



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ โคมไฟส่องถนนแบบหลอด LED ใช้พลังงานแสงอาทิตย์

LED Lamp Street light based on solar cell system

ณรงค์ฤทธิ์ มณีจิระปราการ

กันยายน 2555

สัญญาเลขที่ R2553B028

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ โคมไฟส่องถนนแบบหลอด LED ใช้พลังงานแสงอาทิตย์

LED Lamp Street light based on solar cell system

ณรงค์ฤทธิ์ มณีจิระปรการ

ธงชัย มณีชูเกตุ

อนุชา แก้วพูลสุข

อาจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

สนับสนุนโดยกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยนเรศวร

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้สำเร็จลงได้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกองทุนวิจัย (ทุนงบประมาณแผ่นดิน) มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้ให้การสนับสนุนงบประมาณดำเนินงาน ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ ขอขอบคุณภาควิชาฟิสิกส์ ซึ่งเป็นต้นสังกัดของผู้วิจัยที่ได้ให้การส่งเสริมการดำเนินการวิจัยของบุคลากรด้วยดี

คณะผู้วิจัย

บทคัดย่อ

เป้าหมายหลักของโครงการวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโคมไฟส่องแบบหลอด LED โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ รวมทั้งการพัฒนางจรประมวลผลสัญญาณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งได้แก่วงจรควบคุมการประจุแบตเตอรี่ และวงจรควบคุมการจ่ายกระแสให้กับหลอด LED ผลการดำเนินการคณะผู้วิจัยได้ออกแบบโคมไฟที่เสามีความสูง 4 เมตร แขนติดโคมไฟห่างจากตัวเสา 2 เมตร ภายในโคมไฟบรรจุด้วยหลอด LED ชนิด Ultra-bright ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดไฟ LED 6 mm สีขาว Day Light จำนวน 800 หลอด แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ขนาด 40 วัตต์ 2.5 แอมแปร์ และใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 45 แอมป์-ชั่วโมง โหมดการใช้งานสำหรับการควบคุมเวลาการปิด-เปิดไฟได้ออกแบบไว้ 13 โหมด และโหมดควบคุมความเข้มแสงไว้ 12 โหมด ผลจากการทดสอบการทำงานพบว่าการทำงานทุกโหมดสามารถทำงานได้เป็นไปตามหลักการที่ได้ออกแบบไว้

ABSTRACT

The main objective of this research was to develop LED Lamp Street light using solar energy including the circuit design of solar energy charger and LED current control. The height of LED street light poles is 4 meters. The arm of the pole is 2 meters. The system consists of 800 tubes of ultrabright LED, 40 watts, 2.5A solar module, and 12V, 45Ahr battery. Moreover, on-off switches and light intensity were designed in 13 modes and 2 modes consequently. The well function of system was satisfied with the research plan.

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย.....	2
1.3 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการทำโครงการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.5 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย.....	4
1.6 รายละเอียดของงานวิจัย.....	4
 2 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง.....	 5
2.1 LED Lamp เทคโนโลยีหลอด LED ส่องสว่าง.....	5
2.2 การวิเคราะห์ด้านศักยภาพพลังงานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงาน ความร้อน –แสงอาทิตย์.....	 5
 3 การออกแบบและหลักการทำงานของระบบ.....	 15
3.1 หลักการออกแบบและการทำงาน.....	15
3.2 การออกแบบวงจรแผงหลอดไฟ LED และเสาโคมไฟ.....	19
3.3 การออกแบบเครื่องประจุแบตเตอรี่พลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง.....	20
3.4 ระบบควบคุมการกำหนดด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์.....	24
 4 การทดสอบ ผลการทดสอบ และการวิจารณ์ผลการทำงาน.....	 26
4.1 การทดสอบการทำงานของวงจรควบคุมการประจุแบตเตอรี่.....	26
4.2 การทดสอบการทำงานของโคมไฟ.....	34

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5 บทสรุปผลการดำเนินงาน.....	37
5.1 บทสรุปและวิจารณ์.....	37
5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการทำวิจัยต่อ.....	37
บรรณานุกรม.....	39
ภาคผนวก.....	40
ภาคผนวก ก การเผยแพร่ผลงานวิจัย.....	41
ภาคผนวก ข ประวัติหัวหน้าโครงการวิจัย.....	42

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของโลก.....	6
2.2 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปี.....	7
2.3 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของค่ารังสีอาทิตย์ย้อนหลัง 10 ปี.....	8
2.4 ค่ารังสีอาทิตย์รวมและรังสีกระจายจังหวัดพิษณุโลก.....	9
2.5 ค่ารังสีอาทิตย์รวมและรังสีกระจายจังหวัดพิษณุโลก.....	10
2.6 แผนที่ปริมาณรังสีตรงของทวีปเอเชีย.....	11
2.7 แผนที่ปริมาณรังสีตรงของประเทศไทยจากข้อมูลดาวเทียม.....	12
2.8 แผนที่ปริมาณรังสีตรงรายเดือนของประเทศไทย.....	13
2.9 ปริมาณรังสีตรงเฉลี่ยรายวันของแต่ละเดือน ปี พ.ศ. 2549 จังหวัดพิษณุโลก.....	14
3.1 แผนภูมิแสดงระบบควบคุมโคมไฟส่องถนนแบบหลอด LED พลังงาน แสงอาทิตย์.....	15
3.2 แผนภาพลำดับการกดสวิตช์ SW1 เลือกโหมดการทำงาน.....	17
3.3 วงจรแผงหลอดไฟ LED โคมไฟส่องสว่างพลังงานแสงอาทิตย์.....	19
3.4 โคมไฟ LED และการติดตั้งบนเสาสูง 4 เมตร.....	20
3.5 แผนภาพบล็อกวงจรภายในเครื่องประจุแบตเตอรี่.....	20
3.6 วงจรขยายแรงดันไฟฟ้าและตัวเก็บประจุ.....	21
3.7 วงจรกำหนดเงื่อนไขการประจุแบตเตอรี่.....	22
3.8 วงจรกำหนดจังหวะการประจุแบตเตอรี่.....	23
3.9 วงจรภายในเครื่องประจุแบตเตอรี่.....	24
3.10 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และวงจรควบคุมการประจุแบตเตอรี่.....	25
4.1 วงจรขยายแรงดันไฟตรง.....	26
4.2 สัญญาณ V_{c1} และ V_{c2}	27
4.3 สัญญาณ V_{b1} และ V_{b2}	27
4.4 สัญญาณ V_{c1} และ V_{c2}	27
4.5 สัญญาณ V_L	28
4.6 สัญญาณ V_{up}	28
4.7 แรงดันไฟตรง V_{in} และ V_{up}	30
4.8 ค่ากำลังไฟที่เอาต์พุตและที่อินพุต.....	30

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.9 ค่ากำลังไฟที่เอาต์พุตและที่อินพุต.....	30
4.10 การเชื่อมต่อวงจรขยายแรงดันไฟตรงกับตัวเก็บประจุแบบคู่.....	31
4.11 ตัวอย่างผลการวัดแรงดันไฟฟ้า V_1 และ V_{batt}	31
4.12 ผลการคำนวณค่าพลังงาน.....	32
4.13 ผลการคำนวณค่ากำลังงาน.....	33
4.14 ค่ากำลังงานและค่าความเข้มแสง.....	33
4.15 ค่าประสิทธิภาพและค่าความเข้มแสง.....	34
4.16 ความเข้มแสงเมื่อใช้ค่าตัวชี้วัดที่ 100 %.....	35
4.17 ความเข้มแสงเมื่อใช้ค่าตัวชี้วัดที่ 80 %.....	35
4.18 ความเข้มแสงเมื่อใช้ค่าตัวชี้วัดที่ 50 %.....	35

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ข้อมูลรังสีอาทิตย์เฉลี่ยย้อนหลัง 10 ปี ที่ละติจูด 17° และลองจิจูด 100° (พิษณุโลก).....	8
2.2 ข้อมูลรังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายวันของแต่ละเดือนตลอดทั้งปี พ.ศ. 2549.....	9
2.3 ข้อมูลรังสีอาทิตย์ของจังหวัดพิษณุโลก.....	10
2.4 ปริมาณรังสีตรงเฉลี่ยรายวันของแต่ละเดือน ปี พ.ศ. 2549 จังหวัดพิษณุโลก.....	13
3.1 โปรแกรมโหมคควบคุมการทำงานโคมไฟส่องสว่าง.....	17
4.1 ผลการตรวจวัดและการคำนวณค่าต่าง ๆ ของวงจรขยายแรงดันไฟตรง.....	29
4.2 ผลการคำนวณหาค่ากำลังงานจากตัวเก็บประจุ C_3 ใน 1 รอบการทำงาน.....	32

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันระบบจราจรขนส่งทางบกเป็นระบบคมนาคมหลักของประเทศ และมีแนวโน้มที่จะขยายเพิ่มขึ้น เพื่อรองรับปริมาณรถและการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศที่เพิ่มขึ้น โคมไฟทางส่องสว่างถือเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับทุกเส้นทางเพื่อความสะดวกต่อการใช้เส้นทาง สำหรับประเทศไทยมีถนนความยาวรวมกันมากกว่า 5,000 กิโลเมตร และมีโคมไฟที่ใช้ส่องสว่างตลอดเส้นทาง ซึ่งโคมไฟส่องสว่างดังกล่าว ส่วนใหญ่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากสายไฟฟ้ากำลังของการไฟฟ้าทำให้เกิดการสูญเสียงบประมาณจำนวนมากในการผลิตไฟฟ้าเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับโคมไฟจำนวนมากเหล่านั้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเสนอ การสร้างงานวิจัยระบบโคมไฟส่องทางแบบประหยัดพลังงานเนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์ ทั้งนี้โครงสร้างของระบบสัญญาณไฟจราจรดังกล่าวจะประกอบไปด้วย ส่วนที่หนึ่ง คือ โคมไฟที่ประหยัดพลังงานเนื่องจากใช้หลอด LED Ultra bright ที่มีคุณสมบัติเด่นคือ อายุการใช้งาน และกินกระแสไฟน้อยมาก ส่วนที่สองคือแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic Cell) รับแสงอาทิตย์แล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าป้อนให้กับระบบควบคุมศูนย์กลาง ซึ่งมีระบบประจุไฟประสิทธิภาพสูงในการเก็บพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ ส่วนที่สามคือระบบควบคุมการจ่ายไฟให้กับโคมไฟมีวงจรตัด-จ่ายไฟความถี่สูงเพื่อประหยัดพลังงานของแหล่งจ่ายไฟ

เนื่องจากระบบโคมไฟที่นำเสนอ เป็นโคมไฟที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ไม่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากสายส่ง จึงสามารถนำใช้ติดตั้งเพื่อให้ความสว่างในบริเวณใดก็ได้ ที่ต้องการให้มีแสงสว่าง โดยไม่จำเป็นต้องรื้อระบบสายส่งจากการไฟฟ้า ระบบโคมไฟทางดังกล่าวยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศ และมีผู้ประกอบการในประเทศทำเลียนแบบบ้างแล้ว แต่ไม่ประสบผลสำเร็จ เพราะขาดองค์ความรู้ด้านการจัดระบบแสงส่องสว่าง จึงต้องการให้ทีมวิจัยพัฒนาตามหลักวิชาการให้ได้โคมไฟที่ได้ตามมาตรฐาน สำหรับโคมไฟทางในโครงการวิจัยนี้ เน้นที่การออกแบบโคมไฟทางที่เสามีความสูง 4 เมตร เท่านั้น เพราะเป็นขนาดเสาไฟที่ใช้ถนนมากที่สุด โดยระบบโคมไฟที่ศึกษาวิจัย คือ โคมไฟเดี่ยว

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. ออกแบบการจัดวางตำแหน่งของ หลอด LED Ultra bright ในโคมไฟ เพื่อให้ได้ความสว่างตามมาตรฐานเสาไฟสูง 4 เมตร
2. สร้างฮาร์ดแวร์ระบบโคมไฟส่องทางขนาดเสามาตรฐานสูง 4 เมตร ต้นแบบ แบบประหยัดที่ใช้พลังงานทดแทนคือ พลังงานแสงอาทิตย์
3. พัฒนาศักยภาพที่จะมีพื้นฐานการวิจัยในสาขานี้เพื่อรองรับอุตสาหกรรม
4. สร้างความร่วมมือในการทำวิจัยระหว่างองค์กรระหว่างภาครัฐกับภาครัฐ และภาครัฐกับเอกชนให้กว้างขวางเพื่อให้เกิดประโยชน์แก่ประเทศชาติ
5. ช่วยกันพัฒนาผู้ประกอบการภายในประเทศให้มีความรู้เป็นของตนเอง
6. สร้างนวัตกรรมใหม่เพื่อใช้ทดแทนระบบเดิม

1.3 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการทำโครงการวิจัย

ในปัจจุบันประเทศมีการพัฒนาระบบขนส่งเพื่อรองรับการขยายตัวด้านอุตสาหกรรมของประเทศจำนวนมาก ระบบคมนาคมขนส่งทางบกดังกล่าวจำเป็นต้องมีการติดตั้งโคมไฟส่องทางเป็นส่วนประกอบ เพื่อความสะดวกต่อการใช้เส้นทางคมนาคม โคมไฟที่ใช้ส่องทางส่วนใหญ่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากสายไฟฟ้ากำลังของการไฟฟ้า ทำให้เกิดการสูญเสียงบประมาณจำนวนมาก ในการผลิตไฟฟ้าเพื่อป้อนให้กับโคมไฟจำนวนมาก นอกจากนั้นหลอดไฟฟ้าที่ใช้งานกันอยู่ทั่วไปปกติใช้พลังงานมาก กินไฟมาก อายุการใช้งานน้อย ตลอดจนโคมไฟส่องทางยังมีใช้ไม่ทั่วถึง เนื่องจากยังไม่มีระบบไฟฟ้าหลัก และเพื่อเป็นการทดแทนการสูญเสียพลังงานจากการใช้หลอดทั่วไป จึงได้ใช้หลอดเทคโนโลยี LED ส่องสว่าง ด้วย LED Ultra Bright ที่ให้แสงสว่างสูงถึง 10000 millicandle ต่อหลอด เป็นการประหยัดพลังงาน กินไฟน้อย อายุการใช้งานยาวนานกว่าหลอดไฟทั่วไป ทดแทนการสูญเสียพลังงานจากหลอดไฟฟ้าปกติ รองรับเทคโนโลยีพลังงานสะอาด สะดวกปลอดภัย ใช้งานง่าย ติดตั้งง่าย

ส่วนตั้งค่าเวลาและควบคุมสัญญาณไฟจราจร ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์หลักในการควบคุมการทำงาน ซึ่งสามารถเขียนโปรแกรมกำหนดการทำงานได้ตามความต้องการ ในโครงการวิจัยนี้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ซึ่งมีคุณสมบัติต่างๆ ดังนี้

1. สถาปัตยกรรมภายในเป็นแบบ Advance RISC (Reduce Instruction Set Computer)
2. มีคำสั่งควบคุมการทำงานมากกว่า 100 คำสั่ง โดยมีความเร็วในการประมวลผล 1 คำสั่งต่อ 1 สัญญาณนาฬิกา (1 MIP/1MHz)

3. มีรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปขนาด 8 บิต จำนวน 38 ตัว (ทำให้สะดวกต่อการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษา C เป็นอย่างมาก)
4. ความเร็วในการทำงาน 1MIPS ต่อ 1 MHz และมากถึง 16 MIPS เมื่อใช้ความถี่ที่ 16 MHz (ความสามารถในการใช้งานความถี่สัญญาณพิกาชขึ้นอยู่กับการเลือกใช้งาน)
5. หน่วยความจำ ROM แบบ Flash (มีโหมดป้องกันหน่วยความจำ) ขนาด 16 กิโลไบต์ (เขียน/ลบได้ 10,000 ครั้ง)
6. หน่วยความจำข้อมูลแบบ EEPROM (มีโหมดป้องกันหน่วยความจำ) ขนาด 512 ไบต์ (เขียน/ลบได้ 100,000 ครั้ง)
7. หน่วยความจำข้อมูลแบบ SRAM 1 กิโลไบต์
8. ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ ทั้ง 8 บิตและ 16 บิต พร้อมปริสเกลเลอร์
9. มีระบบตรวจสอบความผิดพลาดในการทำงานของซอฟต์แวร์ (Watchdog Timer with On-Chip Oscillator)
10. โมดูลสร้างสัญญาณ PWM (Pulse Width Modulator) มีจำนวน 4 ช่อง
11. มีโมดูลแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล (ADC) ขนาด 10 บิต มากถึง 8 ช่อง
12. โมดูลเปรียบเทียบแรงดันอะนาลอก (Analog Comparator)
13. การสื่อสารข้อมูลอนุกรมมีทั้งแบบ UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitters) หรือแบบ RS232, SPI (Serial Peripheral Interface) และแบบ I2C เป็นต้น
14. พอร์ตอินพุตเอาต์พุตขึ้นอยู่กับการเลือกใช้งาน AVR ที่เลือกใช้งาน มีตั้งแต่ 8 ขา จนถึงมากกว่า 100 ขาพอร์ต
15. แรงดันไฟเลี้ยงและความเร็วในการทำงานขึ้นอยู่กับการเลือกใช้งาน AVR ที่เลือกใช้งาน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ต้นแบบระบบโคมไฟส่องทางประหยัดพลังงานด้วยระบบพลังงานแสงอาทิตย์
2. เพื่อลดการสูญเสียงบประมาณของประเทศในการผลิตไฟฟ้าเพื่อป้อนให้กับโคมไฟจำนวนมาก เนื่องจากโคมไฟที่ใช้ส่องทางส่วนใหญ่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากสายไฟฟ้ากำลังของการไฟฟ้า
3. เพื่อเป็นการประหยัดกำลังงานเนื่องจากได้ใช้ LED Lamp ซึ่งจะใช้กำลังงานน้อยกว่าหลอดไฟทั่วไปทำให้ประหยัดพลังงาน
4. เพื่อเพิ่มความสะดวกต่อการใช้เส้นทางคมนาคม เนื่องจากมีระบบโคมไฟส่องทาง และสามารถนำไปใช้ในที่ทุรกันดารที่ไม่มีระบบไฟฟ้าเข้าถึง เนื่องจากเราใช้แหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์อาทิตย์

5. เป็นการส่งเสริมและพัฒนการใช้พลังงานทดแทนนอกจากนั้นแล้วปริมาณการใช้กระแส
โหลดไฟในคอมไฟ
6. ได้พัฒนาบุคลากรที่จะมีพื้นฐานการวิจัยในสาขานี้เพื่อรองรับอุตสาหกรรม

1.5 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

1. นำเนื้อหาของโครงการวิจัย บรรจุเป็นเนื้อหาของปฏิบัติการเพื่อใช้ในการเรียนการสอน
ของนิสิต ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
2. ถ่ายทอดข้อมูลของโครงการวิจัยให้กับ หจก. เอ็นจิเนียโอ เพื่อนำไปผลิตในเชิงพาณิชย์ต่อไป

1.6 รายละเอียดของรายงานวิจัย

ในรายงานวิจัยนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บท กับ 2 ภาคผนวก ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้
บทที่ 1 คือบทนำ ซึ่งเป็นการกล่าวนำถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการทำวิจัย ประโยชน์ที่คาดว่าจะรับ แผนการ
ถ่ายทอดเทคโนโลยี และรายละเอียดของรายงานวิจัยในแต่ละบท

- บทที่ 2 กล่าวถึงการทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง
- บทที่ 3 กล่าวถึงการออกแบบและหลักการทำงานของระบบ
- บทที่ 4 กล่าวถึงการทดสอบ ผลการทดสอบ และการวิจารณ์ผลการทำงาน
- บทที่ 5 เป็นการสรุปผลการดำเนินงาน รวมทั้งข้อเสนอแนะและแนวทางในการทำวิจัยต่อ

ในส่วนท้ายของรายงานวิจัยจะเป็นภาคผนวก โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ภาคผนวก ก แสดงบทความวิจัยที่ได้เผยแพร่
- ภาคผนวก ข แสดงประวัติหัวหน้าโครงการวิจัย

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง

2.1 LED Lamp เทคโนโลยีหลอด LED ส่องสว่าง

เทคโนโลยี LED ส่องสว่าง ด้วย LED Ultra Bright ที่ให้ความสว่างสูงถึง 10000 mcd ต่อหลอด เป็นการประหยัดพลังงาน กินไฟน้อย อายุการใช้งานยาวนานกว่าหลอดไฟทั่วไป ทดแทนการสูญเสียพลังงานจากหลอดไฟฟ้าปกติ รองรับเทคโนโลยีพลังงานสะอาด สะดวกปลอดภัย ใช้งานง่าย ติดตั้งง่าย [1]

2.2 การวิเคราะห์ด้านศักยภาพพลังงานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานความร้อน – แสงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานที่ใหญ่ที่สุดของธรรมชาติ โดยความเป็นจริงแล้วแหล่งพลังงานทุกเกือบทุกชนิดล้วนแต่เกี่ยวกันไม่โดยตรงก็โดยทางอ้อมกับพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งสิ้น พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่เกิดจากกระบวนการนิวเคลียร์แบบที่เรียกกันว่า นิวเคลียร์ฟิวชัน กระบวนการเกิดพลังงานบนดวงอาทิตย์เป็นผลจากการรวมตัวของอะตอมไฮโดรเจนเป็นอะตอมฮีเลียม แล้วมีมวลส่วนหนึ่งของอะตอมไฮโดรเจนหายไป มวลส่วนที่หายไปนี่เองที่เปลี่ยนไปเป็นพลังงานในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกส่งออกไปรอบดวงอาทิตย์ แล้วก็มีส่วนหนึ่งส่วนน้อยเท่านั้นที่เดินทางมาถึงโลก

