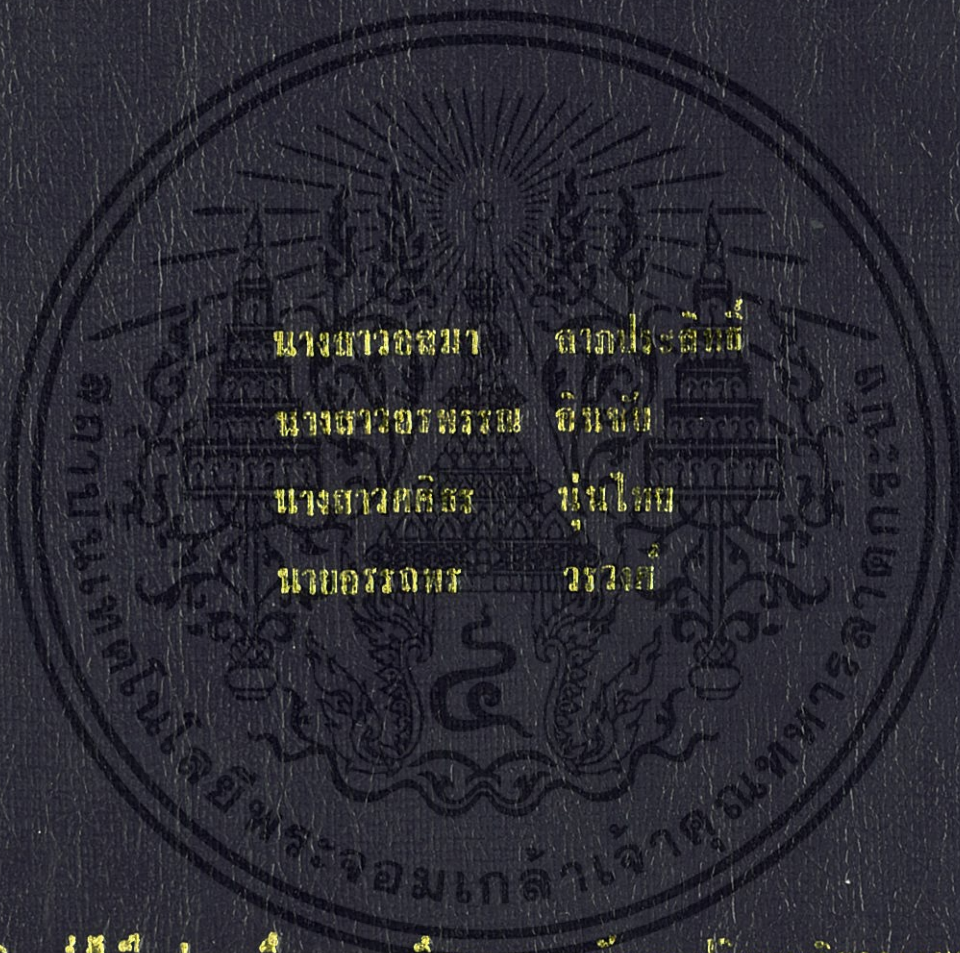


ระบบการจัดการพลังงานสำหรับระบบบำบัดน้ำผิวดิน มุ่งประโยชน์
ENERGY MANAGEMENT SYSTEM FOR WATER TREATMENT
AT BUENCKRATHIANG



นางสาวอศมา ลาภประสิทธิ์
นางสาวอรพรรณ อินขันธ์
นางสาวศศิธร นุ่นไทย
นายอรรถพร วรพงศ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2555

ระบบการจัดการพลังงานสำหรับระบบบำบัดน้ำเสีย ณ บึงกระเทียม

ENERGY MANAGEMENT SYSTEM FOR WATER TREATMENT
AT BUENGRATHIAM



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ENERGY MANAGEMENT SYSTEM FOR WATER TREATMENT
AT BUENGRATHIAM



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

2012

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2555

ระบบการจัดการพลังงานสำหรับระบบบำบัดน้ำเสีย ณ บึงกระเทียม
ENERGY MANAGEMENT SYSTEM FOR WATER TREATMENT
AT BUENGRATHIAM



โดย

นางสาว อสมมา ลามประสิทธิ์
นางสาว อรพรรณ อินชัย
นางสาว ศศิธร นุ่นไทย
นาย อรรถพร วรวงศ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. ดร. สมยศ เกียรติวนิชวิไล

รศ. พิชิต ล้ายอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2555

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง


เรื่อง ระบบการจัดการพลังงานสำหรับระบบบำบัดน้ำเสีย ณ บึงกระเทียม

คณะผู้จัดทำ

1. นางสาว อสมมา ลาภประสิทธิ์
2. นางสาว อรพรรณ อินชัย
3. นางสาว ศศิธร นุ่นไทย
4. นาย อรรถพร วรวงศ์




.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ. ดร. สมยศ เกียรติวนิชวิไล)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ. พิชิต ล้ายอง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการจัดการพลังงานสำหรับระบบบำบัดน้ำเสีย

ณ บึงกระเทียม

นางสาวอสม่า ลาภประสิทธิ์

นางสาวอรพรรณ อินชัย

นางสาวศศิธร นุ่นไทย

นายอรรถพร วรวงศ์

ผศ.ดร.สมยศ เกียรติวนิชวิไล อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.พิชิต ลำยอง อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2555

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการพัฒนาตัวตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุดเพื่อนำพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ได้สูงสุดโดยใช้เทคนิคอัตราส่วนแรงดันขณะเปิดวงจร (Fractional open circuit voltage) ซึ่งเทคนิคนี้สามารถหาจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ง่าย และสามารถนำมาใช้งานได้จริง แล้วยำพลังงานนี้ไปใช้ในระบบการบำบัดน้ำเสีย ณ สวนสาธารณะชุมชนมีนบุรี โดยใช้พีแอลซี (Programmable Logic Control) ควบคุมช่วงเวลาในการทำงานของระบบเพื่อจัดการระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และพัฒนาชุมชนให้ยั่งยืน

ENERGY MANAGEMENT SYSTEM FOR WATER TREATMENT AT BUENGRATHIAM

Asama Lapprapsith
Orapan Inchai
Sasithron Noonthai
Attaporn Worawong
Asst. Prof. Dr. Somyot Kaitwanidvilai Supervisor
Assoc.Prof. Pichit Lumyong Co-Supervisor
2012

ABSTRACT

This project presents the development of Maximum Power Point Tracking (MPPT) in order to track the maximum energy from solar cell, using the fractional open circuit voltage. The proposed technique can track the MPP easily and can then be used in real practical works. The energy is taken for water treatment at Buengkrathiam, and this project adopts a PLC to manage a schedule of the system for achieving higher efficiency and developing sustainable community.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการเรื่องระบบการจัดการพลังงานสำหรับระบบบำบัดน้ำเสีย ณ บึงกระเทียมสามารถประสบความสำเร็จได้ด้วยดีนั้น เกิดจากการทำงานด้วยความวิริยะอุตสาหะ และได้รับการสนับสนุนจากบุคคลหลายท่านที่มีส่วนทั้งทางตรงและทางอ้อม ทางคณะผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณในความอนุเคราะห์ดังกล่าว ดังมีรายนามดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมยศ เกียรติวนิชวิไล และ รศ.พิชิต ล้ายอง ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่ได้คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อคิดเห็น และติดตามดูแลเอาใจใส่ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ในการทำโครงการวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณ คุณนครศักดิ์ แสงศรี ที่ได้ช่วยอำนวยความสะดวกในการให้ยืมอุปกรณ์บางส่วนที่ใช้ในการทำงานโครงการ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุก ๆ ฝ่ายที่เกี่ยวข้องในการทำโครงการวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณ คุณยศ ศรีวงศ์ชัย ประธานชุมชนเขตมีนบุรี ที่อนุญาตให้จัดอบรมแก่ชุมชน และคุณหนู ผู้ดูแลศูนย์เด็กฯ เขตมีนบุรี ที่ช่วยประสานงานการใช้สถานที่จัดการอบรม

ขอบคุณคุณภูมิ คงทั่วยรอบ, คุณกิตติพงษ์ เกศสิริกุล, คุณสุรเชษฐ์ กิ่งนอก, คุณสันติ สังสีแก้วและคุณสมานพงศ์ สุจริตวณิชพงศ์ กลุ่มโครงการรุ่นพี่ที่เป็นเจ้าของตัวตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุดสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ตัวควบคุมแบบพีไอ 2 ตัวและเทคนิคการแกว่งและสังเกตที่ได้เป็นแนวทางในการพัฒนาโครงการให้ดียิ่งขึ้นตลอดจนพี่และเพื่อนในห้องปฏิบัติการวิจัยทุกคนที่ได้คอยให้กำลังใจ เสนอมุมมองที่แตกต่าง และคอยให้คำปรึกษาเสมอมา

ท้ายที่สุดนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดาที่ได้อุปการะเลี้ยงดู อบรมสั่งสอน ตลอดจนส่งเสริมทางการศึกษา จนสามารถสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีในครั้งนี้

คณะผู้จัดทำ

นางสาวอสมมา	ลาภประสิทธิ์
นางสาวอรพรรณ	อินชัย
นางสาวศศิธร	นุ่นไทย
นายอรรถพร	วรวงศ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	4
1.4 วิธีการดำเนินงาน	4
1.5 แผนการดำเนินงาน	5
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับของโครงการวิจัย	6
1.7 การจัดโครงสร้างของเนื้อหาภายในปฏิญานิพนธ์	6
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
2.1 บทนำ	8
2.2 ทฤษฎีของเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell)	8
2.2.1 นิยามและความสำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์	8
2.2.2 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์	9
2.2.3 หลักการทำงานโดยทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์	10
2.2.4 คุณลักษณะความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์	12
2.3 วงจรตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด (MPPT)	15
2.3.1 วงจรทบระดับแรงดัน (Boost converter)	15
2.4 การตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด	21
2.4.1 วิธีรบกวนและสังเกต (Perturbation and Observation : P&O)	21
2.4.2 วิธีอัตราส่วนแรงดันขณะเปิดวงจร (Fractional Open-Circuit Voltage)	23
2.5 การบำบัดน้ำเสีย	24
2.5.1 การกำหนดมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำ	24
2.5.2 มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำเป็นมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม	24
2.5.3 ลักษณะน้ำเสียที่สำคัญในการตรวจวิเคราะห์	25
2.5.4 การบำบัดน้ำเสียและกากตะกอน	25
2.5.4.1 ความสำคัญของระบบบำบัดน้ำเสีย	25
2.5.4.2 การรวบรวมน้ำเสีย	25

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5.4.3 การบำบัดน้ำเสีย	26
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้างเครื่องต้นแบบ	28
3.1 บทนำ	29
3.2 ส่วนประกอบหลักของชุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด	29
3.3 การออกแบบและจัดสร้างชิ้นงานจริง	29
3.3.1 วงจรทบระดับแรงดันไฟฟ้า (Boost converter)	29
3.3.2 การหาค่าตัวเหนี่ยวนำ (Inductance)	30
3.3.3 การหาค่าตัวเก็บประจุ (Capacitance)	31
3.3.4 วงจรแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรง +5 และ +15 โวลต์	37
3.3.5 วงจรขับมอสเฟตแบบแยกกราวด์ (Gate drive)	38
3.3.6 ชุดตรวจจับแรงดัน	39
3.3.7 วงจรตรวจจับกระแส	39
3.3.8 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)	40
3.3.8.1 พอร์ตของบอร์ดของไมโครคอนโทรลเลอร์	41
3.3.8.2 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม	42
บทที่ 4 ผลการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์และผลการทดลอง	46
4.1 การประมวลผลโดยใช้โปรแกรม PVSYST	46
4.2 การทดลองวัดค่าความเข้มแสง ณ บึงกระเทียม	48
4.3 การทดลองกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อหาค่าคงที่ k	51
4.4 ทำการทดลองเพื่อหาค่าตัวที่ ทำให้ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด ที่ความเข้มแสงต่างๆ	58
4.5 การทดลองตัวตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยเทคนิค อัตราส่วนแรงดันขณะเปิดวงจร	60
4.6 ทำการทดลองตัวตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุดโดย $k = 0.77$	61
บทที่ 5 บทสรุป ข้อเสนอแนะ และแนวทางการพัฒนา	64
5.1 บทสรุปในการดำเนินงาน	64
5.2 ข้อเสนอแนะในการทำงาน	69
5.3 แนวทางการพัฒนา	69
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก โปรแกรมควบคุมชุดตัวตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด	
ภาคผนวก ข โปรแกรมควบคุมพีแอลซี	
ภาคผนวก ค บทความทางวิชาการ	
บรรณานุกรม	

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 หลอดไฟไม่สามารถให้แสงสว่างได้ในช่วงเวลากลางคืน	2
รูปที่ 1.2 เครื่องตีน้ำ จะทำงานในทุกๆช่วงเวลาที่มิพลังงานเพียงพอ	2
รูปที่ 1.3 เครื่องตีน้ำ ได้รับพลังงานไม่เพียงพอที่จะทำงานได้	3
รูปที่ 1.4 แผงเซลล์แสงอาทิตย์	3
รูปที่ 1.5 องค์ประกอบของโครงการ	3
รูปที่ 1.6 กังหันลม	3
รูปที่ 2.1 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์	9
รูปที่ 2.2 โครงสร้างรอยต่อพี-เอ็นของสารกึ่งตัวนำซิลิกอน	10
รูปที่ 2.3 การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนและโฮลของสารกึ่งตัวนำซิลิกอน	11
รูปที่ 2.4 ขณะไม่มีการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนและโฮลของสารกึ่งตัวนำซิลิกอน	11
รูปที่ 2.5 กราฟกระแสกับแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (IV-curve)	12
รูปที่ 2.6 การต่อวงจรสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์	13
รูปที่ 2.7 ลักษณะกระแสและแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ (IV-curve)	14
รูปที่ 2.8 กราฟกระแสและแรงดันที่อุณหภูมิและความเข้มแสงต่างๆ	14
รูปที่ 2.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้า	15
รูปที่ 2.10 วงจรทบระดับแรงดันไฟฟ้า	16
รูปที่ 2.11 รูปขณะสวิตช์นำกระแส	16
รูปที่ 2.12 รูปขณะสวิตช์หยุดนำกระแส	17
รูปที่ 2.13 แผนผังการทำงานลักษณะการตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด	22
รูปที่ 3.1 ภาพรวมของโครงการทั้งหมด	28
รูปที่ 3.2 แผนภาพของชุดตัวตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด	29
รูปที่ 3.3 วงจรทบระดับแรงดันไฟฟ้า (Boost converter)	30
รูปที่ 3.4 การจำลองวงจรทบระดับแรงดัน	32
รูปที่ 3.5 กระแสไฟฟ้า เมื่อกำหนดให้ $L=60 \mu\text{H}$, $C =67 \mu\text{F}$	34
รูปที่ 3.6 กระแสไฟฟ้า เมื่อกำหนดให้ $L=120 \mu\text{H}$, $C =67 \mu\text{F}$	34
รูปที่ 3.7 กระแสไฟฟ้า เมื่อกำหนดให้ $L=300 \mu\text{H}$, $C =67 \mu\text{F}$	34
รูปที่ 3.9 กระแสไฟฟ้า เมื่อกำหนดให้ $L=600 \mu\text{H}$, $C =67 \mu\text{F}$	35
รูปที่ 3.8 แรงดันเอาต์พุต เมื่อกำหนดให้ $L=60 \mu\text{H}$, $C =67 \mu\text{F}$	35
รูปที่ 3.10 แรงดันเอาต์พุต เมื่อกำหนดให้ $L=60 \mu\text{H}$, $C =134 \mu\text{F}$	35
รูปที่ 3.11 แรงดันเอาต์พุต เมื่อกำหนดให้ $L=60 \mu\text{H}$, $C =335 \mu\text{F}$	36
รูปที่ 3.12 แรงดันเอาต์พุต เมื่อกำหนดให้ $L=60 \mu\text{H}$, $C =670 \mu\text{F}$	36
รูปที่ 3.13 แรงดันเอาต์พุต(ค่าที่เลือกใช้) เมื่อกำหนดให้ $L=629.3 \mu\text{H}$, $C =670 \mu\text{F}$	37
รูปที่ 3.14 แหล่งจ่ายแรงดันไฟตรง +5 และ +15 โวลต์	37

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.15 วงจรขับมอสเฟตแบบแยกกราวด์ (Gate Drive)	38
รูปที่ 3.16 ชุดตรวจจับแรงดัน	39
รูปที่ 3.17 วงจรตรวจจับกระแส	39
รูปที่ 3.18 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	40
รูปที่ 3.19 สัญญาณที่ออกมาจาก pic18f2620 ส่งไป TLP250 (ตัวที่ 1)	42
รูปที่ 3.20 สัญญาณที่ออกมาจาก pic18f2620 ส่งไป TLP250 (ตัวที่ 2)	43
รูปที่ 3.21 สัญญาณที่ออกมาจาก TLP 250 ไปขับมอสเฟต	43
รูปที่ 3.22 สัญญาณเกทไปขับมอสเฟต 2	44
รูปที่ 3.23 สัญญาณเดรนที่มอสเฟต 1	45
รูปที่ 3.24 สัญญาณเดรนที่มอสเฟต 2	45
รูปที่ 3.25 สัญญาณอินพุตที่วงจรทระดับแรงดัน	46
รูปที่ 3.26 สัญญาณเอาท์พุตที่วงจรทระดับแรงดัน	46
รูปที่ 4.1 ภาพแผนที่สถานที่ตั้งบึงกระเทียม	48
รูปที่ 4.2 โปรแกรม PVSYSY แสดงค่าเฉลี่ยของพลังงานตามสภาพอากาศต่อปี	49
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงพลังงานที่ได้และพลังงานที่ใช้ไปในแต่ละวัน	50
รูปที่ 4.4 (ก) กราฟเวลาการทำงานของพีแอลซี	52
รูปที่ 4.4 (ข) กราฟเวลาการทำงานของพีแอลซี	52
รูปที่ 4.5 วงจรการทดลอง	53
รูปที่ 4.6 (ก) วงจรการทดลองแบบเปิดวงจร	54
รูปที่ 4.6 (ข) วงจรการทดลองแบบลัดวงจร	54
รูปที่ 4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดันที่ความเข้มแสง 45,600 ลักซ์	56
รูปที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดันที่ความเข้มแสง 40,800 ลักซ์	56
รูปที่ 4.9 วงจรการทดลอง	58
รูปที่ 4.10 ที่ความเข้มแสง 34,500 ลักซ์ ค่า ดิวตี้ ค่าแรงดัน 15.06 V	60
รูปที่ 4.11 ที่ความเข้มแสง 57,200 ลักซ์ ค่า ดิวตี้ ค่าแรงดัน 16.46 V	60
รูปที่ 4.12 แรงดันช่วงปรับหาดิวิตี้ที่เหมาะสม	61
รูปที่ 4.13 กำลังไฟฟ้าที่มีการตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด	61
รูปที่ 4.14 กำลังไฟฟ้าที่ออกจากเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อต่อตรงกับภาระไฟฟ้า	62
รูปที่ 4.15 กำลังไฟฟ้าที่ออกจากเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อต่อผ่านวงจรตัวตามรอยกำลังไฟฟ้า	62
รูปที่ 4.16 วัตต์ที่กำลังไฟฟ้าเอาท์พุตจากวงจรตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด	63

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 5.1 ป้าย 1 ใหม่ (ป้ายเดิมสูญหาย)	64
รูปที่ 5.2 ป้าย 2 เดิม ชำรุด	64
รูปที่ 5.3 ป้าย 2 ใหม่	64
รูปที่ 5.4 ป้าย 3 เดิม	65
รูปที่ 5.5 ป้าย 3 ใหม่	65
รูปที่ 5.6 ใบพัดต้นน้ำเดิมที่ชำรุด	65
รูปที่ 5.7 ใบพัดต้นน้ำใหม่ที่เปลี่ยนเรียบร้อย	65
รูปที่ 5.8 ถอดแกนใบพัด	66
รูปที่ 5.9 คนในชุมชนมาช่วยเปลี่ยนใบพัด	66
รูปที่ 5.10 ชัดสนิมเตรียมทาสีเคลือบ	67
รูปที่ 5.11 ทาสีเคลือบ	67
รูปที่ 5.12 ก่อนเปลี่ยนใบพัด และ ทาสี	68
รูปที่ 5.13 เปลี่ยนใบพัด และ ทาสีเคลือบเรียบร้อย	68

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน	5
ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบทิศทางการรบกวนการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้า	19
ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบทิศทางการรบกวนการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้า	22
ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติที่สำคัญของเทคนิคการตามรอยต่างๆ	24
ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างเกณฑ์การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ	27
ตารางที่ 3.1 กำหนดค่าตัวเหนี่ยวนำ และ ตัวเก็บประจุ ในการจำลองวงจรทระดับแรงดัน	33
ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงคุณลักษณะของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล PIC	41
ตารางที่ 4.1 แผงผังแสดงเวลาการทำงานของภาระทางไฟฟ้า	49
ตารางที่ 4.2 การวัดค่าความเข้มแสง ณ บึงกระเทียม	51
ตารางที่ 4.3 ค่าความเข้มแสง 45,600 ลักซ์	55
ตารางที่ 4.4 ค่าความเข้มแสง 40,800 ลักซ์	55
ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบผลระหว่างการทดลองในโปรแกรม MATLAB กับการทดลองจริง	57
ตารางที่ 4.6 ค่าจากการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า แรงดันอินพุต กับ กำลังไฟฟ้า ที่ค่าความเข้มแสง 84500 ลักซ์	58
ตารางที่ 4.7 ค่าจากการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า แรงดันอินพุต กับ กำลังไฟฟ้า ที่ค่าความเข้มแสง 64200 ลักซ์	59
ตารางที่ 4.8 ค่าจากการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า แรงดันอินพุต กับ กำลังไฟฟ้า ที่ค่าความเข้มแสง 37000 ลักซ์	59

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

พลังงานทดแทนโดยทั่วไปหมายถึงพลังงานที่มีอยู่ทั่วไปตามธรรมชาติและสามารถมีทดแทนได้อย่างไม่จำกัด ซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์นั้นถือเป็นพลังงานทดแทนชนิดหนึ่งที่เป็นพลังงานสะอาด ปราศจากมลพิษ และมีอยู่ทั่วไปในธรรมชาติอย่างไม่จำกัด ซึ่งประเทศไทยนั้นมีภูมิศาสตร์ที่เหมาะสมกับการที่จะนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์เป็นอย่างยิ่ง ในระยะเวลาที่ผ่านมา หลายหน่วยงานได้มีการติดตั้งระบบผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ตามชนบทที่ไม่มีไฟฟ้าเข้าถึง จะเห็นได้ว่าระบบผลิตพลังงานแสงอาทิตย์เริ่มเข้ามามีบทบาทสำคัญทางด้านการพัฒนาเทคโนโลยีในประเทศไทย ที่สำคัญยังช่วยในเรื่องของสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ต้องมีแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นตัวรับพลังงาน แต่ว่าเซลล์แสงอาทิตย์ยังไม่สามารถดึงพลังงานได้ดีเท่าที่ควร นักวิจัยหลายๆท่านจึงได้มีแนวคิดในการสร้างเครื่องตามรอยสูงสุดเพื่อให้สามารถดึงพลังงานได้สูงสุด ซึ่งในการสร้างเครื่องตามรอยสูงสุดมีหลายเทคนิคด้วยกัน อาทิเช่น

เทคนิคการแกว่งและการสังเกต Kim และคณะ [1] ได้กล่าวไว้ว่าจุดกำลังไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์สามารถรับค่าได้ ซึ่งไม่ใช่จุดสูงสุดของกำลังไฟฟ้า เราจะทำการแกว่งค่า ΔV เล็กน้อย จนกระทั่งเกิดการเปลี่ยนแปลงของค่า ΔP ถ้าค่า $\Delta P > 0$ แสดงว่าเข้าใกล้จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด ถ้าค่า $\Delta P < 0$ แสดงว่าออกห่างจากจุดสูงสุด หลักการนี้ทำให้หาจุดสูงสุดของกำลังไฟฟ้าได้โดยง่าย แต่ยังมีนักวิจัยอีกกลุ่ม Kawamura และคณะ [2] กล่าวว่า เทคนิคนี้ยังคงมีข้อเสียอยู่ คือ ค่า ΔP ที่วัดได้จะมีค่าที่แกว่งอย่างมากในกรณีที่มีสภาพอากาศมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทำให้หลักการนี้ไม่สามารถใช้ได้ ต่อมา Andujar และคณะ [3], Xiao และคณะ [4] กล่าวว่า การที่เทคนิคนี้มีการประมวลผลที่ช้ามาก ๆ ดังนั้นจึงไม่สามารถทำงานอย่างมีประสิทธิภาพได้ แม้จะเกิดการบังเงาแค่บางส่วนก็ตาม

เทคนิคอัตราส่วนแรงดันขณะเปิดวงจร Hohm และคณะ [5], Koizumi และคณะ [6] กล่าวว่า จากกราฟ I-V ของเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างแรงดันสูงสุดต่อแรงดันขณะเปิดวงจร K โดยเป็นค่าเกือบคงที่ ที่น้อยกว่า 1 (ซึ่งในกรณีกระแสก็เช่นกัน เทคนิคอัตราส่วนกระแสขณะลัดวงจร Noguchi และคณะ [7], Mutoh และคณะ [8,9] กล่าวว่าขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างกระแสสูงสุดต่อกระแสขณะลัดวงจรเป็นค่าเกือบคงที่ K) ซึ่งหลักการนี้สามารถนำไปหาจุดแรงดันสูงสุดได้โดยคูณค่า K กับค่าแรงดันขณะเปิดวงจรได้ ถึงแม้ว่าเทคนิคนี้จะดูง่าย แต่จริงๆแล้วมันมีความยากอยู่ที่การเลือกค่า K ที่เหมาะสม จากงานวิจัยของ Andersen และคณะ [10], Van de Merwe และคณะ [11], Abou El Ela และคณะ [12] จะเห็นได้ว่าค่า K ที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 0.73 – 0.80

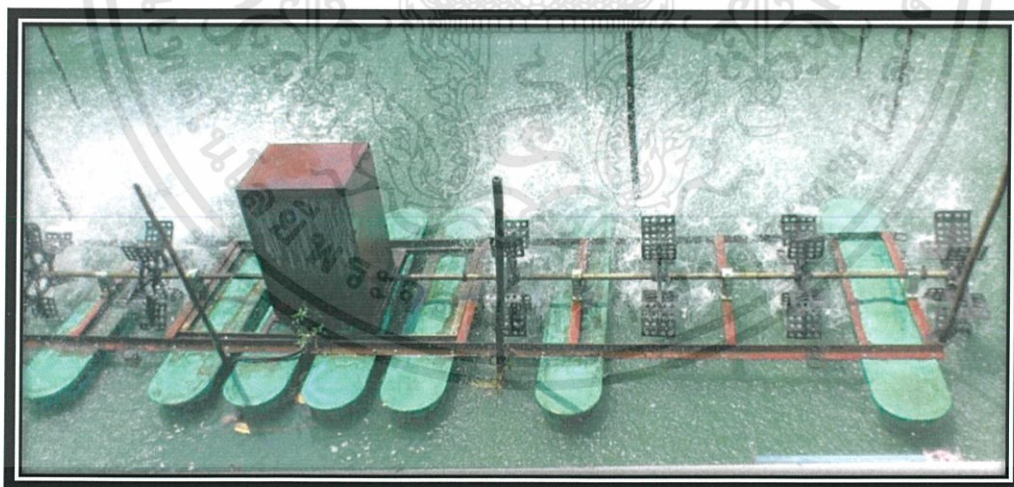
จากการที่ทางคณะผู้วิจัยได้ลงพื้นที่ในเขตมินบุรี ณ บริเวณบึงกระเทียม พบว่าได้มีโครงการร่วมมือกันระหว่างทางสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังกับชมรมคนรักเมืองมิน ซึ่งเดิมเป็นโครงการของรศ.พิชิต ลายอง ที่นำพลังงานทางเลือกเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ในการบำบัดน้ำเสียเพื่อการพัฒนาชุมชนอย่างยั่งยืน แต่เนื่องจากยังไม่ได้ดำเนินการด้านการจัดการพลังงานที่เหมาะสม กลุ่มของข้าพเจ้าจึงได้เข้ามาสานต่อจากโครงการเดิม ซึ่งสรุปประเด็นปัญหาที่สามารถสังเกตได้ดังนี้

- ยังไม่มีการใช้แบตเตอรี่เพื่อเก็บสะสมพลังงาน ทำให้เวลากลางคืนไม่สามารถนำเสนหรือแสดงผลได้ ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนคือยังมีระบบแสงสว่างในช่วงเวลากลางคืน



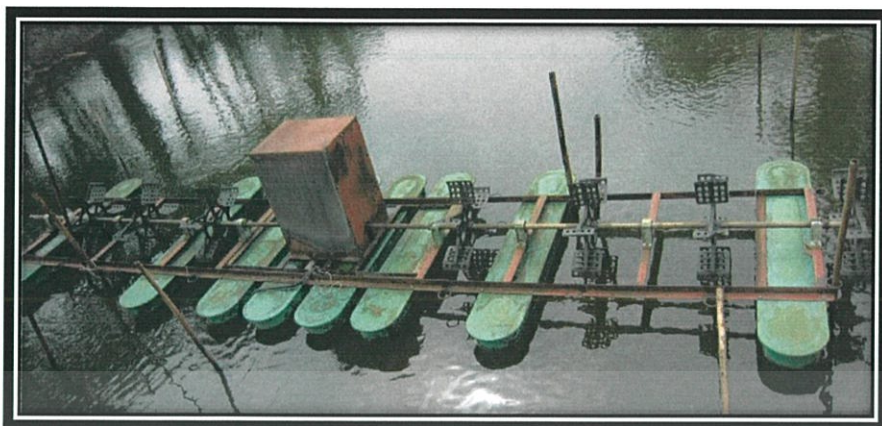
รูปที่ 1.1 หลอดไฟไม่สามารถให้แสงสว่างได้ในช่วงเวลากลางคืน
(พื้นที่ในเขตมินบุรี ณ บริเวณบึงกระเทียม)

- เนื่องจากระบบการจ่ายไฟเป็นการเชื่อมต่อโดยตรงระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์กับเครื่องตีน้ำ ทำให้เกิดปัญหาใน 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 ในช่วงเวลากลางวันเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้ตลอดเวลา เครื่องตีน้ำก็จะทำงานตลอดเวลาตามไปด้วย ส่งผลทำให้ลูกปืนของเครื่องตีน้ำแตก กรณีที่ 2 มีการจ่ายพลังงานไปที่เครื่องตีน้ำ แต่ขีดความสามารถของพลังงานที่จ่ายให้ยังไม่ถึงระดับที่จะทำให้เครื่องตีน้ำทำงานได้ จะเกิดการจ่ายไฟอยู่เป็นเวลานาน ซึ่งอาจส่งผลให้มอเตอร์เครื่องตีน้ำเสียหายได้ และพลังงานที่จ่ายออกมาสูญเสียไปอย่างเปล่าประโยชน์

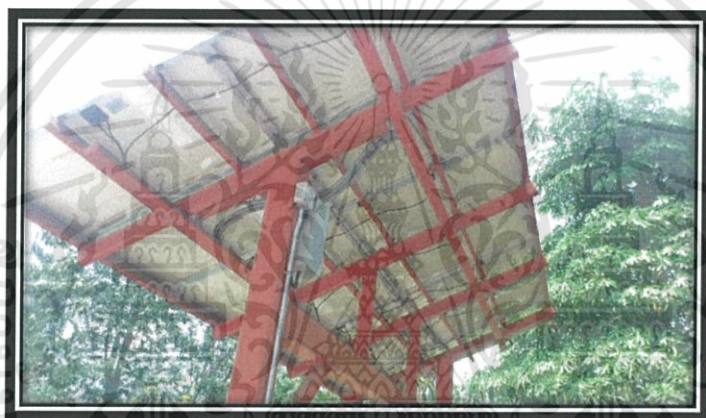


รูปที่ 1.2 เครื่องตีน้ำ จะทำงานในทุกๆช่วงเวลาที่ มีพลังงานเพียงพอ
(พื้นที่ในเขตมินบุรี ณ บริเวณบึงกระเทียม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.3 เครื่องตักน้ำ ได้รับพลังงานไม่เพียงพอที่จะทำงานได้ อาจส่งผลให้มอเตอร์ไหม้ได้
(พื้นที่ในเขตมินบุรี ฌ บริเวณบึงกระเทียม)



รูปที่ 1.4 แผงเซลล์แสงอาทิตย์
(พื้นที่ในเขตมินบุรี ฌ บริเวณบึงกระเทียม)



