

โครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ สัญญาณไฟกระพริบพลังแสงอาทิตย์เพื่อใช้ลดอุบัติเหตุบนท้องถนนตาม ทางแยก และทางโค้ง

นายตรีสิน รักษาสัตย์ และ ผศ.ดร.สุรัชย์ ลิ้มยิ่งเจริญ
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น
Email: surachai@elec.kku.ac.th

บทคัดย่อ

ผลิตภัณฑ์สัญญาณไฟกระพริบพลังแสงอาทิตย์ในโครงการนี้ผลิตขึ้นในประเทศไทยเพื่อทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศ โดยผลิตภัณฑ์จะมีแผงเซลล์แสงอาทิตย์เปลี่ยนพลังงานแสงแดดเป็นพลังงานไฟฟ้า แล้วนำไปเก็บสะสมในแบตเตอรี่ นิกเกิล-แคดเมียมในเวลากลางวัน เมื่อถึงช่วงเวลากลางคืนจะมีวงจรขับหลอดไดโอดเปล่งแสงให้สว่างเป็นไฟกระพริบให้ผู้ขับขี่รถยนต์ได้สังเกตเห็น ปัญหาของผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบมารุ่นแรก คือ ผลิตภัณฑ์สร้างสัญญาณไฟกระพริบได้ไม่ตลอดทั้งคืนจนถึงรุ่งเช้า การแก้ปัญหาทำโดยการทดลองวัดหาคุณลักษณะทางกระแสและแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์ไฟฟ้า นิกเกิล-แคดเมียม และหาอัตราการใช้พลังงานของวงจรสร้างไฟกระพริบและยังทดลองหาผลของอุณหภูมิต่อการทำงานของอุปกรณ์ข้างต้น การวิเคราะห์ผลการทดลองปรากฏว่าพลังงานที่เก็บสะสมไว้ในเซลล์ นิกเกิล-แคดเมียม มีไม่เพียงพอ การแก้ไขทำได้โดยการปรับปรุงส่วนประกอบของอุปกรณ์ให้มีการสูญเสียของพลังงานน้อยลงและมีพลังงานสะสมมากขึ้นไว้น้อยกว่าพลังงานที่ใช้ จึงมีการปรับปรุงวงจรให้ใช้พลังงานน้อยลงและรับพลังมากขึ้น

คำสำคัญ: พลังงานแสงอาทิตย์, ไฟกระพริบ, แบตเตอรี่

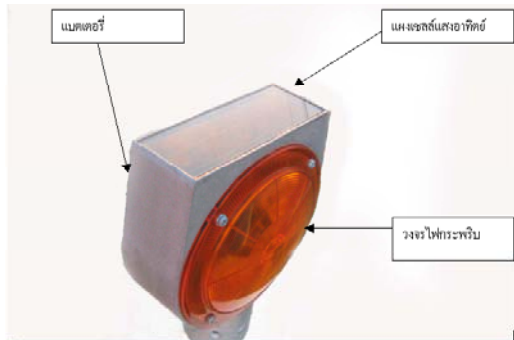
1 บทนำ

พลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นพลังงานไม่หมดสิ้น และเป็นพลังงานสะอาด เซลล์แสงอาทิตย์เป็นสิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งทำมาจากสารกึ่งตัวนำซึ่งสามารถเปลี่ยนพลังงานแสงแดดเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง [1]