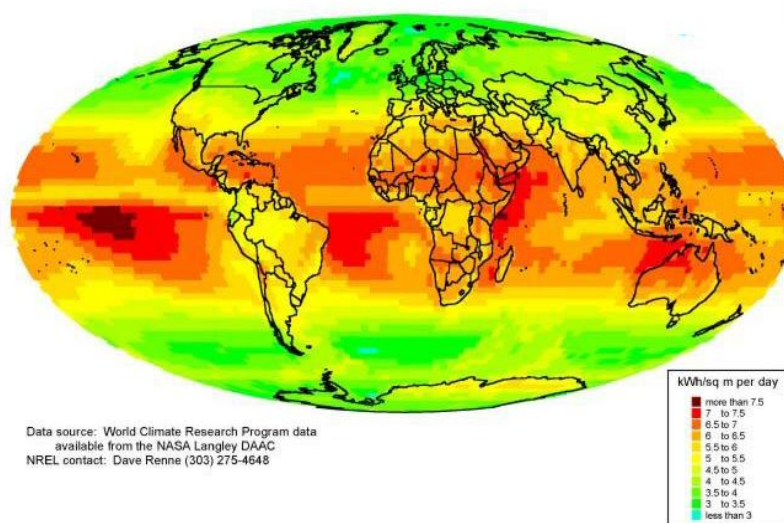
พลังงานแสงอาทิตย์ที่ผิวดวงอาทิตย์ พื้นที่ 1 ตารางหลา มีค่าถึงประมาณ 65,000 แรงแม้ว แต่ที่ผิวโลกบนพื้นที่ 1 ตารางหลา เท่ากันนั้นมีพลังงานแสงอาทิตย์เดินทางมาถึงเพียงประมาณ 1 1/3 แรงแม้ว หรือ 1 กิโลวัตต์เท่านั้น แต่ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์บนผิวโลกที่ดูมีค่าเพียงน้อยนิดนี้ เมื่อคิดเป็นปริมาณของพลังงานจากแหล่งเชื้อเพลิงที่เรามีอยู่แล้ว และความจำเป็นของมนุษย์เราในการใช้พลังงานเพื่อกิจกรรมต่างๆ แล้วไม่น้อยเลย เพราะพลังงานแสงอาทิตย์ที่มาถึงโลกในช่วงเวลา 1 เดือน นั้นคิดเป็นปริมาณพลังงานก็เท่ากับถ่านหินถึง 18 ล้าน 1012 ตันหรือแปลล้านล้านตัน ซึ่งเป็นปริมาณของถ่านหินที่คาดกันว่ามีเหลืออยู่ในโลกทั้งหมดขณะนี้ [2]

ประเภทของรังสีอาทิตย์ที่ผิวโลก

1) รังสีตรง (Beam or Direct Radiation) คือ รังสีที่มาจากดวงอาทิตย์โดยตรงและตกลงบนผิวรับแสง มีทิศทางแน่นอนที่เวลาหนึ่งเวลาใด ทิศทางของรังสีตรงอยู่ในแนวลำแสงอาทิตย์

2) รังสีกระจาย (Diffuse Radiation) คือ รังสีอาทิตย์ส่วนที่ถูกสะท้อนจากบรรยากาศของโลกและวัตถุต่างๆ ที่อยู่ทางเดินของแสงก่อนตกกระทบพื้นผิวรับแสง รังสีกระจายนี้มาจากทุกทิศทางของท้องฟ้า

3) รังสีรวม (Total or Global Radiation) คือ ผลรวมของรังสีตรงและรังสีกระจายที่ตกกระทบผิวรับแสง ในกรณีที่ผิวรับแสงเป็นพื้นเอียง รังสีรวมจะประกอบด้วยรังสีตรงจากท้องฟ้า รังสีกระจายจากท้องฟ้าและผิวโลก เรียกรังสีรวมนี้ว่า Total Radiation สำหรับกรณีที่ผิวรับแสงเป็นพื้นราบ รังสีรวมจะมาจากครึ่งทรงกลมท้องฟ้าไม่มีส่วนที่มาจากผิวโลก เรียกรังสีรวมในกรณีนี้ว่า Global Radiation



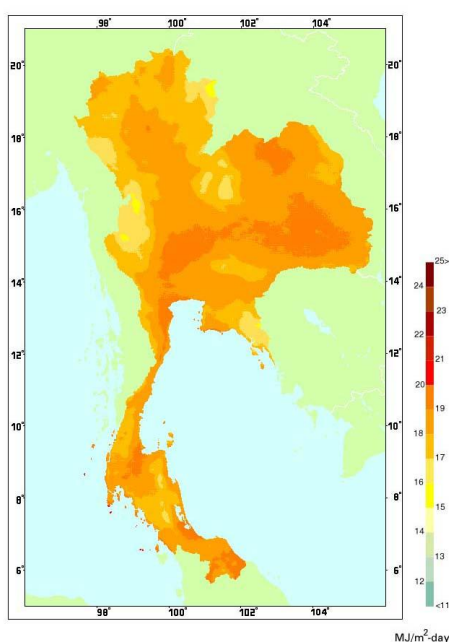
รูปที่ 2.1 ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของโลก

จากแผนที่แสดงศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของโลกโดยองค์การ NASA [3] ดังรูปที่ 2.1 แสดงให้เห็นว่าบริเวณแถบเส้นศูนย์สูตรของโลกซึ่งเป็นที่ตั้งโดยส่วนมากของประเทศต่าง ๆ มีปริมาณรังสีอาทิตย์อยู่ในช่วงประมาณ 5 – 7.5 kWh/m² ต่อวัน สำหรับประเทศไทยนั้นจะมีปริมาณรังสีอาทิตย์อยู่ในช่วงประมาณ 5 – 6.5 kWh/m² ต่อวัน ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเกือบทุก

ประเทศมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ที่ดี ยกเว้นบางประเทศที่อยู่ใกล้ขั้วโลก จะมีปริมาณรังสีอาทิตย์อยู่ในช่วงประมาณ 3 – 5 kWh/m² ต่อวัน เท่านั้น

การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมและรังสีกระจาย

จากแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย (พ.ศ. 2542) [4] โดยกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานและคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร พบว่าการกระจายของความเข้มรังสีอาทิตย์ตามบริเวณต่าง ๆ ในแต่ละเดือนของประเทศ ได้รับอิทธิพลสำคัญจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศได้รับรังสีอาทิตย์สูงสุดระหว่างเดือนเมษายน และพฤษภาคม โดยมีค่าอยู่ในช่วง 20 ถึง 24 MJ/m² x day เมื่อพิจารณาแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปี พบว่าบริเวณที่ได้รับรังสีอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยครอบคลุมบางส่วนของจังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ ร้อยเอ็ด ยโสธร อุบลราชธานี และอุดรธานี และบางส่วนของภาคกลางที่จังหวัดสุพรรณบุรี ชัยนาท อยุธยา และลพบุรี โดยได้รับรังสีอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี 19 ถึง 20 MJ/m² x day พื้นที่ดังกล่าวคิดเป็น 14.3% ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ นอกจากนี้ยังพบว่า 50.2% ของพื้นที่ทั้งหมดได้รับรังสีอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี ในช่วง 18-19 MJ/m² x day จากการคำนวณรังสีรวมของอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศพบว่ามีค่าเท่ากับ 18.2 MJ/m² x day จากผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง

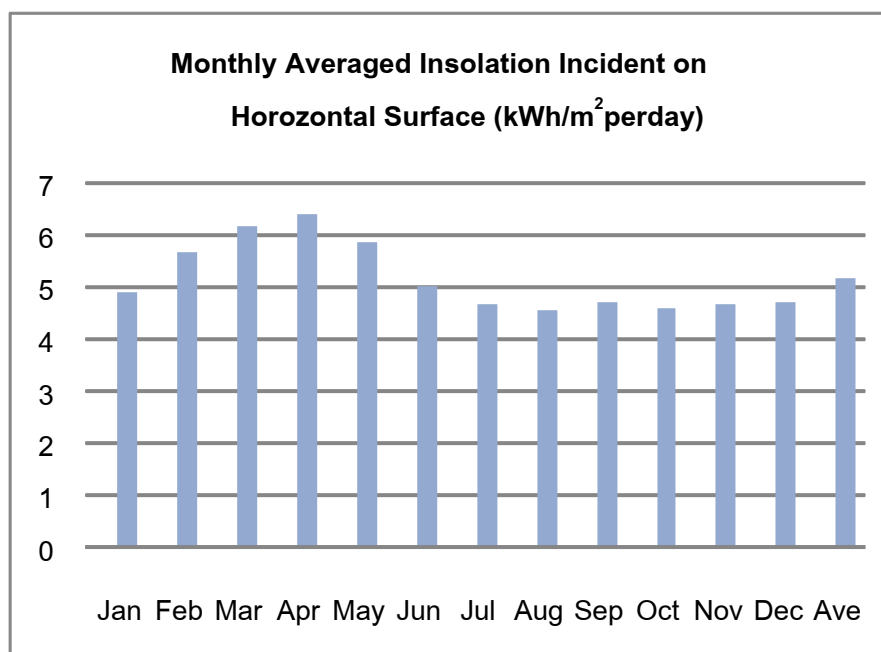


รูปที่ 2.2 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปี

สำหรับค่ารังสีอาทิตย์ของจังหวัดพิษณุโลกซึ่งเป็นพื้นที่ดำเนินโครงการนั้น จากข้อมูลขององค์การ NASA ซึ่งข้อมูลรังสีอาทิตย์เป็นค่าเฉลี่ยรายวันของแต่ละเดือนย้อนหลัง 10 ปี ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลรังสีอาทิตย์เฉลี่ยย้อนหลัง 10 ปี ที่ละติจูด 17° และลองจิจูด 100° (พิษณุโลก) [6]

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Ave
ข้อมูลเฉลี่ย 10 ปี	4.92	5.69	6.18	6.41	5.88	5.04	4.70	4.59	4.74	4.62	4.70	4.73	5.18



รูปที่ 2.3 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของค่ารังสีอาทิตย์ย้อนหลัง 10 ปี

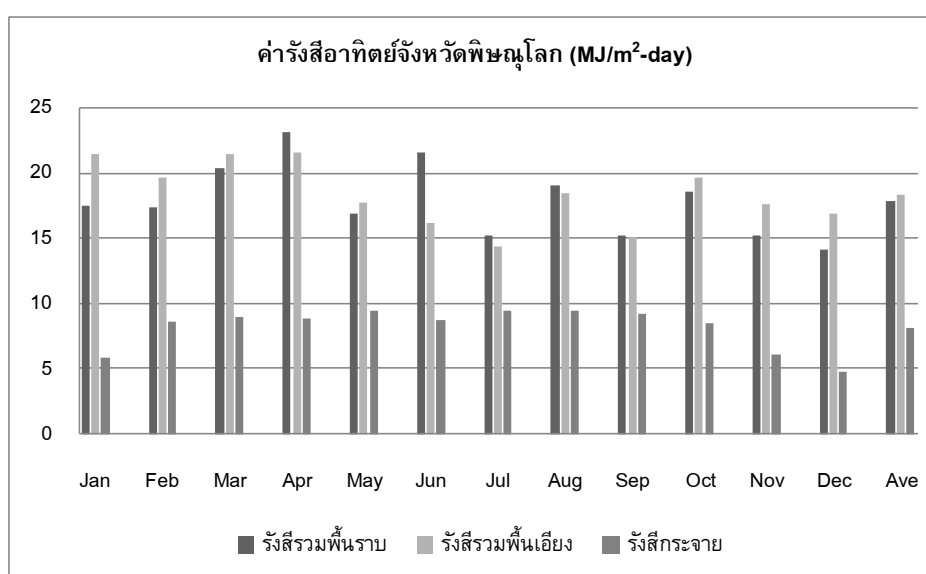
จากตารางที่ 2.1 และรูปที่ 2.3 พบว่า ปริมาณรังสีรวมบนพื้นราบเฉลี่ยรายวันของแต่ละเดือนมีค่า $5.18 \text{ kWh/m}^2 \text{ perday}$ โดยเดือนที่มีปริมาณรังสีรวมบนพื้นราบมากที่สุดคือเดือนเมษายน ซึ่งมีค่าปริมาณรังสีรวมบนพื้นราบ $6.41 \text{ kWh/m}^2 \text{ perday}$ และเดือนที่มีปริมาณรังสีรวมบนพื้นรำน้อยที่สุดคือเดือนสิงหาคม ซึ่งมีค่าปริมาณรังสีรวมบนพื้นราบ $4.59 \text{ kWh/m}^2 \text{ perday}$

จากการตรวจวัดและเก็บข้อมูลของสถานีตรวจวัดรังสีอาทิตย์ที่ติดตั้ง ณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร ทำการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณรังสีรวมบนพื้นราบ รังสีรวม

บนพื้นเอียง และรังสีกระจายของปี พ.ศ. 2549 ตลอดทั้งปี ซึ่งข้อมูลที่วิเคราะห์ได้เป็นข้อมูลรังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายวันของแต่ละเดือนตลอดทั้งปี พ.ศ. 2549 ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ข้อมูลรังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายวันของแต่ละเดือนตลอดทั้งปี พ.ศ. 2549 [4]

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Ave
รังสีรวมพื้นราบ	17.41	17.35	20.38	23.03	16.91	21.58	15.16	18.96	15.19	18.53	15.22	14.07	17.82
รังสีรวมพื้นเอียง	21.36	19.61	21.36	21.55	17.73	16.11	14.32	18.38	15.12	19.62	17.60	16.88	18.30
รังสีกระจาย	5.83	8.64	8.99	8.82	9.42	8.77	9.48	9.42	9.21	8.51	6.15	4.76	8.17



รูปที่ 2.4 ค่ารังสีอาทิตย์รวมและรังสีกระจายจังหวัดพิษณุโลก

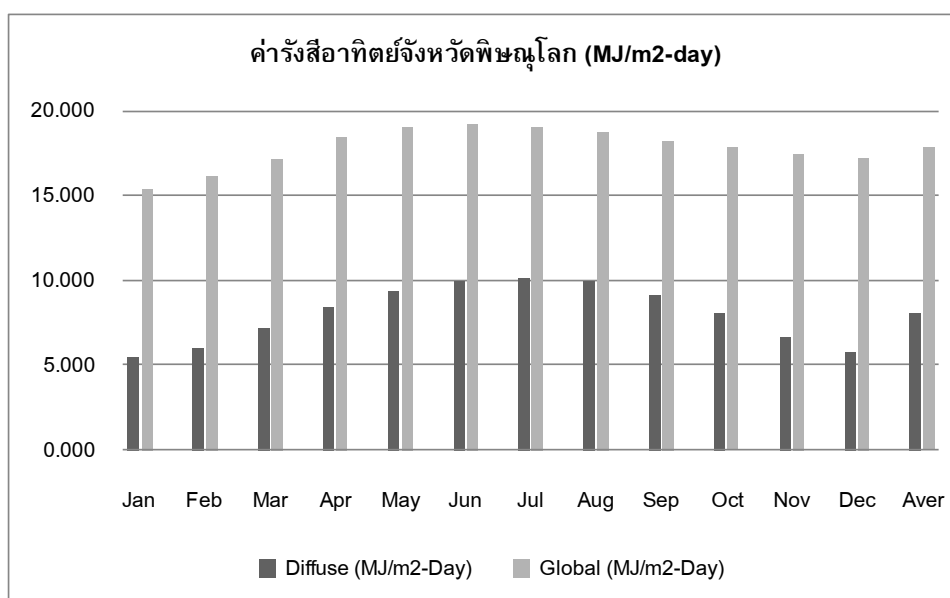
จากตารางที่ 2.2 และรูปที่ 2.4 พบว่าปริมาณรังสีรวมที่ตกกระทบบนพื้นราบของปี พ.ศ. 2549 เฉลี่ยรายวันมีค่าเท่ากับ $17.82 \text{ MJ/m}^2 \times \text{day}$ ค่าปริมาณรังสีรวมบนพื้นเอียงมีค่าเท่ากับ $18.30 \text{ MJ/m}^2 \times \text{day}$ และค่าปริมาณรังสีกระจายเท่ากับ $8.17 \text{ MJ/m}^2 - \text{day}$ โดยเดือนที่ได้รับปริมาณรังสีมากที่สุดคือเดือนเมษายน ซึ่งมีค่าปริมาณรังสีรวมบนพื้นราบถึง $23.03 \text{ MJ/m}^2 \times \text{day}$ และเดือนที่ได้รับปริมาณรังสีอาทิตย์น้อยที่สุดคือเดือนธันวาคม ซึ่งมีค่าปริมาณรังสีรวมบนพื้นราบเพียง $14.07 \text{ MJ/m}^2 \times \text{day}$

จากฐานข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์และภูมิอากาศสำหรับประเทศไทย โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ร่วมกับคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ข้อมูลรังสี

รวมและรังสีกระจายที่ได้เป็นข้อมูลรายชั่วโมงตั้งแต่ 6.00 ถึง 18.00 น. และเป็นค่าเฉลี่ยต่อเดือนของทุกเดือน ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ข้อมูลรังสีอาทิตย์ของจังหวัดพิษณุโลก [4]

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Aver
Diffuse	5.521	6.038	7.161	8.425	9.398	9.934	10.183	9.992	9.177	8.090	6.690	5.818	8.036
Global	15.378	16.185	17.168	18.483	19.040	19.237	19.022	18.725	18.285	17.821	17.403	17.235	17.832



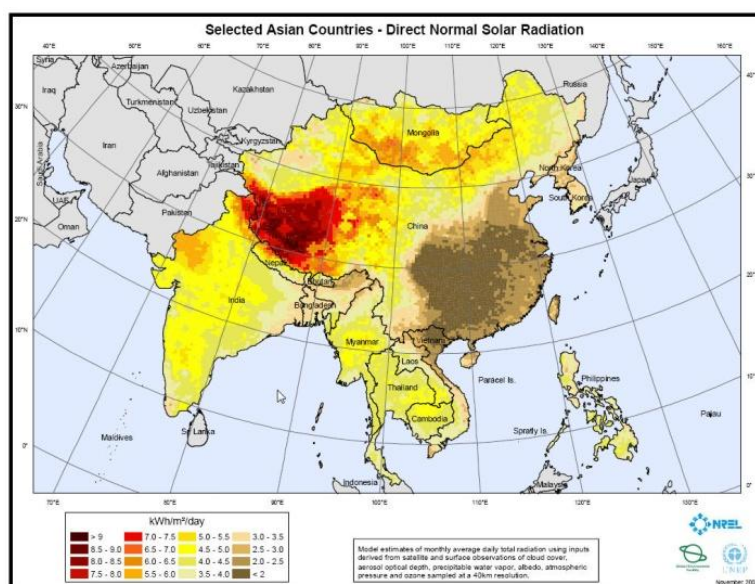
รูปที่ 2.5 ค่ารังสีอาทิตย์รวมและรังสีกระจายจังหวัดพิษณุโลก

จากตารางที่ 2.3 และรูปที่ 2.5 พบว่าค่ารังสีรวมเฉลี่ยรายวันมีค่าเท่ากับ $17.832 \text{ MJ/m}^2 - \text{day}$ และค่าปริมาณรังสีกระจายเท่ากับ $8.036 \text{ MJ/m}^2 - \text{day}$ โดยเดือนที่ได้รับปริมาณรังสีรวมมากที่สุดคือเดือนมิถุนายน ซึ่งมีค่าปริมาณรังสีรวม $19.273 \text{ MJ/m}^2 - \text{day}$ และเดือนที่ได้รับปริมาณรังสีรวมน้อยที่สุดคือเดือนมกราคม ซึ่งมีค่าปริมาณรังสีรวม $15.378 \text{ MJ/m}^2 - \text{day}$ ส่วนเดือนที่ได้รับปริมาณรังสีกระจายมากที่สุดคือเดือนกรกฎาคม ซึ่งมีปริมาณรังสีกระจาย $10.183 \text{ MJ/m}^2 - \text{day}$ และเดือนที่ได้รับปริมาณรังสีกระจายน้อยที่สุดคือเดือนมกราคม ซึ่งมีค่าปริมาณรังสีกระจาย $5.521 \text{ MJ/m}^2 - \text{day}$

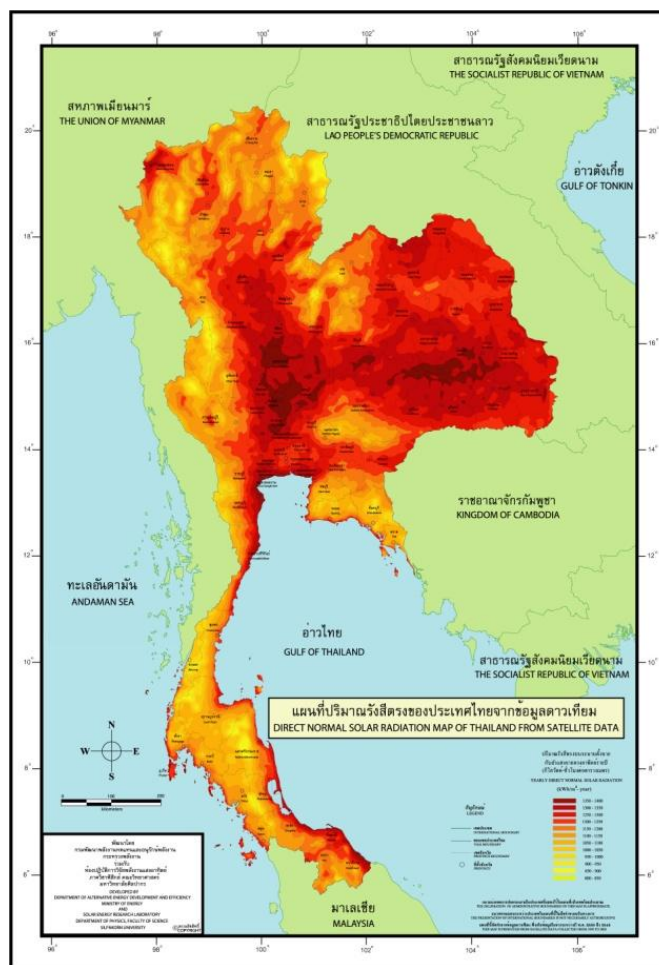
จากข้อมูลรังสีอาทิตย์ทั้ง 3 แหล่งข้อมูล สรุปได้ว่า จังหวัดพิษณุโลกซึ่งเป็นพื้นที่ดำเนินโครงการมีปริมาณรังสีรวมประมาณ $18 \text{ MJ/m}^2 - \text{day}$ และมีปริมาณรังสีกระจายประมาณ $8 \text{ MJ/m}^2 - \text{day}$

