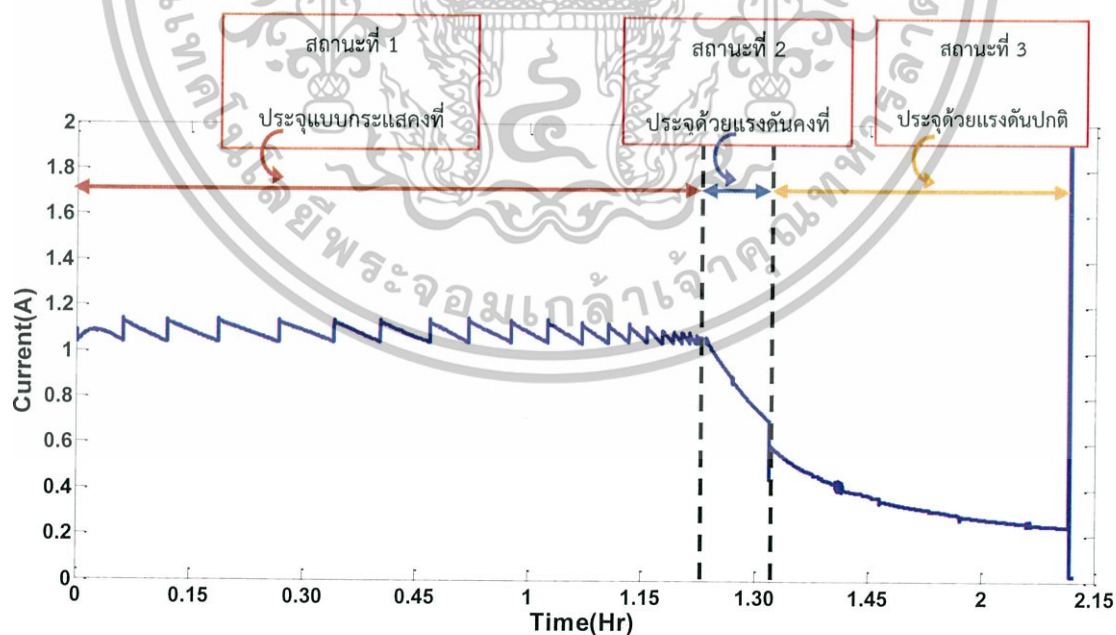
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1 เครื่องประจุแบตเตอรี่ที่ได้ออกแบบไว้

ทำการทดลองโดยการประจุแบตเตอรี่ โดยสถานะแรกคือประจุด้วยกระแสคงที่ที่ 1 แอมป์ โดยได้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้ากับเวลาดังรูปที่ 4.12



(ก.) แรงดันไฟฟ้าขณะทำการประจุแบตเตอรี่



(ข.) กระแสไฟฟ้าขณะทำการประจุแบตเตอรี่

รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าขณะทำการประจุแบตเตอรี่กับเวลา

โดยคงที่กระแสไฟฟ้าที่ประจุ 1 แอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.12 เป็นผลของการทดลองการประจุแบตเตอรี่ด้วยเครื่องประจุแบตเตอรี่ที่ได้ออกแบบไว้ โดยในสถานะแรกเป็นการควบคุมให้กระแสประจุมีค่าคงที่ที่ 1 แอมป์ เมื่อแรงดันที่ขั้วแบตเตอรี่มีค่าเพิ่มขึ้นถึง 14.6 โวลต์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเปลี่ยนไปประจุในสถานะที่สอง คือ การควบคุมแรงดันขณะประจุให้มีค่าคงที่ที่ 14.6 โวลต์ จนกระทั่งแรงดันที่ขั้วแบตเตอรี่มีค่าใกล้เคียงกับแรงดันที่ประจุ ส่งผลให้กระแสที่ใช้ในการประจุมีค่าลดลง จนมีค่าเหลือเพียง 0.4 แอมป์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเปลี่ยนไปประจุในสถานะที่สาม คือควบคุมให้แรงดันขณะประจุมีค่าคงที่ที่ 13.8 โวลต์ จนกระทั่งกระแสประจุมีค่าลดลงเหลือ 0.1 แอมป์ จึงสิ้นสุดการประจุ โดยใช้เวลาในการประจุทั้งสิ้น 2 ชั่วโมง 10 นาที

4.4.2 เครื่องประจุแบตเตอรี่เชิงพาณิชย์

โดยเครื่องที่นำมาประจุลงแบตเตอรี่คือเครื่องประจุแบตเตอรี่ ยี่ห้อ Silicon Solar

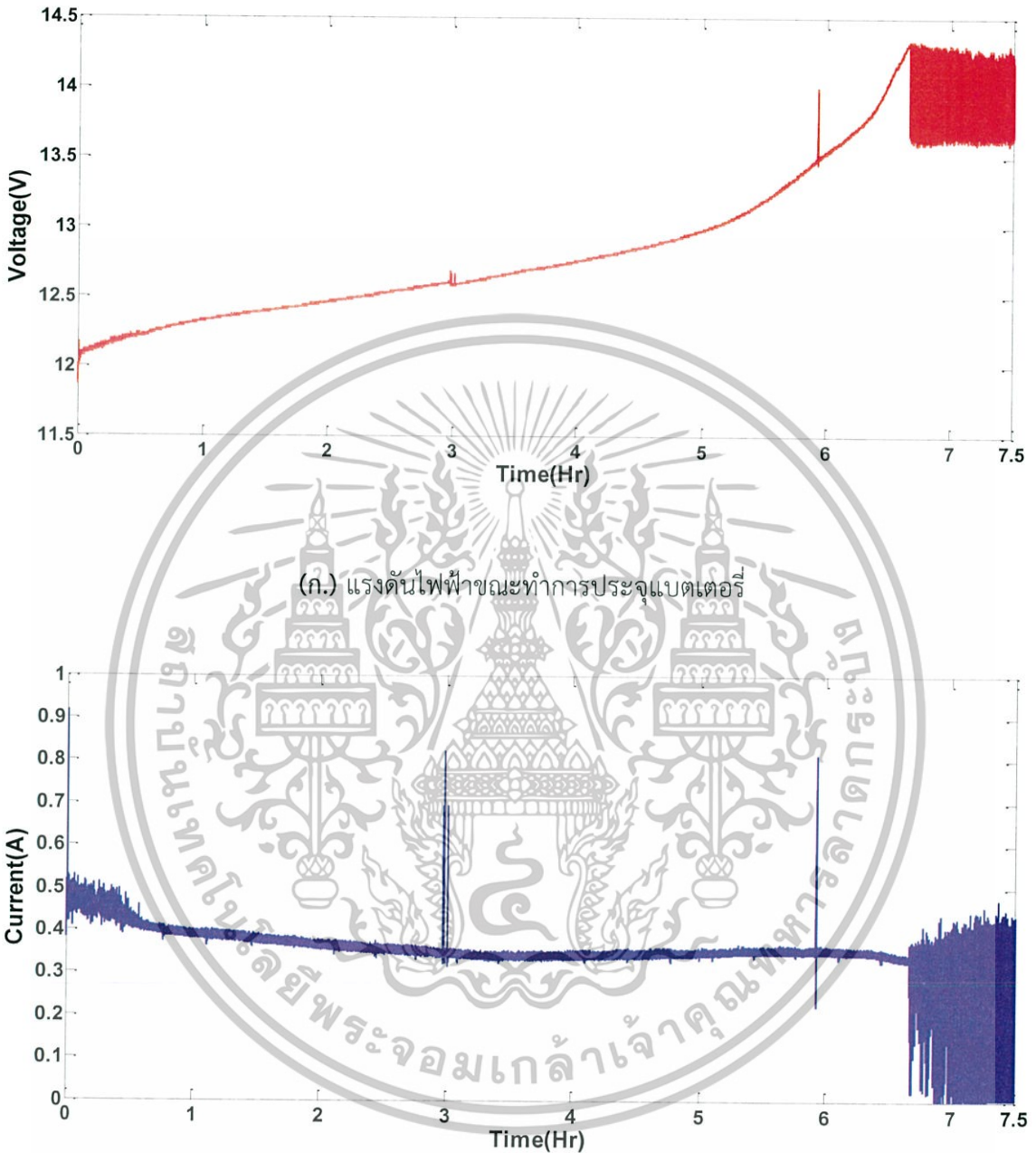
- กระแสขาเข้าสูงสุด 30 แอมป์
- แรงดันขาเข้าสูงสุด 50 โวลต์
- กระแสจ่ายโหลดสูงสุด 30 แอมป์



รูปที่ 4.13 เครื่องประจุแบตเตอรี่เชิงพาณิชย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยได้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้ากับเวลาดังรูปที่ 4.14



(ข.) กระแสไฟฟ้าขณะทำการประจุแบตเตอรี่

รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าขณะทำการประจุแบตเตอรี่กับเวลา
ของเครื่องประจุแบตเตอรี่เชิงพาณิชย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.14 เมื่อเริ่มทำการประจุแรงดันไฟฟ้าเริ่มต้นขณะประจุ 12.1 โวลต์ โดยกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการประจุมีค่าเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ออกมาจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งในการประจุครั้งนี้ กระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการประจุอยู่ที่ประมาณ 0.3-0.5 แอมป์ โดยแรงดันไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนแบตเตอรี่มีความจุใกล้จะเต็ม และกระแสไฟฟ้าที่ใช้ประจุจะลดลงเข้าใกล้ 0 แอมป์ จะถือว่าแบตเตอรี่เต็มความจุ โดยใช้เวลาในการประจุทั้งสิ้น 7 ชั่วโมง 30 นาที