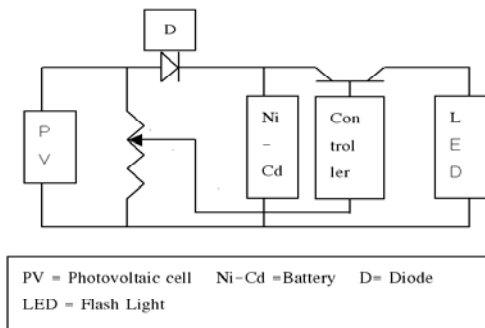
สัญญาณไฟกระพริบที่ติดตั้งตามทางแยกและทางโค้งเพื่อลดอุบัติเหตุบนท้องถนนได้รับการพัฒนาขึ้น โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ สัญญาณไฟกระพริบพลังแสงอาทิตย์มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน ดังรูปที่ 1 คือ เซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอรี่ นิกเกิล-แคดเมียมและวงจรไฟกระพริบ และมีวงจรการทำงานดังรูปที่ 2 เซลล์แสงอาทิตย์จะผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อไปเก็บไว้แบตเตอรี่ในช่วงเวลากลางวันและแบตเตอรี่ นิกเกิลแคดเมียมจะจ่ายจ่ายกระแสไฟฟ้าให้วงจรไฟกระพริบในช่วงเวลากลางคืน

ปัญหาของผลิตภัณฑ์สัญญาณไฟกระพริบพลังแสงอาทิตย์ คือ ปริมาณพลังงานที่สะสมในแบตเตอรี่ นิกเกิล-แคดเมียม ไม่พอเพียงพอต่อการจ่ายให้แผงวงจรไฟกระพริบได้ตลอดการใช้งานในช่วงเวลากลางคืน จึงต้องปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

การดำเนินการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ซึ่งจะอธิบายต่อไปแบ่งเป็นหัวข้อตามลำดับคือ หัวข้อ 2 การทดลองหาคุณลักษณะการผลิตพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ หัวข้อ 3 การทดลองหาคุณลักษณะของแรงดันกับการเก็บประจุของแบตเตอรี่ นิกเกิล-แคดเมียม และผลจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ หัวข้อ 4 การทดลองหาอัตราการใช้พลังงานของแผงวงจรไฟกระพริบ หัวข้อ 5 การวิเคราะห์สมมูลระหว่างอัตราการเก็บสะสมพลังงานกับอัตราการใช้พลังงาน และการหาแนวทางปรับปรุง หัวข้อ 6 การดัดแปลงอุปกรณ์เพื่อปรับปรุงการทำงานของผลิตภัณฑ์



รูปที่ 1 ผลิตภัณฑ์สัญญาณไฟกระพริบพลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 2 วงจรการทำงานของสัญญาณไฟกระพริบ

2. การผลิตพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เป็นแบบอะมอร์ฟัส

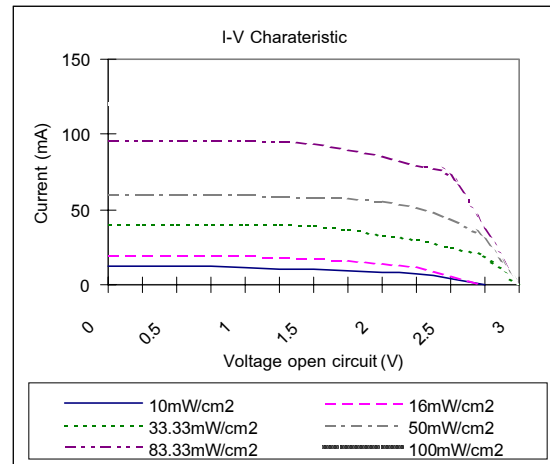
ขนาด 120 mA มีขนาด $15 \times 8.5 \text{ cm}^2$

2.1 คุณลักษณะของกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์

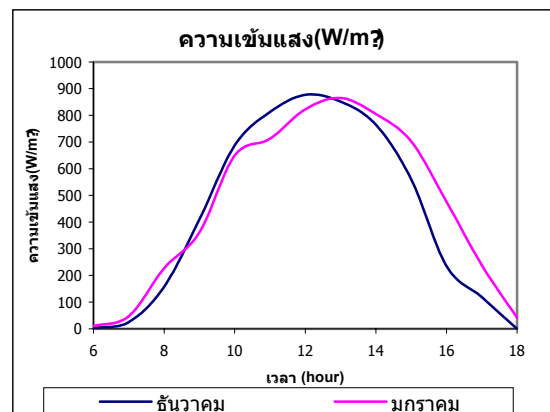
การทดลองทำโดยนำเซลล์แสงอาทิตย์มาต่อกับตัวต้านทานปรับค่าได้และทำการวัดกระแสแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ความเข้มแสงต่างๆ จะได้กราฟดังรูปที่ 3