การวิเคราะห์ปริมาณรังสีตรง

จากแผนที่ปริมาณรังสีตรงของทวีปเอเชียปี ค.ศ 2005. โดย NREL [7] แสดงให้เห็นว่าทวีปเอเชียส่วนใหญ่มีปริมาณรังสีตรงอยู่ในช่วงประมาณ $5.5 - 4.0 \text{ kWh/m}^2$ ต่อวัน บริเวณที่มีปริมาณรังสีตรงสูงคือบริเวณทางทิศตะวันตกของประเทศจีนซึ่งติดกับประเทศเนปาลจะมีค่าปริมาณรังสีตรงสูงอยู่ในช่วงประมาณ $8.5 - 6.5 \text{ kWh/m}^2$ ต่อวัน ส่วนบริเวณที่มีปริมาณรังสีตรงต่ำคือบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกของประเทศจีนจะมีค่าปริมาณรังสีตรงอยู่ในช่วงประมาณ $3.5 - 2 \text{ kWh/m}^2$ ต่อวัน สำหรับประเทศไทยนั้นมีค่าปริมาณรังสีตรงอยู่ในช่วงประมาณ $5.0 - 4.0 \text{ kWh/m}^2$ ต่อวัน

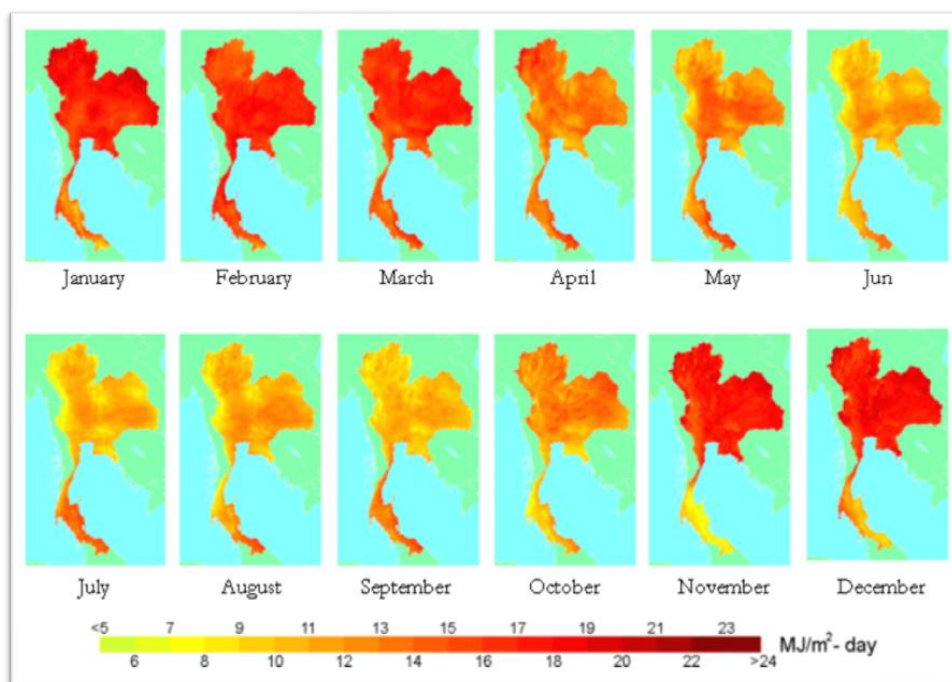


รูปที่ 2.6 แผนที่ปริมาณรังสีตรงของทวีปเอเชีย



รูปที่ 2.7 แผนที่ปริมาณรังสีตรงของประเทศไทยจากข้อมูลดาวเทียม

จากแผนที่ปริมาณรังสีตรงของประเทศไทยโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ร่วมกับห้องปฏิบัติการวิจัยพลังงานแสงอาทิตย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร [8] ดังรูปที่ 8 แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยมีปริมาณรังสีตรงอยู่ในช่วงประมาณ $1,400 - 800 \text{ kWh/m}^2$ ต่อปี โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคเหนือตอนล่าง จะมีปริมาณรังสีตรงค่อนข้างสูงอยู่ในช่วงประมาณ $1,400 - 1,150 \text{ kWh/m}^2$ ต่อปี ส่วนภาคเหนือตอนล่าง ภาคตะวันตก และภาคใต้มีปริมาณรังสีตรงอยู่ในช่วงประมาณ $1,200 - 900 \text{ kWh/m}^2$ ต่อปี

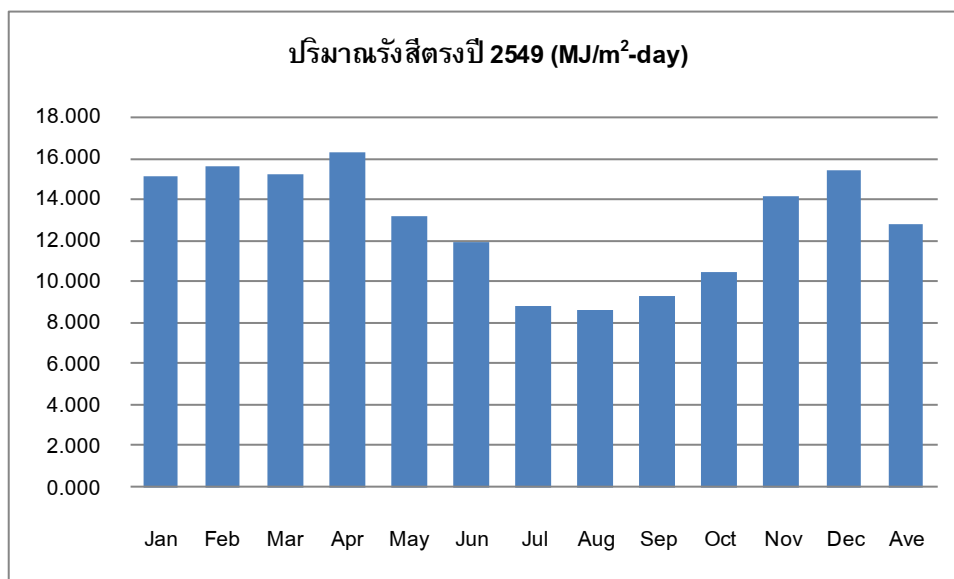


รูปที่ 2.8 แผนที่ปริมาณรังสีตรงรายเดือนของประเทศไทย

จากฐานข้อมูลความเข้มรังสีตรงสำหรับประเทศไทย โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ร่วมกับคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ข้อมูลรังสีตรงของจังหวัดพิษณุโลกซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยรายวันของแต่ละเดือน ปี พ.ศ. 2549 แสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ปริมาณรังสีตรงเฉลี่ยรายวันของแต่ละเดือน ปี พ.ศ. 2549 จังหวัดพิษณุโลก [8]

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Ave
Direct													
Radiation	15.056	15.565	15.160	16.242	13.148	11.859	8.785	8.602	9.270	10.426	14.099	15.394	12.801



รูปที่ 2.9 ปริมาณรังสีตรงเฉลี่ยรายวันของแต่ละเดือน ปี พ.ศ. 2549 จังหวัดพิษณุโลก

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น พบว่าค่าปริมาณรังสีตรงของจังหวัดพิษณุโลกเท่ากับ 12.801 MJ/m² – day โดยเดือนที่ได้รับปริมาณรังสีตรงมากที่สุดคือเดือนเมษายน ซึ่งมีค่าปริมาณรังสีตรงถึง 16.242 MJ/m² – day และเดือนที่ได้รับปริมาณรังสีตรงน้อยที่สุดคือเดือนสิงหาคม ซึ่งมีค่าปริมาณรังสีตรงเพียง 8.602 MJ/m² – day

เมื่อพิจารณาข้อมูลจากที่กล่าวมาแล้ว สรุปได้ว่าค่ารังสีอาทิตย์ของจังหวัดพิษณุโลกซึ่งเป็นพื้นที่ดำเนินโครงการ มีค่ารังสีรวมประมาณประมาณ 18 MJ/m² – day ปริมาณรังสีกระจายประมาณ 8 MJ/m² – day และปริมาณรังสีตรงจะอยู่ประมาณ 12 MJ/m² – day ซึ่งค่ารังสีอาทิตย์ดังกล่าวมีศักยภาพเพียงพอในการใช้เป็นแหล่งพลังงานให้กับ Parabolic Trough ในการผลิตไฟฟ้าขนาด 10 กิโลวัตต์ได้เป็นอย่างดี

บทที่ 3

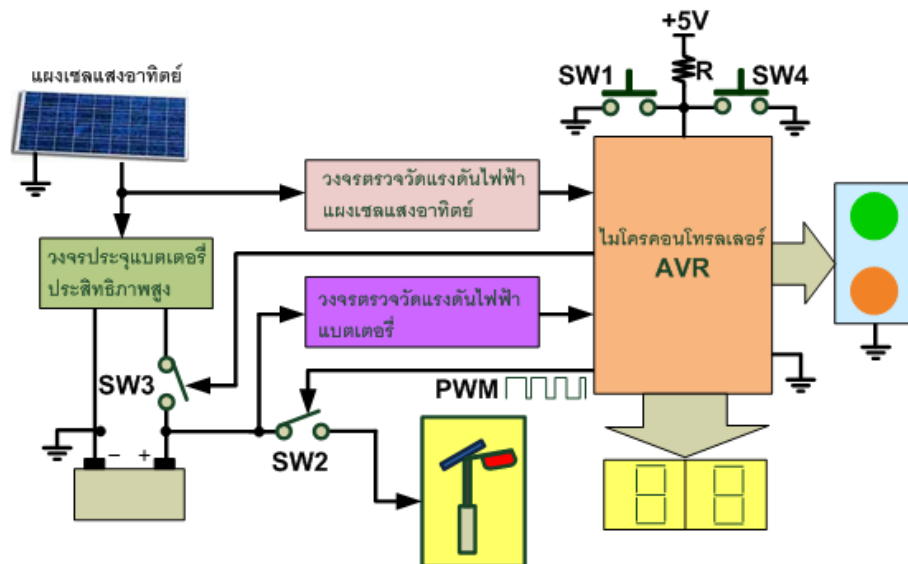
การออกแบบและหลักการทำงานของระบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการและการออกแบบวงจรทั้งหมดของโคมไฟส่องถนนแบบหลอด LED ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งประกอบด้วย

- การออกแบบวงจรแผงหลอดไฟ LED และเสาโคมไฟ
- การออกแบบระบบประจุแบตเตอรี่พลังงานแสงอาทิตย์
- ระบบควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

3.1 หลักการออกแบบและการทำงาน

ระบบประจุแบตเตอรี่พลังงานแสงอาทิตย์และหลักการควบคุมสำหรับใช้กับโคมไฟส่องถนนแบบหลอด LED แสดงได้ดังแผนภูมิการทำงานของรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนภูมิแสดงระบบควบคุมโคมไฟส่องถนนแบบหลอด LED พลังงานแสงอาทิตย์

หลักการทำงานเริ่มจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อได้รับความเข้มแสงอาทิตย์ที่มีปริมาณมากพอจะทำการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้อยู่ในรูปของไฟฟ้ากระแสตรง และจ่ายให้กับวงจรประจุ

แบตเตอรี่ประสิทธิภาพสูง เพื่อทำการประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ ทั้งนี้ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 40 วัตต์ 2.5 แอมแปร์ และแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 45 แอมป์-ชั่วโมง จำนวนอย่างละ 1 แผง/ ลูกตามลำดับ ในขณะเดียวกัน วงจรตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าจะทำการตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าของเซลล์ แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่ขณะทำการประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ ซึ่งจะนำผลการวัดที่ได้มาสร้าง กราฟขึ้นในการควบคุมการส่องสว่างของโคมไฟแบบ LED โดยแยกพิจารณาเงื่อนไขได้เป็น

กรณีที่ 1 ถ้าแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่ามากกว่า 0 V ให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ สั่งการส่งสัญญาณควบคุมไปยังสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ SW2 ให้มีสถานะ “OFF” หรือเปิดวงจร เพื่อให้โคมไฟหลอด LED ดับ แต่ถ้าแรงดันไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 0 V ศูนย์ให้ส่งสัญญาณไปควบคุมให้ SW2 “ON” หรือปิดวงจรให้โคมไฟส่องถนนติดหรือส่องแสงสว่าง นั้นหมายความว่า ในช่วงเวลา ตั้งแต่เริ่มมีแสงสว่างในตอนเช้าตรู่ จนกระทั่งแสงสลับในช่วงพลบค่ำ แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เป็นตัวตรวจจับและส่งสัญญาณบอกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์คอยเปิด-ปิดโคมไฟส่องสว่าง แบบอัตโนมัติอีกหนึ่งหน้าที่หนึ่ง

กรณีที่ 2 การตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่นั้นเพื่อวัตถุประสงค์ในการควบคุมว่าจะให้ ทำการประจุหรือไม่ประจุแบตเตอรี่ โดยมีเงื่อนไขดังนี้ คือ ถ้าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่มีค่าน้อย กว่าหรือเท่ากับ 13.5 V ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณควบคุมมายัง SW3 เพื่อสั่งการให้ทำ การประจุแบตเตอรี่ (SW3 “ON”) แต่ถ้าแรงดันไฟฟ้ามีค่ามากกว่า 13.5 V ให้ส่งสัญญาณควบคุม SW3 อยู่ในสถานะ “OFF” หรือหยุดประจุแบตเตอรี่

ด้วยเหตุที่ การใช้งานแบตเตอรี่ให้เกิดประสิทธิภาพสูงและมีอายุการใช้งานให้ยืนยาวนั้น ตาม รายละเอียดการใช้งานแบตเตอรี่ขนาด 12 V/45 Ah ขณะที่ใช้งานอยู่นั้น แรงดันไฟฟ้าไม่ควรต่ำกว่า 11.0 V และการประจุแบตเตอรี่ไม่ควรมีแรงดันไฟฟ้ามากเกินไปกว่า 13.5 V อีกประการหนึ่งคือ ใน เวลากลางวันขณะที่โคมไฟส่องสว่างให้แสงสว่างอยู่นั้น วงจรตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่จะทำการเฝ้าตรวจวัดอยู่ตลอดเวลา แต่ถ้าเมื่อไรก็ตามที่แรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าต่ำกว่า 11 V ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการสั่งการให้ SW2 อยู่ในสถานะ “OFF” ทันที (โคมไฟส่องสว่าง ดับ) เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้แบตเตอรี่ถูกใช้งานเกินกว่าขีดจำกัดดังที่ได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ ใน ทำนองเดียวกัน ค่าแรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่จะเป็นข้อมูลที่ส่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อ ประมวลผลแล้วส่งสัญญาณให้ LED แสดงสถานะของการประจุแบตเตอรี่โดยมีรายละเอียด อัลกอริทึมดังนี้

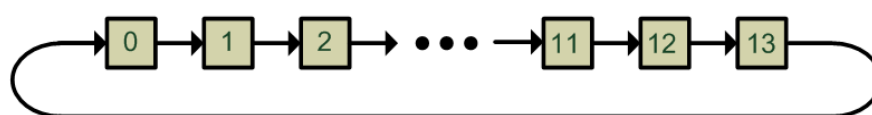
ถ้า $V_{batt} = 13.5 \text{ V}$ ให้ LED สีเขียวติดต่อเนื่อง

$V_{batt} > 13.5 \text{ V}$ ให้ LED สีส้มติดต่อเนื่อง

$V_{batt} \leq 11.0 \text{ V}$ ให้ LED สีส้มติดแบบกะพริบเป็นระยะๆ

เมื่อ V_{batt} คือแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่

สำหรับอัลกอริทึมของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้ควบคุมการเปิด-ปิดโคมไฟส่องสว่างนั้น ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบระบบควบคุมให้ผู้ใช้สามารถควบคุมระยะเวลาการเปิด-ปิดได้ โดยผู้ใช้สามารถโปรแกรมโหมดควบคุมได้ทั้งสิ้น 14 โหมด เริ่มจากโหมดที่ 0 ถึงโหมดที่ 13 รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3.1 ทั้งนี้ ผู้ใช้สามารถโปรแกรมโหมดควบคุมผ่านสวิตช์ SW1 เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับสัญญาณจากการกดสวิตช์ SW1 แล้วผลของการกดสวิตช์แต่ละครั้งจะไปแสดงอยู่ที่ LED 7 ส่วนจำนวน 2 หลัก โดยการกดแต่ละครั้งจะเป็นการเลือกโหมดอนุกรมกันไปดังแผนภาพในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แผนภาพลำดับการกดสวิตช์ SW1 เลือกโหมดการทำงาน

ตารางที่ 3.1 โปรแกรมโหมดควบคุมการทำงานโคมไฟส่องสว่าง

โหมด	รายละเอียด	ระยะเวลาหน่วงให้โคมไฟติด (ชั่วโมง)
0	“ON” “OFF” ตามเงื่อนไขของแรงดันไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์	0 V ให้ “ON” > 0 V ให้ “OFF” (ไม่จำกัดเวลา)
1	“ON” ตามเงื่อนไขของแรงดันไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์	1
2	“ON” ตามเงื่อนไขของแรงดันไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์	2
3	“ON” ตามเงื่อนไขของแรงดันไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์	3

โหมด	รายละเอียด	ระยะเวลาหน่วยให้โคมไฟติด (ชั่วโมง)
4	“ON” ตามเงื่อนไขของแรงดันไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์	4
5	“ON” ตามเงื่อนไขของแรงดันไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์	5
6	“ON” ตามเงื่อนไขของแรงดันไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์	6
7	“ON” ตามเงื่อนไขของแรงดันไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์	7
8	“ON” ตามเงื่อนไขของแรงดันไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์	8
9	“ON” ตามเงื่อนไขของแรงดันไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์	9
10	“ON” ตามเงื่อนไขของแรงดันไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์	10
11	“ON” ตามเงื่อนไขของแรงดันไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์	11
12	“ON” ตามเงื่อนไขของแรงดันไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์	12
13	ทำงานตามผู้ใช้ควบคุมโดยตรงผ่านสวิตช์ SW4	-

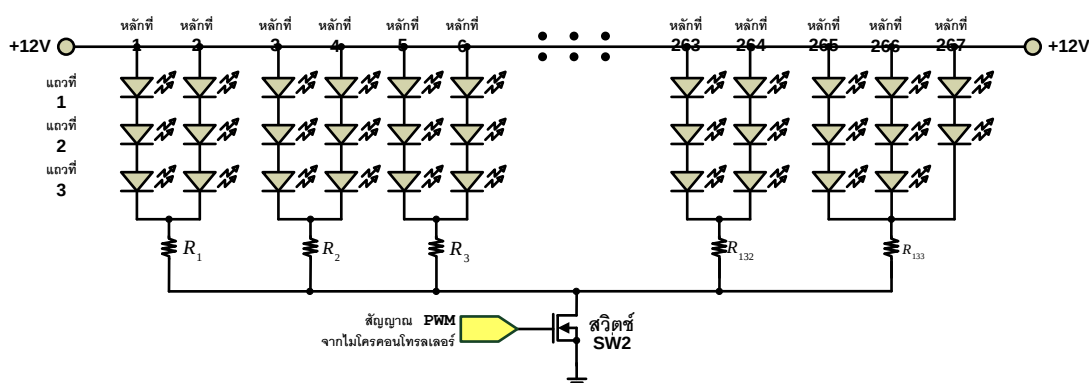
สำหรับโหมดที่ 13 นั้นมีไว้เพื่อให้ผู้ใช้สามารถควบคุมด้วยตนเองทั้งเปิดและปิด โดยไม่มีการจำกัดเวลาและโหมดนี้ ยังมีไว้เพื่อใช้ในการซ่อมบำรุงหรือสำหรับทดสอบการทำงานของระบบได้อีกด้วย ซึ่งผู้ใช้สามารถควบคุมได้ที่ SW4 กดครั้งแรกจะเป็นการควบคุมให้โคมไฟติดและถ้ากดสวิตช์อีกครั้งจะเป็นการควบคุมให้โคมไฟดับ

การควบคุมการส่องสว่างของโคมไฟ ผู้วิจัยได้ออกแบบการควบคุมความส่องสว่างหรือความเข้มของแสง โดยอาศัยเทคนิคของการสวิตช์แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ผ่านอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์(FET) ด้วยสัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation) ที่วัดได้จากขาเอาต์พุต