รูปที่ 1.5 องค์ประกอบของโครงการ



รูปที่ 1.6 กังหันลม

(พื้นที่ในเขตมินบุรี ฌ บริเวณบึงกระเทียม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งปัญหาต่างๆที่ได้กล่าวมานั้น คณะผู้วิจัยจะศึกษาหาข้อมูล นำไปวิเคราะห์ และแก้ปัญหา โดยใช้เทคนิคตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power Point Tracking : MPPT) มาช่วยในการดึงพลังงานมาใช้ได้สูงสุด อีกทั้งนำพีแอลซี (Programmable Logic Control : PLC) มาจัดการระบบการทำงานต่างๆ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อสร้างตัวตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power Point Tracking : MPPT) สำหรับการทำงานในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ณ บริเวณบึงกระเทียม ชุมชนมีนบุรี ต่อไป
2. เพื่อจัดการระบบพลังงานสำหรับระบบบำบัดน้ำเสีย ณ บึงกระเทียมโดยการนำพีแอลซี (Programmable Logic Control : PLC) มาควบคุมช่วงเวลาในการทำงานภาระทางไฟฟ้า
3. เพื่อศึกษาลักษณะการทำงานการตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด (MPPT) ของเทคนิคต่างๆ ให้เกิดความรู้ความเข้าใจ ถึงเทคนิคเหมาะสมที่สุด ที่จะนำมาใช้กับสถานที่จริง (พื้นที่ในเขตมีนบุรี ณ บริเวณบึงกระเทียม)
4. เพื่อศึกษาการทำงานของเครื่องต้นน้ำ ให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด
5. เพื่อส่งเสริม และเผยแพร่ความรู้ให้กับคนในชุมชนให้มีความรู้ ความเข้าใจกับ การนำพลังงานทดแทนมาใช้

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. ศึกษาระบบการกำเนิดพลังงานด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อให้เข้าใจระบบการทำงาน
2. ศึกษาการทำงานและสร้างตัวตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด (MPPT) ขนาด 1 กิโลวัตต์ สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ 14 แผงเพื่อให้ได้พลังงานสูงสุดจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์
3. ศึกษาการทำงานของพีแอลซี เพื่อควบคุมช่วงเวลาในการทำงานของระบบ และเชื่อมต่อกับแบตเตอรี่ขนาด 200 แอมป์แอมป์-ชั่วโมง จำนวน 8 ลูก
4. ศึกษาการบำบัดน้ำเสีย เพื่อที่จะสามารถกำหนดช่วงเวลาในการทำงานได้

1.4 วิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหา และเทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด
2. ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับการตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุดด้วยเทคนิคการรบกวนและสังเกต (P&O) และเทคนิคอัตราส่วนแรงดันขณะเปิดวงจร (fractional open-circuit voltage)
3. จัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ตลอดจนศึกษาวิธีการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ
4. จำลองการทำงานของเทคนิคอัตราส่วนแรงดันขณะเปิดวงจร ผ่าน MATLAB/Simulink
5. ทดลองการทำงานของเทคนิคอัตราส่วนแรงดันขณะเปิดวงจร โดยใช้การควบคุมด้วยวงจรทบทระดับแรงดันไฟฟ้าในสภาวะต่างๆ เช่น ในสภาวะที่แสงแดดตกกระทบบนแผงอย่างเต็มที่ เป็นต้น
6. บันทึกข้อมูลผลการทดลอง
7. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และ สรุปผลการทดลอง
8. รวบรวมข้อมูลการทดลอง และ จัดทำสรุปเล่มปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 แผนการดำเนินงานโครงการ

ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูล และทำความเข้าใจในทฤษฎี ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ พร้อมทั้งจำลองการทำงานของตัวตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุดใน MATLAB/Simulink ทดลองควบคุมวงจรทระดับแรงดันด้วยเทคนิคอัตราส่วนแรงดันขณะเปิดวงจร บันทึกผลการทดลอง ซึ่งมีแผนการดำเนินงานดังนี้

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

การดำเนินงาน	ภาคเรียนที่ 1				ภาคเรียนที่ 2			
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.
1.ศึกษาค้นคว้าและหาข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติและคุณลักษณะเฉพาะของเซลล์แสงอาทิตย์								
2.ศึกษาเทคนิคที่ใช้ทำ MPPT ในปัจจุบัน								
3.ศึกษาโปรแกรม MATLAB ที่ใช้ในการจำลองต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์								
4.จำลองคุณลักษณะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยคอมพิวเตอร์								
5.จำลองการทำ MPPT ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยคอมพิวเตอร์								
6.เขียนโปรแกรมการทำ MPPT ด้วยเทคนิคอัตราส่วนแรงดันขณะเปิดวงจร								
7.ออกแบบและสร้างวงจรกำลังของวงจรทระดับแรงดันไฟฟ้า								
8.ออกแบบและสร้างวงจรควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์								
9.ทดลองต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับวงจรภายใต้ความเข้มแสงสม่ำเสมอ								
10.เก็บผลการทดลอง								
11.วิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้และสรุปผลการทดลอง								
12.สรุปผลงานวิจัย นำเสนอโครงการ								

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับของโครงการวิจัย

1. โครงการวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งในการเสริมสร้างและพัฒนาสิ่งแวดล้อมเพื่อชุมชนเขตมินบุรี
2. ทำให้เกิดการตระหนักถึงความสามารถของพลังงานทดแทนจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่นำมาใช้แทนพลังงานอื่นๆ
3. เกิดความรู้ความเข้าใจถึงการทำงานของตัวตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด และพีแอลซี
4. สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาวิจัยนี้ มาเป็นแนวทางนำไปสู่การสร้างมาตรฐาน เพื่อรองรับเทคโนโลยีใหม่ ๆ ในอนาคต
5. เกิดความน่าเชื่อถือทางด้านคุณภาพกำลังไฟฟ้าสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีแหล่งจ่ายเป็นพลังงานทดแทน
6. ประชาสัมพันธ์คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังต่อชุมชน
7. ช่วยเพิ่มเครดิตคาร์บอน(carbon credits)ให้แก่สิ่งแวดล้อม
8. เกิดต้นแบบตัวตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้ได้จริง

1.7 การจัดโครงสร้างของเนื้อหาภายในปฏิญานิพนธ์

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้จะประกอบด้วยเนื้อหาสาระที่เกี่ยวข้องกับการตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด ซึ่งสามารถแบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บท ดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ ในบทนี้จะกล่าวถึงความสำคัญและที่มาของปัญหา วัตถุประสงค์ของโครงการ ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ รวมถึงวิธีการดำเนินงาน และแผนการดำเนินโครงการ ตลอดจนประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัยนี้

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไม่ว่าจะเป็นทฤษฎีของเซลล์แสงอาทิตย์ เทคนิคการรบกวนและสังเกต และเทคนิคอัตราส่วนแรงดันขณะเปิดวงจร ที่ใช้ในการตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด วงจรตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด และการบำบัดน้ำเสีย

บทที่ 3 การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบเกี่ยวกับการออกแบบจัดสร้างชิ้นงานจริง ส่วนประกอบหลักของชุด MPPT Converter ซึ่งประกอบไปด้วยวงจรทระดับแรงดันไฟฟ้า วงจรแหล่งจ่ายไฟตรง +5 และ +15 โวลต์ วงจรขับมอสเฟต แบบแยกกราวด์ ชุดตรวจจับกระแสและแรงดัน วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ รวมถึงขั้นตอนการทำงานของเครื่องตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุดด้วยเทคนิคอัตราส่วนแรงดันขณะเปิดวงจร

บทที่ 4 ผลการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์และผลการทดลอง ในบทนี้จะได้นำเสนอผลการประมวลผลโดยใช้โปรแกรม PVSYSYT คำนวณพลังงานที่ได้ในแต่ละวันและขนาดแบตเตอรี่ การวัดค่าความเข้มแสง ณ สถานที่จริง และมีการทดลองหาค่า k ที่เหมาะสม รวมไปถึงการจำลองระบบที่ใช้กับการทดสอบเครื่องตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด

บทที่ 5 บทสรุป ข้อเสนอแนะ และแนวทางการพัฒนา ในบทนี้จะกล่าวถึงบทสรุปที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า และจากการดำเนินการจัดทำโครงการ สรุปผลการทดลองที่ได้ ตลอดจนข้อเสนอแนะ และแนวทางการพัฒนาที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัยนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก สำหรับในส่วนของภาคผนวกนี้จะประกอบไปด้วยโปรแกรมโปรแกรมควบคุมชุดตัวตาม
รอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมพีแอลซี เอกสารกำหนดการจัดอบรม บทความวิชาการ
ตลอดจนการลงสำรวจพื้นที่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

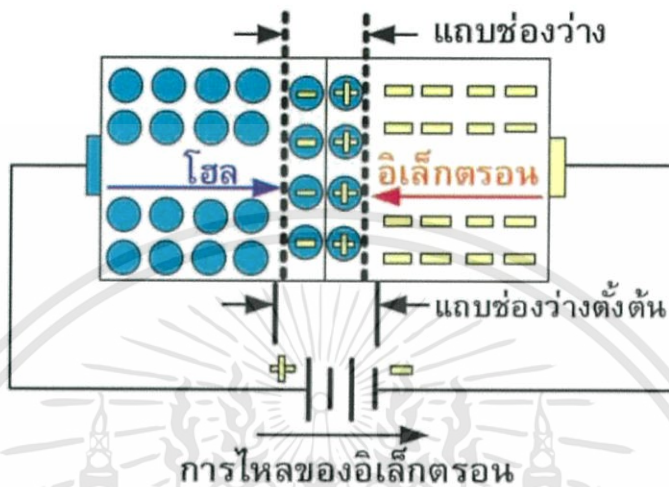
บทนี้จะกล่าวถึงความรู้ความเข้าใจเรื่องทฤษฎีของเซลล์แสงอาทิตย์ เทคนิคต่างๆที่นิยมใช้ในปัจจุบันที่ใช้ในการตามรอยกำลังไฟฟ้าเพื่อตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด การสร้างวงจรทบระดับแรงดันให้ได้กำลังไฟฟ้าสูงสุดโดยใช้เทคนิคการบวกรวมและสังเกต (P&O) เทคนิคอัตราส่วนแรงดันขณะเปิดวงจร (Fractional Open-Circuit Voltage) และเทคนิคอัตราส่วนกระแสขณะลัดวงจร (Fractional Short -Circuit Current) ซึ่งจะนำเสนอรายละเอียดในบทนี้

2.2 ทฤษฎีของเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell)

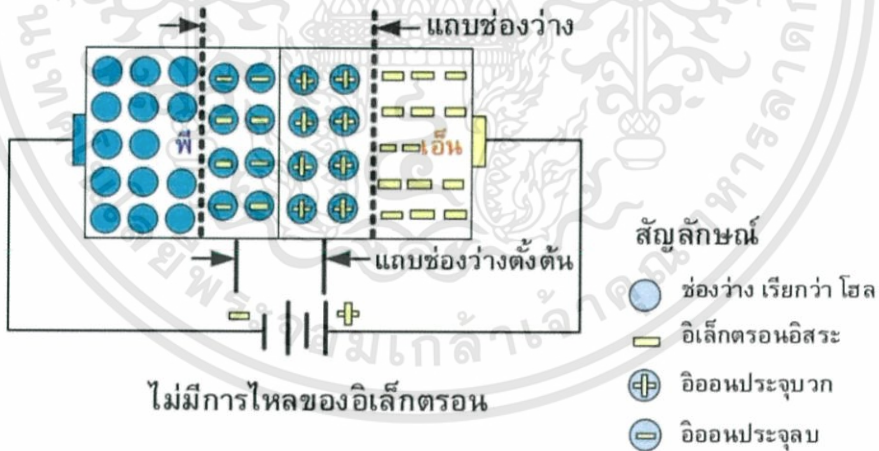
2.2.1 นิยามและความสำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) หรือ PV มีชื่อเรียกแตกต่างกันไป เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์สุริยะ หรือ Photovoltaic cell ซึ่งต่างก็มีที่มาจากคำว่า Photovoltaic โดยแยกออกเป็น Photo หมายถึง แสง และ Volt หมายถึง แรงดันไฟฟ้า เมื่อรวมคำแล้วหมายถึง กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตกกระทบของแสงบนวัตถุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง แนวความคิดนี้ได้ถูกค้นพบมาตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1839 แต่เซลล์แสงอาทิตย์ก็ยังไม่ถูกสร้างขึ้นมา จนกระทั่งใน ปี ค.ศ. 1954 จึงมีการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ และได้ถูกนำไปใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับดาวเทียมในอวกาศ เมื่อ ปี ค.ศ. 1959 เซลล์แสงอาทิตย์ คือ สิ่งประดิษฐ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Silicon), แกลเลียม อาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide), อินเดียม ฟอสไฟด์ (Indium Phosphide), แคดเมียม เทลลูไรด์ (Cadmium Telluride) และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ (Copper Indium Diselenide) เป็นต้น ซึ่งเมื่อได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงก็จะเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้า และจะถูกแยกเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบเพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสองของเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อนำขั้วไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าสู่อุปกรณ์เหล่านั้น ทำให้สามารถทำงานได้

การเชื่อมต่อกันของสารกึ่งตัวนำที่มีคุณสมบัติต่างกันจะทำให้เกิดสนามไฟฟ้า (Electrical field) ในบริเวณรอยต่อ โดยสนามไฟฟ้านี้มีลักษณะเหมือนกับสนามไฟฟ้าสถิตอันจะทำให้เกิดอนุภาคของประจุลบเคลื่อนที่ไปในทิศทางใด



รูปที่ 2.3 การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนและโฮลของสารกึ่งตัวนำซิลิกอน [13]



รูปที่ 2.4 ขณะไม่มีการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนและโฮลของสารกึ่งตัวนำซิลิกอน [13]

ทิศทางหนึ่ง และอนุภาคของประจุบวกที่เคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ตรงข้าม ตัวอย่างเช่น การใช้หัวแปรงกับเส้นขนสัตว์ เป็นต้น

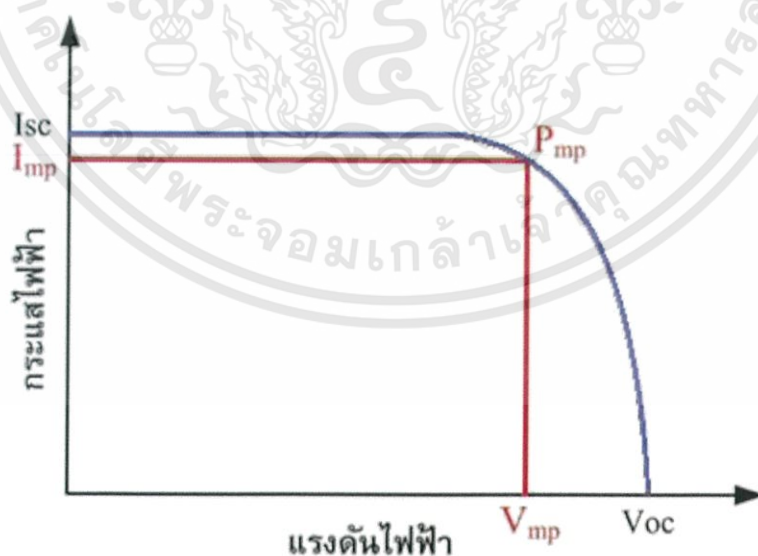
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนไปยังบริเวณผลึกชนิดอื่นทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าได้ดังรูปที่ 2.3 เมื่อต่อเข้ากับวงจรภายนอกจะทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านตลอดวงจร การเคลื่อนที่ไปยังวงจรภายนอกของอิเล็กตรอนในกรณีของสารกึ่งตัวนำโดยผ่านวัสดุตัวที่ติดอยู่กับผิวด้านหน้าของเซลล์ ในเวลาเดียวกัน โอลจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางตรงข้ามผ่านเนื้อเซลล์จนถึงวัสดุตัวนำอีกส่วนหนึ่งยึดติดอยู่กับด้านล่างของเซลล์ ทำให้ครบวงจรโดยร่วมกับอิเล็กตรอนที่อยู่อีกด้านหนึ่งของวงจรภายนอก แต่ในทางตรงข้าม การไหลของอิเล็กตรอนไม่เกิดขึ้นหากไม่สามารถทำให้ครบวงจร

กำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ต้องอาศัยทั้งแรงดันและกระแสไฟฟ้า โดยที่กระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นเมื่อมีการไหลของอิเล็กตรอน และแรงดันไฟฟ้าเป็นผลมาจากสนามไฟฟ้าภายในบริเวณรอยต่อพี-เอ็น

2.2.4 คุณลักษณะความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์

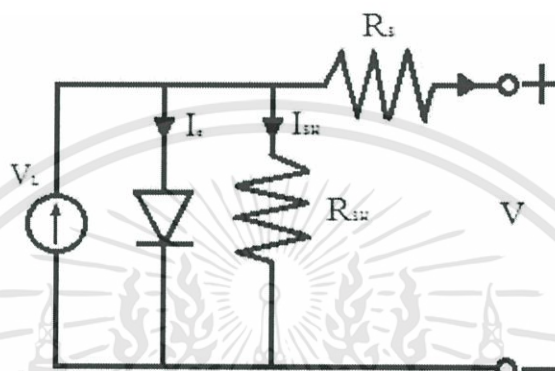
เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าเป็นกระแสตรง โดยที่แรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ขึ้นกับความเข้มแสงและอุณหภูมิแผงเซลล์ รูปที่ 2.5 แสดงกราฟกระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อต่อกับโหลดที่แปรค่าตั้งแต่สภาวะลัดวงจร (Short circuit) ถึงสภาวะเปิดวงจร (Open circuit) ตัดแกนตั้งที่แรงดันเป็นศูนย์ จะได้ค่ากระแสที่สภาวะลัดวงจร (Short circuit current: I_{sc}) ส่วนจุดตัดแกนนอนที่กระแสเท่ากับศูนย์จะได้ค่าแรงดันขณะเปิดวงจร (Open circuit voltage: V_{oc}) เมื่อนำค่ากระแสคูณกับแรงดันก็จะได้กำลังของเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งจะมีจุดเดียวเป็นค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด เรียกว่า กำลังไฟฟ้าที่จุดสูงสุด (Power at maximum point: P_{MP}) ส่วนกระแสกับแรงดันที่จุดนี้เรียกว่า กระแสที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Current at maximum power point: I_{MP}) กับแรงดันที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Voltage at maximum power point: V_{MP}) ตามลำดับ



รูปที่ 2.5 กราฟกระแสกับแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (IV-curve)

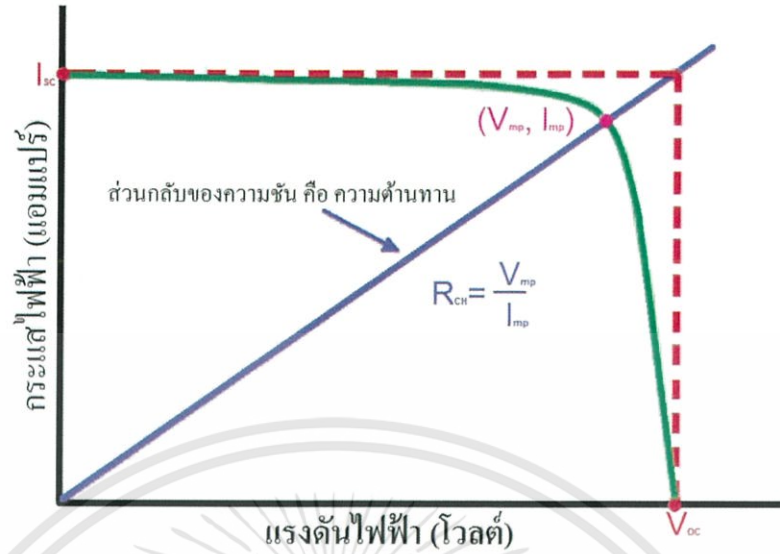
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์แสดงในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้า เริ่มต้นที่วงจรสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์ดังแสดงรูปที่ 2.6 เป็นการต่อขนานระหว่างแหล่งกำเนิดแสง ไดโอด (รอยต่อพี-เอ็น) และความต้านทานขนานและต่ออนุกรมกับความต้านทานอนุกรม ตามลำดับ นั่นคือผลลัพธ์ของกระแสที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เกิดมาจากแหล่งพลังงานแสงหักลบด้วยกระแสที่ไหลผ่านไดโอดและผ่านความต้านทานขนานขณะกระแสไฟฟ้าไหลผ่านทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าในแต่ละจุดขึ้น



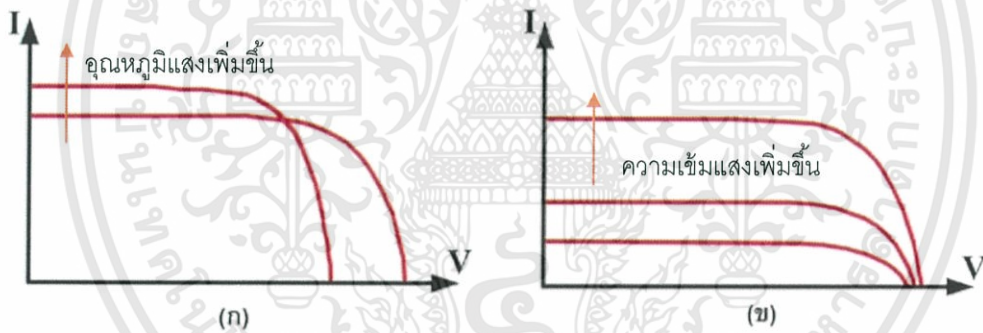
รูปที่ 2.6 การต่อวงจรสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์

พารามิเตอร์ที่บ่งบอกประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบด้วย กระแสลัดวงจร (I_{SC}) แรงดันวงจรเปิด (V_{OC}) และฟิลด์แฟกเตอร์ (FF) รูปที่ 2.7 แสดงกระแสลัดวงจรและแรงดันวงจรเปิดคือกระแสไฟฟ้าขณะที่แรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าเป็นศูนย์ เป็นค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดและแรงดันไฟฟ้าขณะที่ไม่มีกระแสเป็นค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด ส่วนฟิลด์แฟกเตอร์เป็นสัดส่วนระหว่างผลคูณแรงดันกับกระแสที่จุดทำงานสูงสุดและผลคูณของกระแสลัดวงจรกับแรงดันวงจรเปิดซึ่งมีค่าน้อยกว่าหนึ่ง นอกจากนี้มีพารามิเตอร์เกี่ยวกับความต้านทานในเซลล์แสงอาทิตย์เป็นประโยชน์ต่อการติดตามพฤติกรรมของเซลล์แสงอาทิตย์และการพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ โดยคิดจากสัดส่วนระหว่างค่าแรงดันที่จุดสูงสุดต่อกระแสที่จุดทำงานสูงสุดหรืออาจใช้สัดส่วนระหว่างค่าแรงดันวงจรเปิดต่อกระแสลัดวงจร



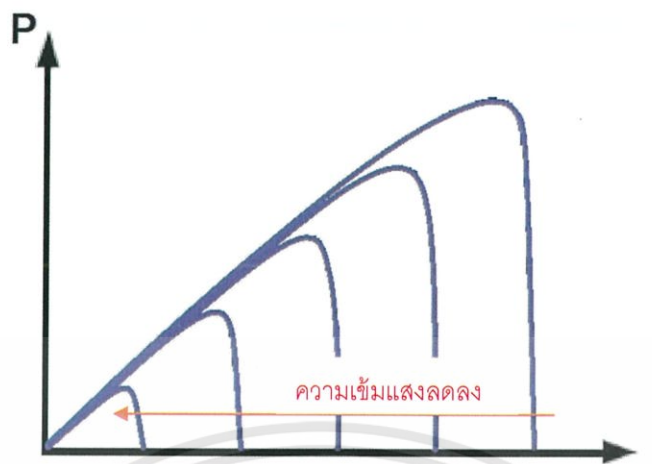
รูปที่ 2.7 ลักษณะกระแสและแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ (IV-curve)

เซลล์แสงอาทิตย์ทำงานที่สภาวะแวดล้อมต่างๆ จะได้กราฟ IV-curve ที่ระดับต่างๆ ดังนี้



รูปที่ 2.8 กราฟกระแสและแรงดันที่อุณหภูมิและความเข้มแสงต่างๆ

จากรูปที่ 2.8 โดยที่ (ก) เป็นกรณีที่ความเข้มแสงคงที่แต่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น มีผลทำให้แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง แต่กระแสไฟลวดวงจรกลับมีค่าสูงขึ้น แต่กรณีจากรูปที่ 2.8(ข) เมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้นโดยที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงจะทำให้กระแสลวดวงจรเพิ่มขึ้น และแรงดันเปิดวงจรมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อย



รูปที่ 2.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้า

จากรูปที่ 2.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าเทียบกับกระแสไฟฟ้า เมื่อความเข้มแสงลดลงจะเห็นว่าทำให้จุดสูงสุดของกำลังไฟฟ้าลดลงด้วย

2.3 วงจรตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด (MPPT)

2.3.1 วงจรทบทระดับแรงดัน (Boost converter)

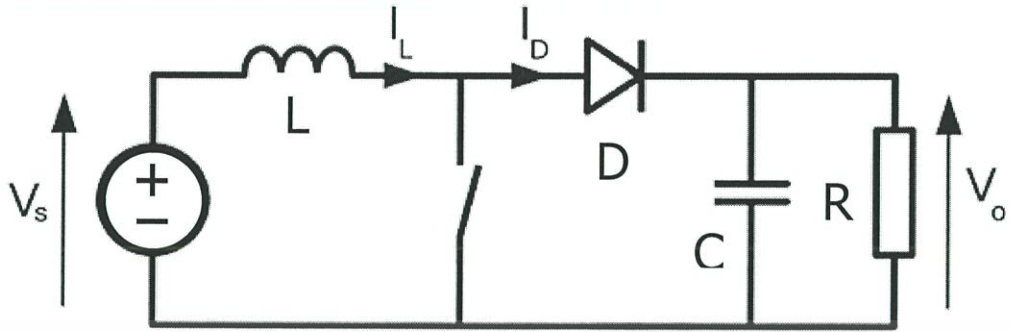
วงจรทบทระดับแรงดัน (Boost converter) เป็นวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรง (DC-to-DC Converter) ที่ทำหน้าที่เพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าด้านออกให้สูงกว่าแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า

เงื่อนไขการทำงานของวงจรทบทระดับแรงดันไฟฟ้า

การวิเคราะห์การทำงานของวงจรทบทระดับแรงดันไฟฟ้าในช่วงสภาวะอยู่ตัว จะมีการกำหนดเงื่อนไขในการทำงานของวงจรทบทระดับแรงดันไฟฟ้าเพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ดังนี้

1. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละคาบ จะมีค่าเท่ากันและมีค่าเป็นบวกเสมอ
2. แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบจะเท่ากับศูนย์
3. ตัวเก็บประจุต้องมีขนาดใหญ่พอเหมาะเพื่อให้แรงดันเอาท์พุทมีค่าคงที่
4. กำลังไฟฟ้าด้านเข้าเท่ากับกำลังไฟฟ้าด้านออก กรณีนี้ไม่คำนึงถึงการสูญเสียเนื่องจากการทำงานของวงจร โดยการกำหนดให้อุปกรณ์ทุกตัวเป็นอุดมคติ ทำให้สามารถสรุปได้ว่าประสิทธิภาพของวงจรเป็นหนึ่งร้อยเปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

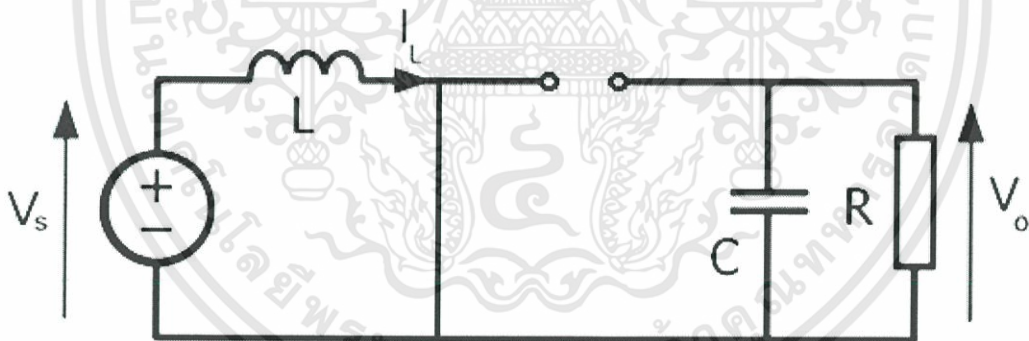


รูปที่ 2.10 วงจรทบทระดับแรงดันไฟฟ้า

หลักการทํางานของวงจรทบทระดับแรงดันไฟฟ้า

หลักการทํางานของวงจรทบทระดับแรงดันไฟฟ้าเพื่อให้แรงดันด้านเอาต์พุตมีค่าตามต้องการ จะเริ่มต้นจากข้อกำหนดคือ แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบเวลาจะเท่ากับศูนย์ และสามารถหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำได้โดยวิเคราะห์การทํางานของสวิตช์ในแต่ละ โหมด ทั้งนี้การทํางานต้องอยู่ในช่วงสภาวะอยู่ตัวดังนี้

ขณะสวิตช์นำกระแส



รูปที่ 2.11 รูปขณะสวิตช์นำกระแส

เมื่อสวิตช์นำกระแส กระแสจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจะไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำผ่านสวิตช์ ซึ่งทำให้ตัวเหนี่ยวนำประจุพลังงานไฟฟ้า ขณะเดียวกันไดโอดจะถูกไบอัสย้อนกลับทำให้ไม่สามารถ นำกระแสได้ จากกฎของเคอร์ชอฟฟ์ จะได้สมการของแรงดันไฟฟ้าดังนี้

$$-V_s + v_L = 0 \quad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$v_L = V_s = L \frac{di_L}{dt} \quad (2.2)$$

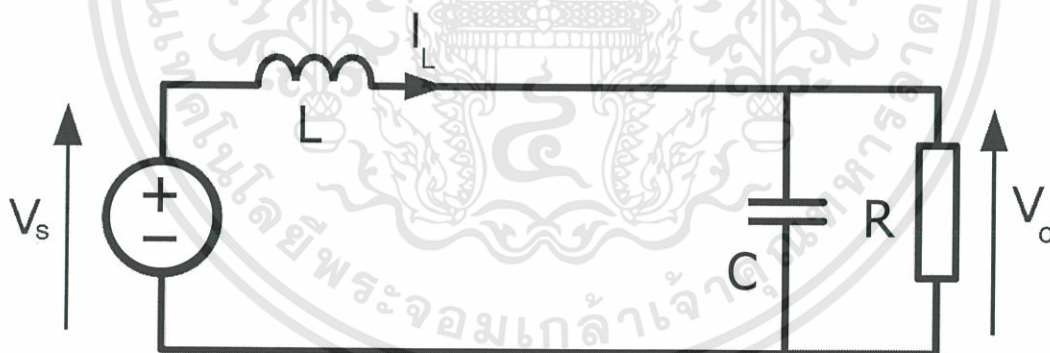
$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_s}{L} \quad (2.3)$$

ขณะที่สวิตช์นำกระแส $dt = DT$ เมื่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสที่ อาจจะถือว่าการเพิ่มของกระแสไฟฟ้าเป็นเชิงเส้นทำให้สามารถคำนวณได้จาก

$$\frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{\Delta i_L}{DT} = \frac{V_s}{L} \quad (2.4)$$

$$\Delta i_{L,on} = \frac{V_s DT}{L} \quad (2.5)$$

$\Delta i_{L,on}$ หมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าของตัวเหนี่ยวนำขณะสวิตช์นำกระแส
ขณะสวิตช์หยุดนำกระแส



รูปที่ 2.12 รูปขณะสวิตช์หยุดนำกระแส

เมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส ตัวเหนี่ยวนำจะคืนพลังงาน ผ่านทางไดโอดและโหลด ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำอย่างต่อเนื่อง สมมติแรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุตมีค่าคงที่ จากกฎของเคอร์ชอฟฟ์จะได้สมการของแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำดังนี้

$$-V_s + v_L + V_o = 0 \quad (2.6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$v_L = V_s - V_o \quad (2.7)$$

$$v_L = L \frac{di_L}{dt} \quad (2.8)$$

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_s - V_o}{L} \quad (2.9)$$

ขณะสวิตช์หยุดนำกระแส $dt = (1-D)T$ อัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำคงที่ และถือว่าการลดลงของกระแสเป็นเชิงเส้น

$$\Delta i_{L,off} = \left(\frac{V_s - V_o}{L} \right) (1-D)T \quad (2.10)$$

ที่สภาวะคงตัว การเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ มีค่าเท่ากับศูนย์

$$\Delta i_{L,on} + \Delta i_{L,off} = 0 \quad (2.11)$$

$$\left(\frac{V_s}{L} \right) DT + \frac{(V_s - V_o)(1-D)T}{L} = 0 \quad (2.12)$$

$$V_s D + (V_s - V_o)(1-D) = 0 \quad (2.13)$$

$$V_s D + V_s - V_s D - V_o + V_o D = 0 \quad (2.14)$$

$$V_s - V_o(1-D) = 0 \quad (2.15)$$

$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{1}{1-D} \quad (2.16)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เอาต์พุต ซึ่งจะเห็นได้ว่าการปรับแรงดันด้านเอาต์พุตขึ้นอยู่กับค่า D (Duty Cycle)