2.2 การเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสง

เนื่องจากกระแสลัดวงจรของเซลล์แสงอาทิตย์เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มแสงแดด [2] เมื่อนำเซลล์แสงอาทิตย์มาการกระแสลัดวงจรที่ชั่วก็ก็สามารถเทียบหาความเข้มแสงในช่วงเวลาต่างๆของวันได้ ดังรูปที่ 4 จากกราฟจะเห็นว่ากราฟความเข้มแสงของเดือนธันวาคมและแสงน้อยและมากขึ้นเรื่อยๆจนมากที่สุดช่วง 11.00 - 13.00น. และจะลดลงเรื่อยๆจนเป็นศูนย์



รูปที่ 3 คุณลักษณะของกระแส - แรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

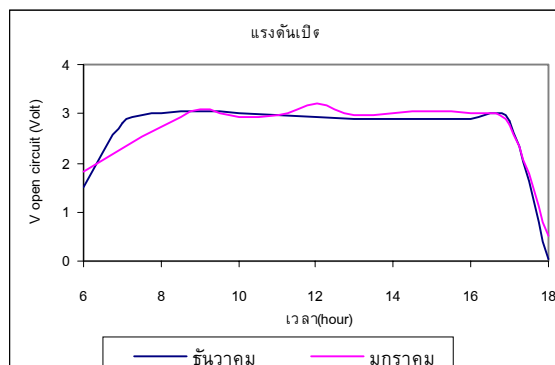


รูปที่ 4 ความเข้มแสงใน 1 วัน

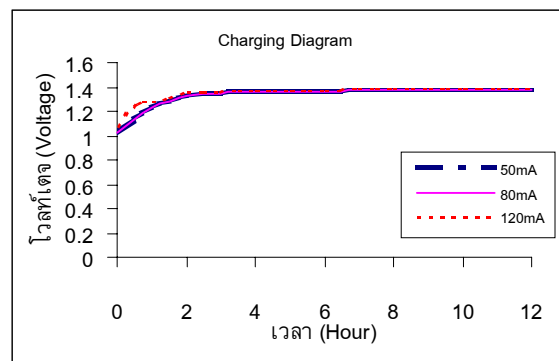
2.3 แรงดันเปิดวงจร

การบันทึกการเปลี่ยนแปลงของแรงดันเปิดวงจรของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อได้รับแสงในช่วงเวลาต่างๆ สามารถนำมาแสดงได้ดังรูปที่ 5

จากกราฟทำให้ทราบว่าในช่วงระยะเวลาต่างๆกัน ใน 1 วันของแต่ละเดือน แรงดันวงจรมีค่าไม่เท่ากัน แรงดันเปิดวงจรที่สามารถใช้ได้อยู่ในช่วง 9.00-16.00น ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ปริมาณความเข้มแสงเพียงพอ ในช่วงเวลาดังกล่าวแรงดันเปิดวงจรจะมีค่าประมาณ 2.73 - 3.19 Volt และความเข้มของแสงลดต่ำลงน้อยกว่า 2 Volt



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์แรงดันเปิดวงจรใน 1 วัน



รูปที่ 6 กราฟเก็บประจุ

จนเราไม่สามารถนำมาใช้ได้ ตั้งแต่ 17.00 น. เป็นต้นไป ดังนั้นเราสามารถเก็บประจุได้ประมาณ 7 ชั่วโมงต่อ 1 วัน (ในช่วง 9.00 – 16.00 น.)