พอร์ต P4 ประโยชน์ที่ได้รับจากเทคนิคนี้ก็คือ สามารถควบคุมความส่องสว่างของโคมไฟได้และยังสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ได้อีกด้วย ทั้งนี้ สัญญาณ PWM ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีขนาดแรงดัน 0 ถึง 5 V และใช้ความถี่ที่ 1 kHz โดยมีการควบคุมความสว่างได้ 2 ระดับ คือ ความสว่างมากที่สุด จะใช้ความกว้างของพัลส์ PWM ที่ดีวตีไซเคิล (Duty Cycle) 100% และความสว่างแบบประหยัดพลังงานจะมีค่าดีวตีไซเคิลอยู่ที่ 80%

3.2 การออกแบบวงจรแผงหลอดไฟ LED และเสาโคมไฟ

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบแผงหลอดไฟ LED ชนิด Ultrabright ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดไฟ LED 6 mm สีขาว Day Light จำนวน 800 หลอดต่อ 1 โคมไฟ โดยออกแบบบรรจุแผงวงจรหลอดไฟไว้ภายในโคมไฟชนิดหลังเต่าที่มีใช้กันอยู่โดยทั่วไปตามริมทางเท้า การต่อวงจรแสดงได้ดังรูปที่ 3.3 โดยในที่นี้ได้ใช้วิธีการจัดวาง LED เป็นอาร์เรย์ (Array) จำนวนทั้งสิ้น 3 แถว 267 หลัก โดยหลักสุดท้าย (267) จะมีเพียงแค่ 2 แถว ใช้ตัวต้านทานเพื่อทำหน้าที่จำกัดกระแส 1 ตัวต่อ LED 2 หลัก และใช้มอสเฟตกำลัง 1 ตัวสำหรับรับสัญญาณ PWM จากไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายกระแสให้กับ LED ทั้งหมด



รูปที่ 3.3 วงจรแผงหลอดไฟ LED โคมไฟส่องสว่างพลังงานแสงอาทิตย์

สำหรับเสาโคมไฟ ผู้วิจัยได้ใช้โคมไฟริมทางเท้ามาตรฐานของการไฟฟ้าแห่งประเทศไทย ชนิดโคมหลังเต่า ความสูงจากพื้น 4 เมตร ส่วนบนติดแผงเซลล์แสงอาทิตย์และบริเวณเสาด้านล่างติดตั้งกล่องวงจรควบคุมและแบตเตอรี่

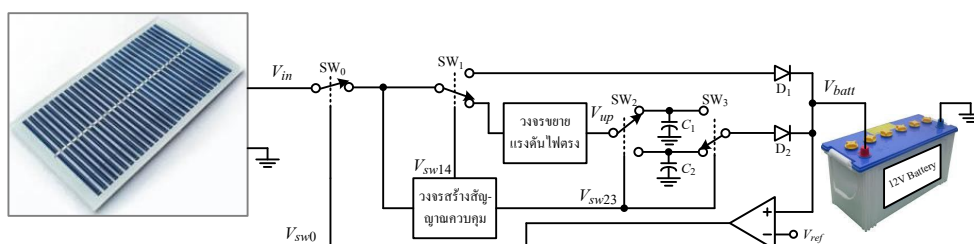


รูปที่ 3.4 โคมไฟ LED และการติดตั้งบนเสาสูง 4 เมตร

3.3 การออกแบบเครื่องประจุแบตเตอรี่พลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง

แผนภาพบล็อกของวงจรภายในเครื่องประจุแบตเตอรี่ที่ได้พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.5 แบตเตอรี่ที่ต้องการใช้ในงานนี้คือแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดขนาด 12V การทำงานของระบบที่ได้พัฒนาขึ้นในเบื้องต้นจะมีการตรวจสอบว่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ มีค่าสูงกว่า 13.5V หรือไม่ ถ้าใช่แสดงว่าแบตเตอรี่เต็ม วงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้า COMP0 จะส่งสัญญาณ ให้สวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ SW0 เปิดวงจรเพื่อแยกส่วนเซลล์แสงอาทิตย์ออกจากส่วนวงจร แต่ถ้า มีค่าต่ำกว่า 13.5V สวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ SW0 ปิดวงจรเพื่อส่งผ่านค่าแรงดันไฟฟ้า V_{in} จากเซลล์แสงอาทิตย์เข้าไปในวงจรภาคถัดไป

พิจารณาในกรณีที่ มีค่าต่ำกว่า 13.5V ค่าแรงดันไฟฟ้า จะถูกส่งไปเปรียบเทียบกับค่า การทำงานของวงจรในส่วนนี้จะแบ่งออกได้เป็น 2 กรณีย่อยดังนี้คือ กรณีแรก $V_{in} > V_{batt}$ วงจรสร้างสัญญาณควบคุมจะส่งสัญญาณ V_{sw14} ให้สวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ SW1 ส่งผ่านกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ผ่านไดโอด D1 ไปประจุแบตเตอรี่ กรณีที่สองคือ $V_{in} < V_{batt}$ ซึ่งเกิดจากการที่แสงอาทิตย์มีความเข้มแสงต่ำในช่วงเวลาเช้าหรือช่วงเวลาเย็น รวมทั้งการมีเมฆบดบังแสงอาทิตย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าอยู่ในช่วงฤดูฝน กรณีนี้จะมีผลทำสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ SW1 ส่งผ่าน V_{in} ไปยังวงจรขยายแรงดันไฟฟ้าโดยการทำงานของในส่วนดังกล่าวนี้จะได้อธิบายในหัวข้อถัดไป



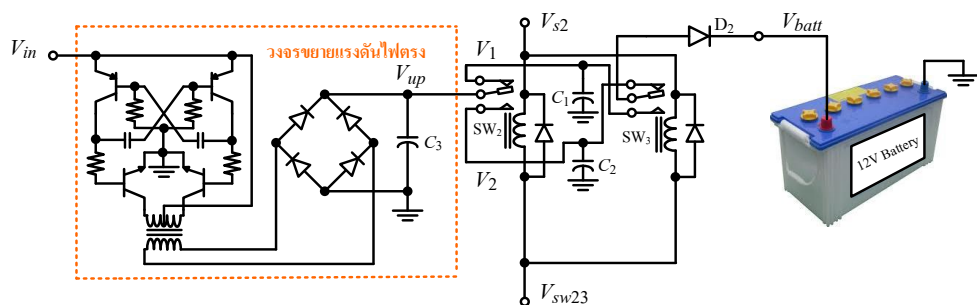
รูปที่ 3.5 แผนภาพบล็อกวงจรภายในเครื่องประจุแบตเตอรี่

3.3.1 วงจรขยายแรงดันไฟฟ้าและตัวเก็บประจุคู่

พิจารณารูปที่ 3.6 ซึ่งแสดงการต่อวงจรย่อยในส่วนของวงจรขยายแรงดันไฟฟ้าต่อร่วมกับตัวเก็บประจุ C_1 และ C_2 โดยภายในวงจรขยายแรงดันไฟฟ้าประกอบด้วยวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ หม้อแปลงแบบแปลงขึ้น 3 เท่า วงจรเรียงกระแสและตัวเก็บประจุ C_3 อาศัยพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ในรูปแบบของแรงดันไฟฟ้า V_{in} เพื่อเป็นแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงวงจรให้กับวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ และจากสมบัติการทำงาน of วงจรซึ่งจะมีผลทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_3 และ Q_4 ทำงานด้วยความถี่ (f) เท่ากับ

$$f = \frac{1}{1.44RC} \quad (3.1)$$

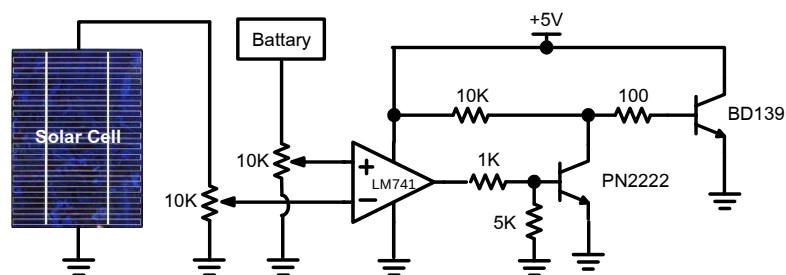
จากสมการที่ (3.1) ในงานนี้ได้ออกแบบให้ความถี่ดังกล่าวนี้มีค่าโดยประมาณเท่ากับ 1.44 kHz ผลจากการสลับกันทำงานของทรานซิสเตอร์ Q_3 และ Q_4 ทำให้เกิดกระแสไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิ (Primary) ของหม้อแปลงด้านซ้ายและด้านขวาสลับกัน และเนื่องจากได้ออกแบบให้ขดลวดทุติยภูมิ (secondary) ของหม้อแปลงมีจำนวนขดลวดมากกว่าด้านปฐมภูมิ ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวดทุติยภูมิที่ได้จะมีค่าสูงกว่าด้านปฐมภูมิ โดยที่การออกแบบได้กำหนดให้แรงดันไฟฟ้าที่ได้มีค่าสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าอินพุตประมาณเท่ากับ 5.5 เท่า จากนั้นอาศัยวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ (Bridge) และตัวเก็บประจุ C_3 เพื่อแปลงให้แรงดันไฟฟ้าที่ได้เป็นสัญญาณไฟตรง แล้วส่งผ่านรีเลย์เพื่อเข้าไปประจุเก็บไว้ในตัวเก็บประจุ C_1 และ Q_3 และ Q_2 โดยตัวเก็บประจุทั้ง 2 จะสลับกันประจุและสลับกันทำงานเพื่อประจุแบตเตอรี่



รูปที่ 3.6 วงจรขยายแรงดันไฟฟ้าและตัวเก็บประจุคู่

3.3.2 วงจรกำหนดเงื่อนไขการประจุแบตเตอรี่

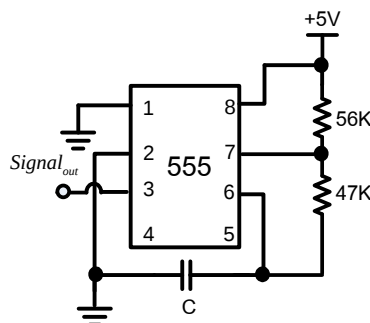
พิจารณารูปที่ 3.7 ออปแอมป์จะทำหน้าที่เป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดันระหว่างแรงดันจากโซลาเซลล์และแรงดันจากแบตเตอรี่ การตั้งค่าแรงดันอ้างอิงนั้นจะกำหนดให้แรงดันโซลาเซลล์มีค่าเท่ากับแรงดันแบตเตอรี่ ในช่วงเวลาต่อมาถ้าแรงดันจากโซลาเซลล์มากกว่าแรงดันแบตเตอรี่ เอาต์พุตที่ได้จากวงจรเปรียบเทียบจะเป็น 0 V ทราานซิสเตอร์ก็จะไม่ทำงานเนื่องจากไม่มีกระแสไหลที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ตัวแรก ทรานซิสเตอร์ตัวที่สองจะได้รับการไบอัสให้นำกระแสซึ่งเป็นเอาต์พุตของวงจร อีกกรณีหนึ่งคือถ้าแรงดันเซลล์แสงอาทิตย์น้อยกว่าแรงดันแบตเตอรี่ ทรานซิสเตอร์ตัวแรกจะนำกระแสซึ่งจะมีผลทำให้ไม่มีแรงดัน ไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ตัวที่สอง ทรานซิสเตอร์ตัวที่สองก็จะหยุดนำกระแส ทั้ง 2 กรณีที่กล่าวมาข้างต้นจะนำไปใช้สำหรับการควบคุมการทำงานของรีเลย์สวิตช์เพื่อการตัดสินใจว่าจะเป็นการประจุแบตเตอรี่โดยตรงหรือการประจุแบตเตอรี่ผ่านวงจรขยายแรงดันแบบใช้ตัวเก็บประจุ



รูปที่ 3.7 วงจรกำหนดเงื่อนไขการประจุแบตเตอรี่

3.3.3 วงจรกำหนดจังหวะการประจุแบตเตอรี่

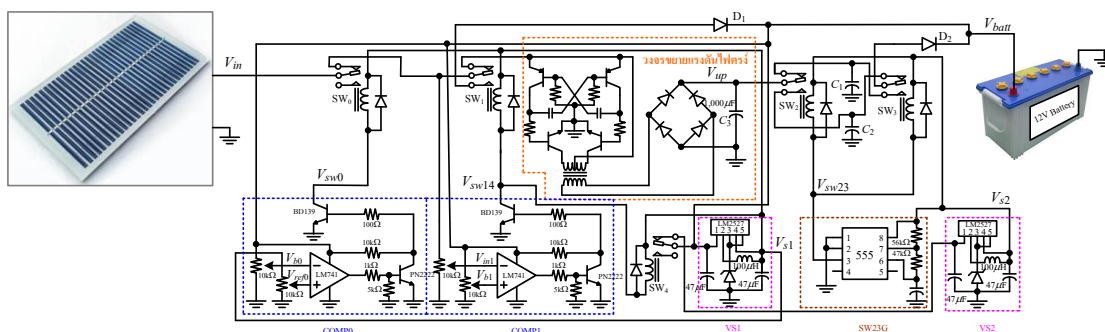
จากรูปที่ 3.8 เป็นวงจรสร้างสัญญาณสี่เหลี่ยมโดยใช้ไอซี 555 เป็นการนำสัญญาณเอาต์พุตที่ได้ไปควบคุมการทำงานของการประจุและการคายประจุของตัวเก็บประจุ C_1 และ C_2 ซึ่งวงจรสร้างสัญญาณสี่เหลี่ยมจะเป็นตัวกำหนดคาบเวลาและความกว้างพัลส์ในการคายประจุและประจุให้แก่ตัวเก็บประจุทั้งสอง สำหรับการประจุแบตเตอรี่ โดยค่าคาบเวลาและความกว้างพัลส์ของวงจรจะถูกกำหนดโดยพารามิเตอร์ R และ C ภายในวงจร



รูปที่ 3.8 วงจรกำหนดจังหวะการประจุแบตเตอรี่

3.3.4 วงจรสมรรถนะของระบบประจุแบตเตอรี่

จากหลักการของวงจรที่ได้ออกแบบขึ้น เพื่อให้วงจรสามารถทำงานได้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยได้พัฒนางจรสร้างสัญญาณควบคุมประกอบเป็นวงจรที่สมรรถนะดังแสดงในรูป 3.9 โดยมีรายละเอียดเพิ่มเติมดังนี้คือ วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ COMP0 ทำหน้าที่เปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้า ของแบตเตอรี่กับแรงดันไฟฟ้าอ้างอิง ซึ่งจะใช้สำหรับควบคุมการทำงานของสวิทช์อิเล็กทรอนิกส์ SW0 วงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้า COMP1 ทำหน้าที่เปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่กับแรงดันไฟฟ้า ซึ่งจะใช้สำหรับควบคุมการทำงานของสวิทช์อิเล็กทรอนิกส์ SW1 เพื่อตัดสินใจว่าการประจุแบตเตอรี่จะเป็นแบบโดยตรงผ่านไดโอด D_1 หรือเป็นแบบใช้วงจรขยายความต่างศักย์ วงจรสร้างสัญญาณแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงทำหน้าที่สร้างสัญญาณสำหรับใช้เลี้ยงสวิทช์อิเล็กทรอนิกส์ SW0 SW1 และ SW4 นอกจากนี้ใช้เป็นค่าอ้างอิงให้กับวงจร COMP0 วงจรสร้างสัญญาณแรงดันไฟฟ้าอ้างอิง ทำหน้าที่สร้างสัญญาณสำหรับใช้เลี้ยงสวิทช์อิเล็กทรอนิกส์ SW2 และ SW3 วงจรสร้างเวลาการประจุ SW23G สำหรับวงจรกำเนิดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมนี้เป็นการออกแบบโดยใช้ไอซี 555 เพื่อสร้างสัญญาณควบคุมสวิทช์อิเล็กทรอนิกส์ SW2 และ SW3 วงจรชาร์จประจุแบบตัวเก็บประจุคู่ และวงจรแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง และรีเลย์

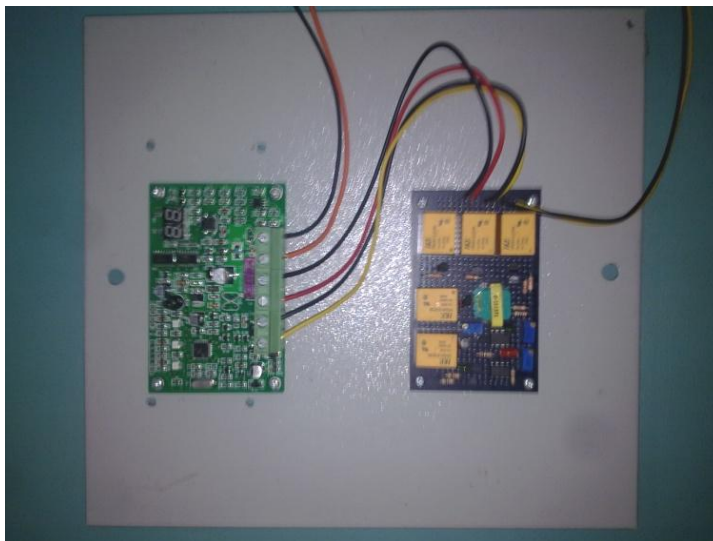


รูป 3.9 วงจรภายในเครื่องประจุแบตเตอรี่

3.4 ระบบควบคุมการกำหนดด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

การควบคุมโคมไฟส่องสว่างหลอด LED ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ของงานวิจัยนี้ ตัวควบคุมหลักของระบบคือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งได้ออกแบบโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATMEGA 128 ซึ่งทำหน้าที่ในการรับค่าข้อมูลแรงดันไฟฟ้าที่ใช้วัดจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่ แล้วจึงนำมาประมวลผลและสั่งการ โดยส่งบิตควบคุมสวิตช์ไปยังสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อเปิด-ปิดโคมไฟ ในขณะที่โคมไฟเปิดให้แสงสว่างอยู่นั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณ PWM ที่สร้างขึ้นมาจากภายในตัวของไมโครคอนโทรลเลอร์เอง เนื่องจาก AVR เบอร์นี้มีโมดูลของส่วนวงจรสร้างสัญญาณ PWM อยู่ภายในเรียบร้อยแล้ว (รีจิสเตอร์ PWM) เพื่อให้โคมไฟจะใช้แบบปกติ (ความเข้มแสงสูงสุด) หรือแบบประหยัดพลังงาน ผู้ใช้สามารถโปรแกรมได้โดยตรง ทั้งนี้ ความส่องสว่างสูงสุด สัญญาณ PWM จะมีค่าดีวี่ไซเคิลอยู่ที่ 100% และแบบประหยัดพลังงานอยู่ที่ 80%

นอกจากนี้แล้ว ผู้ใช้ยังสามารถเลือกโหมดการทำงานได้ทั้งสิ้น 14 โหมดการทำงาน (ดูรายละเอียดได้ในหัวข้อที่ (3.1) ซึ่งทำให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้สะดวกและรวดเร็วด้วยการกดเลือกโหมดต่าง ๆ จากเพียงปุ่มกดสวิตช์ เพียงปุ่มเดียวเท่านั้น



รูปที่ 3.10 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และวงจรควบคุมการประจุแบตเตอรี่

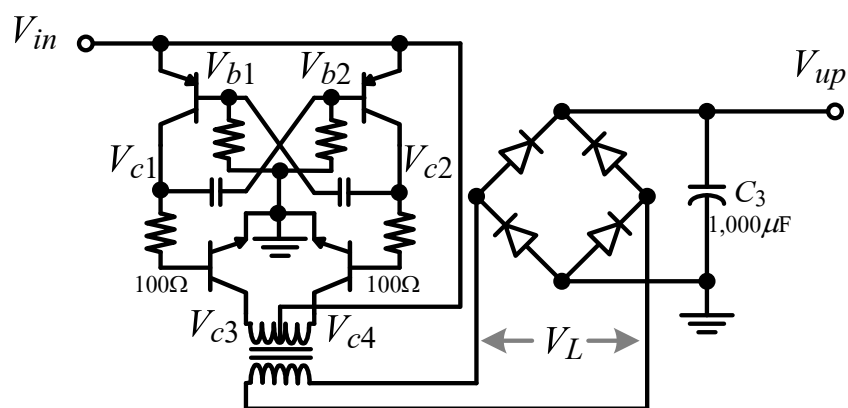
บทที่ 4

การทดสอบ ผลการทดสอบ และการวิจารณ์ผลการทำงาน

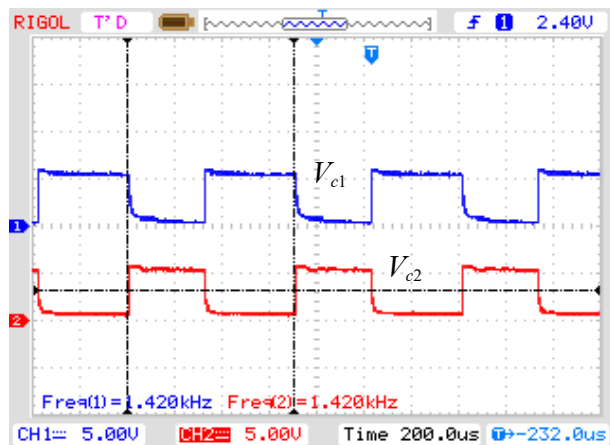
4.1 การทดสอบการทำงานของวงจรควบคุมการประจุแบตเตอรี่