ตารางที่ 2.1 อัตราการขยายแรงดันของวงจรทระดับแรงดันเมื่อมีปรับเปลี่ยนค่าดิวตีไซเคิล

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

การหาค่าความเหนี่ยวนำที่เล็กที่สุดของวงจรทระดับแรงดันไฟฟ้า

สมมติการสูญเสียภายในวงจรทระดับแรงดันไฟฟ้ามีค่าเท่ากับศูนย์ กำลังไฟฟ้าที่ออกจากแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงจะเท่ากับกำลังไฟฟ้าที่โหลดได้รับ จะได้

$$P_s = P_o = \frac{V_o^2}{R} \quad (2.17)$$

$$P_s = V_s I_s = V_s I_L \quad (2.18)$$

$$V_s I_L = \frac{V_o^2}{R} \quad (2.19)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_o = \frac{V_s}{1-D} \quad (2.20)$$

$$V_s I_L = \frac{\left(\frac{V_s}{1-D}\right)^2}{R} \quad (2.21)$$

$$I_L = \frac{V_s}{(1-D)^2 R} \quad (2.22)$$

นำกระแส
กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำสูงสุดและต่ำสุดหาได้จาก $\Delta i_{L,on} = \frac{V_s DT}{L}$ ขณะสวิตช์

$$\Delta i_{L,on} = \frac{V_s DT}{L} \quad (2.23)$$

ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำสูงสุดและต่ำสุด คือ

$$I_{L,max} = i_L + \frac{\Delta i_L}{2} \quad (2.24)$$

$$I_{L,max} = \frac{V_s}{(1-D)^2 R} + \frac{1}{2} \left(\frac{V_s DT}{L} \right) \quad (2.25)$$

$$I_{L,min} = \frac{V_s}{(1-D)^2 R} - \frac{1}{2} \left(\frac{V_s DT}{L} \right) \quad (2.26)$$

สมมติให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำเป็นแบบต่อเนื่องและมีค่าเป็นบวก ดังนั้นจะหาค่าตัวเหนี่ยวนำที่เล็กที่สุดที่ทำให้วงจรทบระดับแรงดันไฟฟ้าทำงานได้ในขอบเขตระหว่างโหมดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำแบบต่อเนื่องได้ดังนี้

$$I_{L,\max} = \frac{V_s}{(1-D)^2 R} - \frac{1}{2} \left(\frac{V_s DT}{L} \right) = 0 \quad (2.27)$$

$$\frac{V_s}{(1-D)^2 R} = \frac{1}{2} \left(\frac{V_s DT}{L} \right) \quad (2.28)$$

$$L_{\min} = \frac{D(1-D)^2 R}{2f} \quad (2.29)$$

ค่าระลอกคลื่นของแรงดันไฟฟ้าด้านออก

การเลือกตัวเก็บประจุขนาดใหญ่จะสามารถทำให้แรงดันไฟฟ้าด้านออกมีค่าคงที่ หรือ สัญญาณมีความเรียบมากขึ้น แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถเลือกตัวเก็บประจุขนาดใหญ่มากๆ ได้ เนื่องจากมีราคาแพงและต้องใช้พื้นที่มาก จึงต้องเลือกใช้ตัวเก็บประจุที่มีขนาดเหมาะสม โดยที่ค่าระลอกคลื่นของแรงดันไฟฟ้าด้านออกอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ โดยใช้สมการ

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{D}{RCf} \quad (2.30)$$

2.4 การตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด

เทคนิคการตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power Point Tracking: MPPT) นั้น เป็นประเด็นสำคัญประเด็นหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยหลักการทำงานของการตามรอยกำลังไฟฟ้านั้นก็คือต้องทำให้จุดแรงดันและกระแสของแผงเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งที่ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดหรือที่เรียกกันว่าจุด Maximum Power Point (MPP) ในปัจจุบัน เทคนิคจำนวนมากได้ถูกนำเสนอขึ้นดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.4.1 วิธีรบกวนและสังเกต (Perturbation and Observation : P&O)

วิธีการนี้เป็นวิธีที่ง่ายและไม่ซับซ้อน ส่วนมากใช้เทคนิคนี้เป็นหลักโดยวิธีรบกวนและสังเกต จะเป็นการค่อยๆ ปรับค่าแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในกรณีที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าพบว่าการค่อยๆ เปลี่ยนค่าตัวตั้งซีเคิลของอุปกรณ์ดังกล่าวนั้นก็คือการค่อยๆ เปลี่ยนค่ากระแสและแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

เทคนิค P&O ใช้หลักการปรับกระแสโดยพิจารณาจากกำลังไฟฟ้า โดยกำลังไฟฟ้าปัจจุบัน $P(n)$ นำมาเปรียบเทียบกับกำลังไฟฟ้าก่อนหน้า $P(n-1)$ ดังสมการ (2.31)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

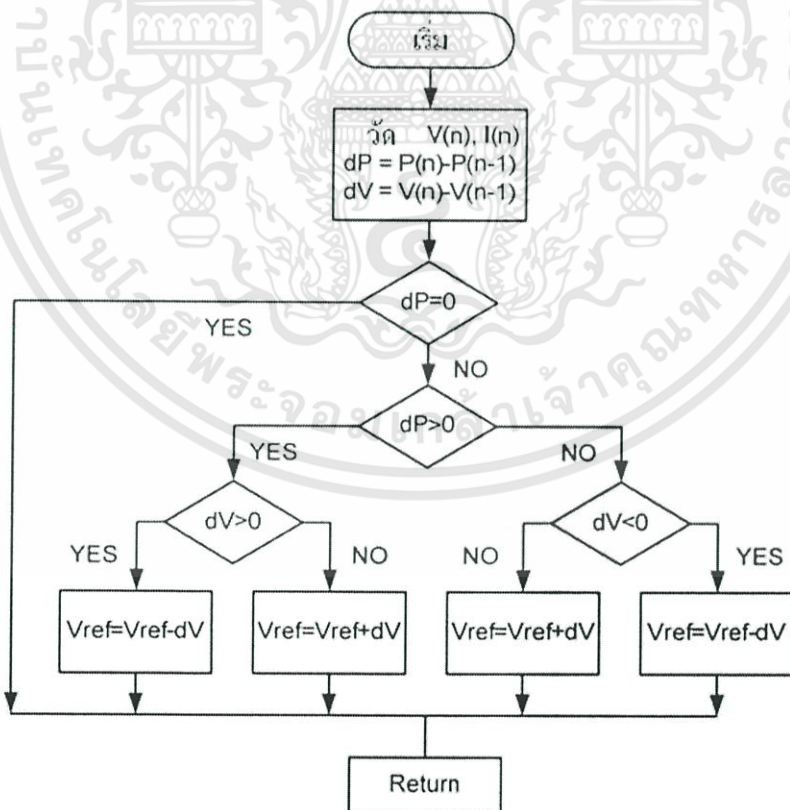
$$dP = P(n) - P(n-1) \tag{2.31}$$

ซึ่งระบบจะเริ่มทำการตามรอยจากจุดเริ่มต้นจุดหนึ่งไปจนผลต่างกำลังไฟฟ้าใกล้เคียงศูนย์ ($dP \approx 0$) จะหยุดการเปลี่ยนแปลงจุดทำงาน

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบทิศทางการรบกวนการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้า และทิศทางครั้งต่อไป

กรณี	dP	dV	dP/dV	การรบกวนครั้งต่อไป
1	+	+	+	ถูกทางให้ทำการเพิ่มแรงดัน
2	+	-	-	ถูกทางให้ทำการลดแรงดัน
3	-	+	-	ผิดทางให้ทำการลดแรงดัน
4	-	-	+	ผิดทางให้ทำการเพิ่มแรงดัน

โดยถ้าอัตราการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้ามีค่าเป็นบวกระบบจะปรับทิศทางของแรงดัน (เพิ่มหรือลดแรงดัน) ตามทิศทางเดิม และถ้าอัตราการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้ามีค่าเป็นลบระบบจะปรับทิศทางของแรงดันสวนทางกับทิศทางเดิมเพื่อวิ่งเข้าหาจุดจ่ายกำลังสูงสุด



รูปที่ 2.13 แผนผังการทำงานลักษณะการตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุดแบบรบกวนและสังเกต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 วิธีอัตราส่วนแรงดันขณะเปิดวงจร (Fractional Open-Circuit Voltage)

วิธีนี้อยู่บนพื้นฐานของความสัมพันธ์ที่ใกล้เคียงกันของ V_{MPP} และ V_{OC} ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งทำงานภายใต้ความเข้มแสงและระดับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ดังแสดงในสมการ (2.32)

$$V_{MPP} \approx k_1 V_{OC} \quad (2.32)$$

ซึ่ง k_1 คือ ค่าคงที่ของสัดส่วน (proportionality constant)

เนื่องจากค่า k_1 นั้นขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่นำมาใช้ โดยปกติแล้วค่า k จะถูกคำนวณไว้ล่วงหน้าโดยการสังเกตและหาค่า V_{MPP} และ V_{OC} ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ค่าความเข้มแสงและระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน พบว่าตัวประกอบ k_1 จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.73-0.80

เมื่อค่า k_1 ทราบแล้ว เราจึงสามารถหาค่า V_{MPP} ได้จากสมการที่ (2.32) กับค่า V_{OC} ซึ่งถูกวัดเป็นช่วงๆ โดยการปิดอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าเพียงชั่วขณะ อย่างไรก็ตาม การทำแบบนี้ก่อให้เกิดข้อเสียบางประการรวมถึงการสูญเสียของกำลังไฟฟ้าชั่วขณะอีกด้วย เพื่อป้องกันปัญหานี้ จึงใช้เซลล์แสงอาทิตย์ทดลอง (pilot cells) เพื่อหาค่า V_{OC} เซลล์แสงอาทิตย์ทดลองนี้จะต้องถูกเลือกมาอย่างละเอียดถี่ถ้วนเพื่อให้เป็นตัวแทนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้งานจริง และได้ค่าคุณลักษณะต่างๆ ที่ใกล้เคียงกับสภาพจริง ในบางงานวิจัยได้มีการเสนอว่าค่าแรงดันที่ได้จากไดโอดของรอยต่อพีเอ็น (pn-junction diodes) จะมีค่าประมาณ 75% ของค่า V_{OC} ซึ่งทำให้เราไม่จำเป็นต้องวัดค่า V_{OC} ออกมาจริงๆ และคำนวณค่า V_{MPP} เมื่อค่า V_{MPP} ถูกคำนวณเรียบร้อยแล้ว การควบคุมแบบลูปปิด (closed-loop control) ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะสามารถนำมาใช้เพื่อหาค่าแรงดันที่ต้องการได้ตลอดเวลา

เนื่องจากในสมการที่ (2.32) นั้นเป็นค่าประมาณเท่านั้น ค่าที่ได้ในทางปฏิบัติจึงไม่ใช่ค่าที่เป็นการทำงานจริงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อันนี้ก็ขึ้นอยู่กับการประยุกต์ใช้งานของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งบางครั้งก็เพียงพอสำหรับการใช้งานในบางประเภท ถึงแม้ว่าเทคนิคนี้จะไม่ได้ค่าจุด MPP ที่แท้จริง แต่ข้อดีของวิธีนี้ก็คือความง่ายและราคาถูกในการนำไปใช้งาน และไม่ต้องการการควบคุมของอุปกรณ์ DSP หรือไมโครคอนโทรลเลอร์อีกด้วย อย่างไรก็ตาม ค่า k_1 จะไม่ใช่ค่าที่ถูกต้องอีกต่อไปในสถานะที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์เกิดการบังเงาบางส่วน (ซึ่งก่อให้เกิดปัญหา multiple local maxima) และต้องใช้เวลาในการหาค่า k_1 ใหม่ ซึ่งแน่นอนว่าจะทำให้เกิดการประยุกต์ใช้งานที่ยุ่งยากซับซ้อนยิ่งขึ้น และเกิดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2.3 คุณลักษณะที่สำคัญของเทคนิค P&O, Fractional, V_{oc} Fractional และ Current Sweep

เทคนิค MPPT	P&O	Fractional V_{oc}	Current Sweep
การขึ้นอยู่กับ PV array	✗	✓	✓
จุด MPP ที่แท้จริง	✓	✗	✓
ปรับค่าเป็นช่วง	✗	✓	✓
ความเร็วในการเข้าสู่ MPP	ปรับค่าได้	ปานกลาง	ช้า
ความง่ายในการใช้งาน	✓	✓	✗
พารามิเตอร์ที่ใช้ตรวจจับ	แรงดันและกระแส	แรงดัน	แรงดันและกระแส

2.5 การบำบัดน้ำเสีย

2.5.1 การกำหนดมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำ

มาตรา 32 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 บัญญัติให้คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กำหนดมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นเป้าหมายในการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ซึ่งมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมจะต้องอาศัยหลักวิชาการ และหลักการทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานโดยจะต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องโดยที่ได้ทำการวางแนวทางกำหนดเป็นข้อวัตถุประสงค์ดังนี้

2.5.2 มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำเป็นมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมชนิดหนึ่ง มีวัตถุประสงค์

1. เพื่อควบคุมและรักษาคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำให้เหมาะสมกับการใช้ประโยชน์ และมีความปลอดภัยต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน
2. เพื่ออนุรักษ์ทรัพยากร และสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ

จะเห็นได้ว่ามาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำเป็นมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมชนิดหนึ่งนั้นมีความต้องการเน้นการใช้ประโยชน์และความปลอดภัยทั้งต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม จากนั้นเมื่อนำมาพิจารณาถึงน้ำเสียที่เกิดขึ้นในแต่ภูมิภาคของประเทศไทย โดยที่เป็นผลซึ่งเกิดโดยมนุษย์ต่อคนต่อวันดังและปริมาณน้ำเสียที่นำมาวิเคราะห์รวบรวมก็เห็นถึงปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากอาคารประเภทต่างๆ โดยที่ตาม พ.ร.บ. ส่งเสริมและรักษาสิ่งแวดล้อมแห่งชาติได้ให้ความหมายของน้ำเสียและน้ำเสียชุมชนไว้ดังนี้

น้ำเสีย ตาม พ.ร.บ. ส่งเสริมและรักษาสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ หมายถึง ของเสียที่อยู่ในสภาพที่เป็นของเหลว รวมทั้งมวลสารที่ปะปนหรือปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำเสียชุมชน หมายถึง น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมประจำวันและกิจกรรมที่เป็นอาชีพของประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชน

ปริมาณน้ำเสีย ที่ทิ้งจากอาคารบ้านเรือน มีค่าประมาณร้อยละ 80 ของปริมาณน้ำที่ใช้ สามารถทำการประเมินได้จากจำนวนประชากร หรือพื้นที่ใช้สอยของอาคารแต่ละประเภท

2.5.3 ลักษณะน้ำเสียที่สำคัญในการตรวจวิเคราะห์

1. พีเอช (pH) เป็นค่าที่บ่งบอกความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสีย โดยทั่วไปสิ่งมีชีวิตในน้ำจะดำรงชีพได้ดีในสภาวะที่ pH มีค่าประมาณ 6-8

2. บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand) เป็นค่าที่บอกถึงปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ คือถ้าค่าบีโอดีสูงแสดงว่าจุลินทรีย์มีความต้องการออกซิเจนสูง นั่นคือมีความสกปรกหรือสารอินทรีย์ในน้ำมาก

3. ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand) คือค่าปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์ด้วยวิธีการทางเคมี มักใช้เทียบหาค่าบีโอดีโดยคร่าวๆ ปกติ COD:BOD ของน้ำเสียชุมชน ประมาณ 2-4 เท่า

4. ปริมาณของแข็ง (Solids) หมายถึง ปริมาณสารต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำเสีย ทั้งในลักษณะที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ (Dissolved Solids) ของแข็งบางชนิดมีน้ำหนักเบาและแขวนลอยอยู่ในน้ำ (Suspended Solids) บางชนิดหนักและจมตัวลงเบื้องล่าง (Settleable Solids)

5. ไนโตรเจน (Nitrogen) การปล่อยน้ำเสียที่มีสารประกอบไนโตรเจนสูงจึงทำให้ออกซิเจนที่มีอยู่ในลำนํ้าลดน้อยลง เนื่องจากไนโตรเจนเป็นธาตุที่มีความจำเป็นในการสร้างเซลล์ ของสิ่งมีชีวิต โดยที่ไนโตรเจนจะเปลี่ยนสภาพเป็นแอมโมเนีย ถ้าหากในน้ำมีออกซิเจนพอเพียงก็จะถูกย่อยสลายไปเป็นไนไตรต์และไนเตรต

6. ไขมันและน้ำมัน (Fat, Oil, and Grease) ส่วนใหญ่ ได้แก่ น้ำมันและไขมันจากพืชและสัตว์ที่ใช้ในการทำอาหาร สบู่จากการอาบน้ำ ฟองสารซักฟอกจากการชำระล้าง สารเหล่านี้มีน้ำหนักเบาและลอยน้ำ ทำให้เกิดสภาพที่ไม่เป็นที่ต้องการและขวางกั้นการซึมของออกซิเจนจากอากาศสู่แหล่งน้ำ นอกจากนี้ยังมีค่าบีโอดีสูงเพราะเป็นสารอินทรีย์

2.5.4 การบำบัดน้ำเสียและกากตะกอน (Wastewater Treatment and Sludge Disposal)

2.5.4.1 ความสำคัญของระบบบำบัดน้ำเสีย

น้ำจะเป็นแหล่งทรัพยากรที่มีการใช้ซ้ำหลายครั้งเป็นวัฏจักร และมีกระบวนการทำให้สะอาดโดยตัวเอง (Self Purification) แต่กระบวนการนี้ก็มีความสามารถจำกัดในแต่ละแหล่งน้ำ ดังนั้นการบำบัดน้ำเสียจึงเป็นกลไกสำคัญที่จะช่วยลดภาระของแหล่งน้ำในการทำมาสะอาดตัวเองตามธรรมชาติและช่วยป้องกันมิให้สารมลพิษปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำดิบในการผลิตน้ำประปา

2.5.4.2 การรวบรวมน้ำเสีย

ระบบท่อระบายน้ำทำหน้าที่รวบรวมน้ำเสียจากที่พักอาศัย อุตสาหกรรม ธุรกิจและ พาณิชยกรรม ให้ไหลไปตามท่อระบายน้ำซึ่งวางอยู่ใต้ดินไปสู่ระบบบำบัดน้ำเสียก่อนที่จะปล่อยออกสู่

สิ่งแวดล้อม โดยการไหลของน้ำเสียเข้าระบบบำบัดน้ำเสียจะแปรผันตามช่วงการใช้น้ำในแต่ละวัน และแปรผันตามฤดูกาลในแต่ละปี ทั้งนี้ระบบท่อระบายน้ำจะต้องมีความสามารถในการรองรับน้ำที่ไหลเข้าท่อระบายน้ำได้ทั้งหมดโดยไม่ก่อให้เกิดการรั่วซึมหรือทำให้เกิดน้ำท่วมขึ้นภายในชุมชน

2.5.4.3 การบำบัดน้ำเสีย

การเลือกระบบบำบัดน้ำเสียขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ลักษณะของน้ำเสีย ระดับการบำบัดน้ำเสียที่ต้องการ สภาพทั่วไปของท้องถิ่น ค่าลงทุนก่อสร้างและค่าดำเนินการดูแลและบำรุงรักษา และขนาดของที่ดินที่ใช้ในการ ก่อสร้าง เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้ระบบบำบัดน้ำเสียที่เลือกมีความเหมาะสมกับแต่ละท้องถิ่น ซึ่งมีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยการบำบัดน้ำเสียสามารถแบ่งได้ตามกลไกที่ใช้ในการกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำเสีย ได้ดังนี้

1. การบำบัดทางกายภาพ (Physical Treatment) เป็นวิธีการแยกเอาสิ่งเจือปนออกจากน้ำเสีย เช่น ของแข็งขนาดใหญ่ กระดาษ พลาสติก เศษอาหาร กรวด ทราย ไขมันและน้ำมัน โดยใช้อุปกรณ์ในการบำบัดทางกายภาพ คือ ตะแกรงดักขยะ ถังดักกรวดทราย ถังดักไขมันและน้ำมัน และถังตกตะกอน ซึ่งจะเป็นการลดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่มีในน้ำเสียเป็นหลัก

2. การบำบัดทางเคมี (Chemical Treatment) เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการทางเคมี เพื่อทำปฏิกิริยากับสิ่งเจือปนในน้ำเสีย วิธีการนี้จะใช้สำหรับน้ำเสียที่มีส่วนประกอบอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้ คือ ค่าพีเอชสูงหรือต่ำเกินไป มีสารพิษ มีโลหะหนัก มีของแข็งแขวนลอยที่ตกตะกอนยาก มีไขมันและน้ำมันที่ละลายน้ำ มีไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสที่สูงเกินไป และมีเชื้อโรค ทั้งนี้อุปกรณ์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี ได้แก่ ถังกวนเร็ว ถังกวนช้า ถังตกตะกอน ถังกรอง และถังฆ่าเชื้อโรค

3. การบำบัดทางชีวภาพ (Biological Treatment) เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการทางชีวภาพหรือจุลินทรีย์ ในการกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำเสียโดยเฉพาะสารคาร์บอนอินทรีย์ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส โดยความสกปรกเหล่านี้จะถูกใช้เป็นอาหารและเป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ในถังเลี้ยงเชื้อเพื่อการเจริญเติบโต ทำให้น้ำเสียมีค่าความสกปรกลดลง โดยจุลินทรีย์เหล่านี้อาจเป็นแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Organisms) หรือไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Organisms) ก็ได้

การบำบัดน้ำเสียมีหลายวิธีแต่ในกรณีนี้ทางผู้วิจัยจะนำเสนอวิธีระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon หรือ AL) เท่านั้น ดังหัวข้อต่อไปนี้

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon หรือ AL)

เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยการเติมออกซิเจนจากเครื่องเติมอากาศ (Aerator) เพื่อเพิ่มออกซิเจนในน้ำให้มีปริมาณเพียงพอ โดยอาศัยหลักการทำงานของจุลินทรีย์ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน (Aerobic) สามารถนำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพในน้ำเสียได้เร็วขึ้นกว่าการปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติ โดยมีเครื่องเติมอากาศ ซึ่งนอกจากจะทำหน้าที่เพิ่มออกซิเจนในน้ำแล้วยังทำให้

เกิดการกวนผสมของน้ำในบ่อด้วย ทำให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้อย่างทั่วถึงภายในบ่อทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศสามารถบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถลดปริมาณความสกปรกของน้ำเสียในรูปของค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD) ได้ร้อยละ 80-95 โดยเครื่องเติมอากาศอาจที่ติดตั้งแบบทุ่นลอยหรือยึดติดกับแท่งก็ได้

เครื่องเติมอากาศที่ผิวหน้า (Surface Aerator) จะทำหน้าที่ตีน้ำที่ระดับผิวน้ำให้กระจายเป็นเม็ดเล็ก ๆ ขึ้นมาเพื่อสัมผัสกับอากาศเพื่อรับออกซิเจน ในขณะที่เดียวกันก็จะเป็นการกวนน้ำให้ผสมกันเพื่อกระจายออกซิเจน และมลสารในน้ำเสียให้ทั่วบ่อ

ข้อดีของบ่อเติมอากาศ

คือ ค่าลงทุนก่อสร้างต่ำ มีประสิทธิภาพของระบบสูง สามารถรับการเพิ่มภาระมลพิษอย่างกะทันหัน (Shock Load) ได้ดี มีกากตะกอนและกลิ่นเหม็นเกิดขึ้นน้อย การดำเนินการและบำรุงรักษาง่าย สามารถบำบัดได้ทั้งน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรม

ข้อเสียของระบบ

คือ มีค่าใช้จ่ายในส่วนของค่ากระแสไฟฟ้าสำหรับเครื่องเติมอากาศ และค่าซ่อมบำรุงและดูแลรักษาเครื่องเติมอากาศ

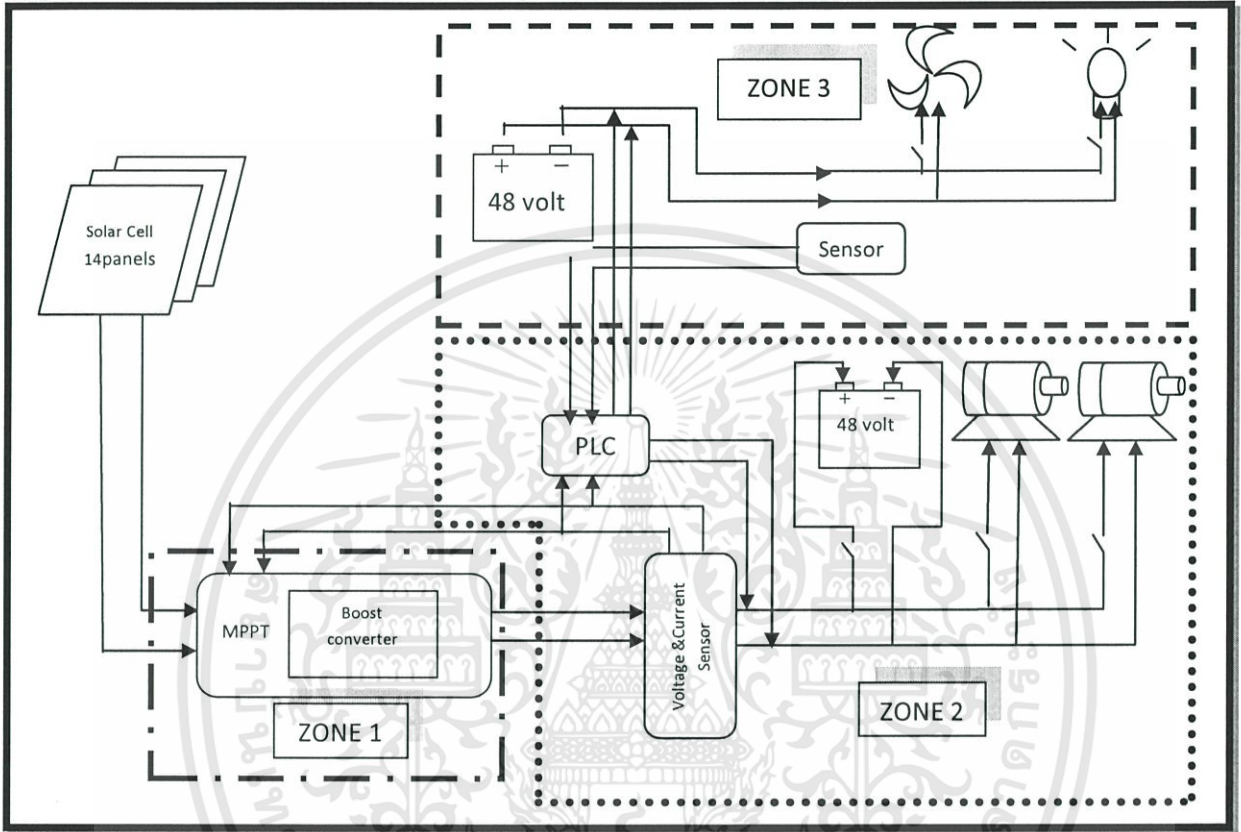
ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างเกณฑ์การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon)

ตัวอย่างเกณฑ์การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon)		
หน่วยบำบัด	เกณฑ์การออกแบบ	
	พารามิเตอร์	ค่าที่ใช้ออกแบบ
บ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon)	<ul style="list-style-type: none"> • ระยะเวลาเก็บกักน้ำ (Hydraulic Retention Time: HRT) • ความลึกของน้ำในบ่อ • ความต้องการออกซิเจน • Mixing Power 	<ul style="list-style-type: none"> • 3-10 วัน • 2-6 เมตร • 07-1.4 กรัมออกซิเจน/กรัม บีโอดีที่ถูกกำจัด • มากกว่าหรือเท่ากับ 0.525 กิโลวัตต์/100 เมตร³

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการสร้างเครื่องต้นแบบ



รูปที่ 3.1 ภาพรวมของโครงการทั้งหมด

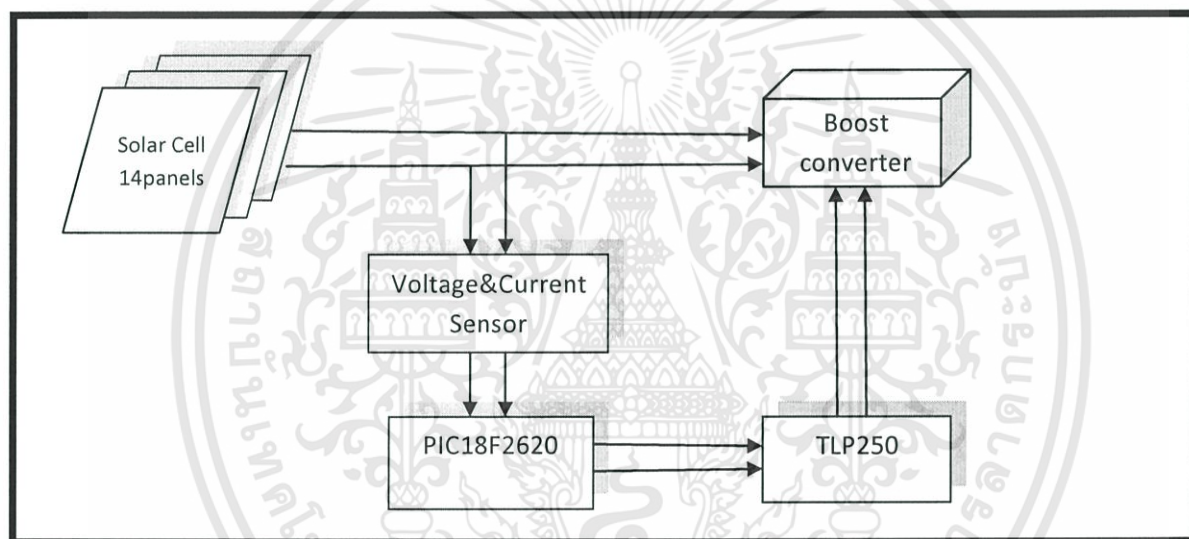
ในภาพรวมของโครงการดังรูปข้างต้นนี้ สามารถแบ่งได้เป็นส่วนย่อย 3 ส่วนด้วยกัน คือ กลุ่มที่ 1 (ZONE 1) จะรับพลังงานมาจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ผ่านวงจรตัวตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด เพื่อให้ได้พลังงานสูงสุด จากนั้นจะทำการรักษาระดับของแรงดันให้คงที่โดยวงจรทระดับแรงดันเป็น 48 โวลต์ ส่วนกลุ่มที่ 2 (ZONE 2) ตัวตรวจจับแรงดันทำการตรวจจับระดับแรงดันและกระแสที่ออกมาจากวงจรทระดับแรงดัน และส่งสัญญาณไปที่วงจรตัวตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด เพื่อปรับค่าดิวิตีไซเคิล และส่งไปที่ตัวควบคุมพีแอลซี เพื่อทำการควบคุมการเปิดปิดวงจรของภาระไฟฟ้า ส่วนที่ 3 (ZONE 3) ในส่วนนี้ไม่อยู่ในขอบเขตการทำงานแต่ในกรณีที่มีการชาร์จ จะนำพลังงานจากแบตเตอรี่จ่ายให้กับพัดลมระบายอากาศและระบบแสงสว่างในช่วงที่ไม่สามารถผลิตพลังงานได้ โดยใช้ตัวตรวจจับความชื้นและตัวตรวจจับแสงควบคุมช่วงเวลาการทำงานผ่านพีแอลซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 บทนำ

เครื่องตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power Point Tracking: MPPT) โดยใช้เทคนิคแบบ อัตราส่วนแรงดันขณะเปิดวงจร ร่วมกับวงจรทบทระดับแรงดันไฟฟ้า สามารถตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ได้ภายใต้ความเข้มแสงและรับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา นอกจากนี้ สามารถแปลงผันพลังงานได้ใกล้เคียงกับจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดจริง โดยอาศัยการป้อนกลับกระแสและแรงดันขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อประมวลผลและสร้างสัญญาณขับมอสเฟตวงจรทบทระดับแรงดันไฟฟ้า โดยกำหนดให้มีค่าตัวตีสไซเคลลซึ่งสามารถรักษาระดับกระแสของเซลล์แสงอาทิตย์ให้ทำงานในย่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด

3.2 ส่วนประกอบหลักของชุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด



รูปที่ 3.2 แผนภาพของชุดตัวตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด

3.3 การออกแบบและจัดสร้างชิ้นงานจริง

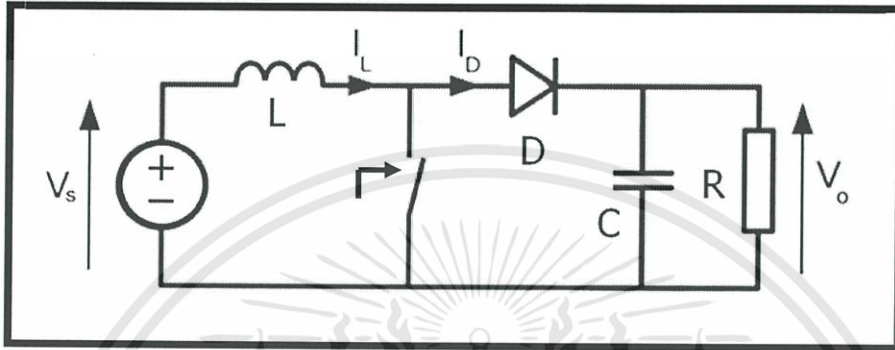
3.3.1 วงจรทบทระดับแรงดันไฟฟ้า (Boost converter)

วงจรทบทระดับแรงดันไฟฟ้าเป็นวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรง (DC-DC Converter) ชนิดหนึ่งที่สามารถให้แรงดันขาออกมีค่ามากขึ้นตามต้องการโดยการปรับตัวตีสไซเคลลดังวงจรในรูปที่ 3.2 การทำงานของวงจรทบทระดับแรงดันไฟฟ้าจะแบ่งเป็น 2 โหมด คือโหมดกระแสต่อเนื่องและโหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง ซึ่งในโหมดกระแสไม่ต่อเนื่องการปรับแรงดันขาออกจะไม่ได้ขึ้นกับค่าตัวตีสไซเคลลเพียงอย่างเดียว แต่ในงานวิจัยนี้จะใช้งานเฉพาะที่โหมดกระแสต่อเนื่องเท่านั้น โดยความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันอินพุทและแรงดันเอาต์พุทแสดงได้ตามสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{1-D} \quad (3.1)$$

โดยที่ V_o คือ แรงดันขาออก V_i คือ แรงดันไฟฟ้าขาเข้า และ D คือ ค่าดิวตี้ไซเคิล



รูปที่ 3.3 วงจรทระดับแรงดันไฟฟ้า (Boost converter)

โดยใช้ สวิตช์เป็น Mosfet เบอร์ STP80NF70
Fast Diode เบอร์ FR602G

3.3.2 การหาค่าตัวเหนี่ยวนำ (Inductance)

ในการออกแบบต้องคำนึงถึงความต่อเนื่องของกระแสด้วย โดยต้องเลือกค่าตัวเหนี่ยวนำที่มีค่ามากกว่าค่าตัวเหนี่ยวนำต่ำสุดได้จากการคำนวณนั้น ซึ่งสูตรที่ใช้ในการคำนวณคือ

$$L_{\min} = \frac{[D(1-D)^2 R]}{2f_s} \quad (3.2)$$

เมื่อ

f_s คือ ความถี่การสวิตช์ (โดยที่ $f_s = \frac{1}{T_s}$)

D คือ ดิวตี้ไซเคิล

R คือ โหลดความต้านทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการ $\frac{\partial L_{\min}}{\partial D}$ เพื่อหาค่าตัวดีไซเคิลที่ทำให้ L_{\min} มีค่ามากที่สุด จะได้

$$3D^2 - 4D + 1 = 0$$

$$D = \frac{1}{3}$$

โดยที่ค่าต่างๆในการทดลองมีดังนี้

$$f_s = 25 \text{ kHz}$$

$$D = \frac{1}{3}$$

$$R = 20 \ \Omega$$

เมื่อแทนค่าในสมการ 3.2 จะได้

$$L_{\min} = \frac{\left[\left(\frac{1}{3} \right) \left(1 - \frac{1}{3} \right)^2 (20) \right]}{\left[(2)(25 \times 10^3) \right]}$$

$$L_{\min} = 59.2593 \ \mu\text{H}$$

3.3.3 การหาค่าตัวเก็บประจุ (Capacitance)

การหาค่าตัวเก็บประจุในส่วนของวงจรทระดับแรงดันไฟฟ้าสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$C = \frac{D}{rRf_s} \quad (3.3)$$

เมื่อ

r คือ ค่าแฟคเตอร์คลื่นสะลอก ($r = \frac{\Delta V_o}{V_o}$ และค่าปกติ $r < 2\%$)

โดยในที่นี้กำหนดให้ r มีค่าเท่ากับ 1%

f_s คือ ความถี่การสวิตช์ (โดยที่ $f_s = \frac{1}{T_s}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D คือ ดิวตี้ไซเคิล

R คือ โหลดความต้านทาน

โดยที่ค่าต่างๆ มีค่า ดังนี้

$$f_s = 25 \text{ kHz}$$

$$D = \frac{1}{3}$$

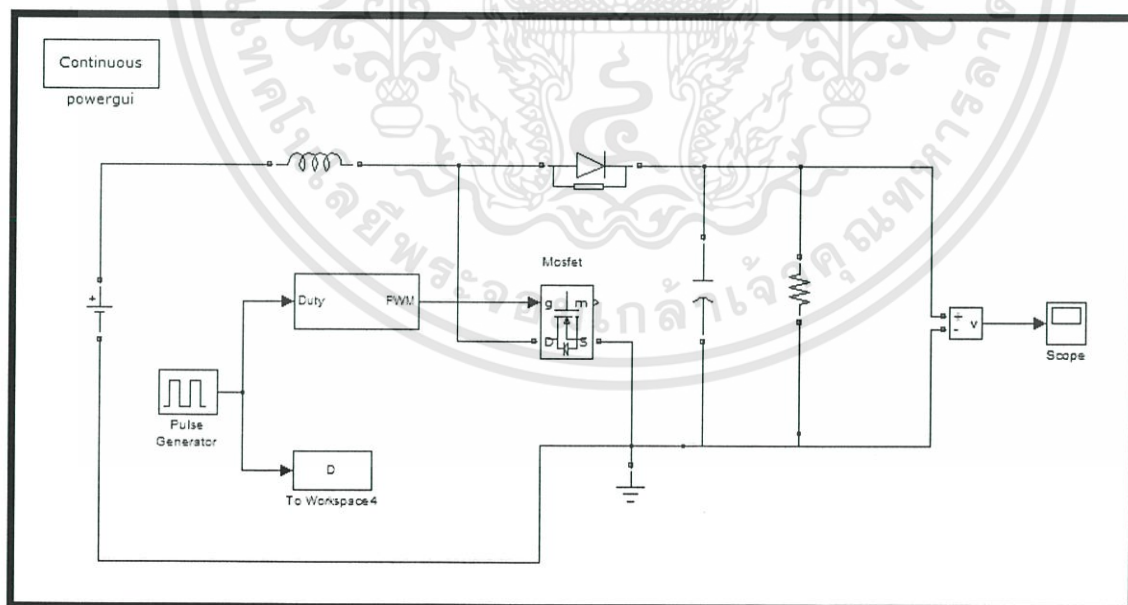
$$R = 20 \ \Omega$$

$$r = 0.01$$

เมื่อแทนค่าในสมการ 3.3 จะได้

$$C = \frac{\left(\frac{1}{3}\right)}{[(0.01)(20)(25 \times 10^3)]}$$

$$C = 66.6667 \ \mu\text{F}$$



รูปที่ 3.4 การจำลองวงจรทระดับแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.4 การจำลองวงจรทระดับแรงดัน เพื่อหาค่าความเหนี่ยวนำและค่าตัวเก็บประจุที่เหมาะสม โดยการกำหนดให้ค่าตัวเหนี่ยวนำ และ ค่าตัวเก็บประจุเป็นไปตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 กำหนดค่าตัวเหนี่ยวนำ และ ตัวเก็บประจุ ในการจำลองวงจรทระดับแรงดัน

L (μH)	C(μF)
60	67
120	67
300	67
600	67
60	134
60	335
60	670
629.3	470

$$v = L \frac{di}{dt} \quad (3.4)$$

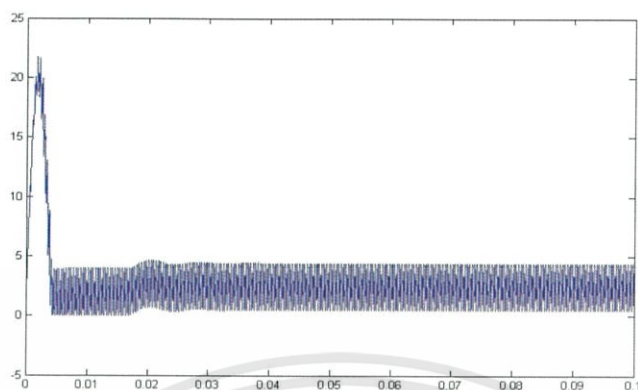
$$i = C \frac{dv}{dt} \quad (3.5)$$

จากสมการที่ (3.4) เมื่อให้ค่าตัวเก็บประจุคงที่ แล้วเปลี่ยนค่าตัวเหนี่ยวนำ เราจะพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของกระแสกับเวลา

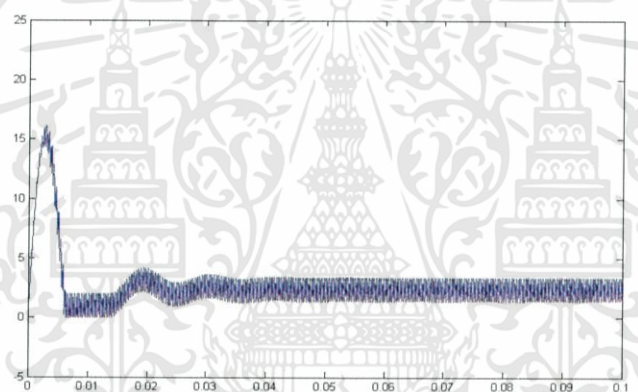
จากสมการที่ (3.5) เมื่อให้ค่าตัวเหนี่ยวนำคงที่ แล้วเปลี่ยนค่าตัวเก็บประจุ เราจะพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของแรงดันกับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

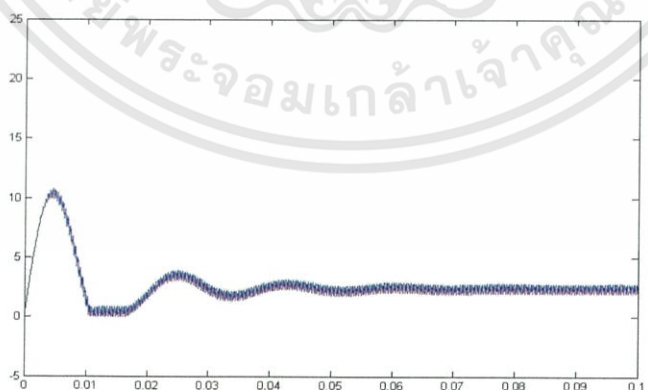
จะได้กราฟจากการจำลองดังนี้



รูปที่ 3.5 กระแสไฟฟ้า เมื่อกำหนดให้ $L=60 \mu\text{H}$, $C=67 \mu\text{F}$

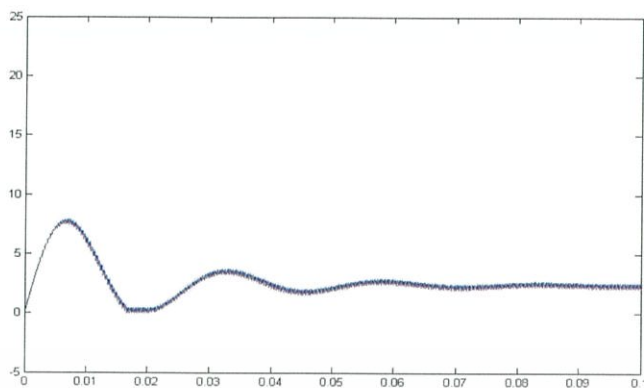


รูปที่ 3.6 กระแสไฟฟ้า เมื่อกำหนดให้ $L=120 \mu\text{H}$, $C=67 \mu\text{F}$

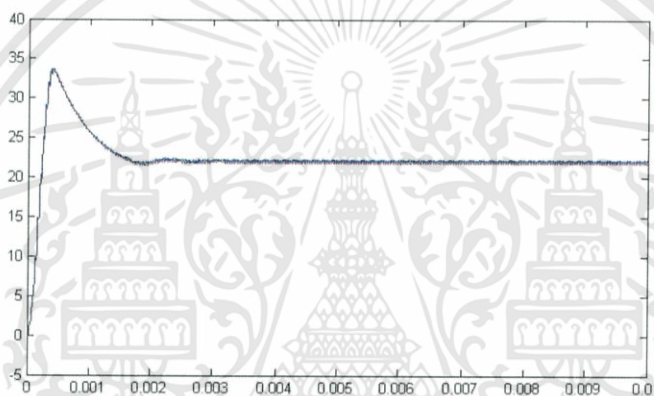


รูปที่ 3.7 กระแสไฟฟ้า เมื่อกำหนดให้ $L=300 \mu\text{H}$, $C=67 \mu\text{F}$

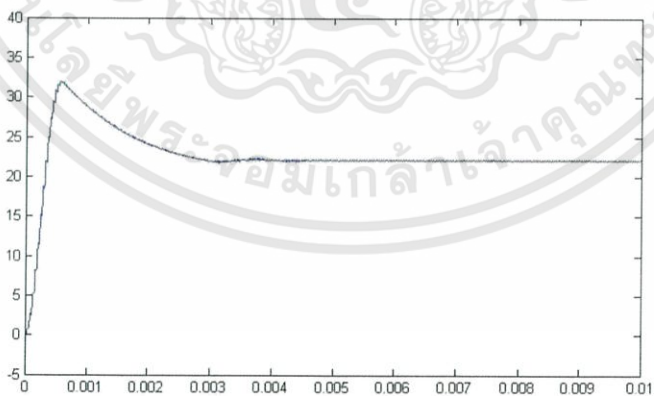
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 กระแสไฟฟ้า เมื่อกำหนดให้ $L=600 \mu\text{H}$, $C = 67 \mu\text{F}$

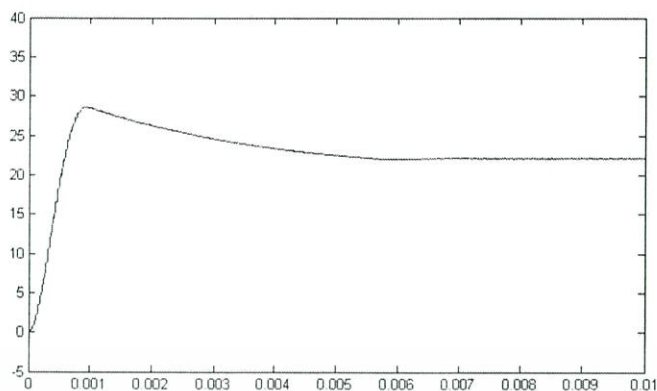


รูปที่ 3.9 แรงดันเอาต์พุต เมื่อกำหนดให้ $L=60 \mu\text{H}$, $C = 67 \mu\text{F}$

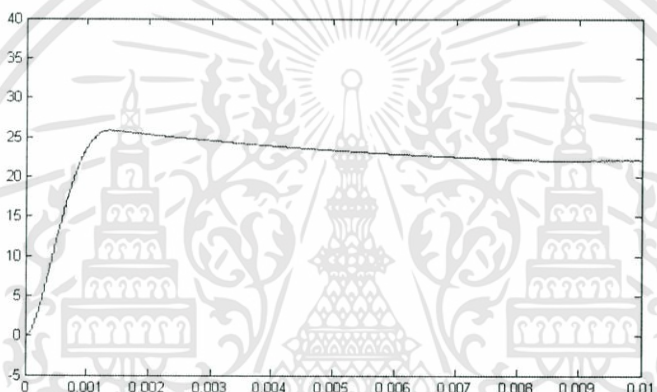


รูปที่ 3.10 แรงดันเอาต์พุต เมื่อกำหนดให้ $L=60 \mu\text{H}$, $C = 134 \mu\text{F}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 แรงดันเอาต์พุต เมื่อกำหนดให้ $L=60 \mu\text{H}$, $C =335 \mu\text{F}$



รูปที่ 3.12 แรงดันเอาต์พุต เมื่อกำหนดให้ $L=60 \mu\text{H}$, $C =670 \mu\text{F}$

จากรูปที่ 3.5 - 3.8 จะกำหนดให้ค่าตัวเก็บประจุมีค่าคงที่ จะสังเกตได้ว่ายิ่งใช้ค่าตัวเหนี่ยวนำที่มาก รูปกราฟที่ได้จะมีกระแสกระเพื่อมที่ลดลง

ดังนั้นในโครงงานนี้จึงเลือกใช้ค่าตัวเหนี่ยวนำ คือ

$$L \approx 600 \mu\text{H}$$

ค่าตัวเหนี่ยวนำที่วัดได้จริง คือ $L = 629.3 \mu\text{H}$

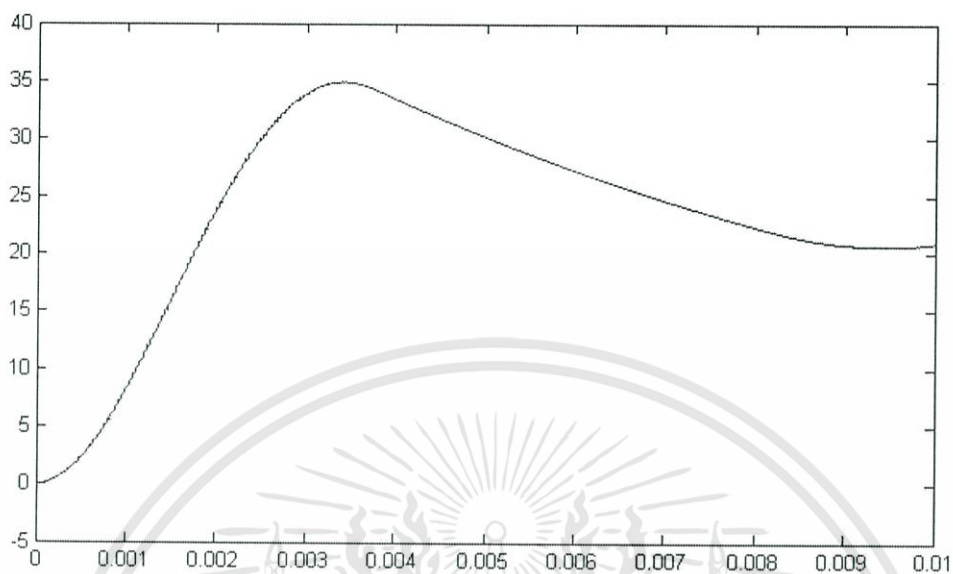
จากรูปที่ 3.9 - 3.12 จะกำหนดให้ค่าตัวเหนี่ยวนำมีค่าคงที่ จะสังเกตได้ว่ายิ่งใช้ค่าตัวเก็บประจุมาก รูปกราฟที่ได้จะเข้าสู่สภาวะคงตัวช้าลง แต่ว่าสัญญาณมีความเรียบมากขึ้น

ดังนั้นในโครงงานนี้จึงเลือกใช้ค่าตัวเก็บประจุ คือ

$$C = 470 \mu\text{F}$$

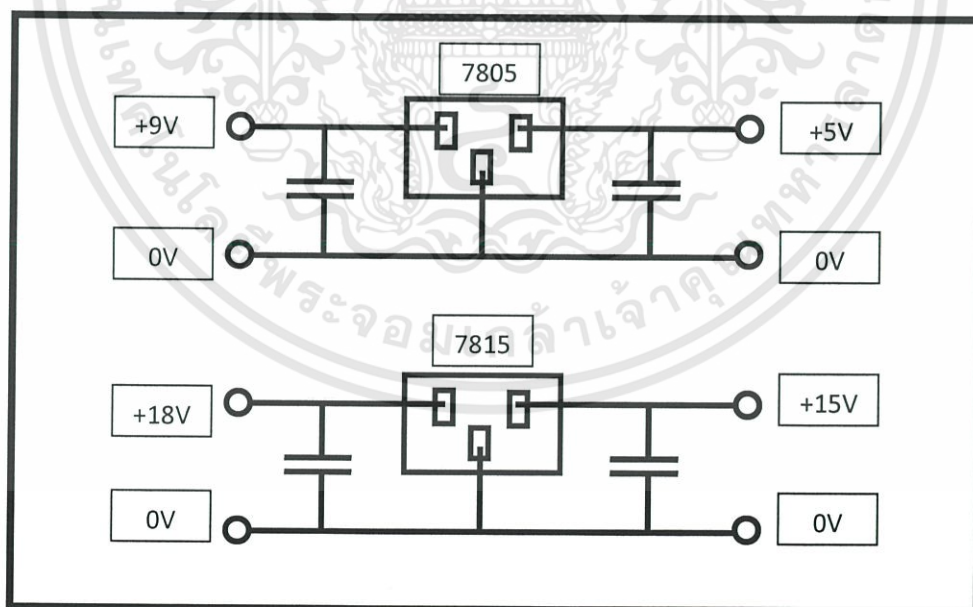
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อจำลองค่าตัวเหนี่ยวนำ และ ค่าตัวเก็บประจุ ที่เลือกใช้ จะได้ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 แรงแดันเอาร์ทพุต (ค่าที่เลือกใช้) เมื่อกำหนดให้ $L=629.3 \mu\text{H}$, $C=470 \mu\text{F}$

3.3.4 วงจรแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรง +5 และ +15 โวลต์



รูปที่ 3.14 แหล่งจ่ายแรงดันไฟตรง +5 และ +15 โวลต์

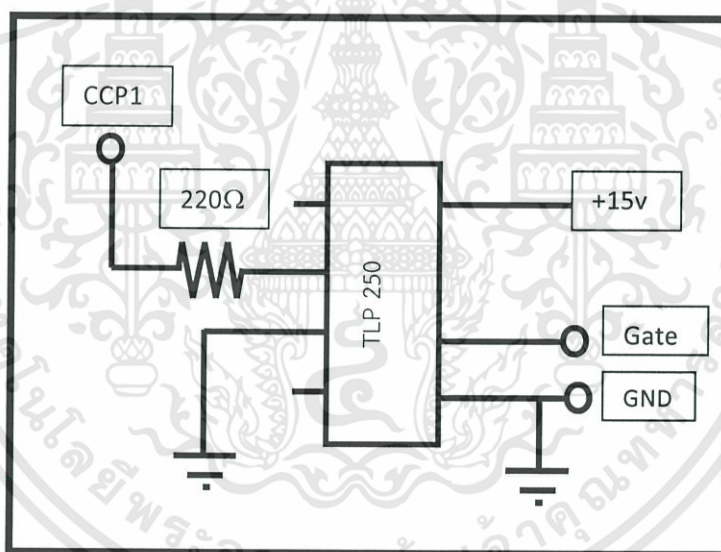
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้วงจรเรียงกระแส สร้างแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรง +5 และ +15 โวลต์ โดยใช้ IC เบอร์ LM7805, LM7815 โดยทางด้านขาเข้ารับไฟมาจากหม้อแปลงแรงดัน 220/9, 220/18 โวลต์ตามลำดับ เพื่อใช้จ่ายไฟให้กับ

- (1) วงจรขับมอสเฟตแบบแยกกราวด์ (Gate drive) แหล่งจ่ายแรงดันไฟตรง +15 โวลต์
- (2) วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) แหล่งจ่ายแรงดันไฟตรง +5 โวลต์

3.3.5 วงจรขับมอสเฟตแบบแยกกราวด์ (Gate drive)

ชุดขับมอสเฟตนี้ใช้ IC เบอร์ TLP 250 โดยสามารถแยกกราวด์ให้กับวงจรขับมอสเฟตได้ ซึ่งวงจรขับมอสเฟตนี้จะรับสัญญาณพัลส์ (Range +5V Duty cycle) ที่สร้างจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำหน้าที่ขยายสัญญาณให้เป็นสัญญาณพัลส์ (Range +15V) ก่อนที่จะส่งไปขับมอสเฟต

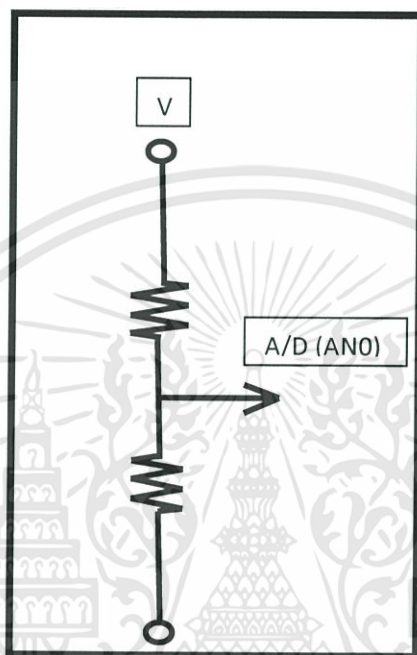


รูปที่ 3.15 วงจรขับมอสเฟตแบบแยกกราวด์ (Gate Drive)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.6 ชุดตรวจจับแรงดัน

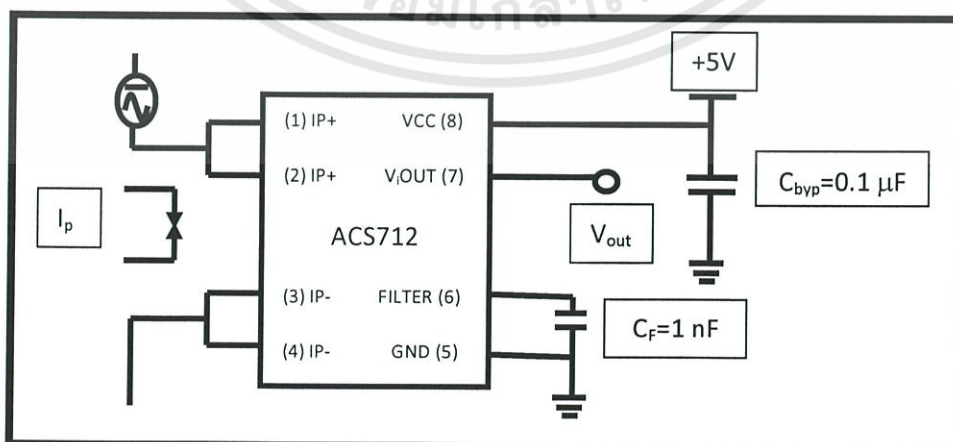
ตรวจจับกระแสและแรงดันทางด้านขาเข้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อส่งไปประมวลผลในไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีวงจรแบ่งแรงดัน (Divider) ในการลดทอนขนาดของแรงดันก่อนเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.16 ชุดตรวจจับแรงดัน

3.3.7 วงจรตรวจจับกระแส

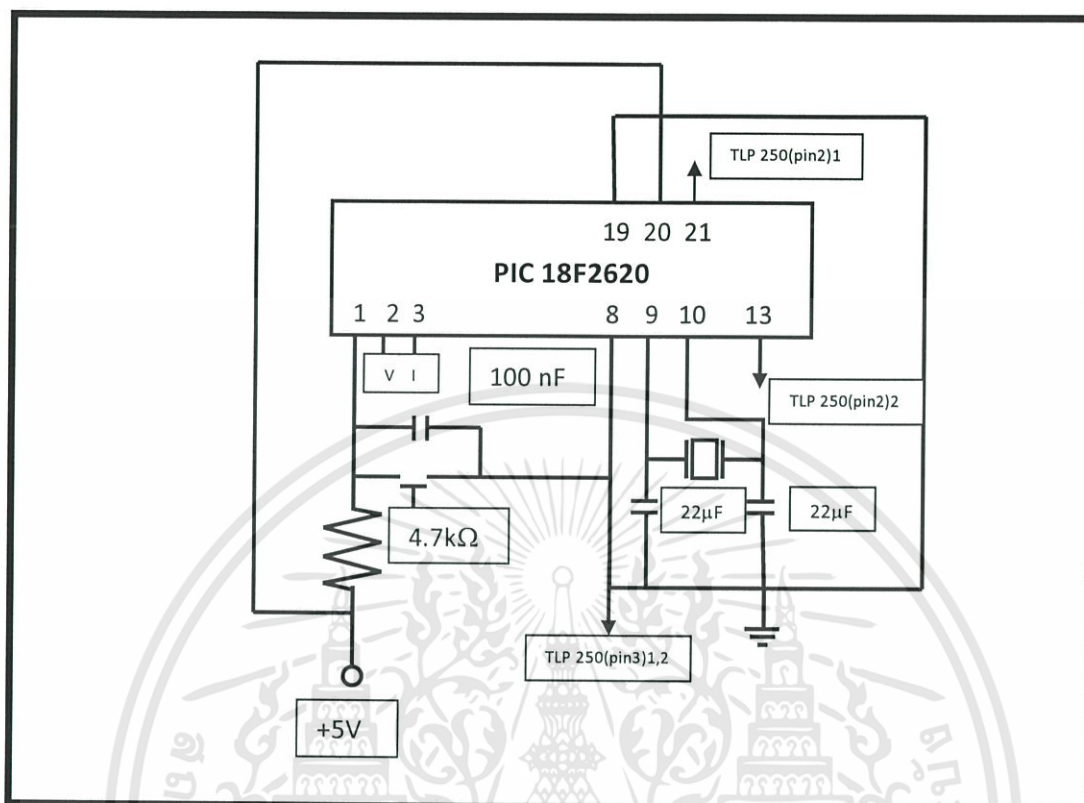
ใช้ตัวรับรู้ฮอลล์ (Linear Hall sensor) ในการตรวจจับกระแสโดยจะให้ค่ากระแสออกมาเป็นระดับแรงดันตั้งแต่ 0-5 โวลต์ แล้วนำแรงดันที่ได้ไปคำนวณในวงจร ไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.17 วงจรตรวจจับกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.8 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)



รูปที่ 3.18 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เบอร์ 18F2620 ทำหน้าที่ต่างๆ ดังนี้

- ประมวลผลในการส่งสัญญาณควบคุมไปยังชุดวงจรระดับแรงดันไฟฟ้า
- สร้างสัญญาณที่ใช้ในการขับมอเตอร์ของชุดควบคุม
- เปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกที่ได้จากด้านขาเข้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นสัญญาณดิจิทัล

ทำการเขียนโปรแกรมและทำการคอมไพล์ลงบนวงจรมิโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC 18F2620 ซึ่งคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ แสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงคุณลักษณะของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล PIC

Device	Program Memory	Data Memory		CAN Module	I/O (Bit)	OSC max (MHz)	Timers	PLL
	Flash	RAM (Bytes)	EEPROM (Bytes)					
PIC 16F877	8 Kbytes	368	256	NO	33	20	3	NO
PIC 18F2525	48 Kbytes	3968	1024	YES	36	40	1/3	YES
PIC 18F2620	64 Kbytes	3968	1024	YES	36	40	1/3	YES

3.3.8.1 พอร์ตของบอร์ดของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ถูกนำมาใช้งานในโครงการนี้ มีดังนี้

- A/D พอร์ตใช้ต่ออินพุตแอนาล็อกเพื่อรับสัญญาณกระแสและแรงดันทางด้านขาเข้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลส่งไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผล
- PWM ส่งสัญญาณที่สร้างโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ไปขับมอเตอร์ในวงจรระดับแรงดัน

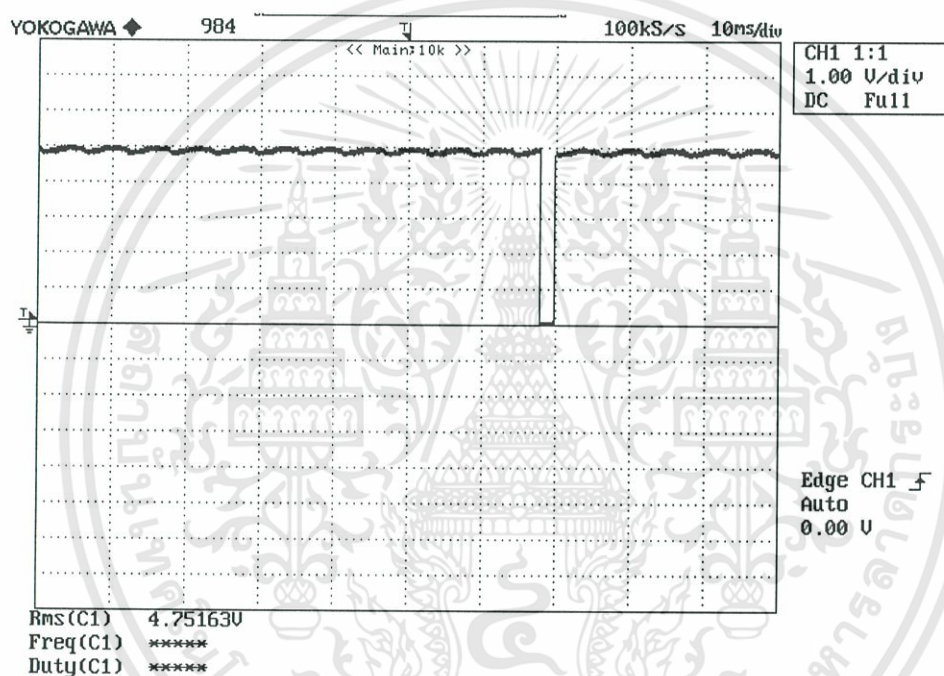
3.3.8.2 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม

1. ทำการเขียนโปรแกรมเป็นภาษา C บนโปรแกรม MPLAB IDE v8.33 บันทึก PROJECT
2. ทำการ Compile โปรแกรม โดยแปลงโปรแกรมจากภาษา C ให้เป็นฐานสิบหก (.hex) จะได้ไฟล์ที่เป็นนามสกุล .hex เช่น PROJECT.hex
3. ในขณะที่ทำการ Compile ถ้าโปรแกรมมีข้อผิดพลาดเกี่ยวกับโครงสร้างของภาษา โปรแกรมจะแจ้งให้ทราบว่าข้อผิดพลาดที่ไหนบ้างบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ จึงทำการแก้ไขบรรทัดที่ผิดพลาดนั้น แล้วทำการ Compile ใหม่อีกครั้ง
4. เมื่อทำการ Compile โปรแกรมแล้วไม่เกิดข้อผิดพลาด ก็ทำการดาวน์โหลดไฟล์ PROJECT.hex ลงสู่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้โปรแกรม PICkit2 ในการเบิร์น

ทำการทดสอบวงจรควบคุมและวัดสัญญาณเอาต์พุตเพื่อตรวจสอบวงจร (จากภาคผนวก ก โปรแกรมที่ใช้ในการทดสอบการทำงานของชุดตัวตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุดโดยกำหนดให้ portB0 on delay 5000 ms off delay 2 ms และ portC2 กำหนด PWM duty คงที่ 50%)

สัญญาณที่ออกมาจาก pic18f2620 ขาที่ 21 ส่งไป TLP250 (ตัวที่ 1) ทดสอบโดยกำหนดให้เกิดสัญญาณ on delay 5000 ms off delay 2 ms

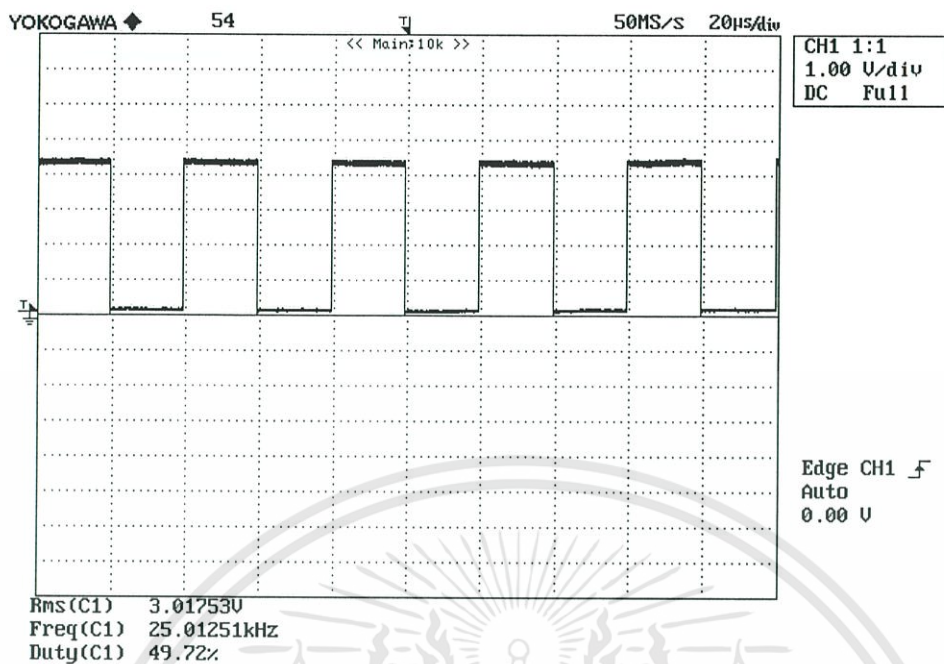
สัญญาณที่ออกมาจาก pic18f2620 ขาที่ 13 ส่งไป TLP250 (ตัวที่ 2) ทดสอบวงจรโดยการกำหนดให้ Duty = 0.50 ที่ความถี่ 25 kHz สัญญาณเอาต์พุตที่ได้เป็นสัญญาณ PWM โดยที่ แรงดันมีค่าอยู่ในช่วงบวก 5 โวลต์



รูปที่ 3.19 สัญญาณที่ pic18f2620 ขา 21

จากรูปที่ 3.19 จะสังเกตได้ว่ารูปสัญญาณที่ได้ สวิตช์จะเปิดตลอด แล้วมีการปิดสวิตช์เพียงช่วงสั้นๆ ตามที่กำหนดในโปรแกรมการทำงาน คือ เปิดสวิตช์เป็นเวลา 5000 ms และปิดสวิตช์เป็นเวลา 2 ms สลับกันไปมาตลอดเวลา

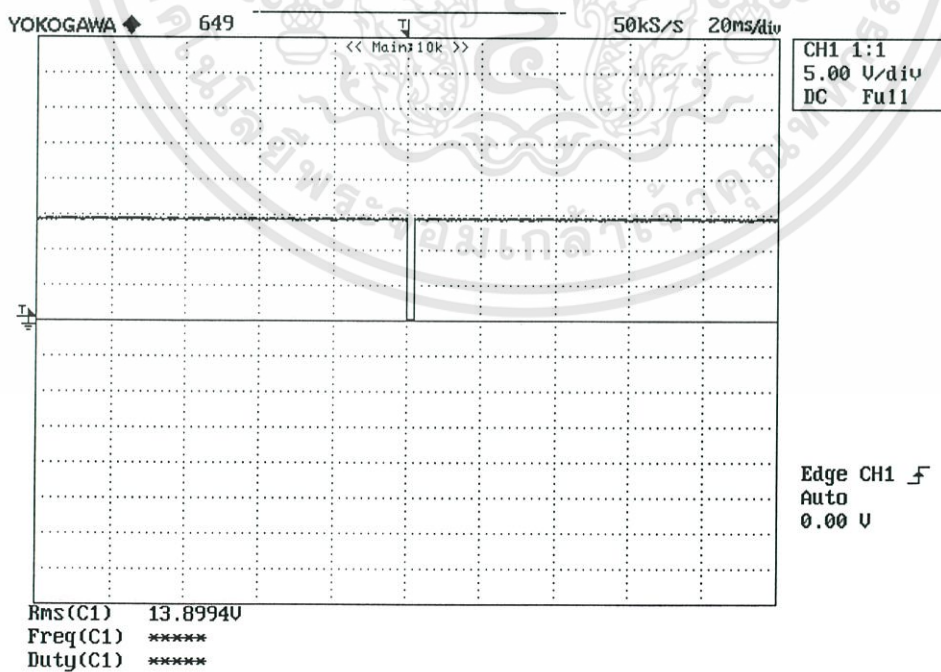
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 สัญญาณที่ pic18f2620 ขา 13

จากรูปที่ 3.20 รูปสัญญาณมีค่าDuty 50% ตามที่กำหนดในโปรแกรม

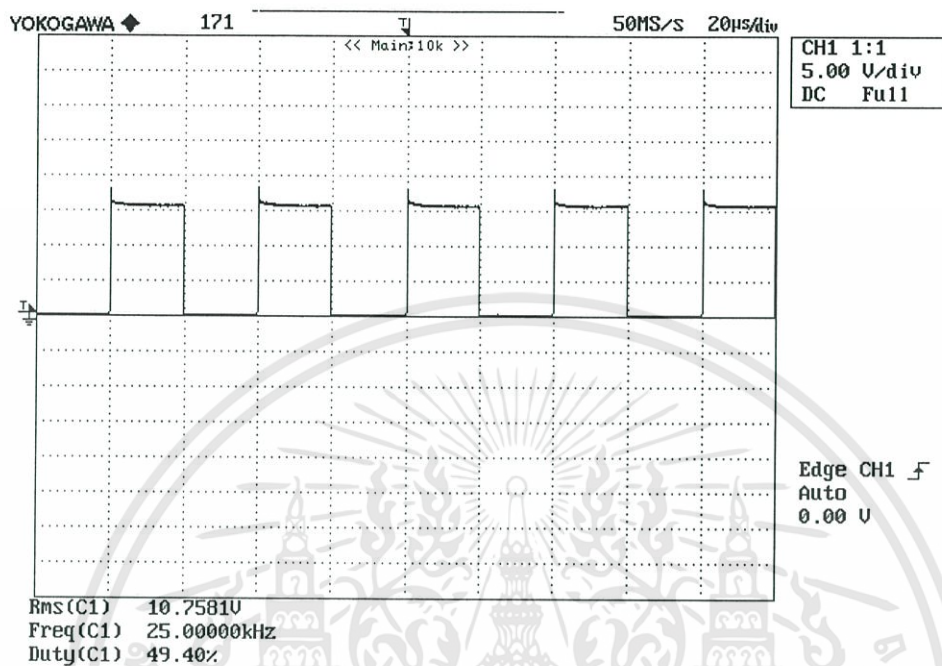
สัญญาณเอาต์พุตจาก pic18f2620 ส่งไปขยายสัญญาณที่ TLP250 แรงดันเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วงบวก 15 โวลต์ ซึ่งสัญญาณนี้จะถูกส่งไปขับเกทมอสเฟสที่วงจรทระดับแรงดัน ได้สัญญาณออกมาดังนี้



รูปที่ 3.21 สัญญาณเกทไปขับมอสเฟต 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.21 สัญญาณนี้รูปจะเหมือนกับรูปที่ 3.19 แต่รูปสัญญาณที่ได้จะมีการขยายแรงดันเพิ่มขึ้น

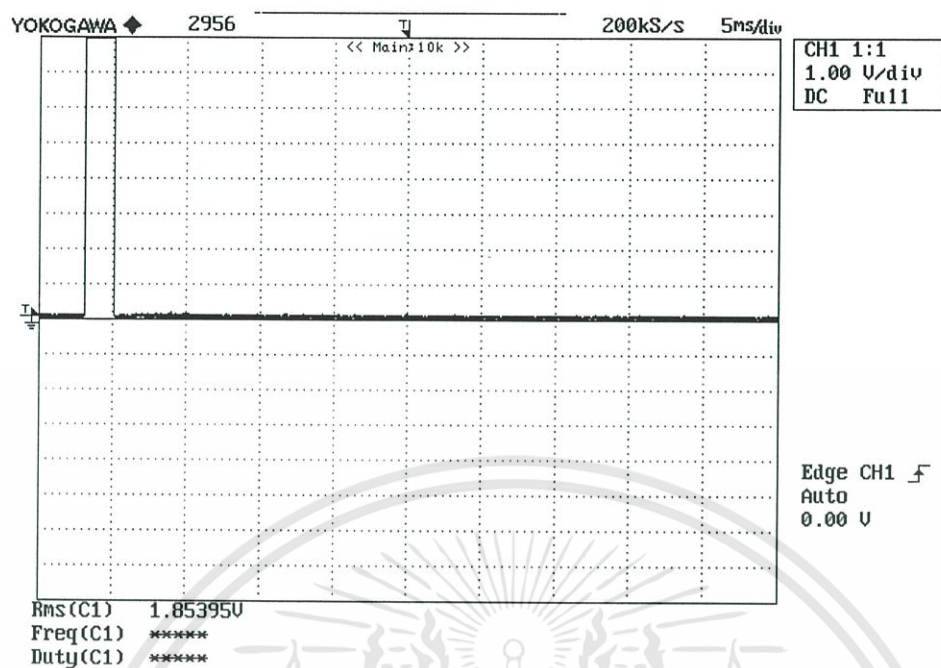


รูปที่ 3.22 สัญญาณเกทไปขับมอสเฟต 2

จากรูปที่ 3.22 สัญญาณที่ได้จะเหมือนกับรูปที่ 3.20 แต่ว่ารูปสัญญาณที่ได้จะมีการขยายแรงดันเพิ่มขึ้นจากเดิม

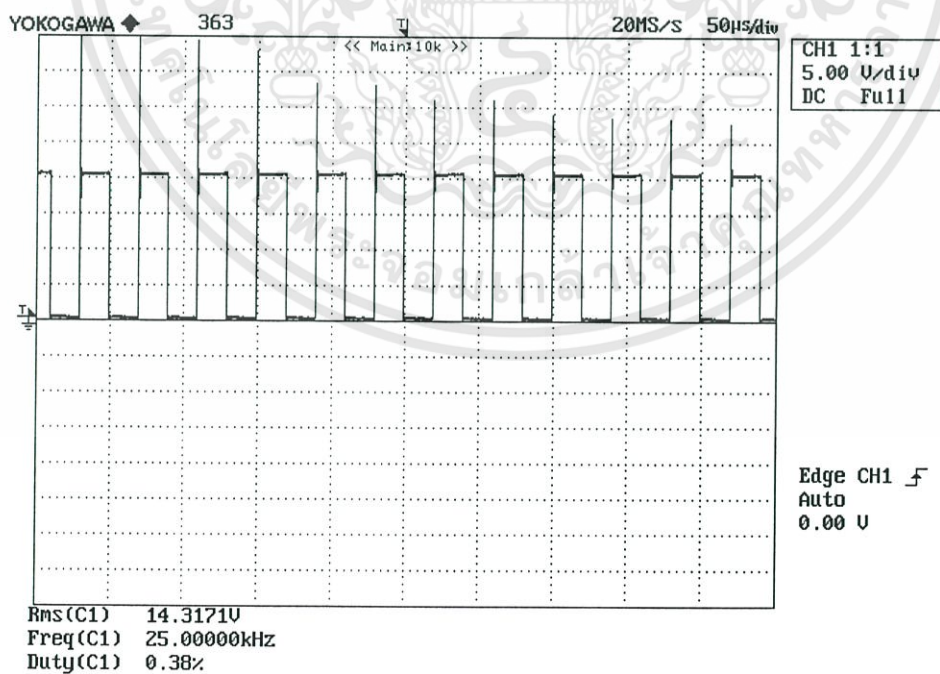
เมื่อจ่ายแรงดันอินพุต 12 v ให้กับวงจรทระดับแรงดัน วัดสัญญาณที่ผ่านมอสเฟตได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 สัญญาณเดรนที่มอสเฟต 1

จากรูปที่ 3.23 รูปสัญญาณที่ได้จะคล้ายกับรูปที่ 3.21 แต่เปิดปิดสลับกัน

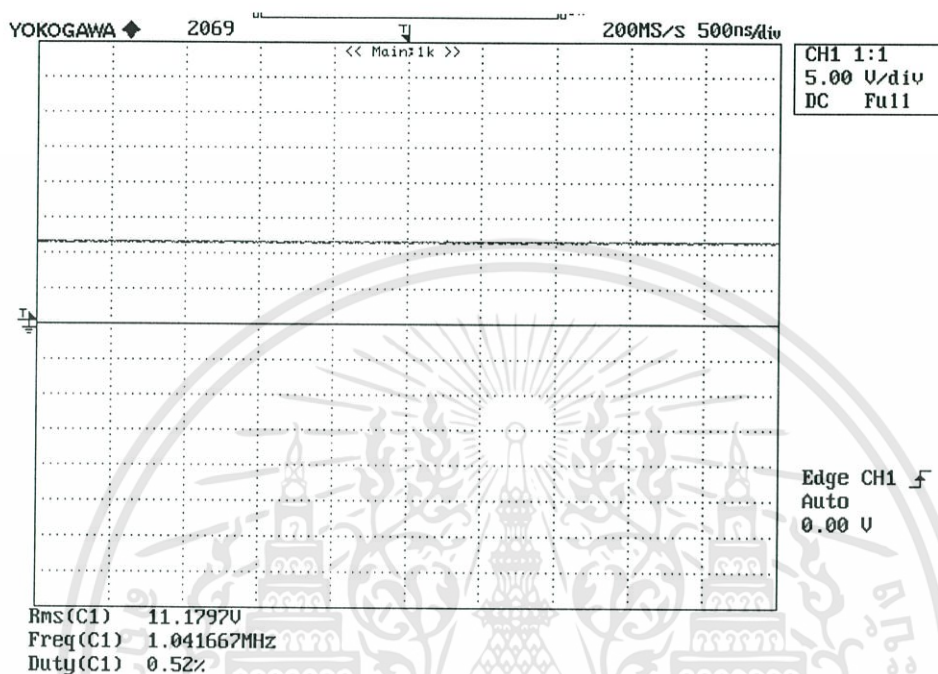


รูปที่ 3.24 สัญญาณเดรนที่มอสเฟต 2

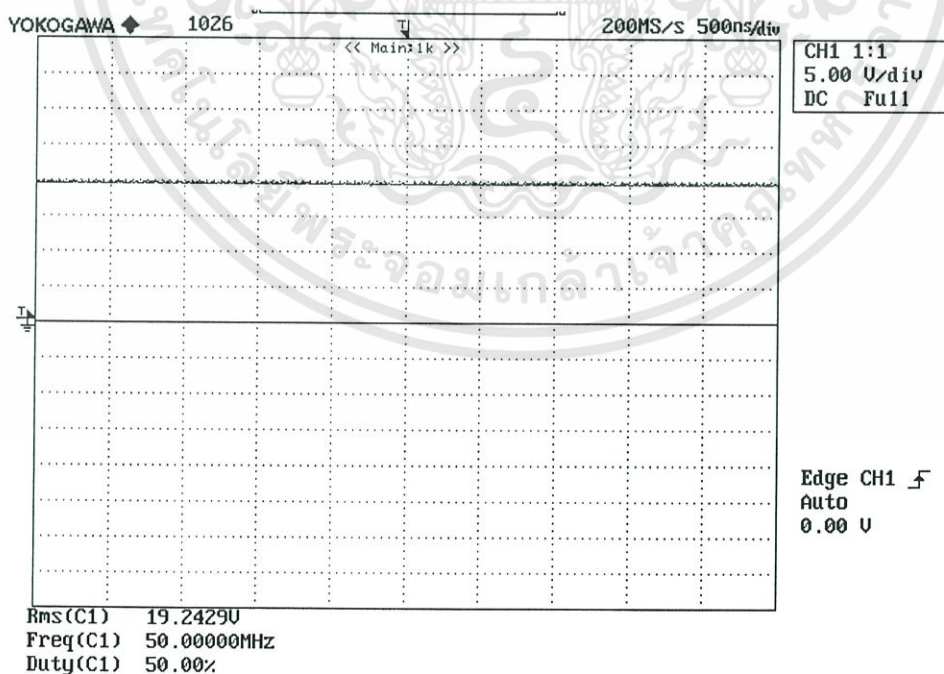
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.24 รูปสัญญาณที่ได้จะคล้ายกับรูปที่ 3.22 แต่เปิดปิดสลับกัน

เมื่อวัดแรงดันอินพุต และ แรงดันเอาต์พุตที่วงจรระดับแรงดันได้ดังนี้



รูปที่ 3.25 สัญญาณอินพุตที่วงจรระดับแรงดัน



รูปที่ 3.26 สัญญาณเอาต์พุตที่วงจรระดับแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.25 และรูปที่ 3.26 ได้ค่าแรงดันอินพุต คือ 11.18 v และค่าแรงดันเอาต์พุต คือ 19.24 v เมื่อนำมาคำนวณค่าตามสมการ $\frac{Vo}{Vi} = \frac{1}{1-D}$ เมื่อแทนค่าแรงดันอินพุตและค่าDuty ตามนี้ ควรจะได้ค่าแรงดันเอาต์พุตที่ 22.36 v ดังนั้นค่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจรจริงถือว่ามีความใกล้เคียง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

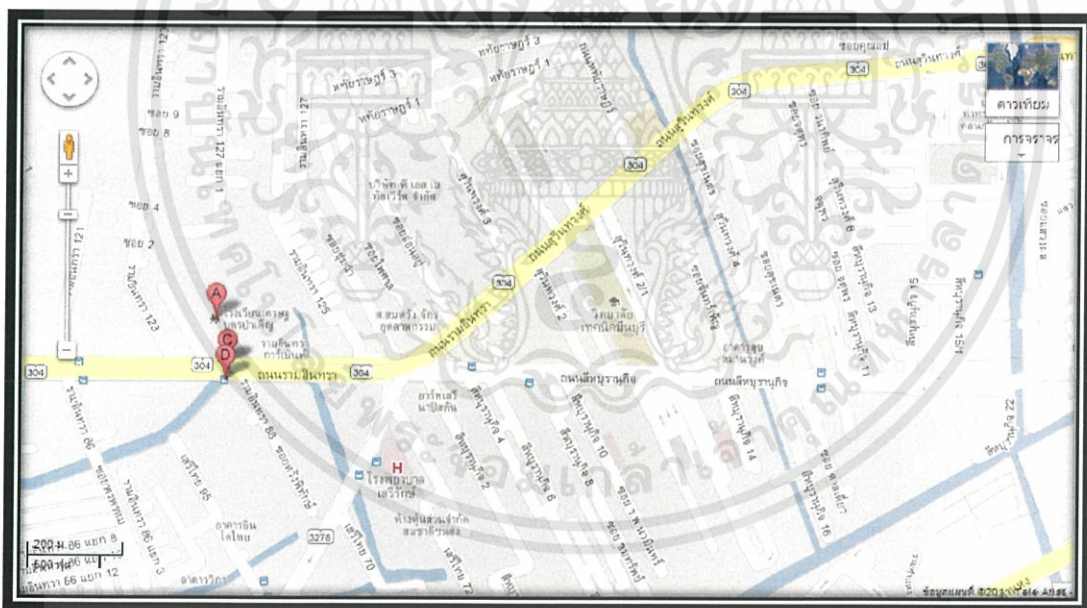
บทที่ 4

ผลการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์และผลการทดลอง

ในบทนี้ จะเป็นการรวบรวมการประมวลผลการได้รับพลังงานด้วยโปรแกรม PVSYST รวมถึงถึงการทดลองต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการวิเคราะห์เพื่อเขียนโปรแกรมประมวลผลของตัวตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด ซึ่งเริ่มต้นจะวิเคราะห์ดูในภาพรวมของระบบ โดยทำการวัดค่าความเข้มแสง ณ บึงกระเทียม เพื่อหาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการกำหนดช่วงเวลาการทำงานของมอเตอร์ ต่อมาทำการทดลองเพื่อหาค่า k ที่เหมาะสมกับการตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด จากนั้นทดลองหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัว k กับกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ความเข้มแสงต่างๆ และทดสอบวงจรตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด พร้อมทั้งวิเคราะห์ผลการทดสอบเปรียบเทียบ

4.1 การประมวลผลการได้รับพลังงานด้วยโปรแกรม PVSYST

การใช้โปรแกรม PVSYST คำนวณพลังงานที่ได้ในแต่ละวันและขนาดแบตเตอรี่

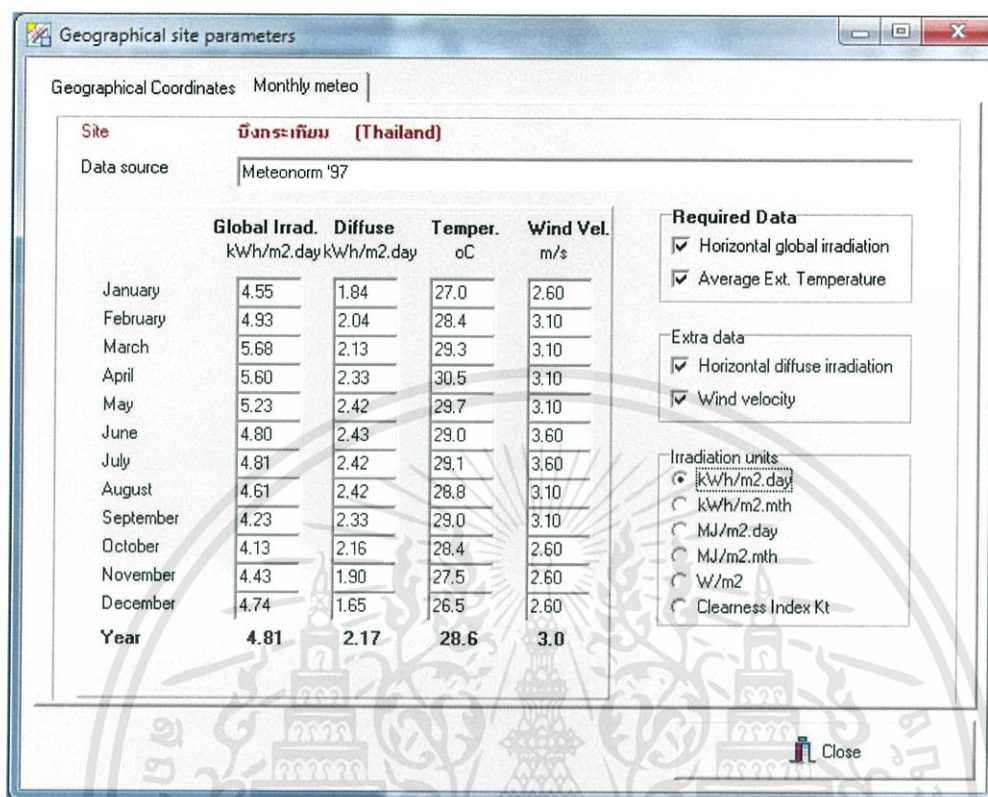


รูปที่ 4.1 ภาพแผนที่สถานที่ตั้งบึงกระเทียม

พิกัดที่บริเวณบึงกระเทียม คือ 13.812488093529373, 100.71398735045387, 5.615, +7

(Latitude, Longitude, Meters, Time zone)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 โปรแกรม PVSYST แสดงค่าเฉลี่ยของพลังงานตามสภาพอากาศ (kWh/m² day) ต่อปี
แนวการติดตั้งของเซลล์แสงอาทิตย์หันไปทางตะวันตกเฉียงใต้ (-135° Azimuth) และเอียงเป็นมุม 30°
ขณะจ่ายภาระทางไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วย

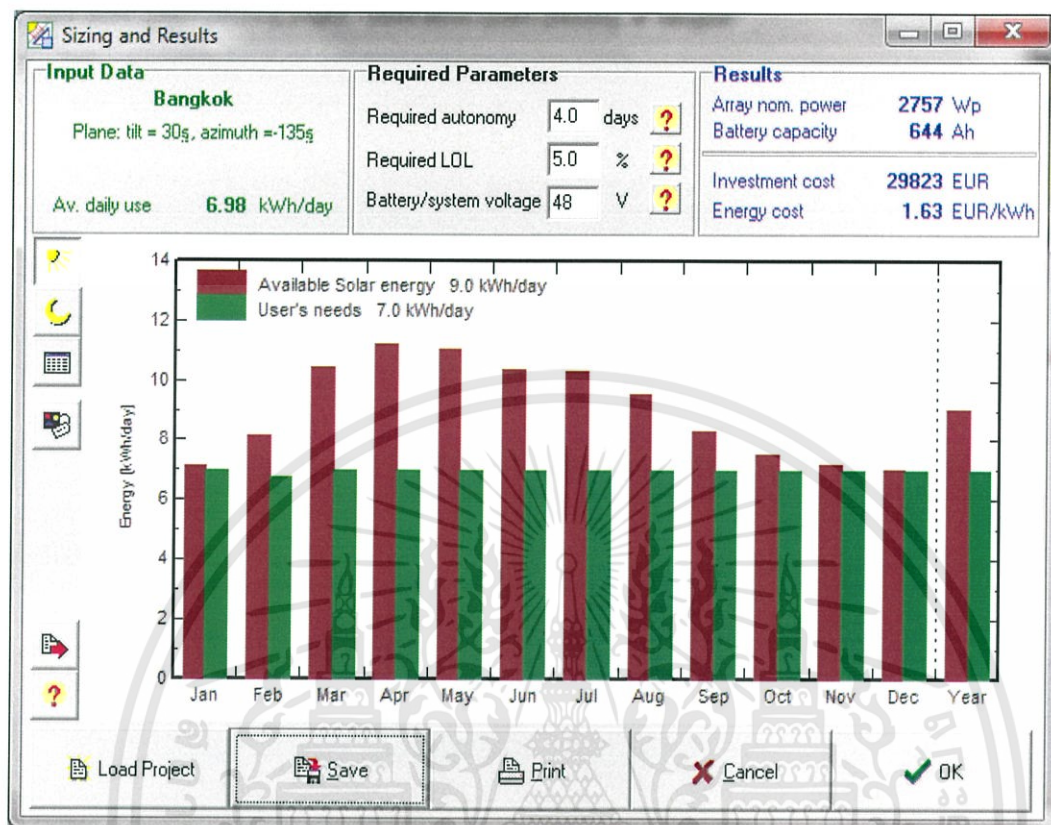
1. มอเตอร์ขนาด 500 วัตต์ จำนวน 2 ตัว
2. ระบบแสงสว่างประกอบด้วยหลอดไฟขนาด 18วัตต์ จำนวน 10 ดวง
3. พัดลมระบายอากาศขนาด 40 วัตต์ จำนวน 1 ตัว

โดยมีรายละเอียดชั่วโมงในการทำงานดังนี้

ตารางที่ 4.1 แผงผังแสดงเวลาการทำงานของภาระทางไฟฟ้า

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
มอเตอร์ 1																								
มอเตอร์ 2																								
ระบบแสงสว่าง																								

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงพลังงานที่ได้และพลังงานที่ใช้ไปในแต่ละวัน

จากการประมวลผลโดยโปรแกรม PVSYSY จำนวนพลังงานที่ได้ 9.0 kWh/day และขนาดของแบตเตอรี่ที่ต้องใช้ในระบบเท่ากับ 644Ah

4.2 การทดลองวัดค่าความเข้มแสง ณ บึงกระเทียม

วิธีทดลอง

1. ทำการวัดความเข้มแสงขณะนั้นโดยใช้ Lux Meter
2. ทำการวัดความเข้มแสงทุก 15 นาที จดบันทึกข้อมูลลงในตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

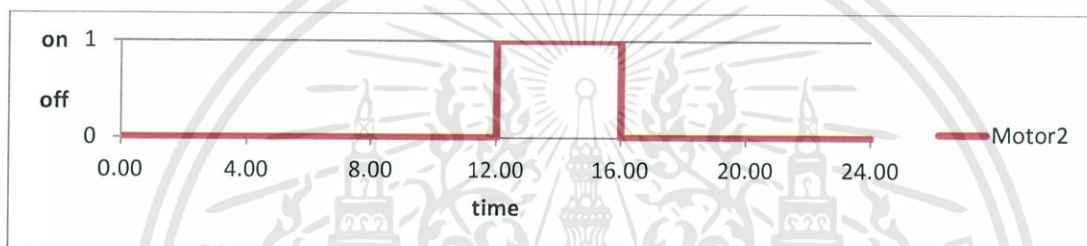
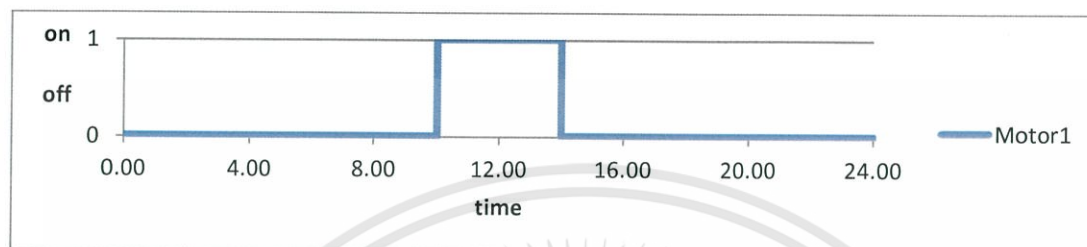
ตารางที่ 4.2 การวัดค่าความเข้มแสง ณ บึงกระเทียม วันที่ 12 มกราคม 2556

เวลา(วัดทุก 15 นาที)	ค่าความเข้มแสง (×100 ลักซ์)	หมายเหตุ
9.00	420	มีเมฆบังมีฝนเล็กน้อย
9.15	467	
9.30	127 (ค่าต่ำสุด)	
9.45	161	ตัวตึกน้ำเริ่มทำงาน(เบาๆ)
10.00	706	มีเมฆลอยผ่าน เครื่องติดดับ ตามความเข้มแสง
10.15	345	
10.30	288	ทำงานถือได้ว่าเกือบตลอดเวลา หยุดเฉพาะช่วงเมฆลอยผ่าน (บังเงา)
10.45	763	
11.00	1150	
11.15	1030	
11.30	1130	
11.45	1220	
12.00	1179	
12.15	1352	
12.30	1445 (ค่าสูงสุด)	
12.45	1130	
13.00	1108	
13.15	1294	
13.30	1310	
13.45	1250	
14.00	1308	
14.15	1305	
14.30	1147	
14.45	1015	
15.00	1160	
15.15	960	
15.30	870	
15.45	850	
16.00	495	เครื่องดับ