3. แบตเตอรี่ นิกเกิล แคดเมียม

เซลล์ไฟฟ้าเก็บสะสมพลังงานเป็นเซลล์ไฟฟ้า นิกเกิล-แคดเมียม ขนาด AA 3200 mA โดยการทดลองแบ่งเป็นสองส่วนคือ การเก็บประจุและการคายประจุ

3.1 การเก็บประจุ (Charging)

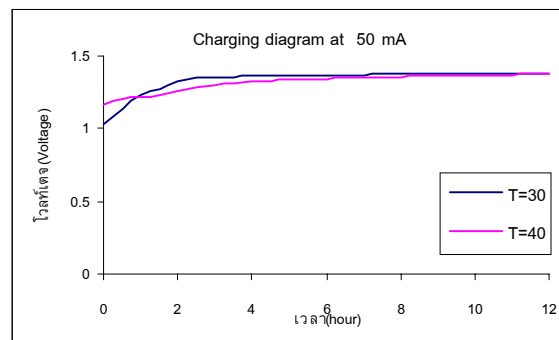
3.1.1 การหาคุณลักษณะของการเก็บประจุของ แบตเตอรี่นิกเกิล-แคดเมียมที่กระแสต่าง ๆ

การทดลองเก็บประจุที่ระดับกระแส 50 mA, 80 mA และ 120 mA โดยนำแบตเตอรี่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟปรับค่าได้โดยควบคุมให้ระดับกระแสคงที่ ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 6

จากรูปที่ 6 การเก็บประจุของแบตเตอรี่นิกเกิล-แคดเมียม พบว่าเมื่อเริ่มทำการเก็บประจุ ระดับแรงดันจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรกและจะเพิ่มขึ้นถึง 1.35 โวลต์ แม้ว่าเราจะใช้ระดับกระแสต่าง ๆ กัน ผลที่ได้จะมีลักษณะคล้ายกัน

3.1.2 ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อคุณลักษณะการเก็บประจุของแบตเตอรี่นิกเกิล-แคดเมียม

การทดลองเพื่อศึกษาหาผลกระทบทงอุณหภูมิ โดยทำการอัดประจุที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียสด้วยกระแสคงที่ 50 mA, 80 mA, 120 mA เป็นเวลา 12 ชม.



รูปที่ 7 กราฟเก็บประจุที่กระแส 50 mA

โดยนำแบตเตอรี่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟปรับค่าได้โดยควบคุมให้ระดับกระแสและอุณหภูมิให้คงที่

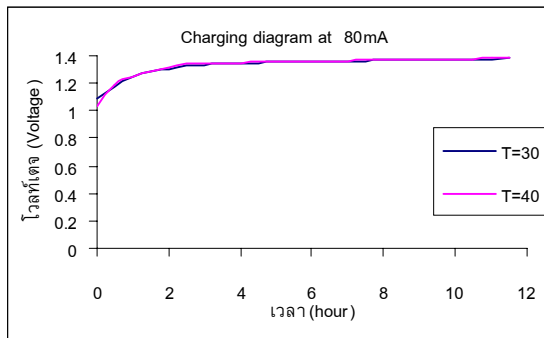
ผลจากการทดลองแสดงดังรูปที่ 7-9 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าอุณหภูมิมีผลต่อการเก็บประจุของแบตเตอรี่ นิกเกิล-แคดเมียมน้อยมาก

3.2 การคายประจุ (Discharge)

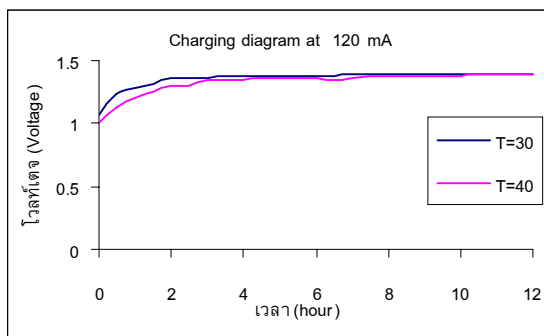
การคายประจุทำโดยการนำแบตเตอรี่ต่อกับ ความต้านทานที่ปรับค่าได้ โดยรักษาระดับกระแสในการคายประจุให้คงที่