ผลของการเปรียบเทียบ สังกะสีวาระยะเวลาที่ใช้ในการประจุของเครื่องที่ออกแบบไว้ใช้ระยะเวลาสั้นกว่าเครื่องประจุแบตเตอรี่ยี่ห้อ Silicon Solar ประมาณ 5 ชั่วโมง ซึ่งวิธีที่ใช้ในการประจุของเครื่องประจุแบตเตอรี่ยี่ห้อ Silicon Solar จะทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่สั้นลงเนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการประจุมีค่าเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ออกมาจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งถ้าต้องการที่จะยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ ไม่ควรใช้กระแสไฟฟ้าในการประจุเกิน 0.25C (C ความจุของแบตเตอรี่ มีหน่วยเป็น แอมป์-ชั่วโมง) แต่เครื่องประจุแบตเตอรี่ได้ได้ออกแบบไว้ไม่สามารถที่จะประจุได้ขณะแรงดันไฟฟ้าขาออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าต่ำกว่า 20 โวลต์ เนื่องจากดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) มีค่าสูง วงจรไม่สามารถทำงานได้

4.5 เปรียบเทียบราคาเครื่องประจุแบตเตอรี่ที่ออกแบบไว้กับเครื่องประจุแบตเตอรี่เชิงพาณิชย์

จากที่ได้ทำการสร้างเครื่องประจุแบตเตอรี่ตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยมีรายการและราคาวัสดุอุปกรณ์ ดังตารางที่ 4.1 เพื่อทำการเปรียบเทียบกับราคาของเครื่องประจุแบตเตอรี่เชิงพาณิชย์ ซึ่งเครื่องประจุแบตเตอรี่ที่ได้ออกแบบไว้มีความสามารถในการประจุกระแสได้สูงกว่าเครื่องประจุแบตเตอรี่เชิงพาณิชย์

ตารางที่ 4.1 ราคาวัสดุอุปกรณ์ของเครื่องประจุแบตเตอรี่ที่ออกแบบไว้

ลำดับ	รายการสินค้า	จำนวน	ราคา/หน่วย	จำนวนเงิน (บาท)
1	PIC16F877A	1	190	190
2	Socket IC 40 ขา	1	20	20
3	C 1000uF/100V E-cap	3	35	105
4	MOSFET IRF2807	1	25	25
5	MBR2100CTG	2	13	26
6	390uH Inductor	2	100	200
7	C 0.1uF/63V Film Cap	6	4	24
8	R กระเบื้อง 10K	1	5	5
9	Terminal 2PINs	3	10	30
10	Heatsink	5	8	40
11	ACS712-20A	1	150	150
12	จอ LCD 16x2 Black-White	1	200	200
13	R 5K วอลลุ่ม โมโน	1	15	15
14	หลอดไฟ LED	3	5	15
15	C 1uF/63V Film Cap	2	7	14
16	LM2575-12	1	53	53
17	Diode 1N5819	2	5	10
18	100uH , 2.1A Inductor	1	15	15
19	C 220uF/50V E-cap	2	5	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ราคาวัสดุอุปกรณ์ของเครื่องประจุแบตเตอรี่ที่ออกแบบไว้ (ต่อ)

ลำดับ	รายการสินค้า	จำนวน	ราคา/หน่วย	จำนวนเงิน (บาท)
20	LM7805 IC 5V/1.5A	1	12	12
21	C 1uF/50V E-cap	1	1	2
22	C 10uF/50V E-cap	1	3	3
23	IR2101 interface Mosfet Driver	1	40	40
24	Socket IC 8 ขา	1	6	6
25	R 330E 1/4W 5%	2	1	1
26	R 15K 1/4W 5%	1	1	1
27	R 220E 1/4W 5%	1	1	1
28	Switch กดติดปล่อยดับ	1	10	10
29	R 500E 1/4W 5%	1	1	1
30	C 22pF/100V Ceramic Disc Cap	2	2	4
31	X-Tal 20 MHz	1	15	15
32	นำยากัดปรีน	2	25	50
33	แผ่นปรีน	1	95	95
	รวม			1388

อ้างอิง ราคา เดือนเมษายน 2558

จากตารางที่ 4.1 แสดงราคาวัสดุอุปกรณ์ของเครื่องประจุแบตเตอรี่ที่ออกแบบไว้ ซึ่งเมื่อรวมทั้งหมดแล้วคิดเป็นจำนวนเงิน 1388 บาท เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องประจุแบตเตอรี่เชิงพาณิชย์ ซึ่งมีราคาอยู่ที่ 1550 บาท จะเห็นได้ว่าราคานั้นใกล้เคียงกัน แต่เครื่องประจุที่ออกแบบไว้นั้นสามารถประจุแบตเตอรี่กระแสไฟฟ้าสูงได้ถึง 8 แอมป์ และยังสามารถช่วยยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุป ปัญหาที่พบ และแนวทางการพัฒนา

5.1 บทสรุป

จากการออกแบบและสร้างเครื่องประจุแบตเตอรี่ แบบ 3 สถานะ คือสถานะกระแสคงที่ (Constant Current) สถานะแรงดันคงที่ (Constant Voltage) และสถานะแรงดันปกติ (Floating Charge) โดยได้ทำการทดลองประจุแบตเตอรี่ ขนาด 12 โวลต์ 60 แอมป์-ชั่วโมงต่อ 20 ชั่วโมง ด้วยเครื่องจำลองแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยการจำลองแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดกำลังไฟฟ้าสูงสุด 270 วัตต์ ได้ผลการทดลองดังนี้

1. การประจุแบตเตอรี่ในสถานะกระแสคงที่ (Constant Current) จะมีการจำกัดค่ากระแสที่ใช้ในการประจุแบตเตอรี่ โดยกระแสไฟฟ้าต่ำสุดที่ประจุแบตเตอรี่ได้คือ 0.1C (C คือ ความจุของแบตเตอรี่) และสูงสุดที่ประจุแบตเตอรี่ได้คือ 0.25C ถ้าทำการประจุที่กระแสไฟฟ้าสูงกว่านี้จะทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่สั้นลง ทางผู้ทดลองจึงเลือกประจุที่กระแสไฟฟ้า 8 แอมป์ และผลที่ได้คือแรงดันที่ขั้วของแบตเตอรี่มีค่าสูงขึ้น จนถึง 14.6 โวลต์ จึงจะเปลี่ยนสถานะของการประจุไปที่สถานะแรงดันคงที่ (Constant Voltage)

2. การประจุแบตเตอรี่ในสถานะแรงดันคงที่ (Constant Voltage) โดยในสถานะนี้จะประจุด้วยแรงดันไฟฟ้าคงที่ที่ 14.6 โวลต์ ผลที่ได้คือ กระแสไฟฟ้าที่ประจุแบตเตอรี่มีค่าลดลง เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่มีค่าเข้าใกล้แรงดันไฟฟ้าที่ประจุแบตเตอรี่ จนเมื่อกระแสไฟฟาลดลงเหลือ 1.5 แอมป์ จึงจะเปลี่ยนสถานะของการประจุไปที่สถานะแรงดันปกติ (Floating Charge)

3. การประจุแบตเตอรี่ในสถานะแรงดันปกติ (Floating Charge) ในสถานะนี้เป็นการประจุในช่วงสุดท้ายที่แรงดันไฟฟ้าใกล้เคียงกับแรงดันที่ขั้วของแบตเตอรี่ คือคงที่แรงดันไฟฟ้าที่ 13.8 โวลต์ ผลที่ได้คือกระแสไฟฟามีค่าเข้าใกล้ศูนย์ ถือว่าแบตเตอรี่ใกล้เต็มความจุจึงทำการตัดวงจรการประจุแบตเตอรี่ออก และการประจุในสถานะนี้ยังเป็นการป้องกันการคายประจุของแบตเตอรี่ด้วยตัวเอง (Self Discharge) อีกด้วย

โดยการควบคุมการประจุในแต่ละสถานะอาศัยวงจรกำลังและวงจรควบคุม โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ในการประมวลผล การควบคุมการเปลี่ยนในแต่ละสถานะ และการประจุให้มีค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่คงที่ ซึ่งอาศัยการโปรแกรมข้อมูลด้วยภาษาซี โดยเครื่องประจุแบตเตอรี่ที่ได้ออกแบบไว้มีราคาประมาณ 1400 บาท ซึ่งมีราคาใกล้เคียงกับเครื่องประจุแบตเตอรี่เชิงพาณิชย์ แต่เครื่องประจุแบตเตอรี่ที่ออกแบบไว้ สามารถประจุแบตเตอรี่ด้วยกระแสไฟฟ้าที่สูงได้ถึง 8 แอมป์ และการประจุแบบ 3 สถานะ ยังเป็นการยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่อีกด้วย

5.2 ปัญหาที่พบและวิธีการแก้ไข

5.2.1 จากโครงงานใช้วงจรแบ่งแรงดัน (Voltage Divider) มาเป็นตัวตรวจจับแรงดัน แล้วนำไปประมวลผลในชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ ผลปรากฏว่าแรงดันที่ตรวจจับได้ค่อนข้างมีปัญหาเนื่องมาจากความต้านทานที่คำนวณได้กับตัวที่นำมาใช้จริงมีความคลาดเคลื่อนในตัวมันเอง จึงต้องมีการแก้ไขโดยการสอบเทียบ (Calibration) ดังนั้นหากมีตัวอื่นที่ดีกว่า จะทำให้ผลที่ได้นั้นมี ความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