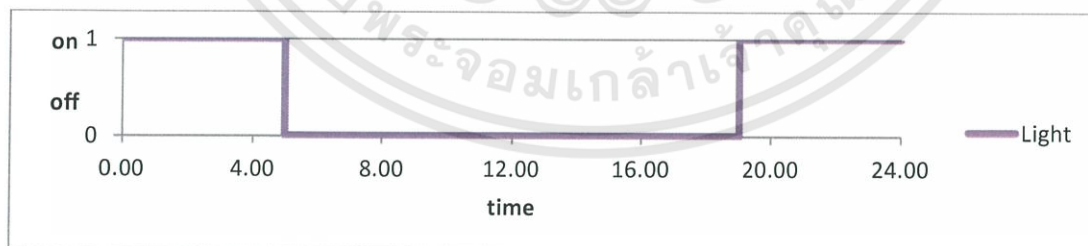
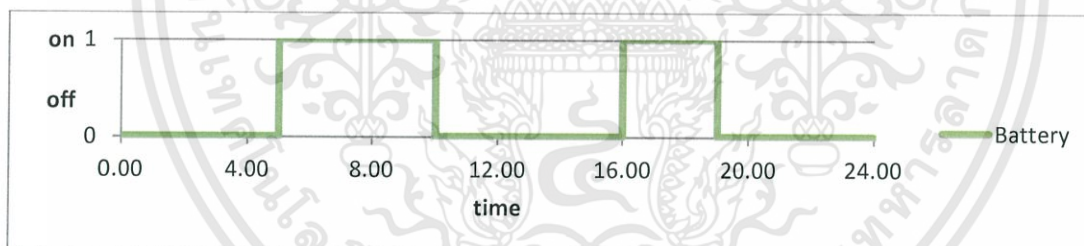
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปการประมวลผลวิเคราะห์

เมื่อการประมวลผลโดยใช้โปรแกรม PVSYSYT เทียบกับการวัดค่าความเข้มแสง ณ สถานที่จริง สามารถนำมาใช้กำหนดช่วงเวลาการทำงานของพีแอลซี ได้ดังนี้



รูปที่ 4.4 (ก) กราฟเวลาการทำงานของพีแอลซี



รูปที่ 4.4 (ข) กราฟเวลาการทำงานของพีแอลซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

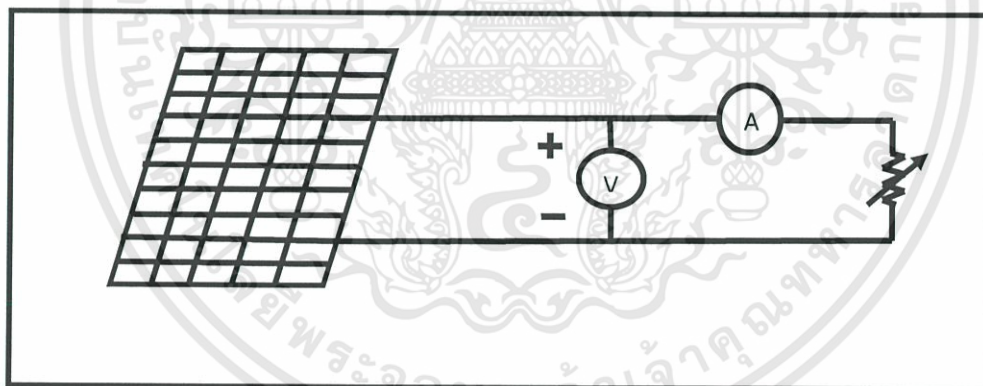
จากรูปที่ 4.4 (ก) ให้มอเตอร์ตัวที่ 1 ทำงานตั้งแต่ 10.00น. – 14.00น. และมอเตอร์ตัวที่ 2 ทำงานตั้งแต่ 12.00น. – 16.00น. ซึ่งในช่วงเวลา 12.00น. – 14.00น. เป็นช่วงที่แดดแรงที่สุด จึงคาดว่าได้รับพลังงานมากที่สุด จึงออกแบบพีแอลซีให้มอเตอร์ทั้ง 2 ตัวทำงานพร้อมกัน

จากรูปที่ 4.4 (ข) ในกรณีนี้ไม่อยู่ในขอบเขตการทำงาน แต่ออกแบบไว้สำรองในกรณีที่มีการชาร์จเข้า แบตเตอรี่ ซึ่งในช่วง 5.00น. – 10.00น. และในช่วง 16.00น. – 19.00น. เป็นช่วงที่แดดอ่อน จะทำให้ขีดความสามารถของพลังงานที่ได้รับไม่เพียงพอสำหรับมอเตอร์ทำงาน และในช่วงเวลากลางคืนก็จะมีการจ่ายพลังงานจากแบตเตอรี่เพื่อให้ระบบแสงสว่างทำงาน

4.3 การทดลองกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อหาค่าคงที่ k ของการตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด

วิธีการทดลอง

1. เตรียมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic Panel) ปรับให้มีแสงตกกระทบด้านหน้าแผงอย่างเหมาะสม
2. ทำการต่อขั้วไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับอุปกรณ์วัดแรงดัน กระแส และตัวต้านทานปรับค่าได้ ดังรูปที่ 4.5

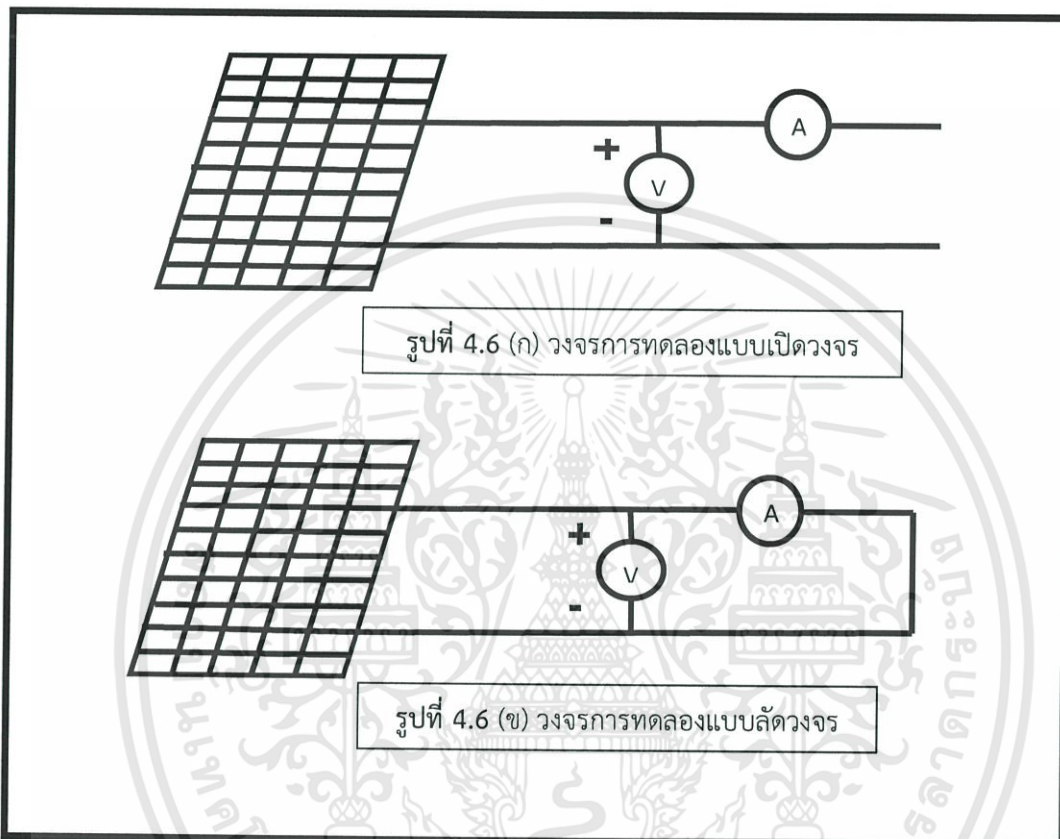


รูปที่ 4.5 วงจรการทดลอง

3. ทำการวัดความเข้มแสงขณะนั้นโดยใช้ Lux Meter จดบันทึกข้อมูลลงในตารางที่ 4.3
4. ทำการปรับค่าความต้านทาน จากค่าน้อยที่สุดไปยังค่ามากที่สุด โดยเปลี่ยนเพิ่มขึ้นครั้งละ 10% ตามขีดที่ระบุไว้ และบันทึกลงในตารางที่ 4.3
5. เปิดวงจรออกและวัดแรงดันเปิดวงจร หรือ V_{oc} ดังรูปที่ 4.6 (ก) บันทึกค่าลงในตารางที่ 4.3
6. สັดวงจรและวัดค่ากระแสลัดวงจร หรือ I_{sc} ดังรูปที่ 4.6 (ข) บันทึกค่าลงในตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. นำค่าในตารางที่ 4.3 ไปพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง กระแส-แรงดัน และความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังไฟฟ้า-แรงดัน
8. ทำการทดลองตั้งแต่ข้อ 1 – 7 อีกครั้ง บันทึกผลลงในตารางที่ 4.4



รูปที่ 4.6 วงจรการทดลอง

ข้อมูลจำเพาะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

กระแสไฟฟ้าลัดวงจร 5.31 แอมป์

แรงดันเปิดวงจร 21.3 โวลต์

แรงดันไฟฟ้าที่กำลังสูงสุด 17.1 โวลต์

กระแสไฟฟ้าที่กำลังสูงสุด 4.67 แอมป์

ขนาดกำลังไฟฟ้าสูงสุด 80 ± 10 วัตต์

ขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 49.5×112 ตารางเซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ค่าความเข้มแสง 45,600 ลักซ์

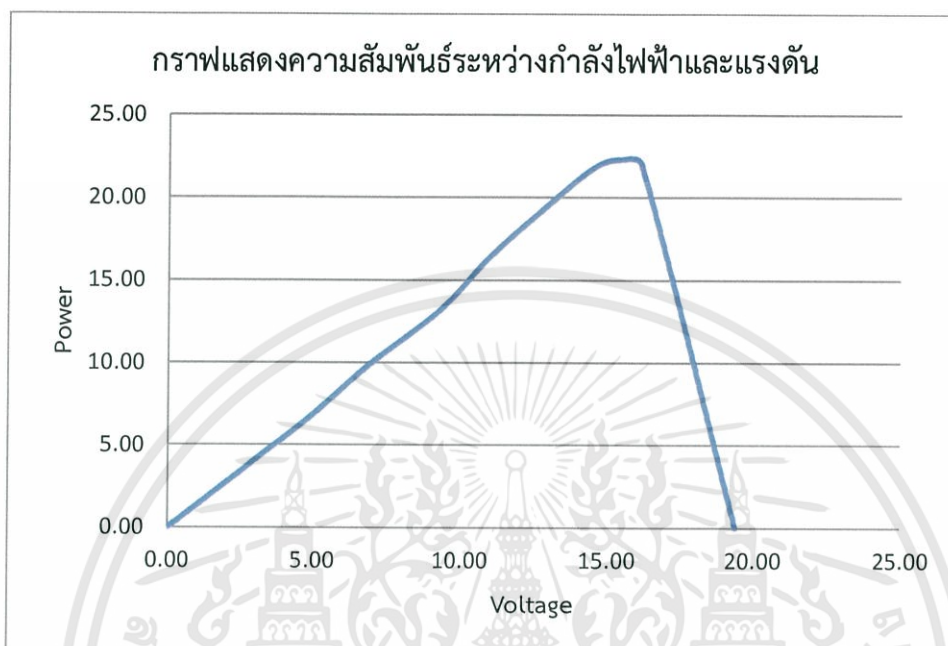
ความต้านทาน(Ω)	แรงดัน (V)	กระแส (A)	$P = VI$ (W)
0 %	16.1	1.27	22.0
10 %	15.5	1.441	22.3
20 %	14.5	1.525	21.8
30 %	12.7	1.526	19.1
40 %	11.0	1.51	16.4
50 %	9.3	1.48	13.2
60 %	6.9	1.45	9.9
70 %	4.9	1.3	6.7
80 %	3.1	1.35	4.2
90 %	1.5	1.34	2.0
100 %	0.4	1.33	0.5
เปิดวงจร (V_{oc})	19.4	0	0.0
ลัดวงจร (I_{sc})	0	1.30	0

ตารางที่ 4.4 ค่าความเข้มแสง 40,800 ลักซ์

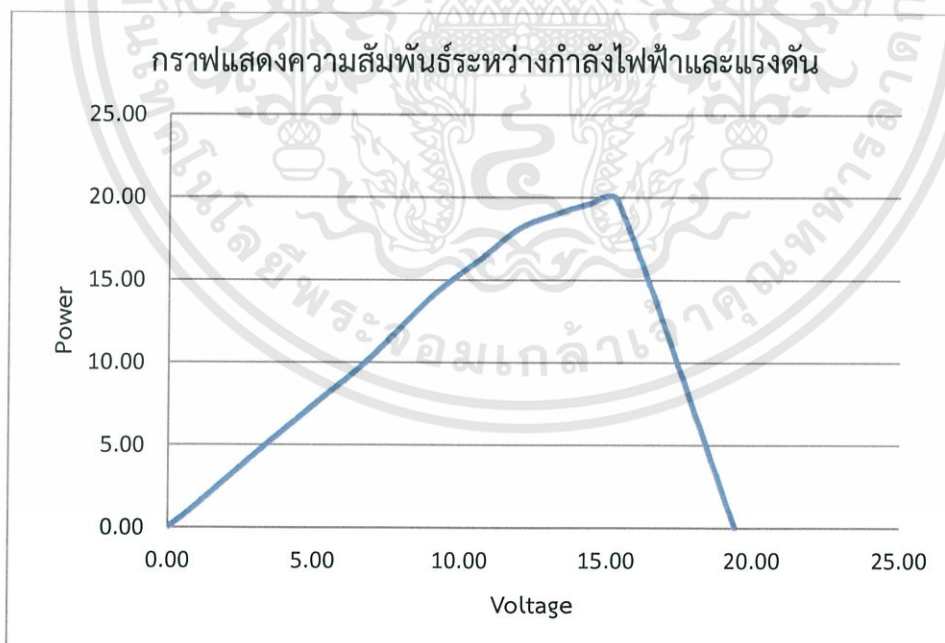
R	V (V)	I (A)	$P = VI$ (W)
0 %	15.3	1.31	19.8
10 %	14.4	1.34	19.6
20 %	13.3	1.4	19.0
30 %	12.0	1.48	18.1
40 %	10.7	1.52	16.3
50 %	9.0	1.4	14.0
60 %	6.8	1.5	10.1
70 %	5.0	1.49	7.4
80 %	2.9	1.48	4.3
90 %	1.2	1.42	1.7
100 %	0.6	1.37	0.8
เปิดวงจร (V_{oc})	19.4	0	0
ลัดวงจร (I_{sc})	0	1.35	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองนำค่าที่ได้มาเขียนกราฟ



รูปที่ 4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดันที่ความเข้มแสง 45,600 ลักซ์



รูปที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดันที่ความเข้มแสง 40,800 ลักซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบผลระหว่างการทดลองในโปรแกรม MATLAB กับการทดลองจริง

ค่าความเข้มแสง (ลักซ์)	V_{oc} (V)	I_{sc} (A)	P_{MPP}	V_{MPP} (ที่ทดสอบ)	k (ที่ทดสอบ)	V_{MPP} (ที่ k=0.8)
45,600	19.4	1.30	22.3	15.5	0.80	15.52
40,800	19.4	1.35	19.8	15.3	0.79	15.52

จากการทดลอง วัดค่าความเข้มแสงอาทิตย์มีค่า 45,600 และ 40,800 ลักซ์ ค่าความเข้มแสงที่วัดได้สามารถเปลี่ยนเป็นหน่วย วัดต่อตารางเมตร ได้จากสมการ

$$1 \text{ Lux} = 0.0079 \text{ W/m}^2$$

$$45,600 \times 0.0079 = 360.24 \text{ W/m}^2$$

$$40,800 \times 0.0079 = 322.32 \text{ W/m}^2$$

สรุปผลการทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์

จากการทดสอบศึกษาคุณลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์พบว่าเมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบลงบนเซลล์แสงอาทิตย์จะทำให้อิเล็กทรอนิกส์ได้รับพลังงานและเคลื่อนที่เข้าหาโฮลทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงขึ้นซึ่งจากการทดลองได้ทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าเมื่อปรับเพิ่มความต้านทานขึ้นเราจะพบว่าเมื่อความต้านทานมากขึ้นกระแสจะลดน้อยลงและแรงดันไฟฟ้ามากขึ้น จากนั้นได้นำผลที่ได้มาคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าและนำค่าที่ได้บันทึกลงในตาราง เมื่อนำข้อมูลที่ได้นำพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าซึ่งเราพบว่ามีเพียงจุดเดียวเท่านั้นที่มีค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดซึ่งเราเรียกแรงดัน ณ จุดนั้นว่า V_{MPP} ซึ่งพบว่ามีค่าใกล้เคียงกับ V_{MPP} ที่ได้จากการคำนวณ (ที่ค่า k=0.8) โดยคำนวณได้จากสูตร

$$V_{MPP} \approx kV_{oc}$$

โดยค่า k ที่ได้จากการทดสอบมีค่าคือ

ที่ค่าความเข้มแสง 45,600 ลักซ์ มีค่า k เท่ากับ 0.80

ที่ค่าความเข้มแสง 40,800 ลักซ์ มีค่า k เท่ากับ 0.79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ทำการทดลองเพื่อหาค่าวัตต์ ที่ทำให้ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด ที่ความเข้มแสงต่างๆ

โดยใช้โปรแกรมจากภาคผนวก ก โปรแกรมที่ใช้ในการทดลองเพื่อหาค่าวัตต์ที่เหมาะสมโดยกำหนดให้ปรับค่า วัตต์ เพิ่มขึ้นทีละ 10%



รูปที่ 4.9 วงจรการทดลอง

ตารางที่ 4.6 ค่าจากการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า แรงดันอินพุต กับ กำลังไฟฟ้า ที่ค่าความเข้มแสง 84,500 ลักซ์

Duty	V	I	P
short circuit	0	3.9	0
10%	17.9	1.198	21.4
20%	17.6	1.401	24.7
30%	17.3	1.679	28.7
40%	16.8	2.08	33.4
50%	15.9	2.63	41.9
60%	14.8	3.34	49.4
70%	8.7	3.69	31.9
80%	4.5	3.75	16.6
90%	3	3.77	10.9
open circuit	19.5	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ค่าจากการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า แรงดันอินพุต กับ กำลังไฟฟ้า ที่ค่าความเข้มแสง 64,200 ลักซ์

Duty	V	I	P
short circuit	0	3.34	0
10%	18.3	1.19	21.8
20%	18	1.404	25.2
30%	17.5	1.687	29.5
40%	16.9	2.07	34.9
50%	15.6	2.57	40
60%	11.5	2.98	34.3
70%	6.7	3.09	20.7
80%	3.8	3.12	11.4
90%	2.7	3.16	8.3
open circuit	19.4	0	0

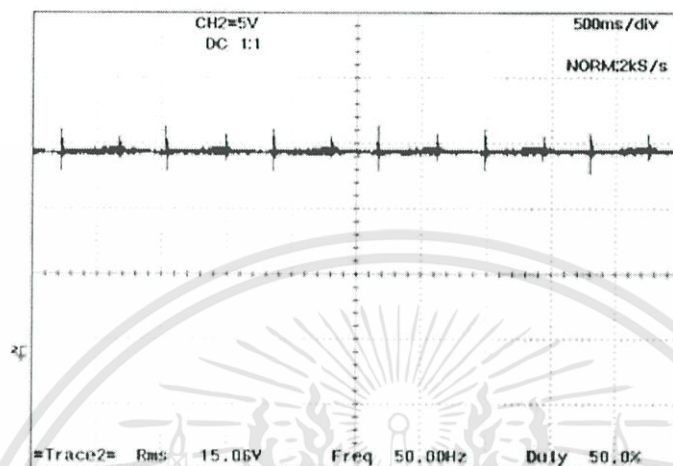
ตารางที่ 4.8 ค่าจากการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า แรงดันอินพุต กับ กำลังไฟฟ้า ที่ค่าความเข้มแสง 37,000 ลักซ์

Duty	V	I	P
short circuit	0	1.97	0
10%	14.4	1	15.5
20%	12.3	1.156	14.3
30%	10.1	1.257	12.7
40%	7.7	1.353	10.4
50%	6.8	1.61	10.8
60%	4.9	1.821	9
70%	3.2	1.938	6
80%	2.2	1.965	4.2
90%	1.7	1.96	3.3
open circuit	19	0	0

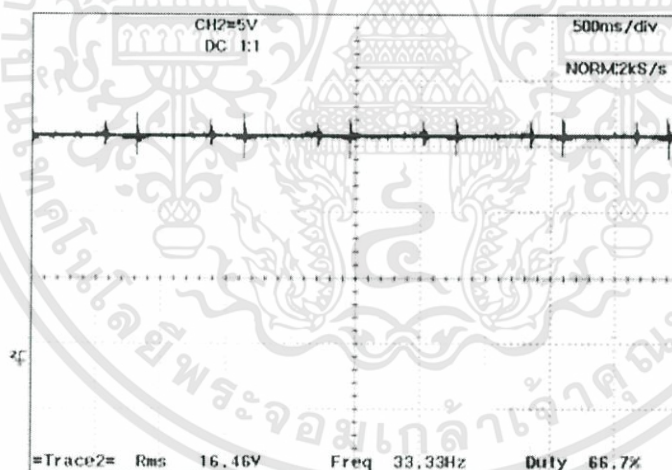
สรุป ที่ค่าความเข้มแสง 84,500 ลักซ์ ดิวตี้ 60% ทำให้ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด
 ที่ค่าความเข้มแสง 64,200 ลักซ์ ดิวตี้ 50% ทำให้ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด
 ที่ค่าความเข้มแสง 37,000 ลักซ์ ดิวตี้ 10% ทำให้ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การทดลองตัวตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยเทคนิคอัตราส่วนแรงดันขณะเปิดวงจร



รูปที่ 4.10 ที่ความเข้มแสง 34,500 ลักซ์ ค่าแรงดัน 15.06 โวลต์



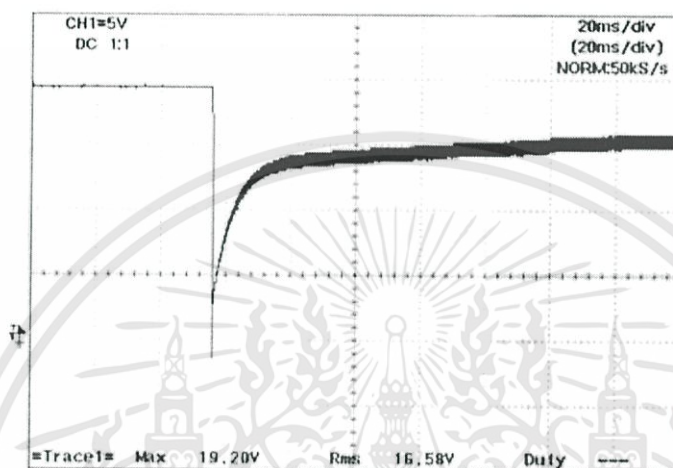
รูปที่ 4.11 ที่ความเข้มแสง 57,200 ลักซ์ ค่าแรงดัน 16.46 โวลต์

จากรูปที่ 4.10 - 4.11 ที่ค่าความเข้มแสงต่างกัน ส่งผลให้แรงดันต่างกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าแรงดันแปรผันตามความเข้มแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

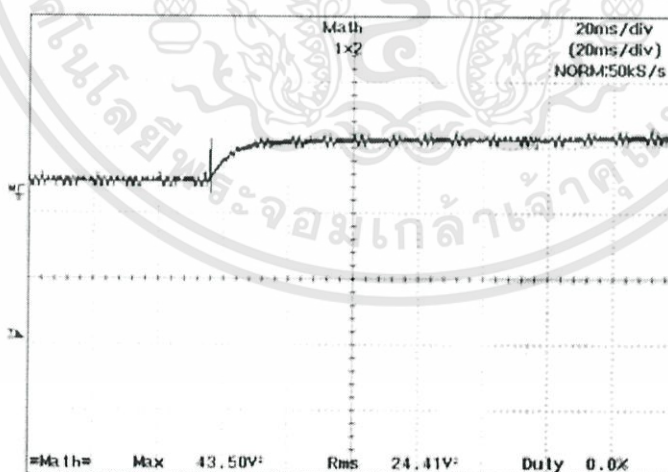
4.6 ทำการทดลองตัวตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุดโดยค่า $k = 0.77$ ที่ค่าความเข้มแสงคงที่

เมื่อพิจารณาในช่วงปรับระดับแรงดัน เมื่อวัดค่าแรงดันขณะเปิดวงจร นำค่าที่ได้คูณกับค่าคงที่ k จะได้ค่าแรงดันที่ทำให้ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด ซึ่งในกราฟนี้จะปรับระดับแรงดันอินพุตเพื่อให้ได้เท่ากับค่านี้



รูปที่ 4.12 แรงดันช่วงปรับหาตัวที่ที่เหมาะสม

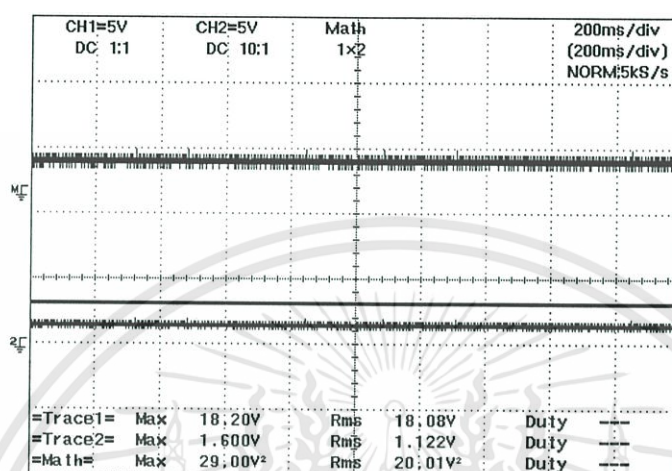
เมื่อพิจารณาค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จะเห็นได้ว่าการตามรอยเพื่อให้ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด ตามการปรับระดับแรงดัน ซึ่งจะได้รูปกราฟดังนี้



รูปที่ 4.13 กำลังไฟฟ้าที่มีการตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด

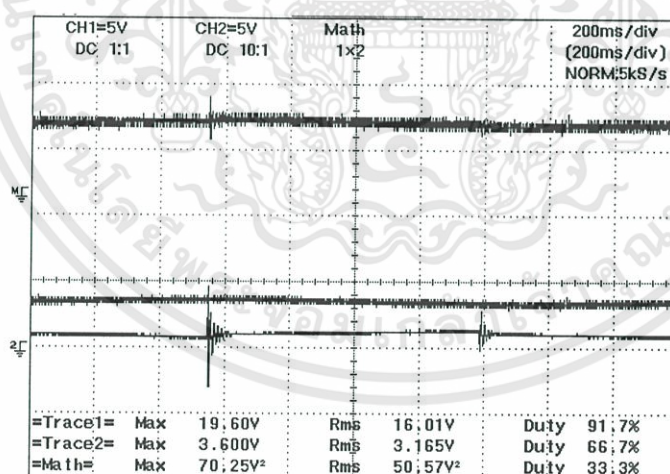
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณากำลังไฟฟ้าที่ออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะพบว่าเมื่อต่อตรงกับภาระไฟฟ้าจะได้กำลังไฟฟ้างดงกราฟนี้ (กำหนดให้ CH1 คือ ค่ากระแสไฟฟ้า CH2 คือ แรงดัน Math คือ ค่า CH1 คูณ CH2)



รูปที่ 4.14 กำลังไฟฟ้าที่ออกจากเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อต่อตรงกับภาระไฟฟ้า

จากรูปที่ 4.14 คือ จะวัดได้ค่ากำลังไฟฟ้า 20.01 วัตต์ ต่อมานำตัวตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุดมาต่อ แล้ววัดค่ากำลังไฟฟ้าที่ออกจากเซลล์แสงอาทิตย์อีกครั้งจะได้รูปกราฟดังนี้

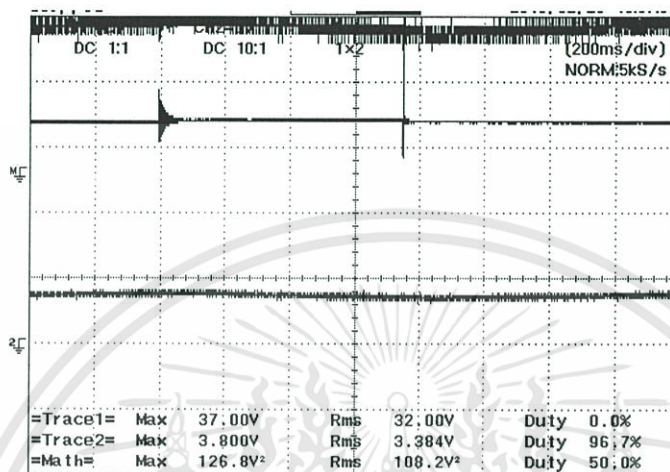


รูปที่ 4.15 กำลังไฟฟ้าที่ออกจากเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อต่อผ่านวงจรตัวตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด

จากรูปที่ 4.15 วัดค่ากำลังไฟฟ้าได้ 50.57 วัตต์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับขณะต่อตรงกับภาระไฟฟ้า จะเห็นได้ว่าค่ากำลังไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งเห็นได้อย่างชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาถึงเอาต์พุตที่ออกมาจากวงจรทระดับแรงดัน จะสังเกตได้ว่ากำลังไฟฟ้าที่ได้มีค่า 108.2 วัตต์ ตามรูปภาพดังนี้



รูปที่ 4.16 วัตต์ที่กำลังไฟฟ้าเอาต์พุตจากวงจรตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด

ค่ากำลังไฟฟ้าที่ระบบต้องการคือ 1,000 วัตต์ เพื่อให้มอเตอร์ต้นน้ำทำงาน ที่สถานที่จริง ณ บึงกระเทียมมีแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งหมด 14 แผง ดังนั้น ถ้าวจรกำลังไฟฟ้าสูงสุดนี้ทำให้สามารถได้กำลังไฟฟ้าต่อหนึ่งแผงคือ 108.2 วัตต์ 14 แผง จะได้กำลังไฟฟ้าทั้งหมดประมาณ 1,514.8 วัตต์ ซึ่งมีค่าเพียงพอต่อความต้องการกำลังไฟฟ้า อีกทั้งที่เหลือก็สามารถนำไปเก็บในแบตเตอรี่ได้ด้วย

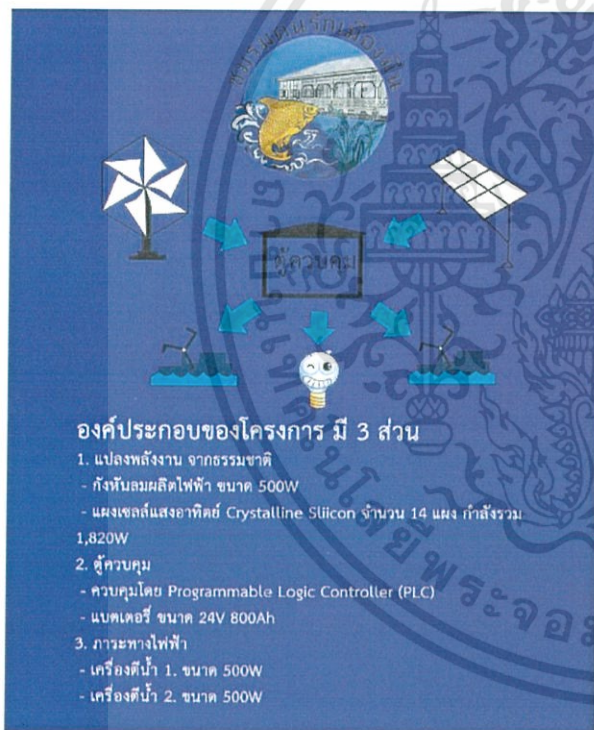
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุป ข้อเสนอแนะ และแนวทางการพัฒนา

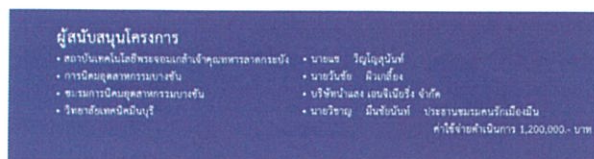
5.1 บทสรุปในการดำเนินงาน

1. สร้างตัวตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุดเพื่อช่วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถดึงกำลังไฟฟ้าได้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจากเดิม
2. จัดการระบบบำบัดน้ำเสียโดยนำพีแอลซีมาควบคุมช่วงเวลาการทำงานให้เหมาะสม
3. จัดการจัดทำป้ายใหม่ เนื่องจากป้ายเดิมชำรุดเสียหาย



รูปที่ 5.1 ป้าย 1 ใหม่ (ป้ายเดิมสูญหาย)