4.1.1 ส่วนของวงจรขยายแรงดันไฟฟ้าตรง

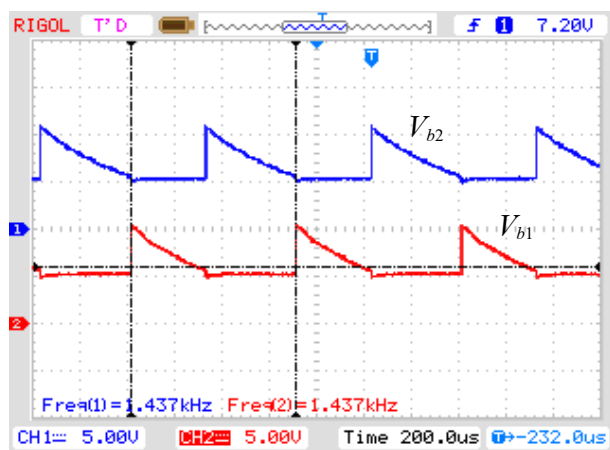
ในส่วนนี้เป็นการทดสอบการทำงานของวงจรขยายความต่างศักย์ (วงจรคอนเวอร์เตอร์) ซึ่งจะใช้สำหรับการขยายแรงดันไฟฟ้าตรง (V_{in}) จากเซลล์แสงอาทิตย์ในกรณีที่ความเข้มแสงต่ำ โดยในเบื้องต้นได้ทดลองใช้แรงดันไฟฟ้าตรงขนาด 12 V ป้อนเป็นอินพุต (V_{in}) ให้กับระบบ (รูปที่ 4.1) และทำการทดลองวัดแรงดันไฟฟ้าที่จุดต่าง ๆ ของวงจร ซึ่งได้ตัวอย่างผลการวัดดังแสดงในรูปที่ 4.2 ถึงรูปที่ 4.6



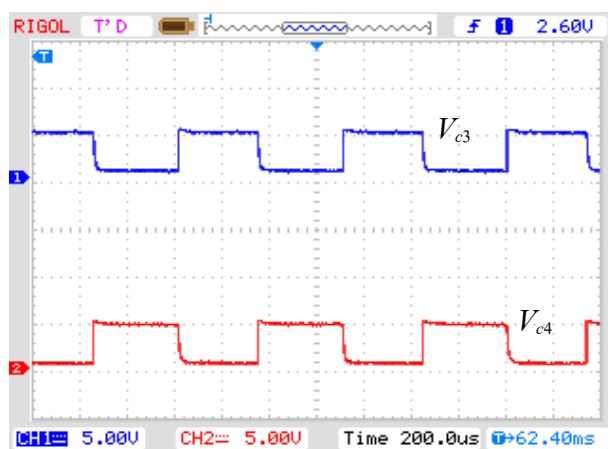
รูปที่ 4.1 วงจรขยายแรงดันไฟฟ้าตรง



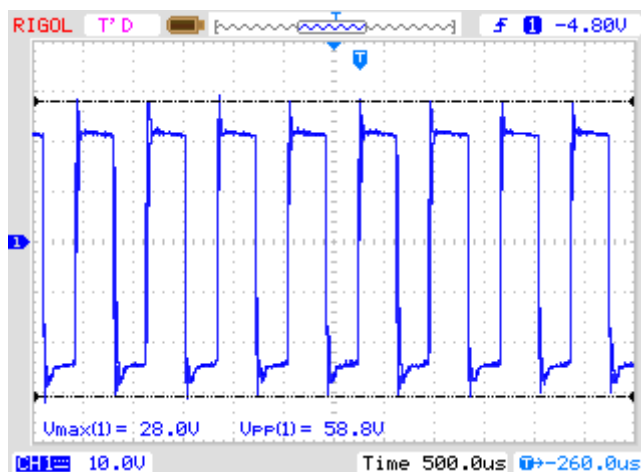
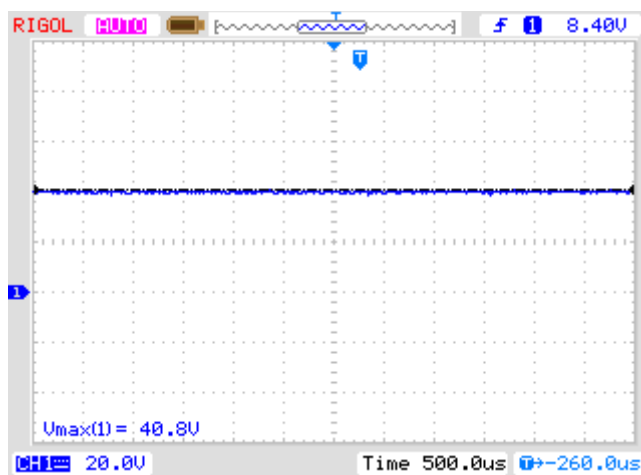
รูปที่ 4.2 สัญญาณ V_{c1} และ V_{c2}



รูปที่ 4.3 สัญญาณ V_{b1} และ V_{b2}



รูปที่ 4.4 สัญญาณ V_{c1} และ V_{c2}

รูปที่ 4.5 สัญญาณ V_L รูปที่ 4.6 สัญญาณ V_{up}

จากรูปผลการทดสอบการทำงาน รูปที่ 4.2 ถึงรูปที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มวงจรด้านซ้ายมือ จะทำหน้าที่ให้กำเนิดสัญญาณที่มีความถี่ประมาณเท่ากับ 1.4 kHz เพื่อส่งต่อให้หม้อแปลงทำการ ขยายสัญญาณ ได้เป็นสัญญาณ V_L ต่อจากนั้นเมื่อนำสัญญาณดังกล่าวนี้ไปผ่านวงจรเรียงกระแสและ วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ซึ่งจะทำให้ได้แรงดันไฟตรง V_{up} ที่มีขนาดสูงกว่า V_{in} ประมาณเท่ากับ 3 เท่า

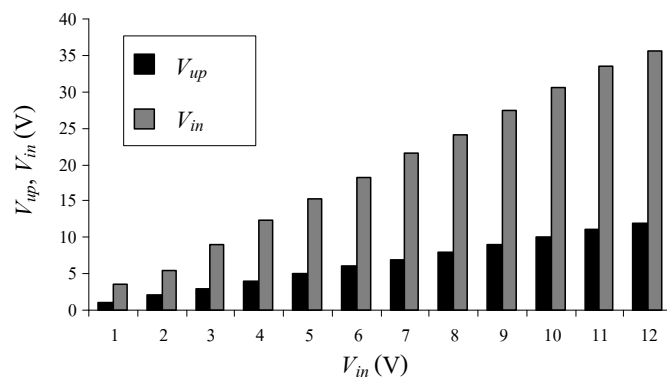
ลำดับต่อมาผู้วิจัยได้ใช้ตัวต้านทาน (R_L) ขนาด 1 k Ω ต่อโหลดให้กับวงจรและทำการทดลอง แปรค่าขนาดของแรงดันไฟตรงอินพุต (V_{in}) จาก 1V ถึง 12V ทำการวัดขนาดของแรงดันไฟตรง เอาต์พุต และคำนวณหาประสิทธิภาพการทำงานของวงจร โดยจะได้ผลการตรวจวัดและการคำนวณ

ค่าต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และได้กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เทียบกับแรงดันไฟตรง V_{in} ดังแสดงในรูปที่ 4.7 ถึงรูปที่ 4.9

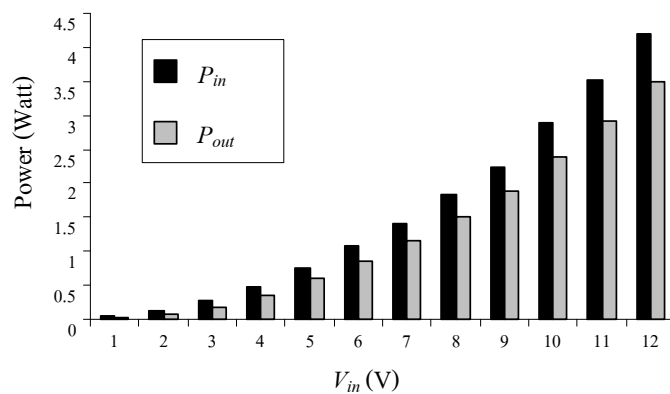
จากกราฟในรูปที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าแรงดันที่เอาต์พุต (V_{RL}) จะมีค่าประมาณเท่ากับ 3 เท่าของแรงดันอินพุตที่จ่ายให้แก่วงจร จากกราฟในรูปที่ 4.8 และรูปที่ 4.9 จะเห็นได้ว่ากำลังงานที่เอาต์พุตจะมีค่าโดยเฉลี่ย 77.15 % ของกำลังงานอินพุต แต่เมื่อพิจารณาในช่วงแรงดันไฟฟ้าอินพุตมีค่าตั้งแต่ 5V ขึ้นไปค่าประสิทธิภาพของวงจรจะมีค่าโดยประมาณเท่ากับ 80 %

ตารางที่ 4.1 ผลการตรวจวัดและการคำนวณค่าต่าง ๆ ของวงจรขยายแรงดันไฟตรง

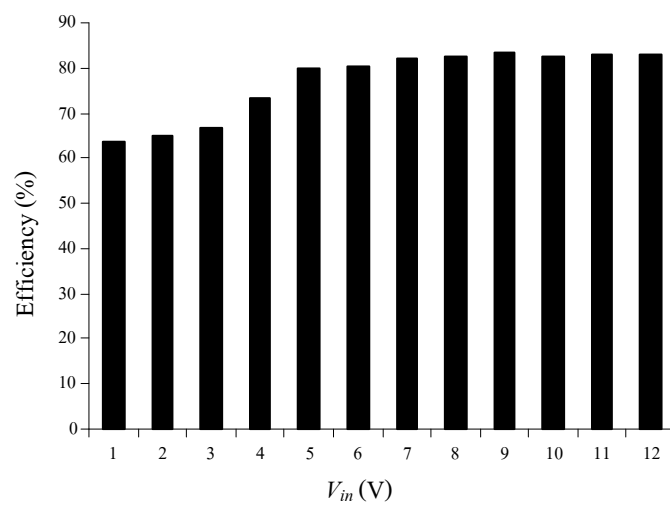
V_{in} (V)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	I_{RL} (A)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	Efficiency (%)
1	0.05	3.6	0.0088	0.05	0.0319	63.81
2	0.06	5.4	0.0144	0.12	0.0780	65.04
3	0.09	9.0	0.0200	0.27	0.1801	66.71
4	0.12	12.4	0.0028	0.48	0.3516	73.24
5	0.15	15.2	0.0394	0.75	0.5997	79.97
6	0.18	18.2	0.0476	1.08	0.8665	80.23
7	0.20	21.6	0.0532	1.40	1.1498	82.13
8	0.23	24.0	0.0632	1.84	1.5177	82.49
9	0.25	27.4	0.0686	2.25	1.8804	83.57
10	0.29	30.6	0.0781	2.90	2.3913	82.46
11	0.32	33.6	0.0870	3.52	2.9221	83.01
12	0.35	35.6	0.0981	4.20	3.4934	83.18



รูปที่ 4.7 แรงดันไฟตรง V_{in} และ V_{up}



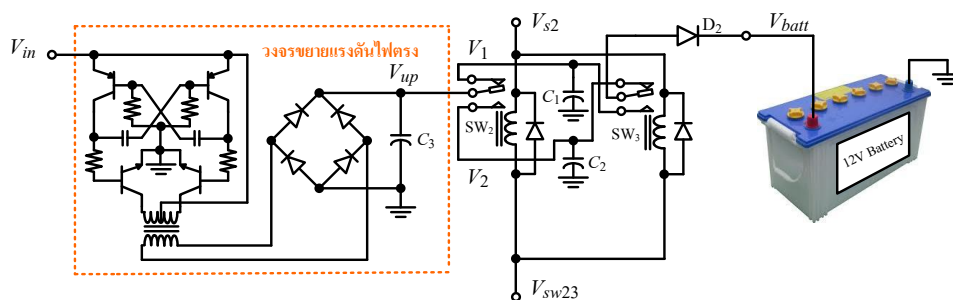
รูปที่ 4.8 ค่ากำลังไฟที่เอาต์พุตและที่อินพุต



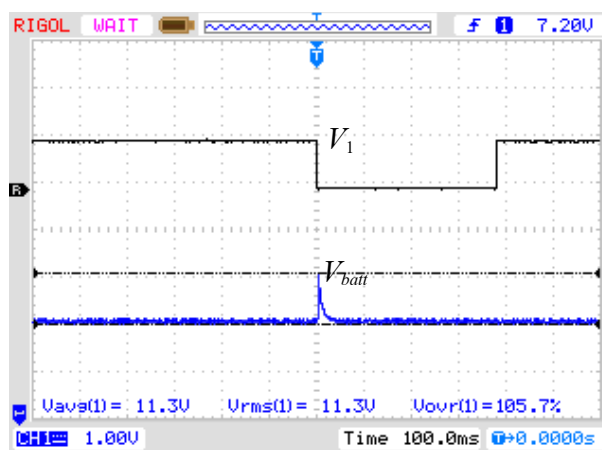
รูปที่ 4.9 ค่ากำลังไฟที่เอาต์พุตและที่อินพุต

4.1.2 ส่วนของวงจรประจุแบตเตอรี่โดยใช้ตัวเก็บประจุแบบคู่

ในหัวข้อนี้เป็นการทดสอบและคำนวณหาพลังงานในตัวเก็บประจุ C_1 และ C_2 ในช่วงเวลา 1 วินาที



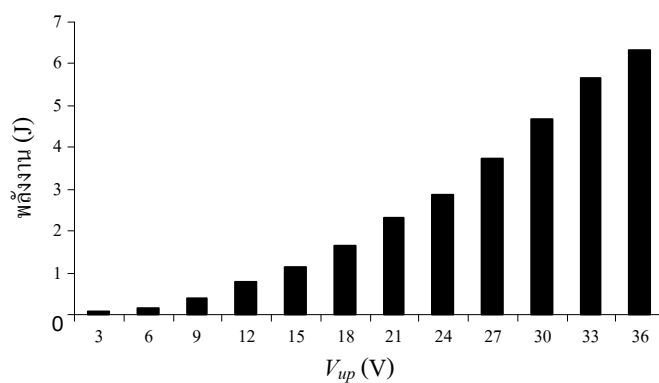
รูปที่ 4.10 การเชื่อมต่อวงจรขยายแรงดันไฟฟ้าตรงกับตัวเก็บประจุแบบคู่



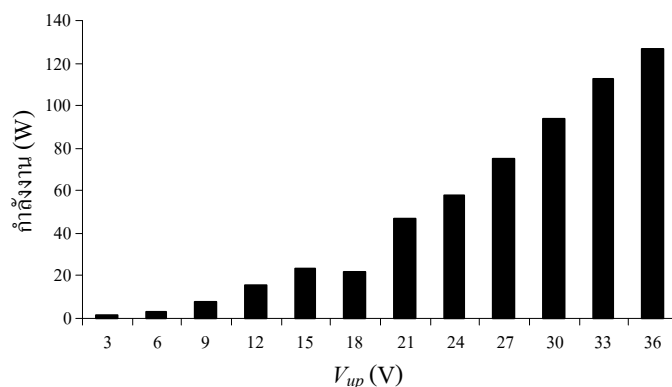
รูปที่ 4.11 ตัวอย่างผลการวัดแรงดันไฟฟ้า V_1 และ V_{batt}

ตารางที่ 4.2 ผลการคำนวณหาค่ากำลังงานจากตัวเก็บประจุ C_3 ใน 1 รอบการทำงาน

V_{up} (V)	พลังงาน (J)	กำลังงาน (W)	กำลังงาน (kW)
3.6	0.0648	1.296	2.3328
5.4	0.1458	2.96	5.2488
9.0	0.4050	8.1	14.5800
12.4	0.7688	15.376	27.6768
15.2	1.1552	23.104	41.5872
18.2	1.6562	22.124	59.6232
21.6	2.3328	46.656	83.9808
24.0	2.8800	57.6	103.6800
27.4	3.7538	75.07	135.68
30.6	4.6818	93.636	168.5448
33.6	5.6448	112.869	203.2128
35.6	6.3368	126.736	228.1248



รูปที่ 4.12 ผลการคำนวณค่าพลังงาน

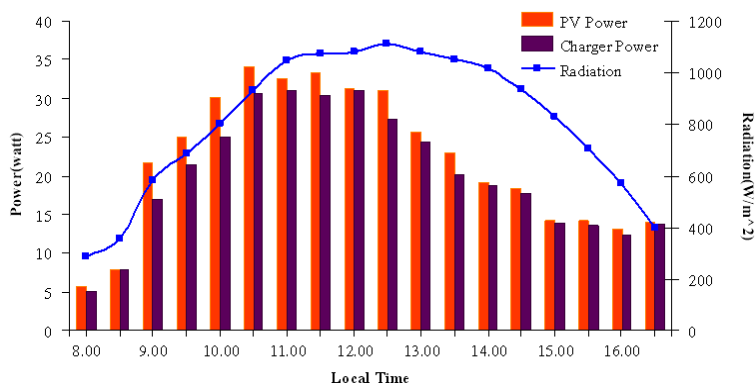


รูปที่ 4.13 ผลการคำนวณค่ากำลังงาน

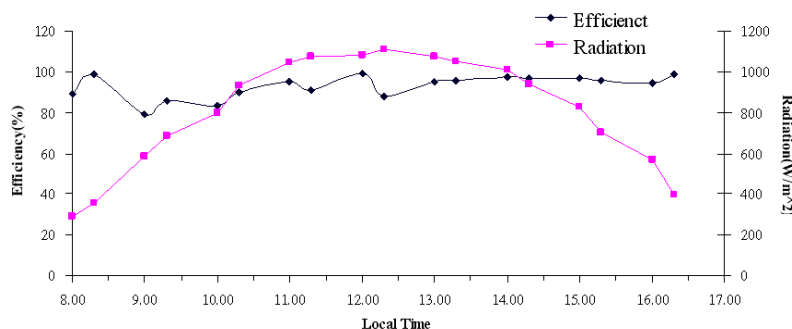
ในรูปที่ 4.11 แสดงตัวอย่างผลการวัดแรงดันไฟฟ้า V_1 และ V_{batt} โดยที่ในช่วงเวลาแรกนั้นตัวเก็บประจุ C_1 ได้รับการประจุจนกระทั่งมีค่าเท่ากับแรงดัน V_{up} ช่วงเวลาต่อมาเป็นช่วงที่สวิตช์ SW3 ทำงานโดยส่งผ่าน V_1 ให้กับไดโอด D_2 เพื่อการประจุแบตเตอรี่ ลำดับสุดท้ายในรูปแบบเป็นช่วงเวลาที่ตัวเก็บประจุ C_1 ได้รับการประจุใหม่อีกครั้งหนึ่ง และเมื่อทำการทดลองแปรค่า V_{up} จาก 3.6 V จนถึง 35.6 V จะได้ผลการคำนวณค่ากำลังงานจากตัวเก็บประจุ C_3 ใน 1 รอบการทำงานดังแสดงในตารางที่ 4.2 และได้ผลการพล็อตกราฟดังแสดงในรูปที่ 4.12 และรูปที่ 4.13

4.1.3 ส่วนของวงจรขยายแรงดันไฟฟ้าตรง

ในส่วนนี้เป็นการทดสอบวงจรควบคุมการชาร์จทั้งระบบโดยต่อร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 40 W และแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดขนาด 12 V ทำการวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าด้านเข้าและด้านออกของวงจรในช่วงเวลา 8.00 น. – 17.00 น. โดยได้ผลการทำงานดังแสดงในรูปที่ 4.14 และรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.14 ค่ากำลังงานและค่าความเข้มแสง



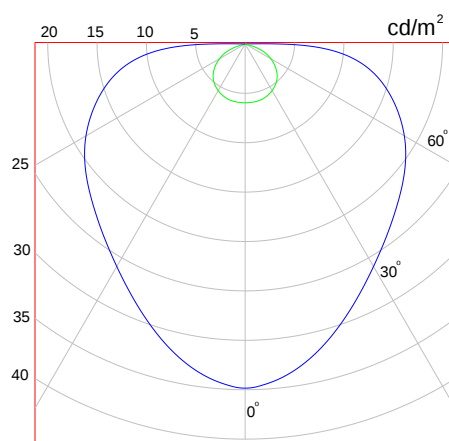
รูปที่ 4.15 ค่าประสิทธิภาพและค่าความเข้มแสง

เมื่อพิจารณาค่าประสิทธิภาพในการประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่ที่ความเข้มรังสีอาทิตย์ตลอดการทดลองประจุแบตเตอรี่ ตั้งแต่เวลา 8:00 – 17:00 น. จะพบว่าเครื่องประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่สามารถให้ประสิทธิภาพเฉลี่ย 92.80 % ในช่วงรังสี 300 - 1,100 วัตต์/ตารางเมตร ซึ่งจากรูปผลการทำงานแสดงให้เห็นว่า ความสามารถในการประจุแบตเตอรี่ที่ความเข้มรังสีอาทิตย์ต่ำๆ มีค่าใกล้เคียงกันกับที่ความเข้มรังสีอาทิตย์สูง ๆ

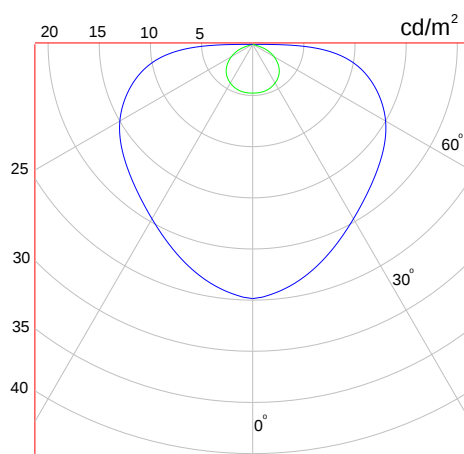
4.2 การทดสอบการทำงานของโคมไฟ

ผู้วิจัยได้ทดสอบความสว่างของโคมไฟจากการแปรค่าตัวชี้ไขเกิลของสัญญาณ PWM จากไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งหมด 3 ค่า คือ 100 % 80 % และ 50 % ผลการวัดกระแสที่ใช้สามารถวัดได้มีค่าเท่ากับ 1.17 A, 0.84 A และ 0.52 A ตามลำดับ (แรงดันไฟฟ้าขณะทดสอบเท่ากับ 12.5 V)