5.2.2 จากการทดสอบพบว่าเมื่อทำการประจุแบตเตอรี่ จะทำให้วงจรเครื่องประจุมีอุณหภูมิสูงขึ้น จึงทำการเปลี่ยนตัวระบายความร้อน (Heatsink) ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น

5.3 แนวทางในการพัฒนา

5.3.1 จากโครงงานสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้ โดยการเพิ่มให้เครื่องประจุแบตเตอรี่สามารถประจุได้ทั้งแบตเตอรี่ 12 โวลต์ และ 24 โวลต์ เพื่อการนำไปใช้งานได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น

5.3.2 นำระบบตรวจจับอุณหภูมิแบตเตอรี่ รวมถึงอุปกรณ์ต่าง ๆ ในเครื่องประจุ เพราะในขณะที่ประจุจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งในบางวันสภาพอากาศอาจจะร้อนจัดแล้วทำให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนั้นควรมีระบบป้องกันเพิ่มเติม

5.3.3 จากโครงงานไม่ได้มีการต่อระบบร่วมกับระบบการไฟฟ้า (AC) จึงอาจทำให้เกิดปัญหาในช่วงที่ไม่มีแดดหรือมีน้อยติดต่อกันหลายวัน ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาระบบดังกล่าวเพิ่มเติม

5.3.4 หากเปลี่ยนวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรง (DC/DC Converter) จากวงจรทอนระดับแรงดัน (Buck Converter) เป็นวงจรทอนระดับแรงดันซิงโครนัส (Synchronous Buck Converter) จะทำให้ประสิทธิภาพของวงจรสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงพลังงาน. 2555. *สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย*. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://tene.eppo.go.th/pdf_files/L031.pdf. 12 ธันวาคม 2557.
- [2] J. M. Ogden, "Annual energy outlook," *U.S. Dept. of Energy*, 2011, pp. 1-4.
- [3] H. Chum, "Two decades of progress in research, development, and commercialization of renewable energy," in *The Enduring Nuclear Fuel Cycle*, C. E. Walter, Ed: *Amer. Nuclear Soc. Winter Meeting*, 2009, pp. 1-4.
- [4] F. Sissine, "Renewable energy: key to sustainable energy supply," *Congr. Res. Service Issue Brief for Congress*, Available at: <http://www.cnie.org/nle/eng-29.html>, 2011.
- [5] World Energy Council, "Energy technologies for the 21st century," *Energy Research, Development and Demonstration Expenditure*, pp. 1-7.
- [6] Stanley R. Bull, "Renewable Energy Today and Tomorrow," *Proceedings of the IEEE*, Vol. 89, No.8, 2012, pp. 1217-1226.
- [7] Miroslav M. Begovic; Insu Kim, "Distributed Renewable PV Generation in Urban Distribution Networks," *Power Systems Conference and Exposition (PSCE)*, 2011, pp. 1-3.
- [8] ไทยรัฐออนไลน์. 2554. *LuminAID ทุ่งแสงสว่างยามฉุกเฉิน*. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www.thairath.co.th/content/223498>. 14 ธันวาคม 2557.
- [9] Alternative energy news, and information about renewable energy technologies. 2553. *A Power Sticker to Boost Solar Power Generation*. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: <http://www.alternative-energy-news.info/power-sticker-boost-solar-power-generation/>. 14 ธันวาคม 2557.

- [10] สำนักข่าวอินโฟเควสท์ (IQ). 2557. *CHOW คาดโรงไฟฟ้าแสงอาทิตย์ในญี่ปุ่นจะสร้างเสร็จและขายไฟฟ้าได้ในนี้*. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: <http://www.ryt9.com/s/iq10/2011673>. 14 ธันวาคม 2557.
- [11] สำนักข่าวอินโฟเควสท์ (IQ). 2557. *กรีน เอิร์ธ เพาเวอร์ ลงนาม MOA ร่วมกับรัฐบาลเมียนมาร์ พร้อมสร้างโรงไฟฟ้าแสงอาทิตย์ที่ใหญ่ที่สุดต้นปีหน้า*. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: <http://www.ryt9.com/s/prg/2009817>. 15 ธันวาคม 2557.
- [12] ไทยรัฐออนไลน์. 2554. *คสช. ปลดล็อกกลั่นกรอง รง.4*. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www.thairath.co.th/content/427161>. 16 ธันวาคม 2557.
- [13] ไทยรัฐออนไลน์. 2554. *กคช. ฟุ้งผลวิจัยพลังงานแสงอาทิตย์ช่วยประหยัด 23.43%*. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www.thairath.co.th/content/304322>. 16 ธันวาคม 2557.
- [14] J. Johnson, "The new world of solar energy," *Chem. Eng. News*, 2012, pp. 24–28.
- [15] Huang Wei, Wang Xin, Guo Jiahuan, Zhang Jianhua, Yang Jingyan, "Discussion on Application of Super capacitor Energy Storage System in Microgrid," *Sustainable Power Generation and Supply SUPERGEN '09*, 2009, pp. 1-4.
- [16] Arjan M. van Voorden, Laura M. Ramirez Elizondo, Gerard C. Paap, "The Application of Super Capacitors to relieve Battery-storage systems in Autonomous Renewable Energy Systems," *Power Tech IEEE Lausanne*, 2007, pp. 479-484.
- [17] John Wood, "Integrating Renewables into the Grid: Applying UltraBattery® Technology in MW Scale Energy Storage Solutions for Continuous Variability Management," *IEEE International Conference on Power System Technology (POWERCON)*, 2012, pp. 1-4.
- [18] Knut Erik Nielsen., "Superconducting magnetic energy storage in power systems with renewable energy sources," *IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)*, 2010, pp. 2487-2492.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [19] J J A Wilkinson, G A Covic., "A new pulse charging methodology for lead acid batteries," *IPENZ Transactions*, Vol.3, No.1, 2010, pp. 1-5.
- [20] D. D. C. Lu and V. G. Agelidis, "Photovoltaic-Battery-Powered DC Bus System for Common Portable Electronic Devices," *IEEE Trans. on Power Electronics*, 2009, pp. 849-855.
- [21] L T Lam, H Ozgun, O V Lim, J A Hamilton, L H Vu, D G Vella, D A J Rand, "Pulsed Current charging of lead-acid batteries - a possible means for overcoming premature capacity loss?," *Journal of Power Sources*, 2012, pp. 215-228.
- [22] Sideng Hu, Xiaoming Wang, Ruichi Wang, Jiande Wu, Xiangning He, "Hybrid Sinusoidal-Pulse Charging Strategy for Lilon Battery in Electric Vehicle Application," *Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC)*, 2015, pp. 3117-3123.
- [23] Promode R, Bandyopadhyay, Member, Daniel P. Thivierge, "An Electronic Circuit for Trickle Charge Harvesting From Littoral Microbial Fuel Cells," *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, Volume.38, No.1, 2013, pp. 1-6.
- [24] Chetnaphat Praisuwannl, Surin Khomfoi, "A pulse frequency technique for a quick charger," *10th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)*, 2013, pp. 1-6.
- [25] Genesis EnerSys, "Initial Charge Current Limit," *Battery Application Manual*, 2009, pp. 1-4.
- [26] Li Siguang, Zhang Chengning, Xie Shaobo, "Research on Fast Charge Method for Lead-acid Electric Vehicle Batteries," *International Workshop on Intelligent Systems and Application ISA*, 2009, pp. 1-5.

- [27] Gang Ye, Xiaoming Chen, Mingjian Bo, "The Design of Charging Device in Stand-alone Photovoltaic System," *Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC)*, 2012, pp. 1-4.
- [28] Adam, M., Andrusca, M., Pancu, C., "Aspects regarding solar battery charge controllers," *International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE)*, 2013, pp. 1-6.
- [29] Krummenacher, F., Robortella, R., Simon-Vermot, R., Kayal. M., "A fully integrated solar battery charger," *IEEE North-East Workshop on Circuits and Systems and TAISA Conference*, 2009, pp. 1-4.
- [30] Hua and M. Y. Lin, "A study of charging control of Lead-Acid battery for electric vehicles," *Proceedings of the IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, 2011, pp. 135-140.
- [31] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2553. เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell). (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www3.egat.co.th/re/solarcell/solarcell.htm>. 15 ธันวาคม 2557.
- [32] ราช ชีวะเกตุ. 2552. การผลิตไฟฟ้าโดยเซลล์แสงอาทิตย์. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www.eppo.go.th/vrs/VRS49-09-Solar.html>. 15 ธันวาคม 2557.
- [33] วีระเชษฐุ์ ชันเงิน และ วุฒิพล อาราริธีเรชษฐุ์, *อิเล็กทรอนิกส์กำลัง (Power Electronics)*, กรุงเทพฯ, หจก.วี.เจ. พรินตติ้ง, 2554.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-1 คุณลักษณะการประจุแบบ 3 สถานะ ลงแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดแบบรอบลึก (Deep Cycle) 12 V. 60Ah/20Hr จำนวน 1 ก้อน