3.2.1 ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อคุณลักษณะการคายประจุของแบตเตอรี่นิกเกิล-แคดเมียม

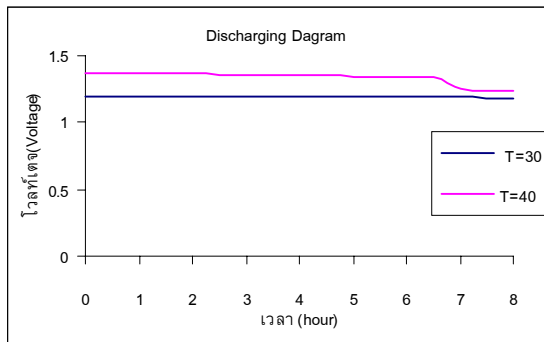
การศึกษาค้นคว้าของอุณหภูมิต่อการคายประจุ ทำได้โดยการนำแบตเตอรี่ต่อกับความต้านทาน



รูปที่ 8 กราฟเก็บประจุที่กระแส 80 mA



รูปที่ 9 กราฟเก็บประจุที่กระแส 120 mA



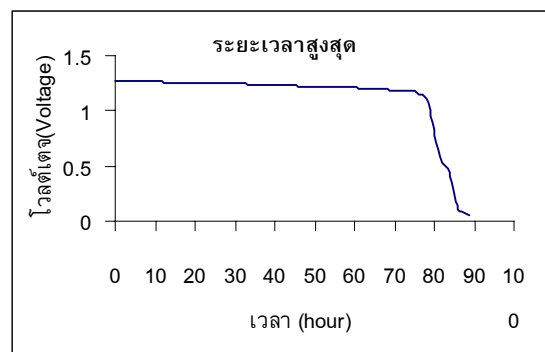
รูปที่ 10 การคายประจุที่ 30 และ 40 องศาเซลเซียส

ที่ปรับค่าได้ โดยรักษาระดับกระแสในการคายประจุให้คงที่และรักษาอุณหภูมิให้คงที่เสมอ โดยได้ผลดังรูปที่ 10

จากการทดลองจะเห็นว่า กราฟที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส มีลักษณะคล้ายกันคือเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น แรงดันจะลดลง เราจึงสามารถสรุปได้ว่าอุณหภูมิมีผลต่อการคายประจุของแบตเตอรี่ชนิดนี้น้อยมาก

3.2.2 ระยะเวลาสูงสุดในการคายประจุ

นำแบตเตอรี่ที่ถูกอัดประจุจนเต็มมาต่อความต้านทานปรับค่าได้โดยให้คายประจุที่ 50 mA จะได้กราฟดังรูปที่ 11 จากกราฟทำให้เราทราบว่าในระยะแรก(0-70ชม.) แรงดันในจะลดลงอย่างช้าๆ และแรงดันจะลดลงอย่างรวดเร็วตั้งแต่ 70 ชม.ขึ้นไป) เราจึงสรุปว่าแบตเตอรี่นิกเกิลแคดเมียมสามารถจ่ายไฟได้ประมาณ 72 ชั่วโมง ซึ่งตรงตามจุดประสงค์ที่ต้องการให้ใช้งานได้ 3 คืน (36 ชั่วโมง)



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับเวลา

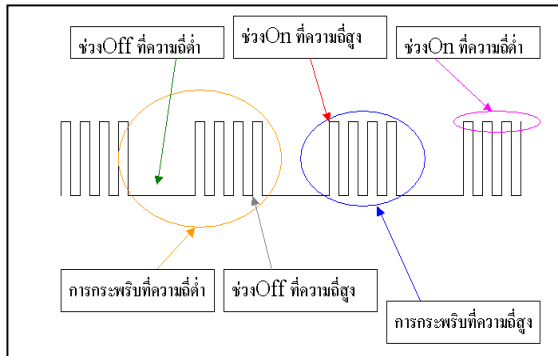
4. วงจรไฟกระพริบ (Flash light)