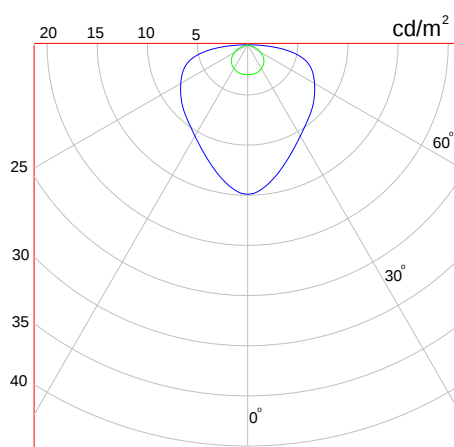
เมื่อนำมาคำนวณกำลังงานที่ใช้พบว่ามีค่าเท่ากับ 14.625 W, 10.5 W และ 6.5 W ตามลำดับ



รูปที่ 4.16 ความเข้มแสงเมื่อใช้ค่าควัตัซเซิลเท่ากับ 100 %



รูปที่ 4.17 ความเข้มแสงเมื่อใช้ค่าควัตัซเซิลเท่ากับ 80 %



รูปที่ 4.18 ความเข้มแสงเมื่อใช้ค่าควัตัซเซิลเท่ากับ 50 %

พิจารณารูปผลการวัดค่าความเข้มแสงที่มุมต่าง ๆ รอบโคมไฟ จะเห็นได้ว่าแต่ละรูปมีค่าสูงสุดประมาณเท่ากับ 35 cd/m^2 24 cd/m^2 และ 13 cd/m^2 ตามลำดับ ทั้งนี้ที่ค่าตัวชี้ไขเคลเท่ากับ 100% จะได้แสงที่มีความเข้มเพียงพอสำหรับยานพาหนะประเภทรถยนต์ ที่ค่าตัวชี้ไขเคลเท่ากับ 80% จะได้แสงที่มีความเข้มเพียงพอสำหรับยานพาหนะประเภทจักรยาน แต่ใช้กำลังงานลดลงถึง 28% และที่ค่าตัวชี้ไขเคลเท่ากับ 50 % จะได้แสงที่มีความเข้มเพียงพอสำหรับคนเดิน โดยมีการใช้กำลังงานลดลง 55.5 %

บทที่ 5

บทสรุปผลการดำเนินงาน

5.1 บทสรุปและวิจารณ์

เป้าหมายหลักของงานวิจัยนี้คือการพัฒนาโคมไฟส่องถนนแบบหลอด LED โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ รวมทั้งการพัฒนางจรประมวลผลสัญญาณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งได้แก่วงจรควบคุมการประจุแบตเตอรี่ และวงจรควบคุมการจ่ายกระแสให้กับหลอด LED ภายในโคมไฟ ผลการดำเนินการคณะผู้วิจัยได้ออกแบบโคมไฟที่เสามีความสูง 4 เมตร แขนติดโคมไฟห่างจากตัวเสา 2 เมตร ภายในโคมไฟบรรจุด้วยหลอด LED ชนิด Ultrabright ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดไฟ LED 6 mm สีขาว Day Light จำนวน 800 หลอด แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ขนาด 40 วัตต์ 2.5 แอมแปร์ และใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 45 แอมป์-ชั่วโมง การออกแบบวงจรควบคุมการประจุแบตเตอรี่แบ่งออกเป็น 2 โหมดการทำงานคือโหมดที่แสงอาทิตย์มีความเข้มแสงเพียงพอซึ่งจะใช้แรงดันไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ประจุแบตเตอรี่โดยตรง และอีกโหมดหนึ่งคือกรณีที่แสงอาทิตย์มีความเข้มแสงต่ำจะใช้วิธีนำค่าแรงดันไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มาขยาย และใช้เทคนิคการประจุแบบคู่สำหรับการประจุแบตเตอรี่ ในส่วนของการออกแบบวงจรควบคุมการจ่ายกระแสให้กับหลอด LED นั้นอาศัยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR สำหรับการสร้างสัญญาณ PWM เพื่อขับกระแส นอกจากนี้ยังใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ดังกล่าวนี้สำหรับการประมวลผลสัญญาณเพื่อติดต่อกับผู้ใช้งาน สำหรับผลการทดสอบการทำงานของวงจรประจุแบตเตอรี่และผลการแปรค่าตัวชี้วัดสัญญาณ PWM สำหรับปรับความเข้มแสงของโคมไฟได้กล่าวไว้ในบทที่ 4 โดยในท้ายที่สุดคณะผู้วิจัยได้แบ่งโหมดการตั้งเวลาสำหรับควบคุมการปิด-เปิดไฟไว้ 13 โหมด และโหมดควบคุมความเข้มแสงไว้ 2 โหมดดังที่ได้อธิบายไว้ในบทที่ 3 ผลจากการทดสอบการทำงานในขั้นตอนสุดท้ายพบว่าการทำงานทุกโหมดสามารถทำงานได้เป็นไปตามหลักการที่ได้ออกแบบไว้

5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการทำวิจัยต่อ

แนวทางการดำเนินงานวิจัยนี้เริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่โคมไฟชนิดหลอด LED เริ่มได้รับความสนใจในการนำมาประยุกต์ใช้งาน โดยในช่วงเวลาสองถึงสามปีที่ผ่านมาได้มีการนำเอาโคมไฟชนิดหลอด LED สำเร็จรูปจากประเทศจีนเข้ามาจำหน่ายในประเทศไทยมากยิ่งขึ้น ดังนั้นการวิจัยเพื่อพัฒนาโคมไฟชนิดหลอด LED ของนักวิจัยไทยจำเป็นต้องหาจุดเด่น เช่นการ

เพิ่มประสิทธิภาพ หรือความฉลาดให้กับนวัตกรรมคอมพิวเตอร์ที่ต้องการพัฒนาขึ้น จึงจะสามารถแข่งขัน
การสินค้าที่มีการนำเข้าจากต่างประเทศได้

บรรณานุกรม

- [1] LED replacement for fluorescent tube lighting, Heffernan, B. Frater, L. Watson, N. Electr. Power Eng. Centre, Dept. of Electr. & Comput. Eng., Univ. of Canterbury, Christchurch, Universities Power Engineering Conference, 2007. AUPEC 2007. Australasian Publication Date: 9-12 Dec. 2007 On page(s): 1 – 6.
- [2] Save the environment with energy care . (2551). **LED Lamp**. สืบค้นเมื่อ 3 มีนาคม 2551, จาก <http://www.engineo.com>
- [3] กองวิจัยและพัฒนา ,กรมการพลังงานทหาร ,ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร. (2551). พลังงานแสงอาทิตย์. สืบค้นเมื่อ 3 มีนาคม 2551, จาก <http://www1.mod.go.th/opsd/dedweb/energy/about/meaning%20and%20type/solar.htm>
- [4] National Aeronautics and Space Administration. **World Solar Energy Potential**.
- [5] กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานและคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. (2542). **แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย พ.ศ. 2542**.
- [6] National Aeronautics and Space Administration. (2008). **NASA Langley Atmospheric Science Data Center**. Retried March 3, 2008, from <http://eosweb.larc.nasa.gov/>
- [7] วิทยาลัยพลังงานทดแทน. (2549). **ข้อมูลรังสีอาทิตย์และค่าทางอุณหภูมิมิถยา ปี พ.ศ.2549.**, วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- [8] National Renewable Energy Laboratory. **Selected Asia Contries – Direct Normal Solar Radiation**.
- [9] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ร่วมกับห้องปฏิบัติการวิจัยพลังงานแสงอาทิตย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. (2551). **ฐานข้อมูลความเข้มรังสีตรงสำหรับประเทศไทย**. สืบค้นเมื่อ 3 มีนาคม 2551, จาก http://thaisolarpower.com/su/solarmaps/dni_data/dni_manyyears.htm

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การเผยแพร่ผลงานวิจัย

การประชุมวิชาการ

- เครื่องประจุแบตเตอรี่ประสิทธิภาพสูงพลังงานแสงอาทิตย์ โดยอาศัยหลักการของตัวเก็บประจุคู่
การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อเยาวชนครั้งที่ 7
วันที่ 2 – 4 พฤษภาคม พ.ศ.2555 ณ ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค บางนา
กรุงเทพมหานคร
- เครื่องบันทึกข้อมูลไร้สายพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้โปรโตคอลแบบโพลลิง
การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 4
วันที่ 28 – 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2554 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้เผยแพร่ผลงานต้นแบบในงาน “ตลาดนัดพลังงานชุมชน” วันที่ 18
พฤษภาคม พ.ศ. 2554 ณ ลานหน้าห้างบิ๊กซี จังหวัดพิษณุโลก

The 7th Science and Technology Conference for Youths

บทคัดย่อ Abstracts



การประชุมวิชาการ

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อเยาวชน ครั้งที่ 7



สวทช.
NSTDA

2-4 พฤษภาคม 2555 ณ ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค บางนา กรุงเทพมหานคร

เยาวชนวิทย์ คิด-เรียนรู้ อยู่กับธรรมชาติ

เครื่องประจุแบตเตอรี่ประสิทธิภาพสูงพลังงานแสงอาทิตย์ โดยอาศัยหลักการของตัวเก็บประจุคู่
นพดล สีสุข¹, สุภาวดี สุพระมิตร¹, ธงชัย มณีชูเกตุ¹, ศิรินุช จินดารักษ์¹

¹ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

Email address: noppadon_su@hotmail.com

โทรศัพท์ 084-5068375

บทคัดย่อ: บทความนี้ได้นำเสนอ การพัฒนาออกแบบและสร้างเครื่องประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องประจุแบตเตอรี่ ด้วยหลักการสแต็ปอัพคอนเวอร์เตอร์ที่ อาศัยเทคนิคจากวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ จากนั้นนำไปเข้าสู่หม้อแปลงแบบสแต็ปอัพเพื่อเพิ่มระดับ สัญญาณไฟฟ้าให้มีขนาดใหญ่ขึ้นแล้วนำสัญญาณที่ได้ไปผ่านวงจรเรกติไฟเออร์เพื่อแปลงเป็นสัญญาณไฟ กระแสตรง ด้วยหลักการดังกล่าวเครื่องประจุแบตเตอรี่สามารถที่จะประจุแบตเตอรี่ได้ในขณะที่มีความเข้ม แสงอาทิตย์ต่ำ อีกทั้งยังได้เพิ่มในส่วนของตัวเก็บประจุคู่เพื่อเก็บพลังงานไว้ในตัวเก็บประจุก่อนนำไปประจุ ให้แก่แบตเตอรี่ในภายหลัง จากการใช้ตัวเก็บประจุคู่นี้สามารถทำให้การประจุแบตเตอรี่ทำงานได้เต็มรอบ การทำงาน ดังนั้นจึงมีความต่อเนื่องในการประจุให้แก่แบตเตอรี่ จากการทดสอบระบบให้ประสิทธิภาพใน การประจุไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 92.80 % ในช่วงการกระจายรังสีแสงอาทิตย์ครอบคลุมระหว่าง 300 – 1,100 วัตต์/ตารางเมตร

คำสำคัญ: ประจุแบตเตอรี่, ตัวเก็บประจุคู่, สแต็ปอัพคอนเวอร์เตอร์, อะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

High Efficiency Solar Charger Based On Dual Capacitor Technique

Noppadon Sisuk¹, Suphawadee Suphramit¹, Thongchai Maneechukate¹, Sirinuch Chindaruksa¹

¹ Physics Department, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok, Thailand

Email address: noppadon_su@hotmail.com

Tel. 084-5068375

Abstract: This article proposes dosing and building the battery charger added the operating performance using the step-up converter principle depending on a stable multivibrator circuit. Then its output is taken into the step-up transformer to increase electrical signal level to be larger. Next, such signal is taken to pass the rectifier circuit to convert it to DC with these principles, the battery charger can charge battery while the intensity of the sun light is low; and it also is increased in the part of dual capacitor to storage the energy bets it is taken to charge to the battery later on. From using that dual capacitor, the battery charging can fully operate in each cycle, this it can charge into battery continuously. From testing, system has the performance for charging at 92.80% in the solar radiation range between 300 – 1,100 watt/m².

Keywords: charger battery, dual capacitor, step-up converter, a stable multivibrator

บทความวิจัยฉบับสมบูรณ์
การนำเสนอผลงานวิจัย แบบบรรยายและโปสเตอร์



รายงานสืบเนื่องจาก
โครงการสัมมนาวิชาการครั้งที่ ๔
“รูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย”
4th Thailand Renewable Energy Community Configuration Congress

มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
LAMPANG RAJABHAT UNIVERSITY

เครื่องบันทึกข้อมูลไร้สายพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้โปรโตคอลแบบโพลลิง

Solar Energy Wireless Data Recorder Based on Polling Protocol

ธงชัย มณีชูเกตุ นพดล สีสุข สุภาวดี สุพระมิตร และ ศิรินุช จินดารักษ์*

Thongchai Maneechukate, Noppadon Sisuk, Suphawadee Suphamit and Sirinuch Chindaruksa*

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000 *E-Mail: sirinuchc@nu.ac.th

Physics Department, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok 65000

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอ การประยุกต์ระบบสื่อสารไร้สายความถี่ 2.4 GHz เป็นตัวส่งผ่านข้อมูลของเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ ซึ่งเครื่องบันทึกข้อมูลที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้สามารถบันทึกค่าอุณหภูมิและสัญญาณอากาศจากทรานสดิวเซอร์ภายนอกที่มีค่าแรงดันไฟฟ้าในช่วง 0-5 โวลต์ เพื่อบันทึกลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ตัวรับโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลหลักในการควบคุม เครื่องบันทึกข้อมูลที่น่าสนใจคือใช้โปรโตคอลแบบโพลลิงในการสื่อสารระหว่างเครื่องบันทึกข้อมูลภาคสนามและเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ตัวรับที่อยู่ในระยะไกลหรือภายในสำนักงานได้อีกทั้งยังสามารถกำหนดความละเอียดในการบันทึกข้อมูลได้ตั้งแต่ 0.1 วินาที ถึง 1 ชั่วโมง ในส่วนของระบบควบคุมและส่งผ่านข้อมูลแบบไร้สายสามารถทำงานได้เป็นอย่างดีโดยไม่มีผลผิดพลาดในการส่งและรับข้อมูล นอกจากนี้ ยังมีระบบประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง สามารถประจุแบตเตอรี่ได้ในขณะที่มีสภาพความเข้มแสงต่ำ ทั้งนี้ประสิทธิภาพในการประจุไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 92.80% ในช่วงการกระจายรังสีแสงอาทิตย์ครอบคลุมระหว่าง 300-1,100 วัตต์/ตารางเมตร เมื่อทดสอบการทำงานของเครื่องบันทึกข้อมูลทั้งระบบ พบว่า ระบบสามารถทำงานได้ต่อเนื่อง 289 ชั่วโมง (12วัน) โดยไม่มีการประจุแบตเตอรี่เพิ่มอีกทั้งยังสามารถส่งข้อมูลมายังเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ตัวรับครอบคลุมพื้นที่ 200 x 200 ตารางเมตร จึงสามารถทำให้เก็บข้อมูลได้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลาและเกิดประสิทธิภาพสูงในการทำงาน

คำสำคัญ: เครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ, ระบบสื่อสารไร้สาย, พลังงานแสงอาทิตย์, อุณหภูมิ

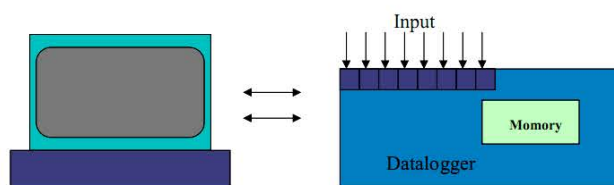
1. บทนำ

การเก็บบันทึกข้อมูลการวิจัยจำเป็นต้องมีการเก็บข้อมูลที่ต่อเนื่องตลอดเวลาและถูกต้องแม่นยำ สิ่งที่สำคัญในการเก็บข้อมูล คือ เครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติที่สามารถบันทึกข้อมูลได้อย่างต่อเนื่อง เพื่อความสะดวกในการนำข้อมูลมาวิเคราะห์และประมวลผลที่ต้องการทราบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงข้อมูล ซึ่งเครื่องบันทึกข้อมูลนี้มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในการเก็บข้อมูลวิจัยหลายสาขาวิชา เช่น งานวิจัยทางด้านพลังงานที่มีการเก็บข้อมูลความเข้มแสงอาทิตย์ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และสัญญาณอากาศภายนอกในรูปอื่นๆ อย่างไรก็ตามเครื่องบันทึกข้อมูลที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการเป็นเครื่องมือที่มีราคาสูงและต้องนำเข้าจากต่างประเทศ อีกทั้งยังมีปัญหาเรื่องอายุการใช้งานและการซ่อมแซม ที่ต้องมีการส่งซ่อมกับบริษัทผู้จำหน่ายเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถซ่อมบำรุงเองได้ นอกจากปัญหาเครื่องบันทึกข้อมูลที่มีราคาแพงแล้ว บางครั้งการเก็บข้อมูลภาคสนาม อาจจะต้องทำการเก็บข้อมูลในพื้นที่ที่ไฟฟ้าเข้าไม่ถึง อีกทั้งปัญหาเรื่องแหล่งพลังงานที่ใช้ในปัจจุบันประสบปัญหาอย่างรุนแรง ดังจะเห็นได้จากราคาน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง การนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้เป็นแหล่งพลังงานของเครื่องบันทึกข้อมูล จะสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการพัฒนาเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติไร้สายพลังงานแสงอาทิตย์จึงสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวข้างต้นได้เป็นอย่างดี

ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น จึงมีการพัฒนาออกแบบเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติขึ้นใช้งานเป็นจำนวนมาก เช่นเครื่องบันทึกข้อมูลทางด้านชีวภาพของร่างกายในรูปแบบต่างๆ เช่น อุณหภูมิผิวหนัง ความดันเลือด และอัตราการเต้นของหัวใจ เป็นต้น [1,2] เนื่องจากต้องมีการเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องจึงทำให้มีข้อจำกัดในเรื่องของหน่วยความจำในการบันทึกข้อมูลที่ต้องมีขนาดใหญ่ จึงส่งผลทำให้ต้องใช้เวลานานในการถ่ายโอนข้อมูลมายังไมโครคอมพิวเตอร์ตัวรับ นอกจากนี้แล้วยังมีงานวิจัยที่เกี่ยวกับเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติเพื่อใช้บันทึกข้อมูลทางด้านธรณีวิทยา [3], เครื่องบันทึกข้อมูลความชื้นและอุณหภูมิอัตโนมัติ [4] แต่ยังมีข้อจำกัดเรื่องของหน่วยความจำและการถ่ายโอนข้อมูล เมื่อไม่นานมานี้ Erdem [5] ได้นำเสนอบทความเกี่ยวกับเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ โดยมีการบีบอัดข้อมูลด้วยเทคนิคของการมอดูเลตแบบเดลต้า ซึ่งใช้วิธีการเข้ารหัสความแตกต่างของสัญญาณปัจจุบันและสัญญาณก่อนหน้าด้วยความยาวข้อมูล 2 บิต โดยกำหนดว่าสัญญาณลอจิก 00 แสดงว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลง 10 แสดงการเพิ่มของสัญญาณ 01 แสดงว่ามีการลดลงของสัญญาณ แต่ในการมอดูเลตแบบเดลต้า นั้นก็ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของสัญญาณรบกวนจากการควันไทซ์(quantizing) ทำให้ข้อมูลที่แปลงกลับมีความผิดพลาดเกิดขึ้น ในงานวิจัยที่นำเสนอนี้ จึงมีการพัฒนาเครื่องบันทึกข้อมูลที่สามารถบันทึกข้อมูลแบบอัตโนมัติและต่อเนื่องตลอดเวลาโดยข้อมูลที่ถูกบันทึกจะส่งมายังไมโครคอมพิวเตอร์โดยตรงโดยไม่ต้องเก็บบันทึกในหน่วยความจำของเครื่องบันทึกข้อมูลภาคสนาม ด้วยระบบการสื่อสารไร้สายในรูปของการสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุชนิด เซนแบนด์ (citizen band) ย่านความถี่ 2.4 GHz ซึ่งทำงานครอบคลุมพื้นที่ 200 x 200 ตารางเมตร และสามารถบันทึกข้อมูลได้ 8 จุดพร้อมกัน มีความละเอียดในการบันทึกที่สามารถกำหนดโดยผู้ใช้งานได้ตั้งแต่ 0.1 วินาที ถึง 1 ชั่วโมง อย่างต่อเนื่อง สำหรับการออกแบบและสร้างเครื่องประยุกต์พลังงานแสงอาทิตย์ ในการวิจัยนี้ มุ่งเน้นไปที่การเพิ่มประสิทธิภาพในการประยุกต์แบตเตอรี่ ซึ่งออกแบบให้สามารถประยุกต์แบตเตอรี่ในระดับความเข้มรังสีอาทิตย์ต่ำได้ โดยอาศัยหลักการสวิตช์-คาปาซิเตอร์ (switch-capacitor) การออกแบบวงจรจะเน้นไปที่การประยุกต์แบตเตอรี่ที่ความเข้มรังสีอาทิตย์ต่ำ ๆ โดยแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จะถูกแปลงขึ้นให้มีค่าแรงดันไฟฟ้าศักย์สูงและเก็บสะสมไว้ในตัวเก็บประจุ จนกระทั่งมีค่าแรงดันไฟฟ้าสูงเพียงพอต่อการประจุเข้าแบตเตอรี่ จึงจะทำการประจุลงในแบตเตอรี่อย่างอัตโนมัติ