ประสิทธิภาพของวงจรเฉลี่ยเท่ากับ 83.41 %

เวลา (นาที)	ความเข้มแสง (W/m ²)	อุณหภูมิ (C)	อินพุท			เอาต์พุท			ประสิทธิภาพของวงจร (%)
			แรงดัน (V)	กระแส (A)	กำลังไฟฟ้า(W)	แรงดัน (V)	กระแส (A)	กำลังไฟฟ้า(W)	
0	624.24	42.45	36.22	3.72	134.71	13.87	8.07	111.93	83.09
10	665.97	44.96	36.72	3.66	134.40	13.18	8.02	105.70	78.65
20	703.49	47.21	36.87	3.68	135.59	13.19	7.96	104.99	77.43
30	741.23	49.47	37.03	3.61	133.56	13.25	7.94	105.22	78.78
40	777.19	51.63	36.85	3.77	138.84	13.30	7.93	105.47	75.96
50	812.62	53.76	36.92	3.70	136.53	13.40	8.01	107.33	78.61
60	843.63	55.62	36.84	3.69	135.96	13.46	7.93	106.74	78.51
70	871.60	57.30	36.72	3.75	137.83	13.45	7.96	107.06	77.68
80	897.63	58.86	36.63	3.83	140.33	13.56	7.96	107.87	76.87
90	922.52	60.35	36.59	3.77	137.82	13.59	8.01	108.79	78.94
100	946.54	61.79	36.41	3.84	139.75	13.69	7.98	109.21	78.14
110	965.02	62.90	36.44	3.72	135.48	13.78	8.00	110.17	81.32
120	979.26	63.76	36.25	3.81	138.16	13.76	7.98	109.76	79.45

ตารางที่ ก-1 คุณลักษณะการประจุแบบ 3 สถานะ ลงแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดแบบรอบลึก (Deep Cycle) 12 V. 60Ah/20Hr จำนวน 1 ก้อน (ต่อ)

เวลา (นาที)	ความเข้มแสง (W/m ²)	อุณหภูมิ (C)	อินพุท			เอาต์พุท			ประสิทธิภาพของวงจร (%)
			แรงดัน (V)	กระแส (A)	กำลังไฟฟ้า(W)	แรงดัน (V)	กระแส (A)	กำลังไฟฟ้า(W)	
130	998.03	64.88	36.17	3.87	140.03	13.86	8.00	110.94	79.22
140	1008.87	65.63	35.85	3.92	140.66	13.87	7.96	110.46	78.53
150	1020.24	66.21	36.00	3.94	141.80	13.98	8.03	112.26	79.17
160	1028.64	66.72	35.90	4.03	144.79	14.02	8.01	112.26	77.53
170	1036.10	67.17	35.61	3.95	140.54	14.10	8.05	113.55	80.79
180	1038.14	67.29	35.83	3.99	142.96	14.23	8.07	114.84	80.33
190	1038.52	67.31	35.73	4.10	146.56	14.32	8.04	115.10	78.54
200	1039.30	67.36	34.51	4.18	144.42	14.40	8.02	115.47	79.96
เข้าสู่การเปลี่ยนโหมดการประจุแบบแรงดันไฟฟ้าคงที่ (Constant Voltage Charge)									
210	1036.48	67.19	35.71	4.11	146.70	14.60	8.36	122.04	83.19
220	1034.37	67.06	35.95	3.75	134.87	14.60	7.95	116.04	86.04
230	1028.35	66.70	36.15	3.43	123.90	14.55	7.16	104.16	84.07
240	1017.17	66.03	36.34	3.11	112.97	14.58	6.59	96.01	84.99

ตารางที่ ก-1 คุณลักษณะการประจุแบบ 3 สถานะ ลงแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดแบบรอบลึก (Deep Cycle) 12 V. 60Ah/20Hr จำนวน 1 ก้อน (ต่อ)

เวลา (นาท)	ความเข้มแสง (W/m ²)	อุณหภูมิ (C)	อินพุท			เอาต์พุท			ประสิทธิภาพของวงจร (%)
			แรงดัน (V)	กระแส (A)	กำลังไฟฟ้า(W)	แรงดัน (V)	กระแส (A)	กำลังไฟฟ้า(W)	
250	1003.01	65.18	36.59	2.78	101.84	14.66	5.88	86.19	84.63
260	993.76	64.63	36.82	2.47	90.94	14.76	5.65	83.38	91.68
270	974.43	63.47	36.97	2.26	83.47	14.76	5.09	75.08	89.95
280	958.52	62.51	37.26	1.93	71.88	14.78	4.54	67.09	93.33
290	937.31	61.24	37.37	1.88	70.07	14.75	4.18	61.70	88.06
300	914.41	59.87	37.54	1.75	65.83	14.73	3.72	54.80	83.24
310	888.16	58.29	37.78	1.59	59.89	14.73	3.94	57.96	96.78
320	853.90	56.23	38.02	1.42	54.12	14.78	3.37	49.76	91.95
330	825.61	54.54	38.24	1.35	51.45	14.74	3.08	45.37	88.18
340	794.26	52.66	38.51	1.20	46.24	14.84	3.01	44.64	96.54
350	759.00	50.54	38.77	1.11	42.99	14.83	2.65	39.34	91.52
360	722.45	48.35	38.96	1.08	41.97	14.79	2.45	36.29	86.47

ตารางที่ ก-1 คุณลักษณะการประจุแบบ 3 สถานะ ลงแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดแบบรอบลึก (Deep Cycle) 12 V. 60Ah/20Hr จำนวน 1 ก้อน (ต่อ)

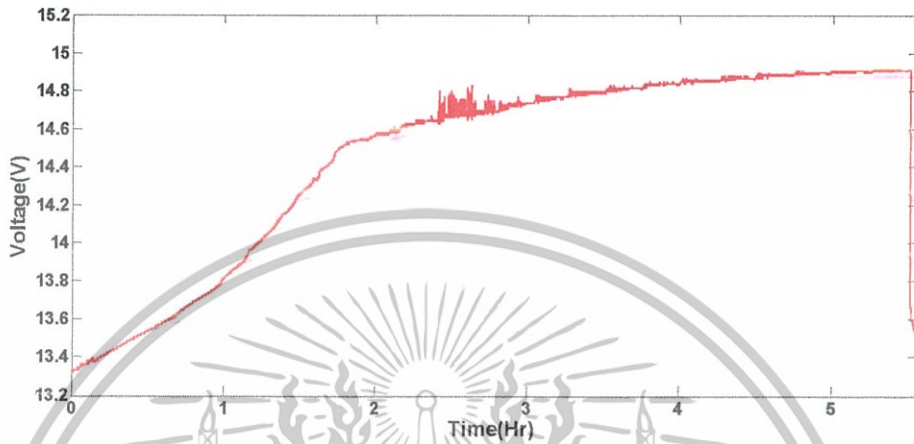
เวลา (นาท)	ความเข้มแสง (W/m ²)	อุณหภูมิ (C)	อินพุท			เอาต์พุท			ประสิทธิภาพของวงจร (%)
			แรงดัน (V)	กระแส (A)	กำลังไฟฟ้า(W)	แรงดัน (V)	กระแส (A)	กำลังไฟฟ้า(W)	
370	685.68	46.14	39.24	0.99	38.76	14.89	2.39	35.51	91.63
380	644.77	43.69	39.58	0.88	34.83	14.85	2.22	32.89	94.43
390	601.38	41.08	39.72	0.85	33.57	14.83	1.91	28.37	84.51
400	556.10	38.37	40.48	0.84	34.00	14.93	1.90	28.40	83.51
410	525.21	36.51	40.50	0.77	31.19	14.91	1.51	22.51	72.20
เข้าสู่การเปลี่ยนโหมดการประจุแบบแรงดันไฟฟ้าปกติ (Floating Voltage Charge)									
420	509.02	35.54	40.53	0.36	14.72	13.98	0.89	12.41	84.31
430	461.02	32.66	40.90	0.36	14.71	14.02	0.88	12.30	83.57
440	396.76	28.81	41.11	0.36	14.93	14.08	0.89	12.53	83.94
450	356.16	26.37	41.26	0.28	11.35	14.06	0.67	9.42	82.98
460	296.65	22.80	41.74	0.23	9.73	14.11	0.65	9.23	94.79
470	232.13	18.93	41.79	0.26	10.67	14.00	0.53	7.45	69.82
สิ้นสุดการประจุแบตเตอรี่ (End Charge)									



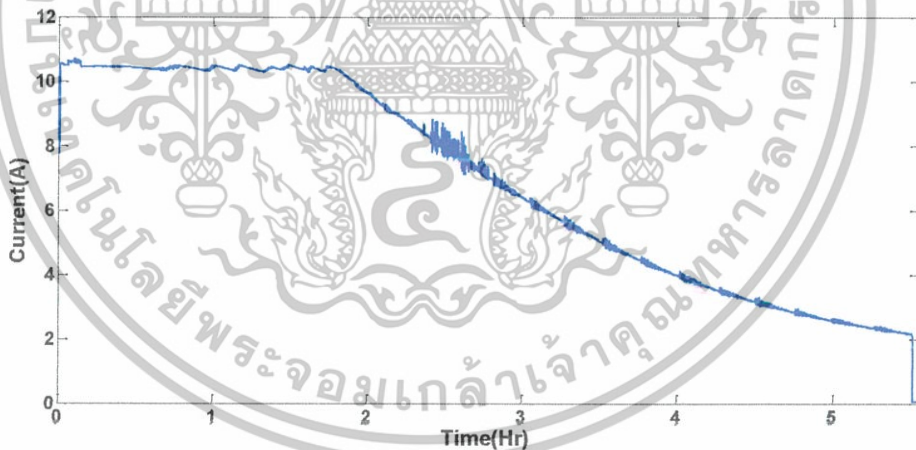
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประจุแบตเตอรี่โดยสถานะกระแสคงที่ที่ 10 แอมป์