4.1 อัตราการใช้พลังงานของวงจรไฟกระพริบ

ผลของการทดลองของวงจรไฟกระพริบ โดยจะได้ระดับกระแสที่วงจรใช้เพื่อทำให้หลอด LED กระพริบเท่ากับ 80 mA เมื่อจ่ายแรงดัน 1.25 โวลต์ ให้กับวงจรไฟกระพริบ วงจรจะขับ LED ให้สว่างและดับเป็นจังหวะด้วยความถี่ 1 Hz และในช่วงที่ LED สว่างนั้นกระแสที่ขับ LED จะเกิดขึ้นเป็นพัลส์ความถี่ 1 kHz แสงสว่างของ LED ที่ถูกขับที่ความถี่ 1kHz จะทำให้มนุษย์มองเป็นแสงสว่างต่อเนื่อง โดยกระแสของ LED มีขนาดสูงสุดที่ 80 mA และมีความสูงเฉลี่ย 48 mA ดังแสดงในรูปที่ 12

4.2 ผลกระทบทางอุณหภูมิของวงจรไฟกระพริบ

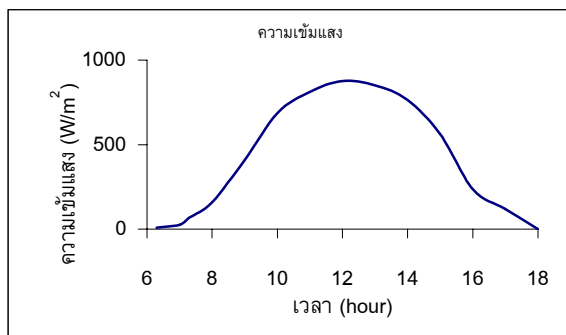
เมื่อทดสอบการใช้กระแสของวงจรไฟกระพริบที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส พบว่าแผงวงจรไฟกระพริบยังใช้กระแสเท่าเดิม แสดงว่าอุณหภูมิมีผลกระทบต่อการใช้พลังงานของวงจรไฟกระพริบน้อยมาก



รูปที่ 12 ลักษณะของกระแสที่ใช้ขับ LED

5 การวิเคราะห์สมดุลพลังงาน

ปัญหาของผลิตภัณฑ์ของการทำงานคือ การที่พลังงานขาเข้าของวงจร มีค่าน้อยกว่าพลังงานขาออก ซึ่งทำให้พลังงานที่สะสมไว้ในแบตเตอรี่ค่อยๆ ลดลงจนหมดในที่สุด ซึ่งสาเหตุนี้ทำให้เกิดปัญหาอุปกรณ์ไฟกระพริบดับก่อนเวลาเข้า พลังงานขาเข้าสามารถคำนวณได้จากกระแสไฟฟ้าที่สามารถอัดลงแบตเตอรี่ โดยที่พลังที่ใช้เท่ากับ 576 mA แต่พลังงานขาออกมีประมาณ 500 mA



รูปที่ 13 กราฟความเข้มแสง

6. การดัดแปลงอุปกรณ์เพื่อปรับปรุงการทำงานของผลิตภัณฑ์

6.1 การปรับปรุงวงจรไฟกระพริบ

การปรับปรุงให้วงจรไฟกระพริบโดยปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ภายในวงจรไฟกระพริบเพื่อลดพลังงานที่สูญเสีย

6.2 การเปลี่ยนทรานซิสเตอร์

โดยการเปลี่ยนทรานซิสเตอร์จากเบอร์ C9012 เป็น เบอร์ BC857 และเปลี่ยนจาก SC458 เป็น เบอร์ BC847 ซึ่งเป็นเซมิคอนดักเตอร์เพื่อลดการสูญเสียพลังงาน