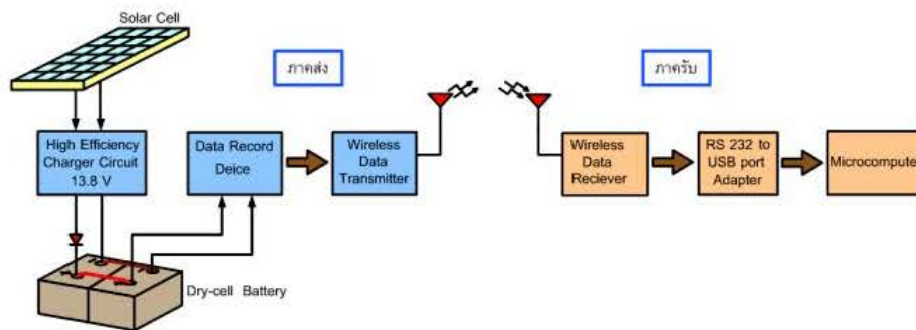
2. หลักการทำงานของเครื่องบันทึกข้อมูลไร้สาย

ทฤษฎีหรือกรอบแนวความคิดทางด้านเครื่องบันทึกข้อมูล (Data recorder) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเก็บบันทึกข้อมูลที่เป็นสัญญาณชนิดต่างๆ โดยเครื่องบันทึกข้อมูลจะมีหน่วยความจำ สำหรับเก็บค่าที่วัดได้ของสัญญาณ ตามช่วงเวลาการบันทึกที่กำหนดไว้โดยอัตโนมัติ เราสามารถใช้เครื่องบันทึกข้อมูลมาเสนอบนหน้าจอแสดงผลได้ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การทำงานของเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ แสดงผลผ่านไมโครคอมพิวเตอร์

เครื่องบันทึกข้อมูลไร้สายพลังงานแสงอาทิตย์ 1 ระบบ สำหรับบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ ที่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง และมีแหล่งพลังงานสำรอง คือ แบตเตอรี่ แสดงดัง บล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมเครื่องบันทึกข้อมูลไร้สายพลังงานแสงอาทิตย์

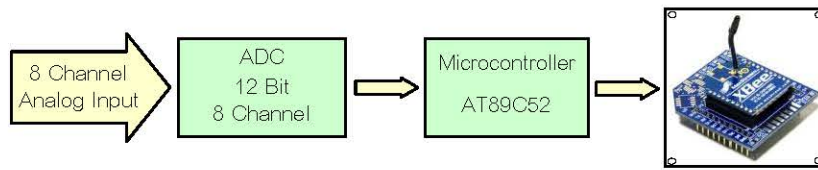
จากรูปที่ 2 จะแบ่งการทำงานออกเป็นสองส่วนด้วยกันคือ ภาคส่งข้อมูล และภาครับข้อมูล ซึ่งจะประกอบไปด้วย ระบบประจุแบตเตอรี่ประสิทธิภาพสูง เครื่องบันทึกข้อมูล 8 ช่องสัญญาณ และวงจรภาครับระบบไร้สาย 2.4 GHz หลักการทำงานคือเมื่อทำการจ่ายพลังงานจากแบตเตอรี่ให้กับภาคส่งสัญญาณก็จะทำให้ระบบของภาคส่งสัญญาณเริ่มทำงาน ซึ่งทำการรับค่าข้อมูลจากช่องสัญญาณแต่ละช่อง ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของสัญญาณอุณหภูมิที่ได้จากตัวแปลงสัญญาณอุณหภูมิ LM335 (Temperature Transducer) หรือจากแหล่งกำเนิดสัญญาณอื่น ๆ ที่มีระดับแรงดันอยู่ในช่วง 0-5 โวลต์ ภายในเครื่องบันทึกข้อมูลจะทำการแปลงสัญญาณเหล่านี้ให้เป็นสัญญาณดิจิทัลขนาด 12 บิตและส่งต่อไปมอดูเลตสัญญาณยังส่วนวงจรส่งข้อมูลระบบไร้สาย เพื่อส่งออกสู่สายอากาศต่อไปภายใต้การควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่อยู่ในเครื่องบันทึกข้อมูล ทั้งนี้ข้อมูลทั้งหมดและกระบวนการติดต่อสื่อสารกันระหว่างตัวรับและตัวส่งจะอยู่ในรูปของโปรโตคอลที่ได้ออกแบบไว้ สำหรับภาครับข้อมูล วงจรรับข้อมูลระบบไร้สายจะรับข้อมูลที่ได้จากสัญญาณการมอดูเลตจากสายอากาศ และทำการถอดรหัสข้อมูลของโปรโตคอลและจะถูกแปลงสัญญาณให้อยู่ในรูปสัญญาณมาตรฐาน RS232 ต่อจากนั้นข้อมูลที่รับจะถูกเข้ารหัสเป็นมาตรฐานพอร์ตอนุกรม USB (โดยใช้ RS232 to USB port adapter) เพื่อเชื่อมต่อและส่งข้อมูลเหล่านั้นให้กับไมโครคอมพิวเตอร์ เมื่อไมโครคอมพิวเตอร์ได้รับข้อมูลจะทำการบันทึกข้อมูลเหล่านั้น ไว้ในรูปของไฟล์ Excel ในขณะเดียวกันก็จะทำการแสดงผลบนหน้าจอไมโครคอมพิวเตอร์ ในรูปเชิงกราฟ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถติดตามและสังเกตข้อมูลของสัญญาณภายนอกได้ตามต้องการ

3. การออกแบบเครื่องบันทึกข้อมูลไร้สายพลังงานแสงอาทิตย์

เครื่องบันทึกข้อมูลไร้สายพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทำการออกแบบในงานวิจัยนี้ เป็นเครื่องบันทึกข้อมูลที่ออกแบบเพื่อให้สามารถทำงานภาคสนามได้ โดยมีแบตเตอรี่ที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานเป็นระบบสำรองพลังงาน อีกทั้งผู้เก็บข้อมูลสามารถทราบถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล โดยไม่ต้องอยู่ ณ ที่ทำการเก็บข้อมูล ด้วยระบบรับส่งข้อมูลไร้สาย การออกแบบส่วนประกอบของเครื่องบันทึกข้อมูล แบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ดังนี้

3.1 การออกแบบวงจรเครื่องบันทึกข้อมูลและวงจรภาคส่งสัญญาณไร้สาย

การออกแบบวงจรเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ ที่สามารถรับข้อมูลได้ 8 ช่องสัญญาณ และบันทึกข้อมูลได้อย่างต่อเนื่องที่กำหนดช่วงเวลาในการบันทึกข้อมูลได้ตามความต้องการของผู้ใช้ มีหลักการในการออกแบบดังรูปที่ 3

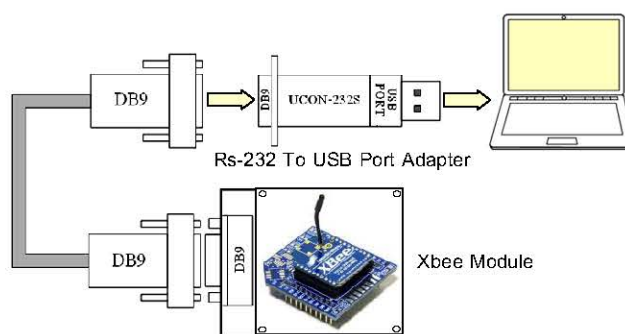


รูปที่ 3 บล็อกไดอะแกรมภาคส่งสัญญาณ

จากบล็อกไดอะแกรมภาคอินพุตสามารถรับสัญญาณอานาลอกอินพุตได้ 8 ช่องสัญญาณ โดยสัญญาณอินพุตสามารถเป็นสัญญาณอานาลอกจากแหล่งกำเนิดใดๆก็ได้ ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ทรานสดิวเซอร์อุณหภูมิ LM 335 เป็นหัววัดอุณหภูมิซึ่งมีช่วงแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 0-5 โวลต์ สำหรับวงจรแปลงสัญญาณอานาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลจะทำหน้าที่ในการรับสัญญาณอานาลอกอินพุตเข้ามาเพื่อทำการแปลงสัญญาณอานาลอกไปเป็นสัญญาณดิจิตอล โดยการกำหนดจังหวะการทำงานจากไมโครคอนโทรลเลอร์ และส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำหน้าที่ในการรับค่าข้อมูลจากตัวแปลงสัญญาณอานาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อประมวลผลในการเรียงลำดับการรับค่าข้อมูล จากช่องสัญญาณที่ 0 เรียงลำดับถึงช่องสัญญาณที่ 7 หลังจากนั้นจะส่งสัญญาณข้อมูลแบบอนุกรมไปยังตัวรับข้อมูลอนุกรมของโมดูลสื่อสารข้อมูลไร้สาย 2.4 GHz (Xbee-Pro) โมดูลสื่อสารข้อมูลไร้สายของภาคส่งสัญญาณจะส่งข้อมูลที่ไต่ไปยังโมดูลสื่อสารข้อมูลไร้สายภาครับ เพื่อเชื่อมต่อการใช้งานกับไมโครคอมพิวเตอร์

3.2 การออกแบบวงจรภาครับสัญญาณไร้สาย

เครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติที่ทำการออกแบบนี้ จะสามารถใช้งานภาคสนามและส่งสัญญาณข้อมูลไปยังห้องปฏิบัติการด้วยระบบสื่อสารข้อมูลแบบไร้สาย เพื่อให้ผู้ทำงานวิจัยหรือผู้เฝ้าตรวจวัดสัญญาณทราบถึงการเปลี่ยนแปลงข้อมูลได้ตลอดเวลา ลักษณะของการสื่อสารไร้สายของภาครับแสดงดังรูปที่ 4

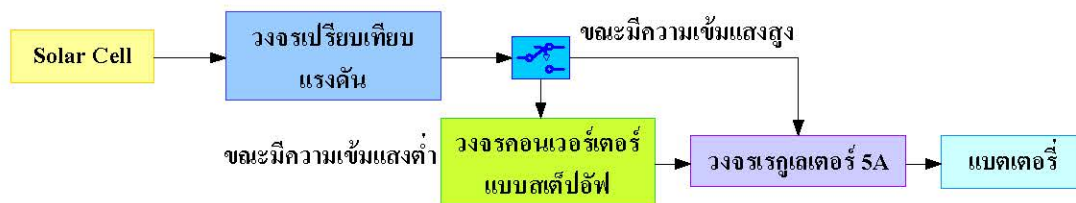


รูปที่ 4 บล็อกไดอะแกรมภาครับสัญญาณ

จากบล็อกไดอะแกรมภาครับสัญญาณ เมื่อโมดูลสื่อสารข้อมูลไร้สายรับค่าข้อมูลซึ่งเป็นข้อมูลอนุกรมจากภาคส่ง และทำการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมกับไมโครคอมพิวเตอร์โดยผ่าน RS-232 โดยใช้หัวต่อ DB-9 เพื่อทำการส่งข้อมูลเข้าสู่ไมโครคอมพิวเตอร์ การส่งผ่านข้อมูลนั้น จะทำการส่งผ่านข้อมูลผ่านพอร์ต USB ซึ่งต้องใช้ตัวแปลงสัญญาณพอร์ตอนุกรม RS-232 เป็นสัญญาณพอร์ต USB ทำการเชื่อมต่อพอร์ต USB กับไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งไมโครคอมพิวเตอร์จะมีโปรแกรมสำเร็จรูปในการรับส่งค่าข้อมูล เพื่อทำการประมวลผลและแสดงค่าข้อมูลผ่านทางหน้าจอไมโครคอมพิวเตอร์

3.3 การออกแบบระบบประจุแบตเตอรี่ประสิทธิภาพสูง

ระบบประจุแบตเตอรี่ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องบันทึกข้อมูล เพื่อให้สามารถใช้งานได้ในที่ ๆ กระแสไฟฟ้าเข้าไม่ถึง อีกทั้งการเก็บข้อมูลยังสามารถเก็บได้อย่างต่อเนื่องเมื่อเกิดเหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้อง โดยทั่วไปแล้วเครื่องประจุไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จะไม่สามารถประจุไฟฟ้าได้ หรือมีประสิทธิภาพต่ำอย่างมากเมื่ออยู่ในสภาวะของความเข้มแสงน้อย เช่น เมื่อมีก้อนเมฆมาบังแสงอาทิตย์ หรือในช่วงเวลาเช้า และเย็น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงของฤดูฝนจะมีความเข้มแสงน้อยมากเกือบตลอดทั้งวัน จึงทำให้เครื่องประจุไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ไม่สามารถตอบสนองความต้องการทางด้านพลังงานที่ต้องการนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพได้ ดังนั้นในโครงการวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบวงจรเครื่องประจุไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ให้ประสิทธิภาพสูงในเชิงการประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ได้ตลอดเวลา ถึงแม้ว่าในสภาวะนั้นจะมีความเข้มแสงน้อยก็ตาม



รูปที่ 5 บล็อกไดอะแกรมหลักการทำงานของวงจรประจุไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง

ระบบประจุแบตเตอรี่นี้มีหลักการทำงาน คือ ทำการประจุไฟฟ้าเข้าในแบตเตอรี่ 2 ลูกที่ต่อขนานกัน โดยใช้โซลาร์เซลล์ขนาด 17.3 โวลต์ 4.63 แอมป์ 80 วัตต์ ซึ่งแบตเตอรี่ที่เลือกใช้เป็นแบตเตอรี่แห้งขนาด 12 โวลต์ 7.2 Ah ค่าแรงดันที่ใช้ในการประจุ 13.5 – 13.8 โวลต์ ดีซี กระแส 2.16 แอมป์ จากรูปที่ 5 หลักการทำงานของระบบประจุโดยใช้พลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ โดยแบ่งการทำงานออกได้เป็น 2 กรณี คือ

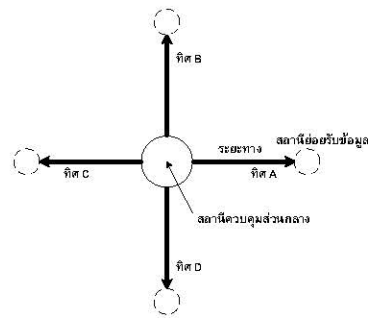
- กรณีที่มีความเข้มแสงสูง จะใช้เป็นการระบบประจุตรง โดยจ่ายค่าแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจรเรเลเตอร์ เพื่อปรับค่าแรงดันให้อยู่ในช่วง 13.5 – 13.8 โวลต์ เพื่อประจุให้กับแบตเตอรี่
- กรณีที่ค่าความเข้มแสงน้อย จะอาศัยหลักการทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบสเต็ปอัพร่วมกับวงจรสวิตช์ – คาปาซิเตอร์ เนื่องจากค่าแรงดันที่ได้จากโซลาร์เซลล์ไม่เพียงพอที่จะจ่ายให้แก่แบตเตอรี่

4. ผลและการวิเคราะห์ผลการวิจัย

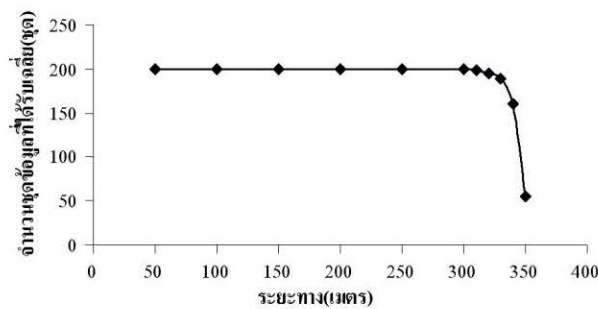
เมื่อทำการออกแบบ ทดสอบ และวิเคราะห์ผลที่ได้จากการเครื่องบันทึกข้อมูลไร้สายพลังงานแสงอาทิตย์ โดยจะทำการทดสอบการทำงานของเครื่องเป็นส่วน ๆ ดังนี้

4.1 การทดสอบพื้นที่ครอบคลุมการติดต่อ – สื่อสาร เครื่องบันทึกข้อมูลไร้สายพลังงานแสงอาทิตย์

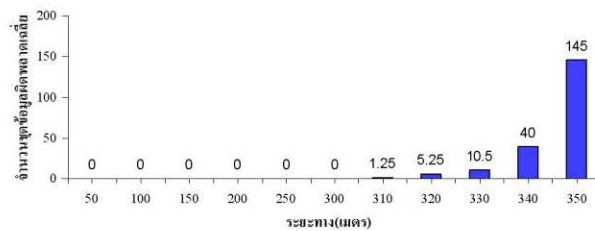
การออกแบบการทดสอบพื้นที่การส่งสัญญาณสื่อสารระหว่าง ภาคส่ง และภาครับ ได้ใช้วิธีการตรวจสอบการส่งข้อมูลรหัสไบนารี "1111 1111" หรือ "FFH" ในฐาน 16 ไปยังภาครับ จำนวน 200 ชุดข้อมูล และตรวจสอบข้อมูลที่รับได้รูปที่ 6 แสดงวิธีการออกแบบพื้นที่การทดสอบ ด้วยการกำหนดให้ภาคส่ง (สถานีควบคุมส่วนกลาง) อยู่ที่ตำแหน่งจุดศูนย์กลางและวัดระยะศูนย์กลางโดยรอบ 4 ทิศ



รูปที่ 6 แผนผังวัฏธรรยะทางโดยรอบของการรับ – ส่งข้อมูลของภาคส่ง (สถานีควบคุมส่วนกลาง) กับ ภาครับ (สถานีย่อย)

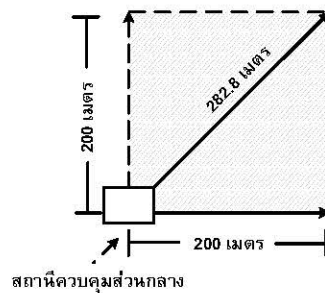


รูปที่ 7 การรับชุดข้อมูล "FFH"



รูปที่ 8 ชุดข้อมูลผิดพลาดเฉลี่ยที่รับได้

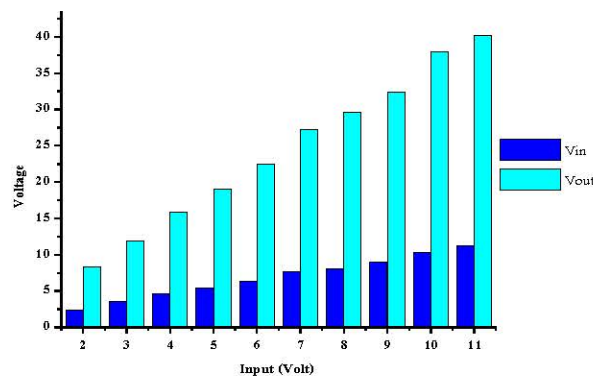
จากผลการทดสอบที่ได้ ดังรูปที่ 7 และ 8 จะเห็นว่าสถานีควบคุมส่วนกลางสามารถติดต่อ – สื่อสาร รับส่งข้อมูลได้ไกลสุดเป็นระยะทาง 300 เมตร โดยรอบตัวไม่มีการรับ – ส่งข้อมูลที่ผิดพลาดเลย และเมื่อระยะทางไกลมากกว่า 300 เมตร การติดต่อ – สื่อสาร รับ - ส่งข้อมูลเริ่มผิดพลาดมากขึ้นตามระยะทาง ดังนั้นเมื่อนำข้อมูลผลการทดสอบมาวิเคราะห์หาพื้นที่การติดต่อสื่อสารของสถานีควบคุมส่วนกลางกับสถานีย่อย ด้วยเหตุนี้ที่ระยะทางไกลสุดที่ติดต่อสื่อสารโดยไม่ผิดพลาดอยู่ที่ 300 เมตร ดังนั้นในพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีแนวระยะทางเส้นทแยงมุม 282.8 เมตร จะมีพื้นที่ในการติดต่อสื่อสารที่ปลอดภัยและไม่ผิดพลาดอยู่ที่ 200 x 200 ตารางเมตร ดังแผนภาพในรูปที่ 9



รูปที่ 9 แสดงพื้นที่การติดต่อ – สื่อสาร รับ – ส่งข้อมูลโดยไม่ผิดพลาดคิดเป็น 200 X 200 ตารางเมตร

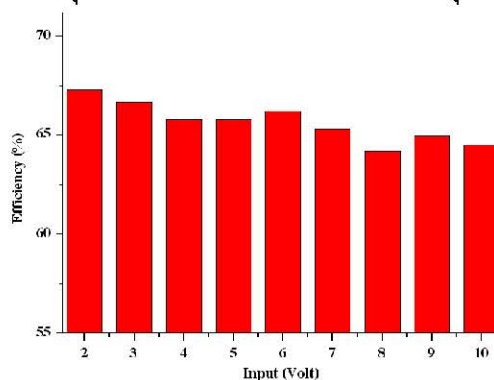
4.2 การทดสอบเครื่องประจุแบตเตอรี่ประสิทธิภาพสูงที่สามารถประจุแบตเตอรี่ได้ขณะมีความเข้มแสงน้อย