ได้ทำการทดสอบการประจุแบตเตอรี่ที่สถานะกระแสคงที่ที่ 10 แอมป์ โดยใช้จำลองแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดกำลังไฟฟ้าสูงสุด 270 วัตต์ ได้ผลการทดลองดังรูป ข-1 และ ข-2



รูปที่ ข-1 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าขณะทำการประจุแบตเตอรี่กับเวลา โดยคงที่กระแสไฟฟ้าที่ประจุ 10 แอมป์



รูปที่ ข-2 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าขณะทำการประจุแบตเตอรี่กับเวลา โดยคงที่กระแสไฟฟ้าที่ประจุ 10 แอมป์

จากรูปที่ ข-1 และ ข-2 สังเกตเห็นว่าค่าแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในสถานะแรงดันคงที่ ซึ่งไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงการ ผู้จัดทำจึงคงค่ากระแสไฟฟ้าในสถานะกระแสคงที่ไว้ที่ 8 แอมป์ เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

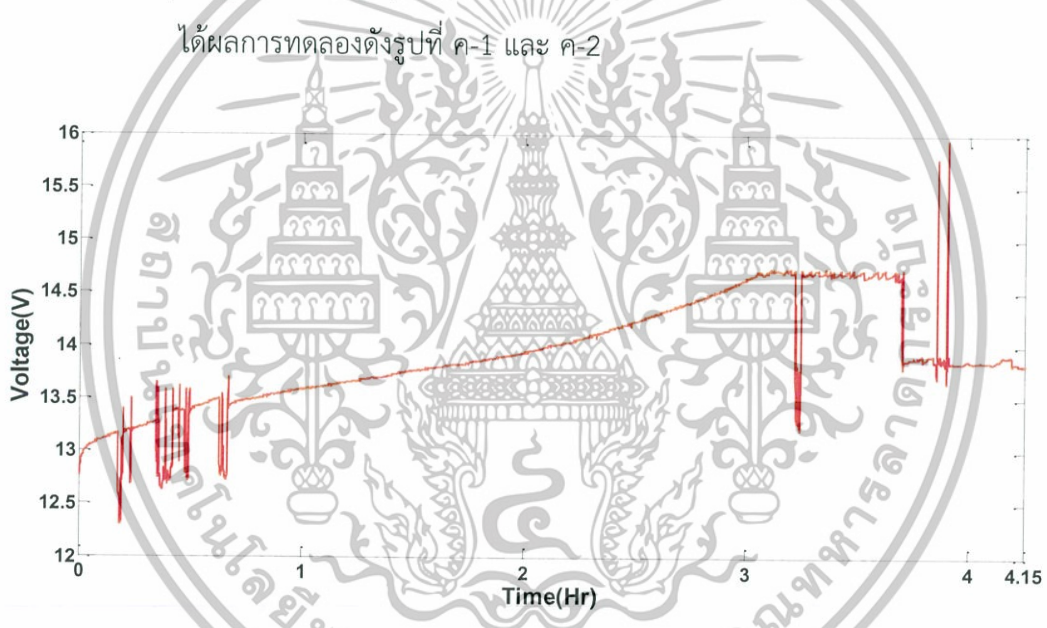
การประจุแบตเตอรี่โดยสถานะกระแสคงที่ที่ 6 แอมป์

ได้ทำการทดสอบการประจุแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 60 แอมป์-ชั่วโมงต่อ 20 ชั่วโมง ที่สถานะกระแสคงที่ที่ 6 แอมป์ โดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด

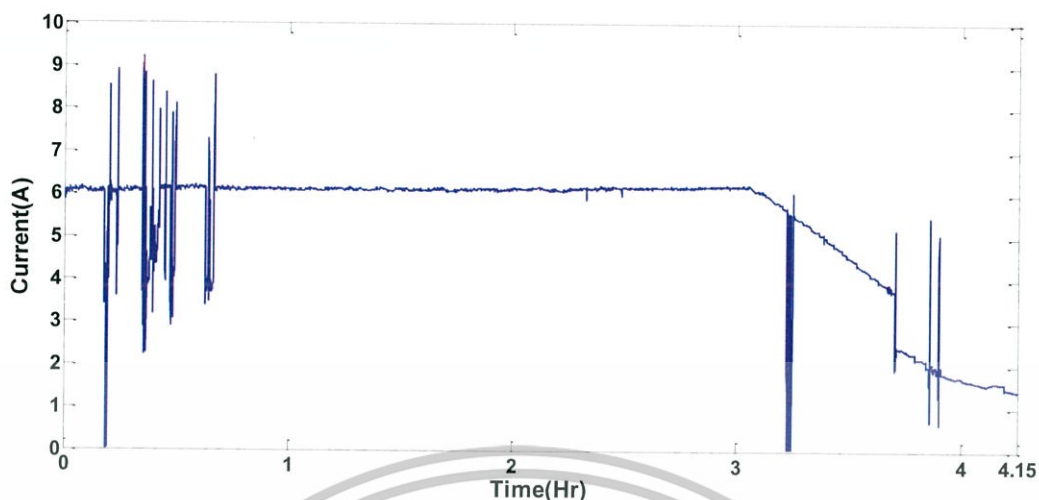
- กำลังไฟสูงสุด	245	วัตต์
- ขนาดแรงดันไฟสูงสุด	30.1	โวลต์
- ขนาดกระแสไฟสูงสุด	8.23	แอมป์
- ขนาดแรงดันไฟฟ้าเปิดวงจร	37.1	โวลต์
- ขนาดกระแสไฟฟ้าปิดวงจร	8.8	แอมป์

ค่าตัวเลขนี้ คัดจากสภาพมาตรฐานที่ความเข้มแสง $1,000 \text{ W/m}^2$ ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 1 องศาเซลเซียส จะทำให้แรงดันลดลง 0.5%

ได้ผลการทดลองดังรูปที่ ค-1 และ ค-2



รูปที่ ค-1 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าขณะทำการประจุแบตเตอรี่กับเวลา
โดยคงที่กระแสไฟฟ้าที่ประจุ 6 แอมป์



รูปที่ ค-2 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าขณะทำการประจุแบตเตอรี่กับเวลา

โดยคงที่กระแสไฟฟ้าที่ประจุ 6 แอมป์

จากรูป ค-1 และ ค-2 เป็นผลของการทดลองการประจุแบตเตอรี่ด้วยเครื่องประจุแบตเตอรี่ที่ได้ออกแบบไว้ โดยในสถานะแรกเป็นการควบคุมให้กระแสประจุมีค่าคงที่ที่ 6 แอมป์ แต่บางช่วงของกราฟกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า มีค่าตกลงเนื่องจากมีเมฆมาบังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และเมื่อเมฆเคลื่อนที่ผ่านไปแล้ว วงจรสามารถกลับมาประจุที่กระแสคงที่ที่ 6 แอมป์ได้ใหม่ เมื่อแรงดันที่ขั้วแบตเตอรี่มีค่าเพิ่มขึ้นถึง 14.6 โวลต์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเปลี่ยนไปประจุในสถานะที่สอง คือการควบคุมแรงดันขณะประจุให้มีค่าคงที่ที่ 14.6 โวลต์ จนกระทั่งแรงดันที่ขั้วแบตเตอรี่มีค่าใกล้เคียงกับแรงดันที่ประจุ ส่งผลให้กระแสที่ใช้ในการประจุมีค่าลดลง จนมีค่าเหลือเพียง 1.5 แอมป์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเปลี่ยนไปประจุในสถานะที่สาม แต่เนื่องจากมีบางช่วงที่มีเมฆมาบังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทำให้มีกระแสไฟฟ้าตกลงถึง 1.5 แอมป์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะเร็วกว่าที่ออกแบบไว้ โดยสถานะต่อไปควบคุมให้แรงดันขณะประจุมีค่าคงที่ที่ 13.8 โวลต์ จนกระทั่งกระแสประจุมีค่าลดลงเหลือ 0.1 แอมป์ จึงสิ้นสุดการประจุ แต่เนื่องจากแสงแดดหมดในเวลา 16.00 นาฬิกา กระแสไฟฟ้าจึงลดลงไม่ถึง 0.1 แอมป์ จึงใช้เวลาในการประจุทั้งสิ้น 4 ชั่วโมง 15 นาที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELGAR

ETS600X

Photovoltaic Simulator

Operation and Maintenance Manual

Programmable Power Solutions



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SECTION 1 PRODUCT OVERVIEW

1.1 INTRODUCTION

The Elgar PV Simulator is a programmable digital power source designed to simulate the electrical behavior of terrestrial photovoltaic arrays. The simulator provides a turn-key hardware and software solution to deliver all the functionality required to test the maximum peak power tracking (MPPT) characteristics of solar inverters and charge controllers. The ability to simulate any fill factor and material technology allows the simulator to characterize the inverter's MPPT algorithm performance quickly and efficiently. It also allows to perform conversion efficiency, thermal analysis and dynamic performance tests by supplying a highly stable and repeatable stimulus to the inverter under test.

1.2 USER INTERFACE

The simulator front panel only features an on/off switch and a status indicator. The user interacts with the simulator through a remote Ethernet connection.