6.3 การเปลี่ยนไดโอด

วงจรไฟกระพริบชนิดเดิมนั้นใช้ไดโอดแบบซิลิกอน ไดโอดเบอร์ 1N4001 เพื่อป้องกันกระแสไหลย้อนกลับ เซลล์แสงอาทิตย์ดังรูปที่ 2 ซึ่งมีค่าแรงดันตกคร่อม ที่ 0.7 โวลต์ ซึ่งสูงเกินความจำเป็นจึงทดลองเปลี่ยนมาใช้ ไดโอด เบอร์ 1N4148 ที่มีแรงดันตกคร่อม ที่ 0.4 โวลต์ [3] ฉะนั้นแรงดันแผงโซลาร์เซลล์ที่สามารถอัดกระแสลงไปใน แบตเตอรี่ คือ

แรงดันของแบตเตอรี่ + แรงดันตกคร่อมไดโอด = แรงดันที่แผงโซลาร์เซลล์สามารถอัดกระแสลงแบตเตอรี่ได้

$$V_b + V_d = V_{pv} \quad (1)$$

- เมื่อใช้ซิลิกอนไดโอด แรงดันตกคร่อมจะมีค่า เท่ากับ 0.7 โวลต์ ฉะนั้นแรงดันที่แผงโซลาร์เซลล์จำเป็นต้องใช้ในการอัดกระแสเท่ากับ $1.25 + 0.7$ เท่ากับ 1.95 โวลต์
- เมื่อเปลี่ยนเป็นไดโอด เบอร์ 1N4148 แรงดันตกคร่อม จะมีค่า เท่ากับ 0.4 โวลต์ ฉะนั้นแรงดันที่แผงโซลาร์เซลล์จำเป็นต้องใช้ในการอัดกระแส จะเท่ากับ $1.25 + 0.4$ เท่ากับ 1.65 โวลต์

จากข้อมูลข้างต้นทำให้เราสามารถหาจุดที่เหมาะสมในการชาร์จกระแสจากรูปที่ 3 ทำให้เราเลือก ไดโอด แบบ 1N4148 เพื่อให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกระแสได้ขึ้น

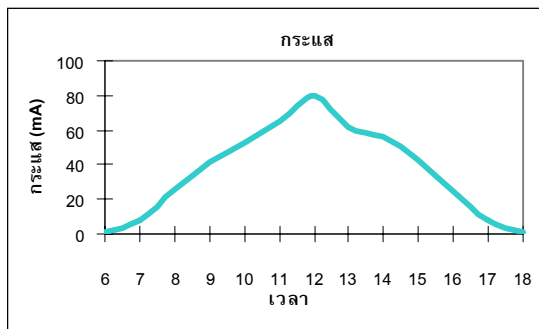
6.4 ผลจากการปรับปรุง

จากการปรับปรุงทำให้ได้การใช้พลังงานของแผงวงจรไฟกระพริบ โดยกระแสสูงสุดคือ 38 mA และมีกระแสเฉลี่ยเท่ากับ 28 mA ส่วนพลังงานขาเข้าพาได้จากพื้นที่ใต้กราฟดังรูปที่ 14 โดยพื้นที่ใต้กราฟ คือ ค่าพลังงานในรูปประจุ (mAh) ที่เติมให้แบตเตอรี่ใน 1 วันซึ่งมีค่าเท่ากับ 542 mAh เมื่อหารด้วยกระแสเฉลี่ยของวงจรไฟกระพริบ จะได้ เวลาที่สามารถขับวงจรได้

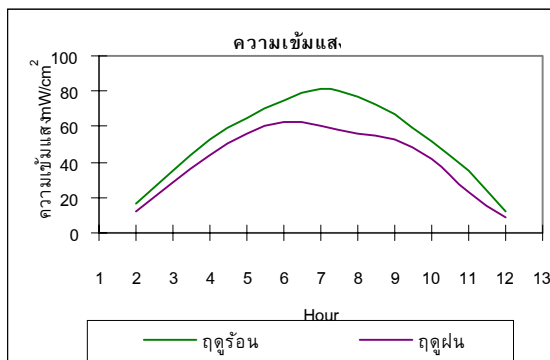
¹ เมื่อแรงดันของแบตเตอรี่แบบ Ni-Cd มีค่าเท่ากับ 1.25 โวลต์

$$T = 542/28 = 19 \text{ ชั่วโมง}$$

หมายความว่าในการเติมประจุใน 1 วันสามารถใช้ช่วงวงจรไฟกระพริบได้ 19 ชม ซึ่งมากกว่าเวลาที่วงจรไฟกระพริบคือ ประมาณ 12 ชม (อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามฤดูกาล)