วิธีการเก็บผลการทดสอบของวงจรเครื่องมือวัดใช้โวลต์มิเตอร์ และแอมป์มิเตอร์ทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่อินพุตและเอาต์พุตของวงจร จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ หาค่าต่าง ๆ ทำการทดสอบกับสภาวะความเข้มแสงน้อย เมื่อแรงดันไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์น้อยกว่า 12 โวลต์ เป็นการทดสอบการประจุไฟฟ้าให้แบตเตอรี่ด้วยวงจรคอนเวอร์เตอร์ และทดสอบขณะที่มีความเข้มแสงปกติ ถึงมาก เมื่อแรงดันไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์เท่ากับ 12 โวลต์ หรือมากกว่า ซึ่งเป็นการประจุไฟฟ้าแบบตรง โดยโครงการวิจัยนี้ได้ใช้ โซลาร์เซลล์ ขนาด 17.3V , 4.63A , 80 watt



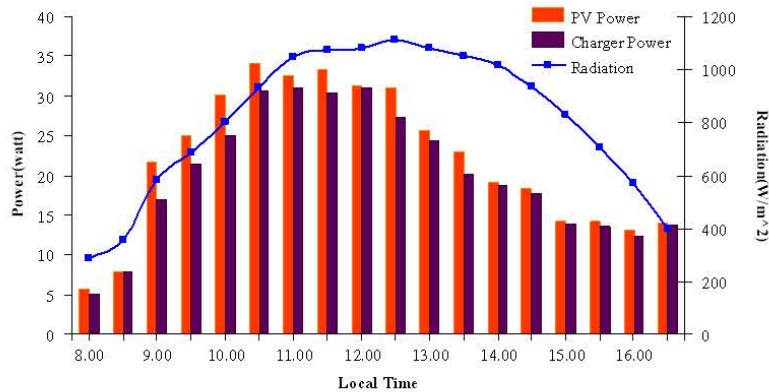
รูปที่ 4.9 แรงดันอินพุตเปรียบเทียบกับแรงดันเอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์

จากกราฟจะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้าที่เอาต์พุตจะมีค่าเป็น 4.3 เท่าของแรงดันอินพุตที่จ่ายให้แก่วงจรคอนเวอร์เตอร์

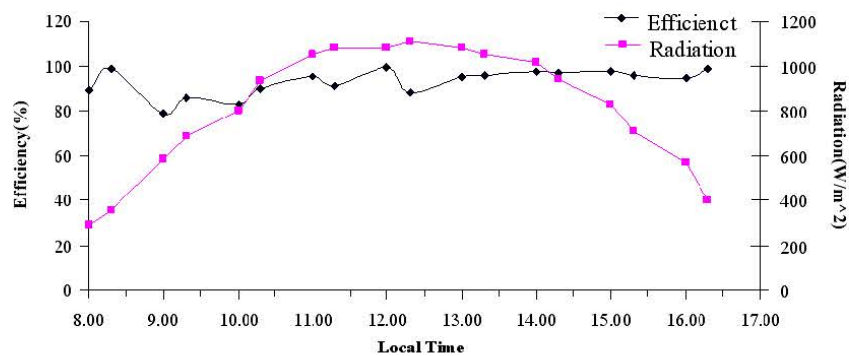


รูปที่ 10 ค่าประสิทธิภาพของวงจรคอนเวอร์เตอร์เมื่อประจุไฟฟ้าให้แก่ตัวเก็บประจุ ขณะที่ค่าแรงดันอินพุตต่าง ๆ กัน

เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพของวงจรคอนเวอร์เตอร์ที่ทำการประจุไฟฟ้าให้แก่ตัวเก็บประจุ ที่ค่าแรงดันไฟฟ้าอินพุตต่าง ๆ กัน พบว่า ค่าประสิทธิภาพที่เอาต์พุตจะมีค่าเฉลี่ย 65.67% ดังรูปที่ 10



รูปที่ 11 กำลังงานที่ได้จากการประจุแบตเตอรี่เปรียบเทียบกับกำลังงานที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์

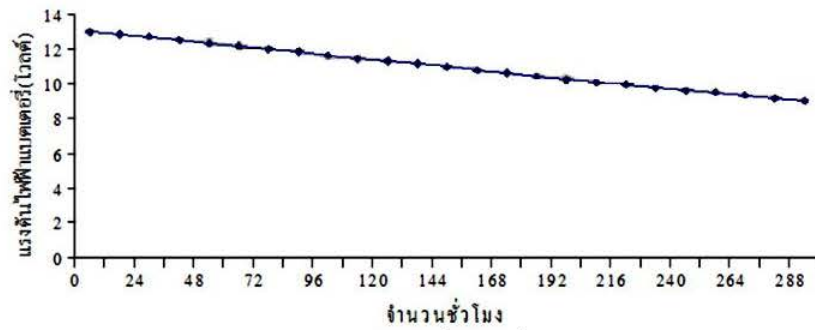


รูปที่ 12 ค่าประสิทธิภาพของเครื่องประจุไฟฟ้าในการประจุแบตเตอรี่กับความเข้มแสงของการกระจายรังสี

เมื่อพิจารณาค่าประสิทธิภาพในการประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่ที่ความเข้มรังสีอาทิตย์ตลอดการทดลองประจุแบตเตอรี่ ตั้งแต่เวลา 8:00 – 17:00 น. จะพบว่าเครื่องประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ สามารถให้ประสิทธิภาพเฉลี่ย 92.80 % ในช่วงรังสี 300 - 1,100 วัตต์/ตารางเมตร จากรูปที่ 12 แสดงให้เห็นว่า ความสามารถในการประจุแบตเตอรี่ที่ความเข้มรังสีอาทิตย์ต่ำ ๆ มีค่าใกล้เคียงกันกับที่ความเข้มรังสีอาทิตย์สูง ๆ

4.3 การทดสอบการใช้เครื่องบันทึกข้อมูลไร้สายพลังงานแสงอาทิตย์เมื่อไม่มีการประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่

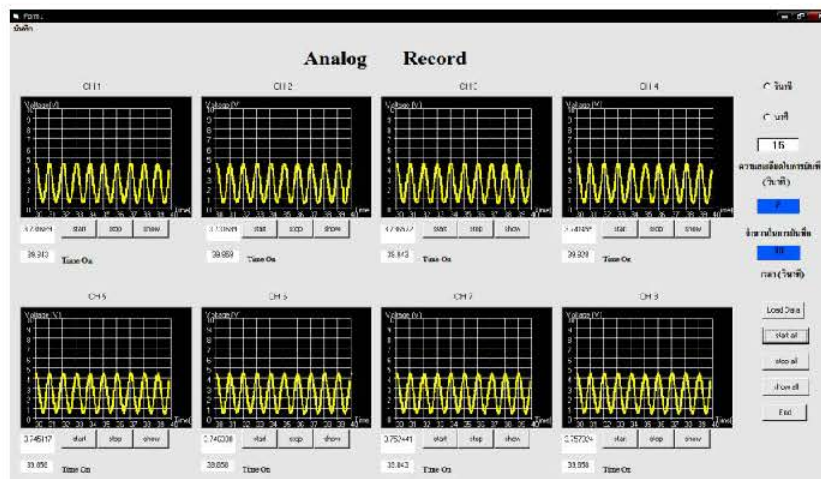
ทำการทดสอบใช้เครื่องบันทึกข้อมูล โดยไม่มีการประจุแบตเตอรี่ในระหว่างการใช้งาน เพื่อให้ทราบถึงระยะเวลาที่เครื่องสามารถใช้งานได้ยาวนานที่สุด เป็นการทดสอบการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ของเครื่องบันทึกข้อมูลไร้สาย จากแบตเตอรี่เต็มที่มีแรงดันไฟฟ้า 13 โวลต์ลดลงจนกระทั่งเหลือ 9 โวลต์ ซึ่งเป็นขีดล่างสุดของแบตเตอรี่ที่ยินยอมให้ใช้ได้ ทั้งนี้ในการทดสอบและบันทึกผลการทดสอบโดยการต่อโหลดเครื่องบันทึกข้อมูลไร้สายกับแบตเตอรี่ตลอดเวลา 24 ชั่วโมงของทุกวัน พบว่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่จะมีแรงดันไฟฟ้าค่อยๆ ลดลงจาก 13 โวลต์ จนถึง 9 โวลต์ ใช้เวลาทั้งสิ้น 289 ชั่วโมง คิดเป็น 12 วัน นั่นหมายความว่าระบบจะสามารถทำงานอยู่ได้เป็นเวลา 12 วัน โดยที่ไม่มีการประจุแบตเตอรี่เลย



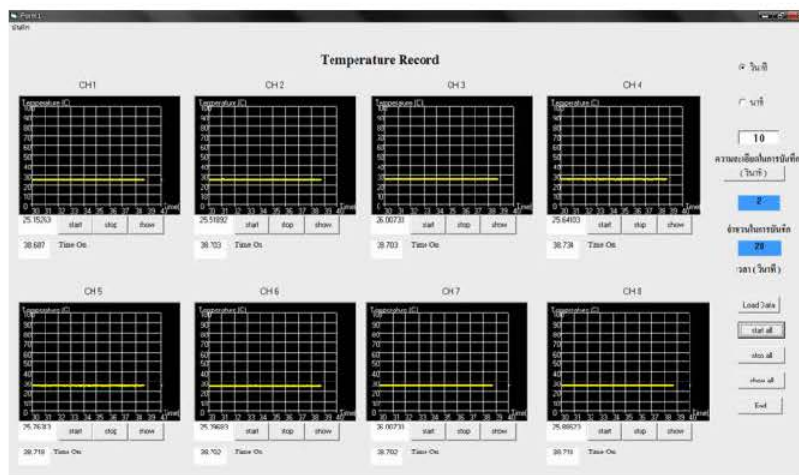
รูปที่ 13 ผลการทดสอบการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ของเครื่องบันทึกข้อมูลไร้สายตลอด 24 ชั่วโมง

4.4 ผลการทดสอบเครื่องบันทึกข้อมูลไร้สายพลังงานแสงอาทิตย์รวมทั้งระบบ

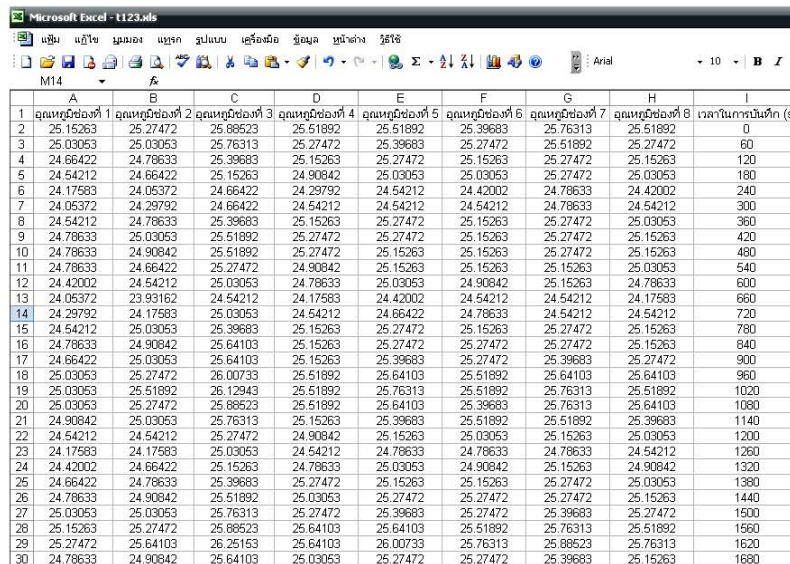
ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องบันทึกข้อมูลไร้สายพลังงานแสงอาทิตย์ จะพบว่าการทำงานของระบบทั้งในส่วนของการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ และการใช้งานกับสัญญาณภายนอกใด ๆ เครื่องบันทึกข้อมูลไร้สายพลังงานแสงอาทิตย์สามารถทำงานได้เป็นอย่างดีแสดงได้ดังผลการทดลองต่อไปนี้



รูปที่ 14 ผลการทดสอบเมื่อสัญญาณภายนอกอินพุตเป็นสัญญาณคลื่นรูปไซน์



รูปที่ 15 ผลการทดสอบเมื่อสัญญาณอินพุตแสดงค่าอุณหภูมิ



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	อุณหภูมิช่องที่ 1	อุณหภูมิช่องที่ 2	อุณหภูมิช่องที่ 3	อุณหภูมิช่องที่ 4	อุณหภูมิช่องที่ 5	อุณหภูมิช่องที่ 6	อุณหภูมิช่องที่ 7	อุณหภูมิช่องที่ 8	เวลาในการบันทึก (s)
2	25.15263	25.27472	25.88523	25.51892	25.51892	25.39683	25.76313	25.51892	0
3	25.03053	25.03053	25.76313	25.27472	25.39683	25.27472	25.51892	25.27472	60
4	24.66422	24.78633	25.39683	25.15263	25.27472	25.15263	25.27472	25.15263	120
5	24.54212	24.66422	25.15263	24.90842	25.03053	25.03053	25.27472	25.03053	180
6	24.17583	24.05372	24.66422	24.29792	24.54212	24.42002	24.78633	24.42002	240
7	24.05372	24.29792	24.66422	24.54212	24.54212	24.54212	24.78633	24.54212	300
8	24.54212	24.78633	25.39683	25.15263	25.27472	25.15263	25.27472	25.03053	360
9	24.78633	25.03053	25.51892	25.27472	25.27472	25.15263	25.27472	25.15263	420
10	24.78633	24.90842	25.51892	25.27472	25.15263	25.15263	25.27472	25.15263	480
11	24.78633	24.66422	25.27472	24.90842	25.15263	25.15263	25.15263	25.03053	540
12	24.42002	24.54212	25.03053	24.78633	25.03053	24.90842	25.15263	24.78633	600
13	24.05372	23.93162	24.54212	24.17583	24.42002	24.54212	24.54212	24.17583	660
14	24.29792	24.17583	25.03053	24.54212	24.66422	24.78633	24.54212	24.54212	720
15	24.54212	25.03053	25.39683	25.15263	25.27472	25.15263	25.27472	25.15263	780
16	24.78633	24.90842	25.64103	25.15263	25.27472	25.27472	25.27472	25.15263	840
17	24.66422	25.03053	25.64103	25.15263	25.39683	25.27472	25.39683	25.27472	900
18	25.03053	25.27472	26.00733	25.51892	25.64103	25.51892	25.64103	25.64103	960
19	25.03053	25.51892	26.12943	25.51892	25.76313	25.51892	25.76313	25.51892	1020
20	25.03053	25.27472	25.88523	25.51892	25.64103	25.39683	25.76313	25.64103	1080
21	24.90842	25.03053	25.76313	25.15263	25.39683	25.51892	25.51892	25.39683	1140
22	24.54212	24.54212	25.27472	24.90842	25.15263	25.03053	25.15263	25.03053	1200
23	24.17583	24.17583	25.03053	24.54212	24.78633	24.78633	24.78633	24.54212	1260
24	24.42002	24.66422	25.15263	24.78633	25.03053	24.90842	25.15263	24.90842	1320
25	24.66422	24.78633	25.39683	25.27472	25.15263	25.15263	25.27472	25.03053	1380
26	24.78633	24.90842	25.51892	25.03053	25.27472	25.27472	25.27472	25.15263	1440
27	25.03053	25.03053	25.76313	25.27472	25.39683	25.27472	25.39683	25.27472	1500
28	25.15263	25.27472	25.88523	25.64103	25.64103	25.51892	25.76313	25.51892	1560
29	25.27472	25.64103	26.25153	25.64103	26.00733	25.76313	25.88523	25.76313	1620
30	24.78633	24.90842	25.64103	25.03053	25.27472	25.27472	25.39683	25.15263	1680

รูปที่ 16 ตารางบันทึกข้อมูลผลอุณหภูมิบน Excel

5. สรุป

จากการออกแบบและสร้างเครื่องบันทึกข้อมูลไร้สายพลังงานแสงอาทิตย์ และจากผลการทดสอบระบบการทำงานในสภาวะต่างๆ จะเห็นได้ว่าระบบสามารถทำงานได้เป็นอย่างดีทั้งระบบควบคุมไร้สายความถี่สูง 2.4 GHz ผลการทดสอบระบบประจุแบตเตอรี่ประสิทธิภาพสูง สามารถประจุแบตเตอรี่ได้ในขณะที่มีสภาพความเข้มแสงต่ำ โดยมีประสิทธิภาพในการประจุไฟฟ้าในสภาวะแสงปกติอยู่ที่ 92.80 % ในช่วงการกระจายรังสีแสงอาทิตย์ครอบคลุมระหว่าง 300 - 1,100 วัตต์/ตารางเมตร และแสงถูกเมฆบดบังหรือสภาวะความเข้มแสงน้อยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 65.67% และทดสอบระบบโดยการสมมุติให้ระบบประจุแบตเตอรี่หยุดทำงาน แต่เครื่องบันทึกข้อมูลไร้สายยังคงสามารถทำงานต่อเนื่องได้ จากการประจุแบตเตอรี่ให้เต็มที 13 โวลต์ จนกระทั่งแหล่งพลังงานแบตเตอรี่ทั้ง 2 ลูกที่ต่อขนานกันมีแรงดันไฟฟ้าลดลงถึง 9 โวลต์ซึ่งเป็นขีดเริ่มต้นล่างของแบตเตอรี่เซลล์แห้งรวมทั้งสิ้น 289 ชั่วโมง (12 วัน) ซึ่งระบบสามารถทำงานเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ได้อย่างดี เครื่องบันทึกข้อมูลไร้สายพลังงานแสงอาทิตย์นี้ สามารถส่งข้อมูลมายังเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ได้ครอบคลุมพื้นที่ 200 x 200 ตารางเมตร เครื่องบันทึกข้อมูลนี้สามารถบันทึกอุณหภูมิจากทรานส์ดิวเซอร์อุณหภูมิ LM 335 พร้อม ๆ กันได้ 8 ช่องสัญญาณ หรือสามารถบันทึกข้อมูลสัญญาณอานาล็อกอินพุตที่มาจากแหล่งกำเนิดหรือทรานส์ดิวเซอร์แต่ละชนิดที่มีสัญญาณแรงดันไฟฟ้าในช่วง 0 – 5 โวลต์ได้ 8 ช่องสัญญาณ ผู้ใช้สามารถกำหนดความละเอียดช่วงเวลาของการบันทึกข้อมูลได้ตั้งแต่ 0.1 วินาทีจนถึง 1 ชั่วโมง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Luharuka, R.; Gao, R.X.; Krishnamurty, S.,, **“Design and realization of a portable data logger for physiological sensing [GSR]”**, Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on, Volume 52, Issue 4, Aug. 2003 Page(s):1289-1295
- [2] Luharuka, E.; Gao, R.X.,, **“A microcontroller-based data logger for physiological sensing”**, Instrumentation and Measurement Conference, 2002. IMCT/2002. Proceedings of the 19th IEEE, Volume 1, 21-23 May 2002 Page(s):175-180
- [3] Desai, R.; D'Sa, E.; de Sa, E.; Afzulpurkar, S.,, **“A geological data logger”**, Oceanic Engineering, IEEE Journal of, Volume 11, Issue 3 Jul 1986 Page(s):428-431
- [4] Mogthavvemi, M.; Farque, M.O.; Ng Koon Eng; Soo Choon Yip, **“A simple low cost data acquisition system for remote sensing of relative humidity and temperature”**, Circuit and System, 2002. MWSCAS 2001. Proceedings of the 44th IEEE 2001 Midwest Symposium on, Vol.1, 14-18 Aug. 2001 Page(s):202-206
- [5] Erdem, H.,, **“Design and implementation of data logger for fuzzy logic controller”**, Industrial Technology, 2002. IEEE ICIT '02. 2001 IEEE International Conference on, Vol.1, 11-14 Dec. 2002 Page(s):199-204

แสดงผลงานต้นแบบในงาน “ตลาดนัดพลังงานชุมชน”

วันที่ 18 พฤษภาคม พ.ศ. 2554

ณ ลานหน้าห้างบิ๊กซี จังหวัดพิษณุโลก



ภาคผนวก ข

ประวัติหัวหน้าโครงการวิจัย



ชื่อผู้วิจัย	นายณรงศ์ฤทธิ์ มณีจิระปราการ Mr. Narongrit Maneejiraprakarn
คุณวุฒิ	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาความชำนาญ	ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ และ ไมโครคอนโทรลเลอร์
ตำแหน่งปัจจุบัน	อาจารย์
หน่วยงานต้นสังกัด	ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ที่อยู่ติดต่อ	99 หมู่ 9 ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000
โทรศัพท์	0-5526-1000 ต่อ 3546
โทรสาร	0-5526-1000 ต่อ 3546
โทรศัพท์เคลื่อนที่	081-5338893
E-mail:	narongritma@nu.ac.th, narongritma@gmail.com

ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) ปีพ.ศ.2544

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาฟิสิกส์ จาก
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีพ.ศ.2536

สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนบางมูลนากภูมิวิทยาคม
ปีพ.ศ.2530

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน

- เครื่องมือตรวจจับความผิดปกติการทำงานของหัวใจเบื้องต้นโดยอาศัยความสัมพันธ์ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจและสัญญาณคลื่นเสียงที่เกิดจากการทำงานของหัวใจ ปี พ.ศ.2547 การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่28 แหล่งทุน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
- เครื่องวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ 12 ลีดมาตรฐาน ปีพ.ศ.2550 การประชุมวิชาการ นเรศวรวิจัย ครั้งที่3 แหล่งทุน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
- เครื่องอ่านข้อมูลด้วยวิธี RFID ปีพ.ศ.2550 การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์นเรศวร ครั้งที่1 แหล่งทุน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ความรับผิดชอบในโครงการ

รับผิดชอบการดำเนินการวิจัย ควบคุม ดูแล สังการ และออกแบบวงจรระบบวงจรสำหรับโคมไฟ,ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง ตลอดจนระบบไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมการตัดและจ่ายไฟให้กับโคมไฟ