รูปที่ 5.2 ป้าย 2 เดิม ชำรุด



รูปที่ 5.3 ป้าย 2 ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

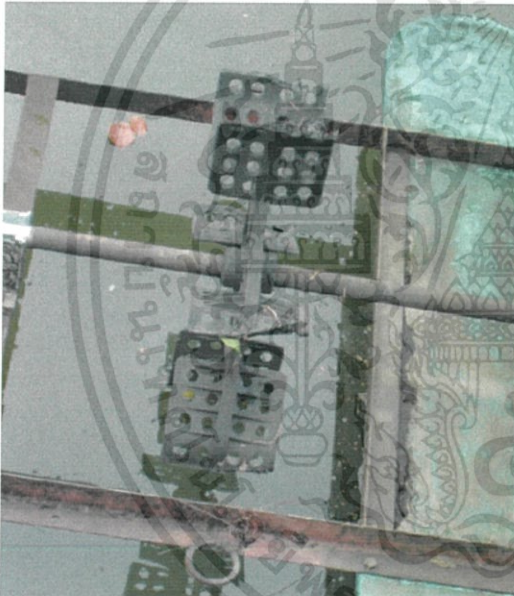


รูปที่ 5.4 ป้าย 3 เดิม

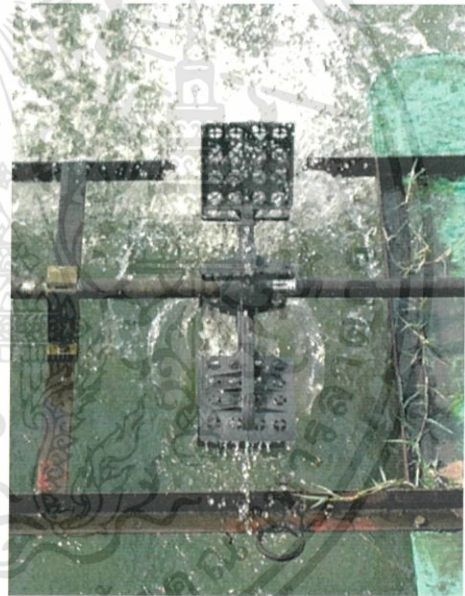


รูปที่ 5.5 ป้าย 3 ใหม่

4. จัดการเปลี่ยนใบพัดตีน้ำ และทาสีกันสนิม



รูปที่ 5.6 ใบพัดตีน้ำเดิมที่ชำรุด



รูปที่ 5.7 ใบพัดตีน้ำใหม่ที่เปลี่ยนเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.8 ถอดแกนใบพัด



รูปที่ 5.9 คนในชุมชนมาช่วยเปลี่ยนใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.10 ชัดสนิมเตรียมทาสีเคลือบ



รูปที่ 5.11 ทาสีเคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.12 ก่อนเปลี่ยนใบพัด และ ทาสี



รูปที่ 5.13 เปลี่ยนใบพัด และ ทาสีเคลือบเรียบร้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เตรียมจัดการอบรมเผยแพร่ความรู้ให้กับชาวบ้านในชุมชน มีนบุรี (ซึ่งจะจัดการอบรมในวันเสาร์ที่ 16 มีนาคม พ.ศ. 2556 ณ ศูนย์กลางชุมชนบึงกระเทียม เขตมีนบุรี) เพื่อรณรงค์เรื่องการประหยัดพลังงาน การใช้พลังงานทางเลือก รวมไปถึงการร่วมใจกันอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมด้วย (กำหนดการอยู่ในภาคผนวก ค เอกสารกำหนดการจัดอบรม)

5.2 ข้อเสนอแนะในการทำงาน

- วงจรทระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุดใช้การสวิตซ์ซึ่งแบบ Hard switching จึงไม่ได้คำนึงถึงผลของ spike และค่าความสูญเสียจากการสวิตซ์ ผลจากการสวิตซ์ซึ่งดังกล่าวอาจก่อให้เกิด EMI ซึ่งจะสร้างสัญญาณรบกวนไปยังอุปกรณ์ตัวอื่น
- วงจรทระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน เนื่องจากใช้ตัวเก็บประจุขนาดใหญ่เพื่อต้องการรักษาระดับแรงดันในกรณีที่ ดังนั้นอาจก่อให้เกิดอันตรายได้ในสถานะที่ไม่ได้ต่อโหลด
- หลักการอัตราส่วนแรงดันขณะเปิดวงจร ซึ่งเป็นหลักการที่ง่ายและสามารถนำมาใช้กับระบบจริงได้ แต่หากมีการพัฒนานำหลักการอื่นที่มาทดสอบ อาจจะช่วยให้มีประสิทธิภาพในการดึงพลังงานได้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากหลักการนี้จะทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานค่อนข้างสูงในขณะเปิดวงจรเพื่อวัดแรงดันตามหลักการ
- ในการจัดการเรื่องรณรงค์การอนุรักษ์พลังงานจำเป็นต้องได้รับความร่วมมือจากคนในชุมชนด้วยถึงจะทำให้งานสำเร็จลุล่วง

5.3 แนวทางการพัฒนา

- วงจรทระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุดสามารถเปลี่ยนการสวิตซ์ซึ่งเป็นแบบ Soft switching จะลดผลของ spike และลดค่าความสูญเสียจากการสวิตซ์ ซึ่งจะไม่เกิด EMI รบกวนอุปกรณ์อื่นๆ
- วงจรทระดับแรงดันไฟฟ้าในระบบนี้ สามารถเปลี่ยนมาใช้ตัวเก็บประจุที่มีระดับแรงดันลดลงเนื่องจากระบบต้องการแรงดันเพียงแค่ 48 V เท่านั้น จะช่วยให้มีความปลอดภัยในสถานะที่ไม่ได้ต่อโหลด
- หลักการอื่นมาทดสอบเปรียบเทียบเพื่อหาหลักการที่เหมาะสมกับระบบมากที่สุด
- การควบคุมช่วงเวลาการทำงานโดยพีแอลซีสามารถพัฒนาโปรแกรมให้มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับระบบได้มากกว่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก

โปรแกรมควบคุมชุดตัวตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่ใช้ในการทดสอบการทำงานของชุดตัวตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด

โดยกำหนดให้ portB0 on delay 5000 ms off delay 2 ms

และ portC2 กำหนด PWM duty คงที่ 50%

```
#include<p18f2620.h> //header
#include<delays.h>
#include<pwm.h>

#pragma config OSC = HS , WDT = OFF
#pragma config LVP = OFF

void delay_ms(unsigned int ms) //delay function
{
    for (;ms>0;ms--)
    {
        Delay1KTCYx(5);
    }
}

void main (void)
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

PORTB = 0; //initial value

LATB = 0;

PORTC = 0;

LATC = 0;

TRISBbits.TRISB0 = 0; //output
TRISCbits.TRISC2 = 0;

LATBbits.LATB0 = 1; //switch on
delay_ms(5000);
LATBbits.LATB0 = 0; //switch off
delay_ms(2);

OpenPWM1(199); //config pwm
SetDCPWM1(398);

}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่ใช้ในการทดลองเพื่อหาค่าDutyที่เหมาะสม

โดยกำหนดให้ปรับค่า Duty เพิ่มขึ้นทีละ 10%

```
#include<p18f2620.h>                                //header
#include<pwm.h>
#include<delays.h>

#pragma config OSC = HS , WDT = OFF
#pragma config LVP = OFF

void delay_ms(unsigned int ms)                    //delay function
{
    for (;ms>0;ms--)
    {
        Delay1KTCYx(5);
    }
}

int main (void)
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

float duty;

TRISBbits.TRISB0 = 0;

TRISCbits.TRISC2 = 0;                                     // output

while (1)
{
    LATBbits.LATB0 = 1;

    OpenPWM1(199);                                       // config pwm
    SetDCPWM1(duty);
    duty=80;
    delay_ms(10000);
    duty=160;
    delay_ms(10000);
    duty=240;
    delay_ms(10000);
    duty=320;
    delay_ms(10000);
    duty=400;
    delay_ms(10000);
    duty=480;
    delay_ms(10000);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
duty=560;  
  
delay_ms(10000);  
  
duty=640;  
  
delay_ms(10000);  
  
duty=720;  
  
delay_ms(10000);
```

```
}
```

```
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่ใช้ในการทดสอบ A/D Ch0 (Pin 2)

```
#include<p18f2620.h>

#include<pwm.h>

#include<adc.h>

#include<delays.h>

#pragma config OSC = HS , WDT = OFF
#pragma config LVP = OFF

void delay_ms(unsigned int ms) //delay function
{
    for (;ms>0;ms--)
    {
        Delay1KTCYx(5);
    }
}

int read_adc(unsigned char ch) // read adc function
{
    int result;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if (ch == 0) SetChanADC(ADC_CH0);

if (ch == 1) SetChanADC(ADC_CH1);

Delay10TCYx(1);

ConvertADC( );

while(BusyADC( ));

result = ReadADC( );

return (result);
}

int main (void)
{
float duty=200;
float v;
int vr;

TRISAbits.TRISA0 = 1; //input
TRISBbits.TRISB0 = 0; //output
TRISCbits.TRISC2 = 0;

OpenADC (ADC_FOSC_16 & //config adc
ADC_RIGHT_JUST &

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ADC_12_TAD,  
ADC_CH0 &  
ADC_REF_VDD_VSS &  
ADC_INT_OFF,  
ADC_2ANA);
```

```
while (1)
```

```
{
```

```
LATBbits.LATB0 = 1;
```

```
OpenPWM1(199); //config pwm
```

```
SetDCPWM1(duty);
```

```
vr=read_adc(0);
```

```
v=vr;
```

```
if(v>=0 && v<=200)
```

```
{duty=300;}
```

```
else if(v>200 && v<=400)
```

```
{duty=400;}
```

```
else if(v>400 && v<=600)
```

```
{duty=500;}
```

```
else if(v>600 && v<=800)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{duty=600;}  
  
else if(v>800 && v<=1000)  
  
    {duty=700;}  
  
else {duty=50;}  
  
vr=0;  
  
v=0;  
  
}  
  
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่ใช้ทดสอบ A/D CH1 (Pin 3)

```
#include<p18f2620.h> //header

#include<pwm.h>

#include<delays.h>

#include<adc.h>

#pragma config OSC = HS , WDT = OFF
#pragma config LVP = OFF

void delay_ms(unsigned int ms) //delay function
{
    for (;ms>0;ms--)
    {
        Delay1KTCYx(5);
    }
}

int read_adc(unsigned char ch) //function read adc
{
    int result;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if (ch == 0) SetChanADC(ADC_CH0);

if (ch == 1) SetChanADC(ADC_CH1);

Delay10TCYx(1);

ConvertADC( );

while(BusyADC( ));

result = ReadADC( );

return (result);
}

void main (void)
{
float duty,v;
int ir;
float I;

TRISAbits.TRISA1 = 1; // input
TRISBbits.TRISB0 = 0;
TRISCbits.TRISC2 = 0; // output

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

OpenADC (ADC_FOSC_16 &                               //config adc
ADC_RIGHT_JUST &
ADC_12_TAD,
ADC_CH1 &
ADC_REF_VDD_VSS &
ADC_INT_OFF,
ADC_2ANA);

while (1)
{
LATBbits.LATB0 = 1;
OpenPWM1(199);                                       //config pwm
SetDCPWM1(duty);
ir=read_adc(1);
i=ir;

    if(i>=0 && i<=200)
        {duty=100;}

    else if(i>200 && i<=400)
        {duty=200;}

    else if(i>400 && i<=600)
        {duty=300;}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
else if(i>600 && i<=800)
```

```
{duty=400;}
```

```
else if(i>800)
```

```
{duty=500;}
```

```
ir=0;
```

```
i=0;
```

```
}
```

```
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของชุดตัวตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด

ด้วยเทคนิคอัตราส่วนแรงดันขณะเปิดวงจร

```
#include<p18f2620.h> //header
#include<delays.h>
#include<pwm.h>
#include<adc.h>

#pragma config OSC = HS , WDT = OFF
#pragma config LVP = OFF

int duty=398; //ประกาศตัวแปร duty

float v_in; //ประกาศตัวแปร v
float v_mp;
float v_oc;
float v1;
float v2;

float k; //กำหนดค่า k
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void delay_ms(unsigned int ms) //function delay
{
for (;ms>0;ms--)
{
Delay1KTCYx(5);
}
}

int read_adc(unsigned char ch) //function read adc
{
int result;

if (ch == 0) SetChanADC(ADC_CH0);

Delay10TCYx(1);
ConvertADC( );
while(BusyADC( ));

result = ReadADC( );

return (result);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void main (void)
{

PORTA = 0; //กำหนดค่าเริ่มต้น

LATA = 0;

PORTB = 0;

LATB = 1;

PORTC = 0;

LATC = 0;

TRISAbits.TRISA0 = 1; //กำหนดอินพุต
TRISBbits.TRISB0 = 0; //กำหนดเอาต์พุต
TRISCbits.TRISC2 = 0;

OpenADC (ADC_FOSC_16 & //config adc
ADC_RIGHT_JUST &
ADC_12_TAD,
ADC_CH0 &
ADC_REF_VDD_VSS &
ADC_INT_OFF,
ADC_2ANA);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

while(1)
{
    LATBbits.LATB0 = 0;           //off pin21
    delay_ms(50);
    v1=read_adc(0);
    v_oc=v1;                       //read adc voc
    v_mp=0.77*v_oc;
    delay_ms(50);
    LATBbits.LATB0 = 1;           //on pin21
    delay_ms(50);
    v2=read_adc(0);
    v_in=v2;                       //read adc vin
    delay_ms(50);

    OpenPWM1(199);                //config pwm
    SetDCPWM1(duty);

    if(v_in-v_mp>6)
    {
        duty=duty++;
        SetDCPWM1(duty);}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
else if(v_in-v_mp<-6)
{
    duty=duty--;
    SetDCPWM1(duty);}
else if(v_in-v_mp>-6 && v_in-v_mp<=6)
{
    SetDCPWM1(duty);
    delay_ms(60000);}
}
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมพีแอลซีที่ใช้ในการควบคุมช่วงเวลาการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย

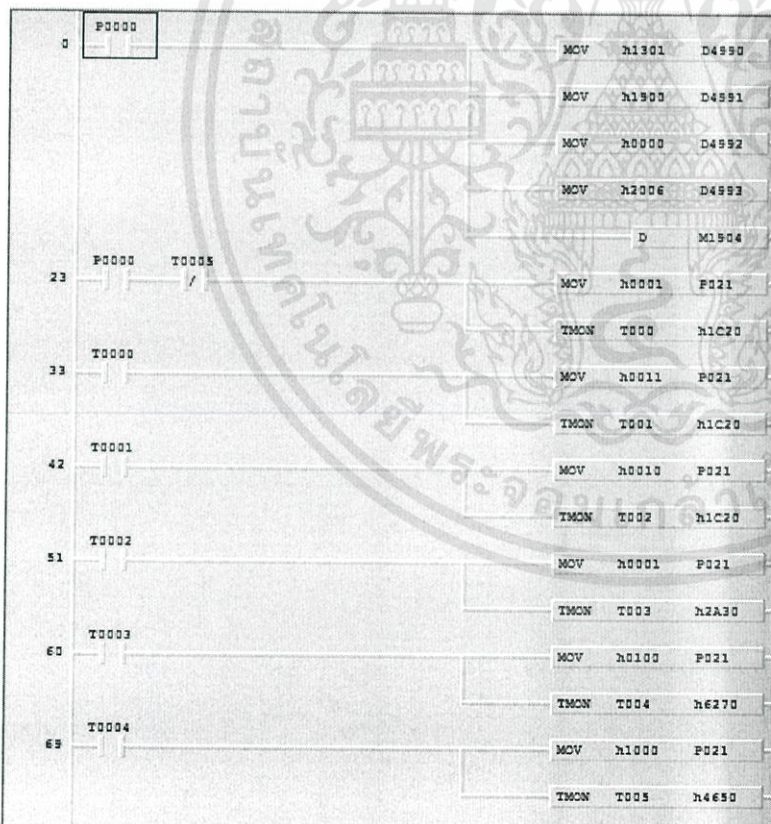
Input Device

- switch >> P0000

Output Device

- motor1 >> P0021
- motor2 >> P0022
- battery >> P0023
- light >> P0024

Ladder Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการจัดการพลังงานสำหรับระบบบำบัดน้ำเสีย ณ บึงกระเทียม

ENERGY MANAGEMENT SYSTEM FOR WATER TREATMENT AT BUENGRATHIAM

นางสาว อสมา ลาภประสิทธิ์ นางสาว อรพรรณ อินชัย นางสาว ศศิธร นุ่นไทย นาย อรรถพร วรวงศ์
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1 ซอย จลองกรุง 1 ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-329-8000 E-Mail : aonasama@gmail.com

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการพัฒนาตัวควบคุมกำลังไฟฟ้สูงสุดเพื่อนำพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ได้สูงสุดโดยใช้เทคนิคอัตราส่วนแรงดันขณะเปิดวงจร (Fractional open circuit voltage) ซึ่งเทคนิคนี้สามารถหาจุดกำลังไฟฟ้สูงสุดได้อย่างง่าย และสามารถนำมาใช้งานได้จริงแล้วนำพลังงานนี้ไปใช้ในระบบการบำบัดน้ำเสีย ณ สวนสาธารณะชุมชนมีนบุรี โดยใช้พีแอลซี (Programmable Logic Control) ควบคุมช่วงเวลาในการทำงานของระบบเพื่อจัดการระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และพัฒนาชุมชนให้ยั่งยืน

คำสำคัญ : ตัวควบคุมกำลังไฟฟ้สูงสุด, เทคนิคอัตราส่วนแรงดันขณะเปิดวงจร, พีแอลซี

ABSTRACT

This project presents the development of Maximum Power Point Tracking (MPPT) in order to track the maximum energy from solar cell, using the fractional open circuit voltage. The proposed technique can track the MPP easily and can then be used in real practical works. The energy is taken for water treatment at Buengkrathiam, and this project adopts a PLC to manage a schedule of the system for achieving higher efficiency and developing sustainable community.

Keyword : MPPT, Fractional Open-Circuit Voltage, PLC

1. บทนำ

พลังงานทดแทนโดยทั่วไปหมายถึงพลังงานที่มีอยู่ทั่วไปตามธรรมชาติและสามารถมีทดแทนได้อย่างไม่จำกัด ซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์นั้นถือเป็นพลังงานทดแทนชนิดหนึ่งที่เป็นพลังงานสะอาด ปราศจากมลพิษ และมีอยู่ทั่วไปในธรรมชาติอย่างไม่จำกัด ซึ่งประเทศไทยนั้นก็มีภูมิศาสตร์ที่เหมาะสมกับการที่จะนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์เป็นอย่างยิ่ง ในระยะเวลาที่ผ่านมา หลายหน่วยงานได้มีการติดตั้งระบบผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ตามชนบทที่ไม่มีไฟฟ้เข้าถึง จะเห็นได้ว่าระบบผลิตพลังงานแสงอาทิตย์เริ่มเข้ามามีบทบาทสำคัญทางด้านการพัฒนาเทคโนโลยีในประเทศไทยที่สำคัญยิ่งช่วยในเรื่องของสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ต้องมีแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นตัวรับพลังงาน แต่ว่าเซลล์แสงอาทิตย์ยังไม่สามารถดึงพลังงานได้ดีเท่าที่ควร นักวิจัยหลายๆท่านจึงได้มีแนวคิดในการสร้างเครื่องตามรอยสูงสุดเพื่อให้สามารถดึงพลังงานได้สูงสุด ซึ่งในการสร้างเครื่องตามรอยสูงสุดมีหลายเทคนิคด้วยกัน

บทความนี้จะนำเสนอเทคนิคอัตราส่วนแรงดันขณะเปิดวงจรซึ่ง Hohm และคณะ [1], Koizumi และคณะ [2] กล่าวว่าจากกราฟ I-V ของเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างแรงดันสูงสุดต่อแรงดันขณะเปิดวงจรเป็นค่าเกือบคงที่ K ที่น้อยกว่า 1 ซึ่งหลักการนี้สามารถนำไปหาจุดแรงดันสูงสุดได้โดยคูณค่า K กับค่าแรงดันขณะเปิดวงจรได้ ถึงแม้ว่าเทคนิคนี้จะดูว่าง่าย แต่จริงๆแล้วมันมีความยากอยู่ที่การเลือกค่า K ที่เหมาะสม จึงมีการแสดงผลการทดลองในการหาค่า K ที่เหมาะสม และการสร้างเครื่องตามรอยกำลังไฟฟ้สูงสุดโดยใช้เทคนิคอัตราส่วนแรงดันขณะเปิดวงจรมานำใช้กับพื้นที่จริงบริเวณบึงกระเทียม



รูปที่ 1 เครื่องดีน้ำ (พื้นที่ในเขตมีนบุรี ณ บริเวณบึงกระเทียม)



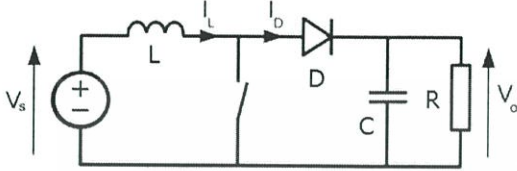
รูปที่ 2 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (พื้นที่ในเขตมีนบุรี ณ บริเวณบึงกระเทียม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทฤษฎี

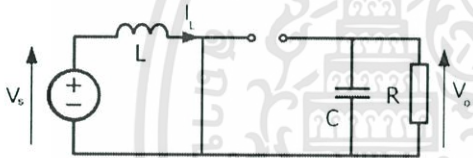
2.1 วงจรทบทระดับแรงดัน (Boost Converter)

วงจรทบทระดับแรงดัน (Boost converter) เป็นวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรง (DC-to-DC Converter) ที่ทำหน้าที่เพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าด้านออกให้สูงกว่าแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า



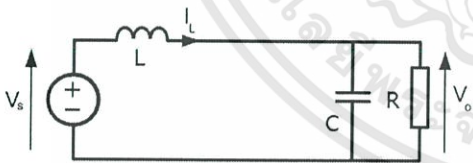
รูปที่ 3 วงจรทบทระดับแรงดัน

รูปที่ 3 แสดงรูปวงจรถบระดับแรงดัน ซึ่งมีหลักการทำงานเพื่อให้แรงดันด้านเอาต์พุตมีค่าตามต้องการ จะเริ่มต้นจากข้อกำหนดคือแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตลอดคร่อมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบเวลาจะเท่ากับศูนย์ และสามารถหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำได้โดยวิเคราะห์การทำงานของสวิตช์ในแต่ละโหมด ทั้งนี้การทำงานต้องอยู่ในช่วงสภาวะอยู่ตัวดังนี้



รูปที่ 4 ขณะสวิตช์นำกระแส

จากรูปที่ 4 เมื่อสวิตช์นำกระแส กระแสจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจะไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำผ่านสวิตช์ ซึ่งทำให้ตัวเหนี่ยวนำประจุพลังงานไฟฟ้า ขณะเดียวกันไดโอดจะถูกไบอัสย้อนกลับทำให้ไม่สามารถนำกระแสได้



รูปที่ 5 ขณะสวิตช์ไม่นำกระแส

จากรูปที่ 5 เมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส ตัวเหนี่ยวนำจะคืนพลังงานผ่านทางไดโอดและโหลด ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำอย่างต่อเนื่อง สมมติแรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุตมีค่าคงที่

สามารถนำไปหาอัตราขยายแรงดันระหว่างแรงดันอินพุตกับแรงดันจากสมการ (1)

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

จากสมการ (1) จะเห็นได้ว่าการปรับแรงดันด้านเอาต์พุตขึ้นอยู่กับค่าการปรับค่า D (Duty Cycle)

ตารางที่ 1 อัตราการขยายแรงดันของวงจรถบระดับแรงดันเมื่อมีปรับเปลี่ยนค่า duty cycle

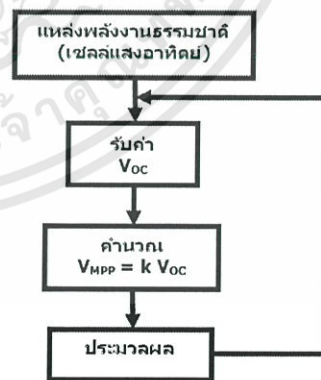
ดีวตี้ไซเคิล (D)	อัตราขยายแรงดัน (V_o / V_s)
0.0	1.00
0.1	1.10
0.2	1.25
0.3	1.43
0.4	1.67
0.5	2.00
0.6	2.50
0.7	3.33
0.8	5
0.9	10
1.0	Infinity

2.2 การควบคุมกำลังไฟฟ้าสูงสุด

โครงการนี้เลือกใช้เทคนิคอัตราส่วนแรงดันขณะเปิดวงจร (Fractional Open-Circuit Voltage) วิธีนี้อยู่บนพื้นฐานของความสัมพันธ์ที่ใกล้เคียงกันของ V_{MPP} และ V_{OC} ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งทำงานภายใต้ความเข้มแสงและรับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ดังแสดงในสมการ (2)

$$V_{MPP} \approx k_1 V_{OC} \quad (2)$$

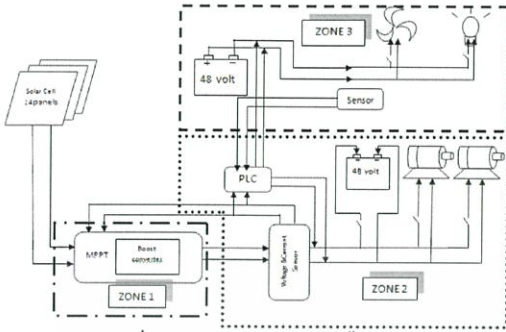
ซึ่ง k_1 คือ ค่าคงที่ของสัดส่วน (proportionality constant) จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.73-0.80



รูปที่ 6 แผนผังการทำงานของเทคนิคอัตราส่วนแรงดันขณะเปิดวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

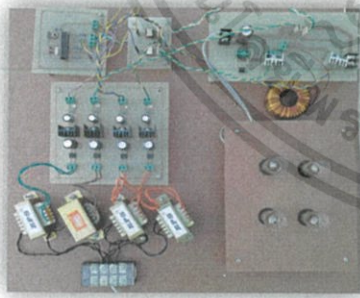
3. การออกแบบและการสร้างเครื่องต้นแบบ



รูปที่ 7 ภาพรวมของโครงการทั้งหมด

จากรูปที่ 7 ในภาพรวมของโครงการ สามารถแบ่งได้เป็นส่วนย่อย 3 ส่วนด้วยกัน คือ กลุ่มที่ 1 (ZONE 1) จะรับพลังงานมาจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ผ่านวงจรตัวควบคุมกำลังไฟฟ้าสูงสุด เพื่อให้ได้พลังงานสูงสุด จากนั้นจะทำการรักษาระดับของแรงดันให้คงที่โดยวงจรทบทระดับแรงดันเป็น 48 V ส่วนกลุ่มที่ 2 (ZONE 2) ตัวตรวจจับแรงดัน ทำการตรวจจับระดับแรงดันและกระแสที่ออกมาจากวงจรทบทระดับแรงดัน และส่งสัญญาณไปที่วงจรตัวควบคุมกำลังไฟฟ้าสูงสุด เพื่อปรับค่าตัวรีเลย์ และส่งไปที่ตัวควบคุมพีแอลซี เพื่อทำการควบคุมการเปิดปิดวงจรของภาระไฟฟ้า ส่วนที่ 3 (ZONE 3) ในส่วนนี้ไม่อยู่ในขอบเขตการทำงานแต่ในกรณีที่มีภาระจะนำพลังงานจากแบตเตอรี่จ่ายให้กับพัดลมระบายอากาศและระบบแสงสว่างในช่วงที่ไม่สามารถผลิตพลังงานได้ โดยใช้ตัวตรวจจับความชื้นและตัวตรวจจับแสงควบคุมช่วงเวลาการทำงานผ่านพีแอลซี

3.1 การออกแบบวงจรทบทระดับแรงดัน (Boost Converter)



รูปที่ 10 ชุดตัวควบคุมกำลังไฟฟ้าสูงสุด

คำนวณหาค่าตัวเหนี่ยวนำจากสมการที่ 3

$$L_{\min} = \frac{[D(1-D)^2 R]}{2f_s} \quad (3)$$

ทำการ $\frac{\partial L_{\min}}{\partial D} = 0$ เพื่อหาค่าตัวรีเลย์ที่ดีที่สุดที่ทำให้ L_{\min} มีค่ามากที่สุด จะได้

$$3D^2 - 4D + 1 = 0 \quad (4)$$

$$D = \frac{1}{3} \quad (5)$$

กำหนดให้ $f_s = 25 \text{ kHz}$, $R = 20 \ \Omega$ และค่าจากสมการที่ 5 ไปแทนค่าในสมการที่ 3 จะได้

$$L_{\min} = 59.2593 \ \mu\text{H}$$

คำนวณหาค่าตัวเก็บประจุจากสมการที่ 6

$$C = \frac{D}{rRf_s} \quad (6)$$

กำหนดให้ $f_s = 25 \text{ kHz}$, $R = 20 \ \Omega$ และค่าจากสมการที่ 5 ไปแทนค่าในสมการที่ 6 จะได้

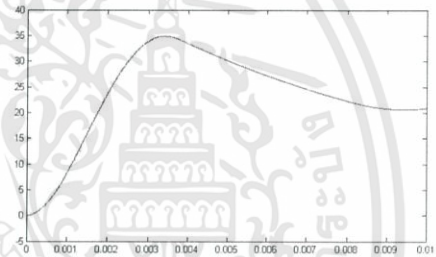
$$C = 66.6667 \ \mu\text{F}$$

เลือกใช้ค่าตัวเหนี่ยวนำประมาณ $600 \ \mu\text{H}$

เลือกใช้ค่าตัวเก็บประจุประมาณ $470 \ \mu\text{F}$

เมื่อจำลองค่าตัวเหนี่ยวนำ และ ค่าตัวเก็บประจุ ที่เลือกใช้

จะได้ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 แรงดันเอาต์พุต(ค่าที่เลือกใช้)

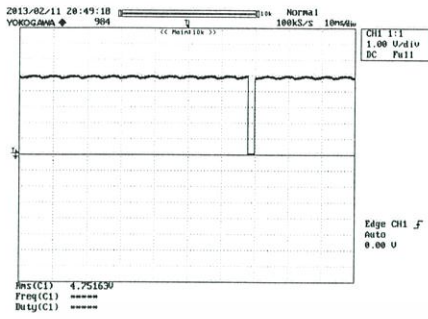
เมื่อกำหนดให้ $L=629.3 \ \mu\text{H}$, $C=470 \ \mu\text{F}$

3.2 การออกแบบวงจรควบคุม

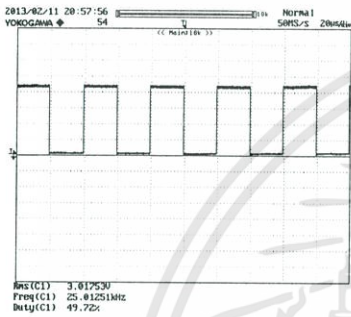


รูปที่ 12 ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

ทำการทดสอบวงจรควบคุมและวัดสัญญาณเอาต์พุตเพื่อตรวจสอบวงจร ได้รูปสัญญาณจากpic18f2620 ดังนี้

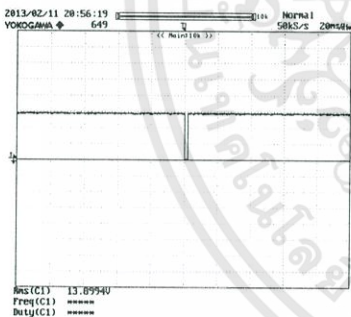


รูปที่ 13 สัญญาณที่ pic18f2620 ขา 21

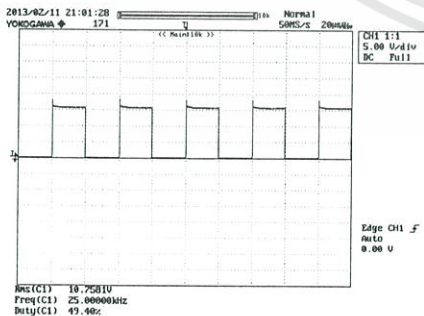


รูปที่ 14 สัญญาณที่ pic18f2620 ขา 13

สัญญาณเอาต์พุตจาก pic18f2620 ส่งไปขยายสัญญาณที่ TLP250 ได้สัญญาณออกมามีดังนี้

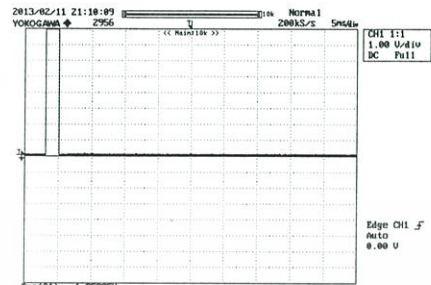


รูปที่ 15 สัญญาณเกตไปขับมอสเฟต 1

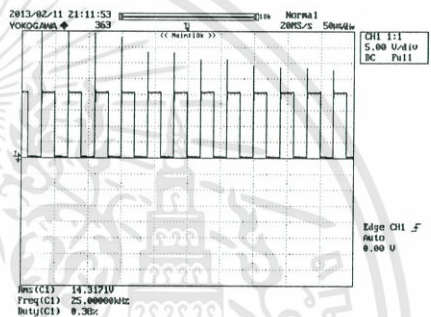


รูปที่ 16 สัญญาณเกตไปขับมอสเฟต 2

เมื่อจ่ายแรงดันอินพุต 12 v ให้กับวงจรทบทระดับแรงดัน วัดสัญญาณที่ผ่านมอสเฟต ได้ดังนี้

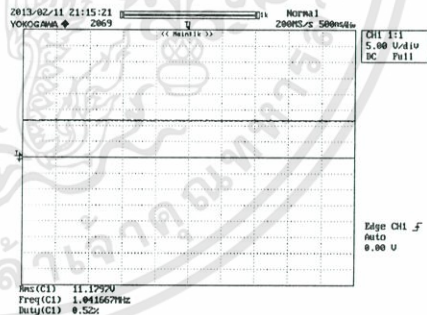


รูปที่ 17 สัญญาณเดรนที่มอสเฟต 1

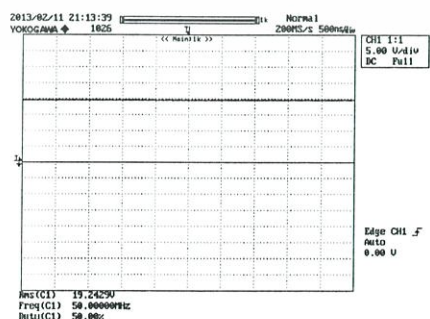


รูปที่ 18 สัญญาณเดรนที่มอสเฟต 2

เมื่อวัดแรงดันอินพุต และ แรงดันเอาต์พุตที่วงจรทบทระดับแรงดัน ได้ดังนี้



รูปที่ 19 สัญญาณอินพุตที่วงจรทบทระดับแรงดัน



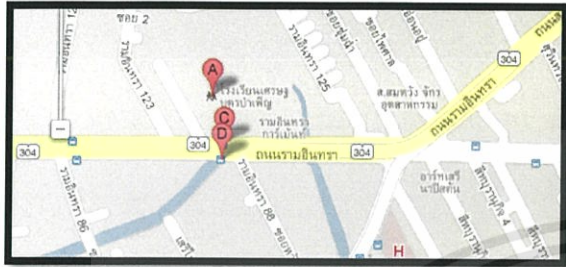
รูปที่ 20 สัญญาณเอาต์พุตที่วงจรทบทระดับแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ผลการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์และผลการทดลอง

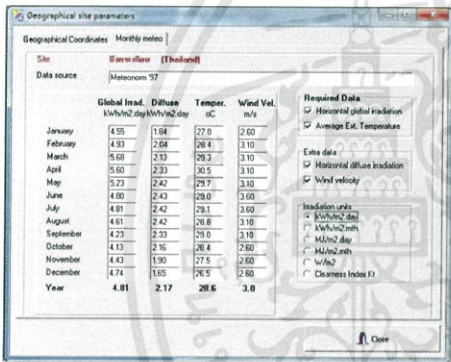
4.1 การประมวลผลโดยใช้โปรแกรม PVSYS

การใช้โปรแกรม PVSYS คำนวณพลังงานที่ได้ในแต่ละวัน และขนาดแบตเตอรี่



รูปที่ 21 ภาพแผนที่สถานที่ตั้งบึงกระเทียม

พิกัดที่บริเวณบึงกระเทียม คือ 13.812488093529373, 100.71398735045387, 5.615, +7 (Latitude, Longitude, Meters, Time zone)



รูปที่ 22 โปรแกรม PVSYS แสดงค่าเฉลี่ยของพลังงานตามสภาพอากาศ (kWh/m² day) ต่อปี

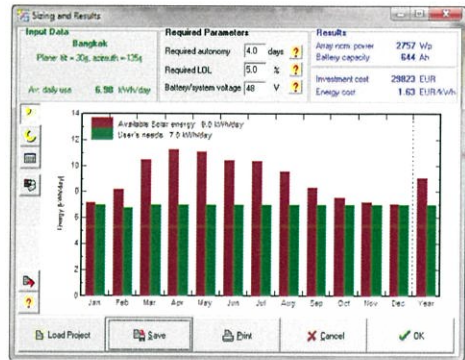
แนวการติดตั้งของเซลล์แสงอาทิตย์หัน ไปทางตะวันตกเฉียงใต้ (-135° Azimuth) และเอียงเป็นมุม 30° ขณะจ่ายภาระทางไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วย

1. มอเตอร์ขนาด 500W จำนวน 2 ตัว
2. ระบบแสงสว่างประกอบด้วยหลอดไฟขนาด 18W จำนวน 10 ดวง
3. พัดลมระบายอากาศขนาด 40W จำนวน 1 ตัว

โดยมีรายละเอียดชั่วโมงในการทำงานดังนี้

ตารางที่ 2 แผนผังแสดงเวลาการทำงานของการะทางไฟฟ้า

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
มอเตอร์ 1																											
มอเตอร์ 2																											
ระบบแสงสว่าง																											



รูปที่ 23 กราฟแสดงพลังงานที่ได้และพลังงานที่ใช้ไปในแต่ละวัน

จากการประมวลผลโดยโปรแกรม PVSYS คำนวณพลังงานที่ได้ 9.0 kWh/day และขนาดของแบตเตอรี่ที่ต้องใช้ในระบบเท่ากับ 644Ah

4.2 การทดลองวัดค่าความเข้มแสง ณ บึงกระเทียม

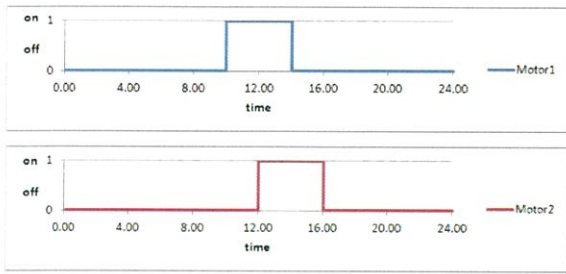
ตารางที่ 3 การวัดค่าความเข้มแสง ณ บึงกระเทียม วันที่ 12 มกราคม 2556

เวลา(วัดทุก 15 นาที)	ค่าความเข้มแสง (X100 (Lp))	หมายเหตุ
9:00	420	
9:15	467	
9:30	127 (ค่าสูง)	มีเมฆบังดวงอาทิตย์
9:45	161	วัดที่บริเวณที่สวน(เบา)
10:00	706	
10:15	305	มีเมฆอยู่เหนือบริเวณที่วัด
10:30	288	ตามความเข้มแสง
10:45	763	
11:00	1150	
11:15	1030	
11:30	1130	
11:45	1220	
12:00	1179	
12:15	1352	
12:30	1445 (ค่าสูง)	
12:45	1130	ทำงานคือให้วางเครื่องวัดแสง
13:00	1108	หยุดการทำงานระบบแสงสว่าง (ปิด)
13:15	1294	
13:30	1310	
13:45	1250	
14:00	1308	
14:15	1305	
14:30	1147	
14:45	1015	
15:00	1160	
15:15	960	
15:30	870	
15:45	850	
16:00	495	เครื่องดับ

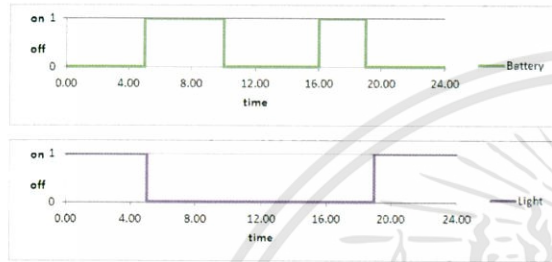
สรุปการประมวลผลวิเคราะห์

เมื่อการประมวลผลโดยใช้โปรแกรม PVSYS เทียบกับการวัดค่าความเข้มแสง ณ สถานที่จริง สามารถนำมาใช้กำหนดช่วงเวลาการทำงานของพีแอลซี ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 24 (ก) กราฟเวลาการทำงานของพีแอลซี



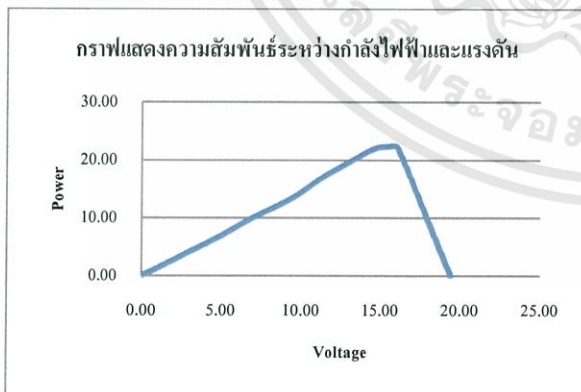
รูปที่ 24 (ข) กราฟเวลาการทำงานของพีแอลซี

จากรูปที่ 24 (ก) ให้มอเตอร์ตัวที่ 1 ทำงานตั้งแต่ 10.00น. – 14.00น. และมอเตอร์ตัวที่ 2 ทำงานตั้งแต่ 12.00น. – 16.00น. ซึ่งในช่วงเวลา 12.00น. – 14.00น. เป็นช่วงที่แควตแรงที่สุด จึงคาดว่าได้รับพลังงานมากที่สุด จึงออกแบบพีแอลซีให้มอเตอร์ทั้ง 2 ตัวทำงานพร้อมกัน

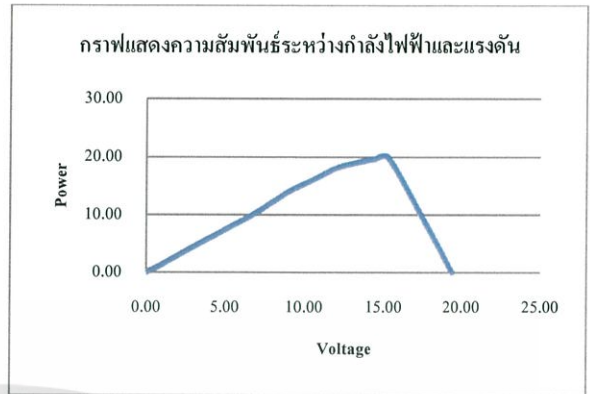
จากรูปที่ 24 (ข) ในกรณีนี้ไม่อยู่ในขอบเขตการทำงาน แต่ออกแบบไว้สำรองในกรณีที่มีการชาร์จเข้าแบตเตอรี่ ซึ่งในช่วง 5.00น. – 10.00น. และในช่วง 16.00น. – 19.00น. เป็นช่วงที่แควตอ่อน จะทำให้ขีดความสามารถของพลังงานที่ได้รับ ไม่เพียงพอสำหรับมอเตอร์ทำงาน และในช่วงเวลากลางคืนจะมีการจ่ายไฟเพื่อให้ระบบแสงสว่างทำงาน

4.3 การทดลองกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อหาค่าคงที่ k

จากการทดลองนำค่าที่ได้มาเขียนกราฟ



รูปที่ 25 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดัน ที่ความเข้มแสง 45,600 ลักซ์



รูปที่ 26 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดัน ที่ความเข้มแสง 40,800 ลักซ์

จากการทดลอง วัดค่าความเข้มแสงอาทิตย์มีค่า 45,600 และ 40,800 ลักซ์ ค่าความเข้มแสงที่วัดได้สามารถเปลี่ยนเป็นหน่วย วัดต่อตารางเมตร ได้จากสมการ

$$1 \text{ Lux} = 0.0079 \text{ W/m}^2$$

$$45,600 \times 0.0079 = 360.24 \text{ W/m}^2$$

$$40,800 \times 0.0079 = 322.32 \text{ W/m}^2$$

สรุปผลการทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์

จากการทดสอบศึกษาคุณลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์พบว่า เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบลงบนเซลล์แสงอาทิตย์จะทำให้อิเล็กทรอนิกส์ได้รับพลังงานและเคลื่อนที่เข้าหาโฮลได้ทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงขึ้น ซึ่งจากการทดลองได้ทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าเมื่อปรับเพิ่มความต้านทานขึ้นเราจะพบว่าเมื่อความต้านทานมากขึ้นกระแสจะลดน้อยลงและแรงดันไฟฟ้ามากขึ้น จากนั้นได้นำผลที่ได้มาคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าและนำค่าที่ได้บันทึกลงในตาราง เมื่อนำข้อมูลที่ได้นำมาพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าซึ่งเราพบว่าจะมีเพียงจุดเดียวเท่านั้นที่มีค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดซึ่งเราเรียกแรงดัน ณ จุดนั้นว่า V_{MPP} ซึ่งพบว่ามีความใกล้เคียงกับ V_{MPP} ที่ได้จากการคำนวณ (ที่ค่า $k=0.8$) โดยคำนวณได้จากสูตร

$$V_{MPP} \approx kV_{OC}$$

โดยค่า k ที่ได้จากการทดสอบมีค่าคือ

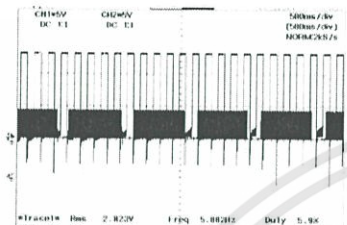
ที่ค่าความเข้มแสง 45,600 ลักซ์ มีค่า k เท่ากับ 0.80

ที่ค่าความเข้มแสง 40,800 ลักซ์ มีค่า k เท่ากับ 0.79

4.5 การทดลองตัวตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยเทคนิคอัตราส่วนแรงดันขณะเปิดวงจร

โดยใช้โปรแกรมจากภาคผนวก ก โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของชุดตัวตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุดด้วยเทคนิคอัตราส่วนแรงดันขณะเปิดวงจร

ใช้ CH1 วัด คิวตี้ ใช้ CH2 วัด แรงดันที่ออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์



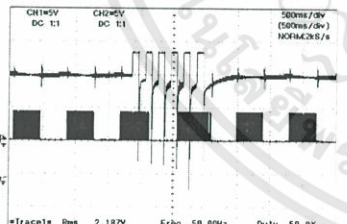
รูปที่ 27 ช่วงเริ่มต้นการทำงานของโปรแกรม

จากรูปที่ 27 จะสังเกตเห็นว่ามีการเปิดปิดสวิตซ์ตลอดเวลา เนื่องจาก คิวตี้ เริ่มต้นที่ 50% ต้องใช้เวลาในการปรับให้ได้คิวตี้ที่เหมาะสม



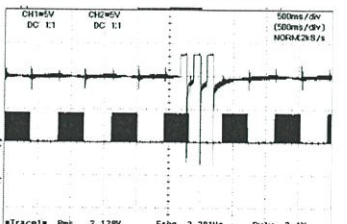
รูปที่ 28 รักษาระดับแรงดันให้คงที่

จากรูปที่ 28 เมื่อโปรแกรมปรับคิวตี้ได้ค่าที่เหมาะสมแล้ว จะทำการรักษาระดับแรงดันให้คงที่ 1 นาที



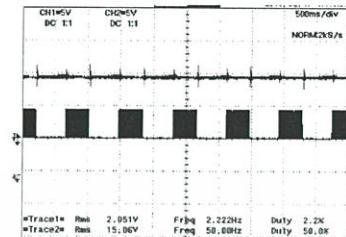
รูปที่ 29 เริ่มทำการปรับคิวตี้อีกครั้ง

จากรูปที่ 29 หลังจากรักษาระดับแรงดันให้คงที่ 1 นาที จะมีการปรับค่าคิวตี้ อีกครั้ง ซึ่งในครั้งนี้จะมีส่วนของการเปิดปิดสวิตซ์ลดลง เนื่องจากไม่ได้เริ่มปรับจากค่าเริ่มต้นของคิวตี้



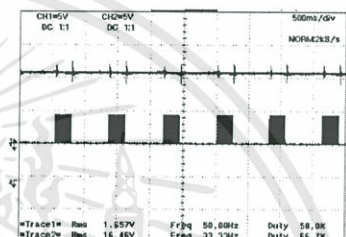
รูปที่ 30 ช่วงการเปิดปิดสวิตซ์ไม่คงที่

จากรูปที่ 30 ช่วงการเปิดปิดของสวิตซ์มากขึ้นนั้น ขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสงด้วย ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงมาก ก็จะมีการเปิดปิดสวิตซ์เพื่อปรับคิวตี้มากขึ้นไปด้วย



รูปที่ 31 ที่ความเข้มแสง 34,500 ลักซ์ ค่าคิวตี้ เหมาะสมอยู่ที่ 2.2%

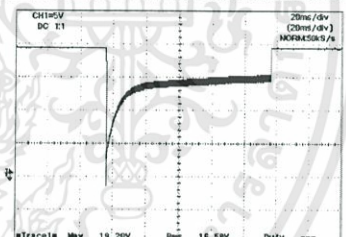
แรงดัน 15.06 โวลต์



รูปที่ 32 ที่ความเข้มแสง 57,200 ลักซ์ ค่าคิวตี้ เหมาะสมอยู่ที่ 50%

แรงดัน 16.46 โวลต์

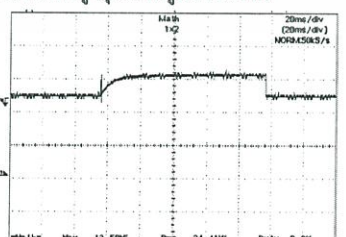
จากรูปที่ 31 - 32 ที่ค่าความเข้มแสงต่างกัน ก็จะมีการปรับค่าคิวตี้ที่ต่างกัน ดังนั้นปัจจัยที่ส่งผลเป็นหลักคือค่าความเข้มแสง



รูปที่ 33 ขยายเข้าสัญญาณแรงดันช่วงปรับหาคิวตี้ที่เหมาะสม

จากรูปที่ 33 จะสังเกตเห็นว่าในช่วงเปิดสวิตซ์ มีการปรับคิวตี้จนได้ช่วงแรงดันที่คงที่ ถ้ายังไม่เข้าเงื่อนไขตาม โปรแกรมที่กำหนด โปรแกรมจะปิดสวิตซ์เพื่อวัดค่าแรงดันขณะเปิดวงจร เพื่อปรับคิวตี้อีกครั้ง

เมื่อพิจารณาถึงค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จะเห็นว่าได้มีการตามรอยเพื่อให้ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด ตามรูปกราฟดังนี้



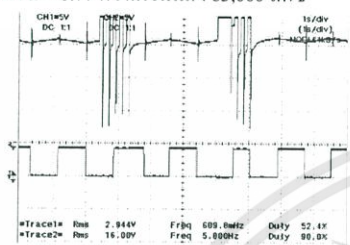
รูปที่ 34 กำลังไฟฟ้าที่มีการตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 34 มีการตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วงที่มีการเปิดสวิตช์เพื่อวัดค่าแรงดันขณะเปิดวงจร ตามเทคนิคอัตราส่วนแรงดันขณะเปิดวงจร

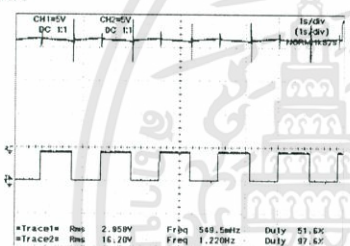
4.5 ทำการทดลองตัวตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุดโดยค่า $k = 0.77$ ที่ค่าความเข้มแสงคงที่

ที่ค่า $k = 0.77$ ความเข้มแสง 83,000 ลักซ์



รูปที่ 35 ขณะกำลังปรับคัตวี่

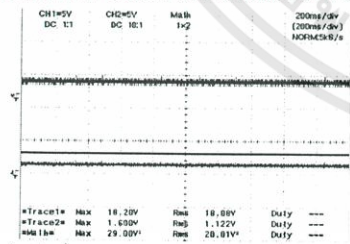
รูปที่ 35 ขณะปรับคัตวี่ จะมีการเปิดปิดสวิตช์ตลอดทำให้เกิดแรงดันตก



รูปที่ 36 ค่าคัตวี่ เหมาะสม

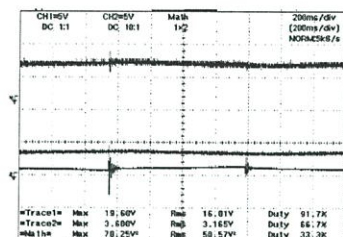
ที่ค่า $k = 0.77$ ความเข้มแสง 83,000 ลักซ์ จากรูปที่ 35 ทำการปรับคัตวี่เพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมตาม โปรแกรม รูปที่ 36 ได้ค่าคัตวี่เหมาะสมที่ 51.6%

เมื่อพิจารณา กำลังไฟฟ้าที่ออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะพบว่าเมื่อตรงกับภาระไฟฟ้าจะได้กำลังไฟฟ้าดังกล่าวนี้ (กำหนดให้ CH1 คือ ค่ากระแสไฟฟ้า CH2 คือ แรงดัน Math คือ ค่า CH1 คูณ CH2)



รูปที่ 37 กำลังไฟฟ้าที่ออกจากเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อตรงกับภาระไฟฟ้า

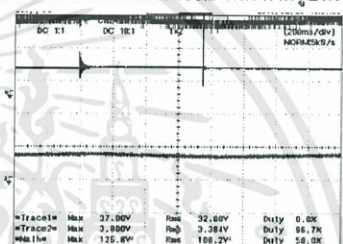
จากรูปที่ 37 คือ จะวัดได้กำลังไฟฟ้า 20.01 วัตต์ ต่อมาในตัวตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุดมาต่อ แล้ววัดกำลังไฟฟ้าที่ออกจากเซลล์แสงอาทิตย์อีกครั้งจะได้รูปกราฟดังนี้



รูปที่ 38 กำลังไฟฟ้าที่ออกจากเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อคือผ่านวงจรตัวตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด

จากรูปที่ 38 วัดค่ากำลังไฟฟ้าได้ 50.57 วัตต์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับขณะต่อตรงกับภาระไฟฟ้า จะเห็น ได้ว่ากำลังไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งเห็น ได้อย่างชัดเจน

เมื่อพิจารณาถึงเอาท์พุทที่ออกมาจากวงจรทระดับแรงดัน จะสังเกต ได้ว่ากำลังไฟฟ้าที่ ได้มีค่า 108.2 วัตต์ ตามรูปกราฟดังนี้



รูปที่ 39 วัดกำลังไฟฟ้าเอาท์พุทจากวงจรตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด

ค่ากำลังไฟฟ้าที่ระบบต้องการคือ 1,000 วัตต์ เพื่อให้มอเตอร์ดีนาทำงาน ที่สถานที่จริง ณ บึงกระเทียมมีแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งหมด 14 แผง ดังนั้น ถ้าวางจรกำลังไฟฟ้าสูงสุดนี้ทำให้สามารถได้กำลังไฟฟ้าต่อหนึ่งแผงคือ 108.2 วัตต์ 14 แผง จะได้กำลังไฟฟ้าทั้งหมดประมาณ 1,514.8 วัตต์ ซึ่งมีค่าเพียงพอต่อความต้องการกำลังไฟฟ้า อีกทั้งที่เหลือก็สามารถนำไปเก็บในแบตเตอรี่ได้ด้วย

5. บทสรุป ข้อเสนอแนะ และแนวทางการพัฒนา

5.1 บทสรุปในการดำเนินงาน

1. สร้างตัวตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุดเพื่อช่วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถดึงกำลังไฟฟ้าได้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจากเดิม
2. จัดการระบบบับัดน้ำเสียโดยนำพีแอลซีมาควบคุมช่วงเวลางานให้เหมาะสม
3. จัดการจัดทำป้ายใหม่ เนื่องจากป้ายเดิมชำรุดเสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 48 คนในชุมชนมาช่วยเปลี่ยน ไบพัด



รูปที่ 49 ชัดสนิมเตรียมทาสีเคลือบ



รูปที่ 50 ทาสีเคลือบ

- เตรียมจัดการอบรมเผยแพร่ความรู้ให้กับชาวบ้านในชุมชน มินบุรี (ซึ่งจะจัดการอบรมในวันเสาร์ที่ 16 มีนาคม พ.ศ. 2556 ณ ศูนย์กลางชุมชนบึงกระเทียม เขตมินบุรี) เพื่อรณรงค์เรื่องการประหยัดพลังงาน การใช้พลังงานทางเลือก รวมไปถึงการร่วมใจกันอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมด้วย (กำหนดการอยู่ในภาคผนวก ก เอกสารกำหนดการจัดอบรม)

5.2 ข้อเสนอแนะในการทำงาน

- วงจรทระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุดใช้การสวิตช์แบบ Hard switching จึงไม่ได้คำนึงถึงผลของ spike และค่าความสูญเสียจากการสวิตช์ ผลจากการสวิตช์ซึ่งดังกล่าวอาจก่อให้เกิด EMI ซึ่งจะสร้างสัญญาณรบกวนไปยังอุปกรณ์ตัวอื่น
- วงจรทระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน เนื่องจากใช้ตัวเก็บประจุขนาดใหญ่เพื่อต้องการรักษาระดับแรงดันในคงที่ ดังนั้นอาจก่อให้เกิดอันตรายได้ในสภาวะที่ไม่ได้ต่อ โหลด

- หลักการอัตราส่วนแรงดันขณะเปิดวงจร ซึ่งเป็นหลักการที่ง่ายและสามารถนำมาใช้กับระบบจริงได้ แต่หากมีการพัฒนานำหลักการอื่นที่มามีทดสอบ อาจจะช่วยให้มีประสิทธิภาพในการดึงพลังงาน ได้ดียิ่งขึ้น
- ในการจัดการเรื่องรณรงค์การอนุรักษ์พลังงานจำเป็นต้องได้รับความร่วมมือจากคนในชุมชนด้วยถึงจะทำให้งานสำเร็จลุล่วง

5.3 แนวทางการพัฒนา

- วงจรทระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุดสามารถเปลี่ยนการสวิตช์ซึ่งเป็นแบบ Soft switching จะลดผลของ spike และลดค่าความสูญเสียจากการสวิตช์ ซึ่งจะไม่ได้เกิด EMI รบกวนอุปกรณ์อื่นๆ
- วงจรทระดับแรงดันไฟฟ้าในระบบนี้ สามารถเปลี่ยนมาใช้ตัวเก็บประจุที่มีระดับแรงดันลดลงเนื่องจากระบบต้องการแรงดันเพียงแค่ 48 V เท่านั้น จะช่วยให้มีความปลอดภัยในสภาวะที่ไม่ได้ต่อ โหลด
- หลักการอื่นมาทดสอบเปรียบเทียบเพื่อหาหลักการที่เหมาะสมกับระบบมากที่สุด
- การควบคุมช่วงเวลาการทำงาน โดยที่แอลซีสามารถพัฒนาโปรแกรมให้มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับระบบได้มากกว่านี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Hohm, D.P., Ropp, M.E., 2002. Comparative study of maximum power point tracking algorithms. Progress in Photovoltaic: Research and Applications.
- [2] Koizumi, H., Mizuno, T., Kaito, T., Noda, Y., Goshima, N., Kawasaki, M., Nagasaka, K., Kurokawa, K., 2006. A novel microcontroller for grid-connected photovoltaic systems. IEEE Transactions on Industrial Electronics 53 (6), 1889–1897. doi:10.1109/TIE.2006.885526.
- [3] รศ.ดร. วีระเชษฐ ชันเงิน. (2553). อิเล็กทรอนิกส์กำลัง: Power Electronics. (พิมพ์ครั้งที่ 10) กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด วิ.เจ. พรินต์ติ้ง.
- [4] eakeng. (2555). วงจรเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้า (Boost Converter) วันที่ค้นข้อมูล 15 สิงหาคม 2555, จาก เว็บกลไกนวัตกรรม เว็บไซต์: <http://mechanismsart.blogspot.com/2012/03/boost-converter.html>
- [5] ดร.กฤษ เกษไชย. (2554). Power Electronics วันที่ค้นข้อมูล 15 สิงหาคม 2555, จาก คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เว็บไซต์: <http://www.scribd.com/doc/48595162/6/Step-up-Boost-converter>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ - นามสกุล นางสาว อสมา ลากประสิทธิ์
วัน เดือน ปีเกิด 19 เมษายน พ.ศ. 2533

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2551 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
จากโรงเรียนสายปัญญา ในพระบรมราชินูปถัมภ์

ปีการศึกษา 2555 จะสำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อน บริษัท เอบีบี จำกัด



ชื่อ-นามสกุล นางสาว อรพรรณ อินชัย
วัน เดือน ปีเกิด 25 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2534

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2551 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
จากโรงเรียนเบญจมราชูทิศ จันทบุรี

ปีการศึกษา 2555 จะสำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อนที่ บริษัท เอนจิเนียริง เทคโนโลยี คอนซัลแทน จำกัด



ชื่อ-นามสกุล นางสาว ศศิธร นุ่นไทย
วัน เดือน ปีเกิด 6 ตุลาคม พ.ศ. 2533

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2551 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจาก
โรงเรียนสุวรรณภูมิพิทยไพศาล

ปีการศึกษา 2555 จะสำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อนที่ บริษัท เอนจิเนียริง เทคโนโลยี คอนซัลแทน จำกัด



ชื่อ-นามสกุล นายอรรถพร วรวงศ์
วัน เดือน ปีเกิด 25 ตุลาคม 2533

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2551 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
จากโรงเรียนบ้านลาดวิทยา

ปีการศึกษา 2555 จะสำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อนที่ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
ฝ่ายปฏิบัติการภาคใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] Kim, Y., Jo, H., Kim, D., 1996. A new peak power tracker for cost effective photovoltaic power systems. *IEEE Proceedings* 3 (1), 1673–1678.
- [2] Kawamura, T., et al., 1997. Analysis of MPPT characteristics in photovoltaic power systems. *Solar energy materials and solar cells*. In: *Proceedings of the 1996 9th International Photovoltaic Science and Engineering Conference, PVSEC-9 1997*, vol.47, no.14, pp.155–165.
- [3] Andujar, J.M., Enrique, J.M., Bohorquez, M.A.M., Duran, E., 2005. Sistema de Control de Bajo Costo para el Seguimiento del punto de Maxima Potencia en Sistemas Photovoltaic. In: *Proc. De las XXVI Jornadas de Automatica, Alicante, Espana*. ISBN: 84-689-0730-8.
- [4] Xiao, Weidong, Ozog, N., Dunford, W.G., 2007. Topology study of photovoltaic interface for maximum power point tracking. *IEEE Transactions on Industrial Electronics* 54 (3), 1696–1704. doi:10.1109/TIE.2007.894732.
- [5] Hohm, D.P., Ropp, M.E., 2002. Comparative study of maximum power point tracking algorithms. *Progress in Photovoltaic: Research and Applications*.
- [6] Koizumi, H., Mizuno, T., Kaito, T., Noda, Y., Goshima, N., Kawasaki, M., Nagasaka, K., Kurokawa, K., 2006. A novel microcontroller for grid-connected photovoltaic systems. *IEEE Transactions on Industrial Electronics* 53 (6), 1889–1897. doi:10.1109/TIE.2006.885526.
- [7] Noguchi, T., Togashi, S., Nakamoto, R., 2002. Short-current pulse-based maximum-power-point tracking method for multiple photovoltaic and converter module system. *IEEE Transactions on Industrial Electronics* 49 (1), 217–223. doi:10.1109/41.982265.
- [8] Mutoh, N., Inoue, T., 2007. A control method to charge series connected ultra electric double-layer capacitors suitable for photovoltaic generation systems combining MPPT control method. *IEEE Transactions on Industrial Electronics* 54 (1), 374–383. doi:10.1109/TIE.2006.885149.
- [9] Mutoh, N., Ohno, M., Inoue, T., 2006. A method for MPPT control while searching for parameters corresponding to weather conditions for PV generation systems. *IEEE Transactions on Industrial Electronics* 53 (4), 1055–1065. doi:10.1109/TIE.2006.878328.

- [10] Andersen, M., Alvsten, B., 1995. 200 W low cost modules integrated utility interface for modular photovoltaic energy systems. In: IECON: Proceedings of the 1995 IEEE 21st International Conference on Industrial Electronics, Control and Instrumentation, vol. 1, no. 1, pp. 572–577.
- [11] van derMerwe, L., van derMerwe, G., 1998. Maximum power point tracking – implementation strategies. In: Proceedings of the IEEE International Symposium on Industrial Electronics, vol. 1, no. 1, 214–217.
- [12] Abou El Ela, M., Roger, J., 1984. Optimization of the function of a photovoltaic array using a feedback control system. Solar Cells: Their Science, Technology, Applications and Economics 13 (2), 185–195.
- [13] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ วันที่ค้นข้อมูล 10 สิงหาคม 2555, จาก กระทรวงพลังงาน เว็บไซต์ : <http://www.energy.go.th/>
- [14] รศ.ดร. วีระเชษฐ์ ชันเงิน.(2553). อิเล็กทรอนิกส์กำลัง: Power Electronics. (พิมพ์ครั้งที่ 10) กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.เจ. พรินติ้ง.
- [15] eakeng. (2555). วงจรเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้า (Boost Converter) วันที่ค้นข้อมูล 15 สิงหาคม 2555, จาก เว็บกลไกนวัตกรรม เว็บไซต์: <http://mechanismsart.blogspot.com/2012/03/boost-converter.html>
- [16] ดร.กฤษ เฉยไสย. (2554). Power Electronics วันที่ค้นข้อมูล 15 สิงหาคม 2555, จาก คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เว็บไซต์: <http://www.scribd.com/doc/48595162/6/Step-up-Boost-converter>
- [17] กรมควบคุมมลพิษ. (2555). ระบบบำบัดน้ำเสีย วันที่ค้นหาข้อมูล 17 สิงหาคม 2555, จาก กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เว็บไซต์: http://www.pcd.go.th/info_serv/water_wt.html#
- [18] dekgeng. (2555). มลพิษทางน้ำ วันที่ค้นหาข้อมูล 17 สิงหาคม 2555, จาก dekgeng เว็บไซต์: <http://www.dekgeng.com/thai/conp/7567.htm>
- [19] PIC18F Programming กับ MPLAB C18 . กรุงเทพฯ: Appsofftech