รูปที่ 14 กระแสที่ถูกลดลงแบตเตอรี่



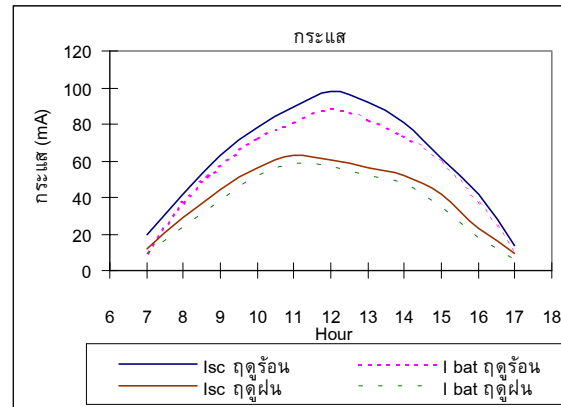
รูปที่ 15 ลักษณะความเข้มแสงในฤดูต่างๆ

จากข้อมูลความเข้มแสงแดดในฤดูร้อนและฤดูฝนตามรูปที่ 15 [4] สามารถหากระแสที่เข้าไปเก็บในแบตเตอรี่ได้ดังรูปที่ 16 โดยในฤดูฝนจะได้เท่ากับ 397.62 mA และ 606.54 mA ในฤดูร้อนซึ่งเพียงพอต่อการใช้งาน

สรุป

การปรับปรุงด้วยวิธีต่างๆทำให้ผลิตภัณฑ์สัญญาณไฟกระพริบพลังแสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพดีขึ้นจากเดิม โดยเมื่อทำการทดลองเปรียบเทียบจะพบว่า พลังงานที่ใช้มีค่าประมาณ 30 mA ซึ่ง 1 วันจะใช้พลังงานประมาณ 360 mAH แต่ค่าพลังงานที่สามารถเก็บเข้าแบตเตอรี่ได้มีประมาณ 576 mAH ซึ่งมีค่ามากกว่าพลังงานที่ต้องใช้

แสดงว่าสัญญาณไฟกระพริบมีพลังงานเพียงพอต่อการใช้ในช่วงเวลากลางคืน แม้ว่าจะไม่มีแดดถึง 3 วัน



รูปที่ 16 ลักษณะกระแสเฉลี่ย ในฤดูต่างๆ

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สามารถดำเนินไปได้ด้วยดี ทั้งนี้เพราะได้รับความช่วยเหลือจาก อ.สทิธร พรนิมิตร และ อ.อำนาจ สุขศรี ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยขอนแก่นที่ให้ข้อเสนอแนะ และขอบคุณบริษัท เอ็นเนอร์ยี่ซิสเต็ม จำกัด ที่ได้ให้ความช่วยเหลือสำหรับอุปกรณ์และขอบคุณสำหรับทุนอุดหนุนโครงการโครงการงานวิจัยจากฝ่ายอุตสาหกรรมสำหรับปีงบประมาณประจำปี 2546 ผู้จัดทำมีความซาบซึ้งในความกรุณาเป็นอย่างยิ่ง ใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

- [1] สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว, เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2526
- [2] Markvart, T. *Solar electricity*, John Wiley & Sons, 2000
- [3] Millman, J. and Halkias, C C. *Integrated Electronics: Analog and Digital Circuits and Systems*, McGraw-Hill, 1972
- [4] Excell, R H B and Saricali, K. "The Availability of Solar Energy in Thailand", Asian Institute of Technology, 1976