A single desktop or laptop computer running TerraSAS software can control up to 48 simulators. Due to the high transmission speed and data integrity provided by the Ethernet architecture, operating parameters are displayed in real time on the computer screen at refresh rates comparable to standard instrumentation.

The software allows modeling a PV panel from data normally found in the manufacturer data sheet. These parameters are V_{oc} (open circuit voltage), I_{sc} (short circuit current), V_{mp} (voltage at the maximum power point), I_{mp} (current at the maximum power point), β_v (voltage temperature coefficient) and β_p (power temperature coefficient).

In addition to static tests, the software allows to execute irradiance/temperature profiles that can closely duplicate real life conditions or predefined test sequences.

1.3 APPLICABLE ELGAR PART NUMBERS

ETS600X8C-PVF 5kW, 208VAC ETS600X25C-PVF 15kW, 208VAC

ETS600X8D-PVF 5kW, 400VAC ETS600X25D-PVF 15kW, 400VAC

ETS600X8E-PVF 5kW, 480VAC ETS600X25E-PVF 15kW, 480VAC

ETS600X17C-PVF 10kW, 208VAC

ETS600X17D-PVF 10kW, 400VAC

ETS600X17E-PVF 10kW, 480VAC 4

1.4 PV SIMULATOR BLOCK DIAGRAM

Figure 1-1 PV Simulator block diagram

At the heart of the PV simulator are two 80 MIPS RISC microcontrollers.

One processor interfaces with a 16-bit measurement and control system that monitors the source output voltage and current at 5 μ s intervals.

At each interval, the processor sends computed data to its 16-bit D/A control system that adjusts the current source setpoint to follow the programmed IV curve.

The other processor supports the Ethernet interface, analog and digital I/O.

While in static simulation mode, the simulator executes a single IV curve.

In the PV Simulator memory, an IV curve is represented by 1,024 data pairs or points. Each pair of values represents a single voltage / current point on the IV curve.

The PV simulator interpolates the 1,024 points in its curve memory with 16-bit accuracy, delivering an actual curve resolution of 65,536 points.

When irradiance / temperature profiles are executed, dynamically updated IV curves are downloaded at fixed 1-second intervals. The PV simulator linearly interpolates between consecutive curves 128 times per second (7.8 ms intervals), delivering smooth voltage and current waveforms to the unit under test. 5

1.5 ETS600X SPECIFICATIONS

	Open Circuit Voltage, Voc: 1 – 600 VDC
DC Output	Short Circuit Current, Isc: 0 – 8.3A per chassis (5kW)
	0 – 16.7A per chassis (10kW)
	0 – 25A per chassis (15kW)
	Maximum output power 4.25 kW (5kW)
	at fill factor 0.85 8.5 kW (10kW)
	12.75 kW (15kW)
Output isolation	\pm 600 Vpk, positive or negative output to chassis ground, continuous
Output leakage	Output to chassis ground, DC : < 0.1 mA @ 500Vdc
	Output to chassis ground, AC : < 5 mA @

	200Vpp, 60Hz (5kW)
	< 7 mA @ 200Vpp, 60Hz (10kW)
	< 10 mA @ 200Vpp, 60Hz (15kW)
Tracking speed	Compatible with inverters sweeping the MPP at up to 200 Hz.
Accuracy	Voltage programming and readback: $\pm 0.2\%$ of full scale voltage Current programming and readback: $\pm 0.5\%$ of full scale current
Sampling resolution	Voltage and current are synchronously sampled by two independent 16-bit A/D converters at 200kS/s.
Curve Resolution	1,024 points. Each point represents a single voltage / current point on the IV curve. The PV simulator interpolates the 1,024 points in its curve memory with 16-bit resolution, delivering an actual curve resolution of 65,536 points.
Profiles resolution	There is no limit to the profile length. One-second profiles for a full day of simulation are typically 50k points. The simulator interpolates between points 128 times per second, delivering smooth voltage and current waveforms that closely resemble real solar arrays under cloudy conditions (requires TerraSAS software)
Curve equations	Equations used to calculate and translate the IV curves are found in Appendix A1 and A2 of the publication "Performance test Protocol for Evaluating Inverters Used in Grid-Connected Photovoltaic System", October 2004, Sandia National Labs.
PV Array Parameters	Irradiance level: 0 to 1999 W/m ² Temperature value: -100°C to +100°C Voltage level: 0 to 600VDC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	Current level: 0 to 25A (15kW)
	Voltage and power temperature coefficients: ±1.99%/°C
Expansion	Unrestricted expandability, allowing total system power above 1MW
Available I/O	Ethernet 10/100 Mb/s: TerraSAS software proprietary high-speed link. Analog Irradiance/Temperature inputs: allow to adjust the IV curve in real time based on two external analog signals. Trigger input: allows to start executing an irradiance/temperature profile in sync with external equipment. Useful for accurate energy measurements using external power analyzers. SCPI interface: through TerraSAS software
Remote sense	Maximum line drop 10V per line

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาชุดสะสมพลังงานจากพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับไฟถนน

Energy Storage from Solar cell for Street light

นายณัฐกนต์ เดชะคุณ นายณัฐพงศ์ วิสุทธิสุริยะสกุล นางสาวทรัพย์พร สัจจมาศ นายธนกร ตั้งจิตตรง

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1 ซอย ฉลองกรุง 1 ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-329-8000 ต่อ 3925 E-Mail: nuttapong_visut@hotmail.com

บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอการสร้างเครื่องประจุแบตเตอรี่สำหรับระบบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้เทคนิคการประจุแบบ 3 สถานะ คือ การประจุแบบกระแสคงที่ (Constant Current, CC) การประจุด้วยแรงดันไฟฟ้าคงที่ (Constant voltage charge, CV) และการประจุด้วยแรงดันไฟฟ้าปกติ (Floating voltage charge, VF) เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการประจุแบตเตอรี่ประเภทตะกั่ว-กรดขนาด 12V, 60Ah/20hr. จำนวน 1 ก้อน เพื่อนำไปใช้กับหลอดไฟถนนไดโอดเปล่งแสง 41W. ซึ่งเทคนิคนี้มีข้อดีคือสามารถประจุแบตเตอรี่ได้เร็วและส่งผลให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ยาวนานกว่าการประจุแบบเตอรี่แบบทั่วไป

ABSTRACT

This project presents the design of battery charger for solar panel by using 3 state charge : Constant Current, Constant Voltage and Floating voltage charge. The developed system is applied for charging 12V, 60Ah/20hr lead-acid battery for use with LED street light 41W. The main advantage of this charger is that fast charging and extend the battery life.

1. บทนำ

พลังงานเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดำรงชีวิต และในปัจจุบันนี้พลังงานทดแทนคิดเป็น 18.2% [1] ของพลังงานที่ใช้ภายในประเทศไทย ส่วนใหญ่ได้มาจากพลังงานแสงอาทิตย์เนื่องจากสภาพภูมิประเทศที่ตั้งอยู่ในเขตร้อน [2] โดยสะสมพลังงานเหล่านี้ไว้ในแบตเตอรี่เพื่อสำรองการใช้งานในภายหลัง

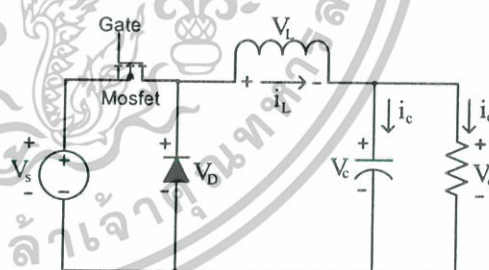
เพื่อที่จะให้เกิดการใช้ประโยชน์สูงสุดจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในการประจุแบตเตอรี่ โครงการนี้จึงได้นำเสนอการควบคุมการประจุแบบ 3 สถานะ คือ การประจุแบบกระแสคงที่ (Constant Current, CC) ซึ่งเป็นการอัดประจุโดยใช้กระแสไม่เกิน 0.25C การประจุด้วยแรงดันไฟฟ้าคงที่ (Constant voltage charge, CV) เป็นการ

ประจุเมื่อแบตเตอรี่มีความจุเข้าใกล้ 70-90% ของความจุสูงสุดและการประจุด้วยแรงดันไฟฟ้าปกติ (Floating voltage charge, VF) เป็นสถานะที่แบตเตอรี่มีความจุเข้าใกล้ความจุสูงสุด โดยใช้วงจรทอนระดับแรงดัน (Buck Converter) เป็นวงจรแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งเป็นระบบที่มีความน่าสนใจ [3][4] เพราะสามารถประจุได้รวดเร็วและยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ให้ยาวนานขึ้น

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

วงจรทอนระดับแรงดัน (Buck Converter)

วงจรทอนระดับแรงดัน คือ วงจรที่ทำให้อัตราแรงดันไฟฟ้าด้านออกมีค่าต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า โดยมีวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low pass filter) แบบ LC ที่ด้านออก ซึ่งสามารถลดทอนสัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการ ผกผันกับกำลังสองของความถี่



รูปที่ 1 วงจรทอนระดับแรงดัน

หลักการการทำงานของวงจรทอนระดับแรงดันขณะสวิตช์นำกระแส กระแสที่ไหลจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจะไหลผ่านสวิตช์ ผ่านตัวเหนี่ยวนำไปยังโหลด โดยที่กระแสไฟฟ้าส่วนหนึ่งจะไปเก็บที่ตัวเก็บประจุ และเมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส ไดโอดจะถูกไบอัสไปข้างหน้า (Forward bias) ให้นำกระแส ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำเกิดการไหลอย่างต่อเนื่อง และสามารถหาอัตราขยายแรงดันระหว่างแรงดันอินพุตและเอาต์พุต ดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

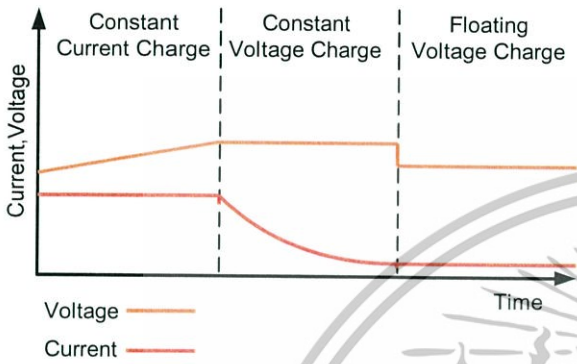
$$\frac{V_o}{V_s} = D$$

เมื่อ V_o = แรงดันไฟฟ้าขาออก (V)
 V_s = แรงดันไฟฟ้าขาเข้า (V)
 D = าคิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle)

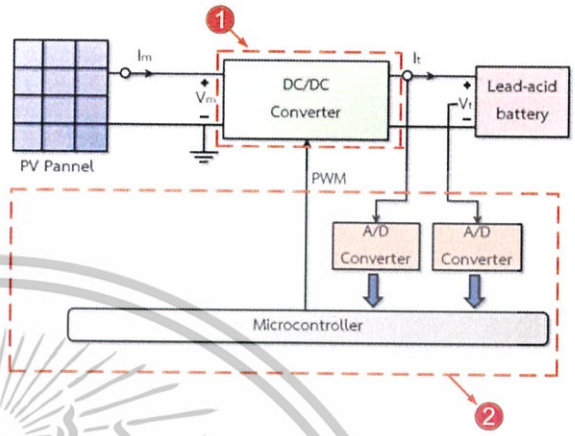
(1) วงจรรักษาระดับแรงดัน (Voltage Regulator) , ชุดขับมอสเฟต (Drive Mosfet) , ชุดตรวจจ็กระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

ส่วนประกอบหลักของชุดวงจรเครื่องประจุแบตเตอรี่

การประจุแบตเตอรี่แบบ 3 สถานะ (Three State Charge)



รูปที่ 2 แสดงขั้นตอนการอัดประจุแบตเตอรี่



รูปที่ 3 แผนภาพบล็อกโคแอมแกรมของเครื่องประจุแบตเตอรี่

สถานะที่ 1 การประจุแบบกระแสคงที่ (Constant Current Charge)

เป็นช่วงแรกของการอัดประจุแบตเตอรี่ด้วยกระแสคงที่ที่ไม่เกิน 0.25 C แอมป์ (C คือความจุของแบตเตอรี่) โดยแรงดันไฟฟ้ามีการเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนเมื่อระดับแรงดันที่ขั้วแบตเตอรี่เข้าสู่ 14.6 โวลต์จะทำการเปลี่ยนเป็นสถานะที่ 2

สถานะที่ 2 การประจุด้วยแรงดันคงที่ (Constant Voltage Charge)

เมื่อสภาวะการอัดประจุถึงประมาณ 80% การอัดประจุเข้าสู่ช่วงการประจุด้วยแรงดันไฟฟ้าคงที่ ในขณะที่กระแสไฟฟ้าในการอัดประจุจะลดลง เพื่อให้ไม่เกิดการโอเวอร์ฮีท (Overheat) จนกระทั่งกระแสการประจุลดเหลือค่าหนึ่ง ก็จะทำการเปลี่ยนเป็นสถานะที่ 3

สถานะที่ 3 การประจุด้วยแรงดันปกติ (Floating Voltage Charge)

ในช่วงการประจุด้วยแรงดันไฟฟ้าปกติจะเริ่มเข้าสู่ช่วงที่แบตเตอรี่ใกล้จะถูกประจุจนเต็ม การอัดประจุในช่วงนี้จะเป็นการทำให้อัดประจุแบตเตอรี่ได้เต็มความจุ ระดับแรงดันไฟฟ้าจะคงที่ที่ 13.8 โวลต์ และกระแสจะลดลงเรื่อย ๆ จนถึงค่าหนึ่งที่แบตเตอรี่เต็มความจุ

3.การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

ส่วนประกอบหลักของชุดวงจรเครื่องประจุแบตเตอรี่

ส่วนประกอบหลักของชุดวงจรเครื่องประจุแบตเตอรี่ดังแสดง

ในรูปที่ 3 ประกอบด้วย วงจรทอนระดับแรงดัน (Buck Converter) ,

วิธีออกแบบและการคำนวณวงจรทอนระดับแรงดันไฟฟ้า

(Buck Converter)

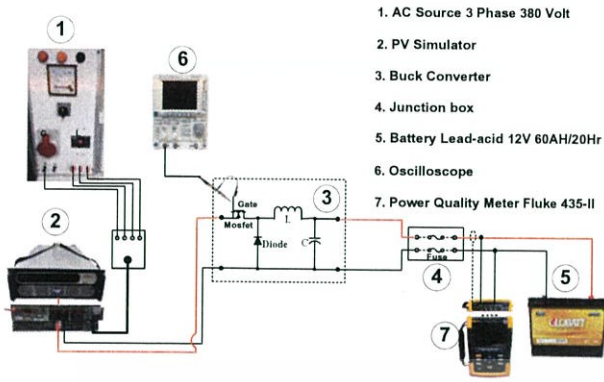
ส่วนประกอบของวงจรทอนระดับแรงดันไฟฟ้า

1. ตัวเก็บประจุ (C) เป็นตัวกรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่านและทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับโหลดด้วย
 2. มอสเฟต (Mosfet) ทำหน้าที่ในการสวิตซ์ิ่งไฟเข้าสู่โหลดโดยใช้มอสเฟต IRF 2807
 3. ตัวเหนี่ยวนำ (L) ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับโหลดและป้องกันการกระชากของกระแสในช่วงที่มอสเฟตหยุดนำกระแส
 4. ไดโอด (D) ทำหน้าที่เป็นอุปรณ์ฟริวิลไดโอด ในช่วงที่มอสเฟตหยุดนำกระแสทำให้กระแสวิ่งผ่านโหลดอย่างต่อเนื่อง
- จากการออกแบบและการคำนวณค่าความเหนี่ยวนำและค่าตัวเก็บประจุโดยค่าความเหนี่ยวนำที่เลือกใช้คือ 195 μ H และค่าตัวเก็บประจุที่เลือกใช้คือ 1000 μ F ซึ่งการทดลองจะแสดงดังหัวข้อที่ 4 ต่อไป

4. การทดลองและผลการทดลอง

การแสดงผลการทดลองการประจุแบตเตอรี่ทั้ง 3 สถานะ คือ สถานะแรก ประจุโดยควบคุมกระแสให้มีค่าคงที่ สถานะที่ 2 และ 3 เป็นการควบคุมแรงดันไฟฟ้าให้มีค่าคงที่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาคุณสมบัติของเครื่องประจุแบตเตอรี่ที่ทำการออกแบบ โดยมีการเชื่อมต่อชุดทดลองดังรูปที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

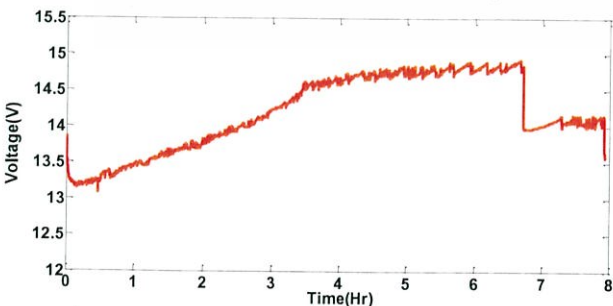


รูปที่ 4 แผนภาพเส้นเดียวของการติดตั้งชุดการทดลอง

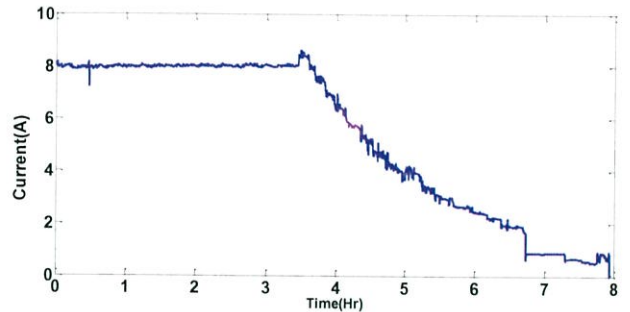
จากรูปที่ 4 เครื่องจำลองเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถจำลองแผงเซลล์แสงอาทิตย์ สภาพอากาศ และความเข้มแสง โดยมีไฟฟ้ากระแสตรงออกมาเหมือนสภาวะจริง โดยรับไฟ 3 เฟส เพื่อเลี้ยงให้เครื่องสามารถทำงานได้ ต่อมาเครื่องประจุแบตเตอรี่ทำหน้าที่ลดทอนระดับแรงดันเพื่อให้สามารถประจุแบตเตอรี่ได้ และเป็นตัวคอยปรับสัญญาณควบคุม (PWM) เพื่อกำหนดค่า duty cycle (Duty Cycle) ให้เหมาะสมกับแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ต้องการ โดยก่อนเข้าเบคเตอร์จะต่อฟิวส์เพื่อป้องกันกระแสเกิน ในขณะที่ตัวเก็บใช้เครื่องออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) ตรวจสอบสัญญาณควบคุม (PWM) และใช้เครื่องตรวจวัดคุณภาพกำลังไฟฟ้า (Power Quality Meter) ตรวจสอบแรงดันไฟฟ้ากระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าเพื่อบันทึกผลการทดลอง

ทำการประจุแบตเตอรี่โดยจำลองแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดกำลังไฟฟ้าสูงสุด 270 วัตต์ ลงเบคเตอร์ขนาด 12 โวลต์ 60 แอมป์-ชั่วโมงต่อ 20 ชั่วโมง ซึ่งได้ผลการทดลองดังรูปที่ 5 และ 6

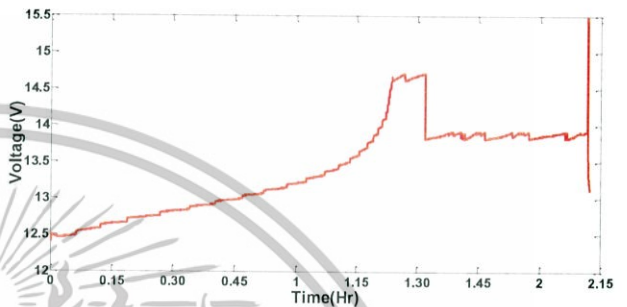
และได้ทำการเปรียบเทียบเครื่องประจุแบตเตอรี่ที่ได้ออกแบบไว้กับเครื่องประจุแบตเตอรี่เชิงพาณิชย์ เครื่องประจุแบตเตอรี่ที่ได้ออกแบบไว้ประจุกระแสที่ 1 แอมป์ โดยจำลองแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดกำลังไฟฟ้าสูงสุด 63 วัตต์ ซึ่งได้ผลการทดลองดังรูปที่ 7 และ 8 ส่วนเครื่องประจุแบตเตอรี่เชิงพาณิชย์ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 9 และ 10



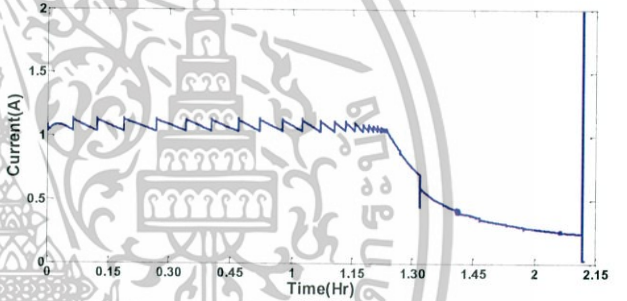
รูปที่ 5 แรงดันไฟฟ้าขณะทำการประจุแบตเตอรี่ กระแสที่ 8 A



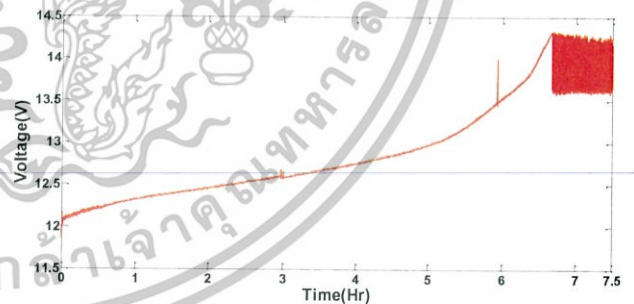
รูปที่ 6 กระแสไฟฟ้าขณะทำการประจุแบตเตอรี่ กระแสที่ 8 A



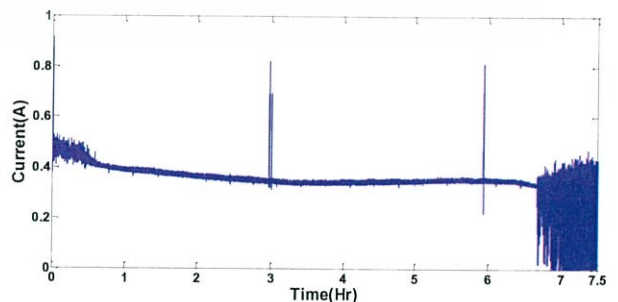
รูปที่ 7 แรงดันไฟฟ้าขณะทำการประจุแบตเตอรี่ กระแสที่ 1 A



รูปที่ 8 กระแสไฟฟ้าขณะทำการประจุแบตเตอรี่ กระแสที่ 1 A



รูปที่ 9 แรงดันไฟฟ้าขณะทำการประจุแบตเตอรี่เชิงพาณิชย์



รูปที่ 10 แรงดันไฟฟ้าขณะทำการประจุแบตเตอรี่ กระแสที่ 8 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สรุป

จากการประจุแบตเตอรี่ด้วยเครื่องประจุแบตเตอรี่ที่ได้ ออกแบบไว้ โดยในสถานะแรกเป็นการประจุด้วยกระแสคงที่ที่ 8 แอมป์ เมื่อแรงดันที่ขั้วแบตเตอรี่มีค่าเพิ่มขึ้นถึง 14.6 โวลต์ จะเปลี่ยนไปประจุในสถานะที่สอง คือการควบคุมแรงดันขณะประจุให้มีค่าคงที่ที่ 14.6 โวลต์ จนกระทั่งแรงดันที่ขั้วแบตเตอรี่มีค่าใกล้เคียงกับแรงดันที่ประจุ ส่งผลให้ กระแสที่ใช้ในการประจุมีค่าลดลง จนมีค่าเหลือเพียง 1.5 แอมป์ จึงจะ เปลี่ยนไปประจุในสถานะที่สาม คือควบคุมให้แรงดันขณะประจุมีค่าคงที่ ที่ 13.8 โวลต์ จนกระทั่งกระแสประจุมีค่าลดลงเหลือ 0.1 แอมป์ จึงสิ้นสุด การประจุ โดยใช้เวลาในการประจุทั้งสิ้น 7 ชั่วโมง 47 นาที ซึ่งการประจุ แบบ 3 สถานะนี้ จะช่วยให้สามารถประจุแบตเตอรี่ได้เร็วขึ้นเนื่องจาก กระแสที่ใช้ในการประจุสูงถึง 8 แอมป์ และยังเป็นกรช่วยยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่อีกด้วย จากการเปรียบเทียบเครื่องประจุแบตเตอรี่ที่ ออกแบบไว้กับเครื่องประจุแบตเตอรี่เชิงพาณิชย์ พบว่าเครื่องประจุ แบตเตอรี่ที่ออกแบบไว้ประจุได้รวดเร็วกว่าเครื่องประจุแบตเตอรี่เชิงพาณิชย์

เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงพลังงาน. 2555. สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://tene.eppo.go.th/pdf_files/L031.pdf. 12 ธันวาคม 2557.
- [2] J. M. Ogden, "Annual energy outlook," *U.S. Dept. of Energy*, 2011, On page(s): 1-4.
- [3] Krummenacher, F., Robortella, R., Simon-Vermot, R., Kayal. M., "A fully integrated solar battery charger," *Circuits and Systems and TAISA Conference, 2009. NEWCAS-TAISA '09. Joint IEEE North-East Workshop on*, 2009, On page(s): 1-4.
- [4] Hua and M. Y. Lin, "A study of charging control of Lead-Acid battery for electric vehicles," *IEEE*, vol. 1, 2011, On page(s): 135-140.

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นายฉัฐกานต์ เฉชะคุณ

ประวัติการศึกษา ปีการศึกษา 2553 สำเร็จการศึกษา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสตรีวิทยา 2

ปีการศึกษา 2557 สำเร็จการศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง



ชื่อ-นามสกุล นายฉัฐพงศ์ วิสุทธิสุริยะสกุล

ประวัติการศึกษา ปีการศึกษา 2553 สำเร็จการศึกษา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนราชวินิตบางแก้ว

ปีการศึกษา 2557 สำเร็จการศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง



ชื่อ-นามสกุล นางสาวทรัพย์พร สัจจมาศ

ประวัติการศึกษา ปีการศึกษา 2553 สำเร็จการศึกษา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสาธิตเทศบาลวัด

เพชรจริก ปีการศึกษา 2557 สำเร็จการศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง



ชื่อ-นามสกุล นายธนกร คังจิตตรง

ประวัติการศึกษา ปีการศึกษา 2553 สำเร็จการศึกษา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนนครราชสีมา

ปีการศึกษา 2557 สำเร็จการศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นายณัฐกานต์ เดชะคุณ

ประวัติการศึกษา ปีการศึกษา 2553 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสตรีวิทยา 2

ปีการศึกษา 2557 สำเร็จการศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ชื่อ-นามสกุล นายณัฐพงษ์ วิสุทธิสุริยะสกุล

ประวัติการศึกษา ปีการศึกษา 2553 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนราชวินิตบางแก้ว

ปีการศึกษา 2557 สำเร็จการศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ชื่อ-นามสกุล นางสาวทรัพย์พร สัจจมาศ

ประวัติการศึกษา ปีการศึกษา 2553 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสาธิตเทศบาลวัดเพชรจริก

ปีการศึกษา 2557 สำเร็จการศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ชื่อ-นามสกุล นายชนกร ตั้งจิตตรง

ประวัติการศึกษา ปีการศึกษา 2553 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนชลราษฎรอำรุง

ปีการศึกษา 2557 สำเร็จการศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้