# รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

## การพัฒนาประสิทธิภาพของการสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

## The efficiency of the pump with solar energy.


ผู้วิจัย

นางสาวกุลสมทรัพย์ เย็นฉ่ำชลิต



มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี



โครงการวิจัยนี้ ได้รับการสนับสนุนงบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ 2560

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

# กิตติกรรมประกาศ

การทำวิจัยฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยความกรุณามหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ที่สนับสนุนในการศึกษาค้นคว้าการประดิษฐ์พร้อมด้วยการพัฒนาประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์อีกทั้งอนุเคราะห์ อุปกรณ์ และเครื่องมือใช้ในการพัฒนาประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ รวมทั้งให้คำแนะนำ อีกทั้งได้จัดหาเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้โครงการพิเศษฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นผู้วิจัยขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ ที่นี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณาอาจารย์ที่เคารพทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำสิ่งที่เป็นประโยชน์ในการสืบค้น และจัดทำการพัฒนาประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ให้สำเร็จลุร่วงตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้เป็นอย่างดี จึงขอกราบขอบพระคุณทุกท่านด้วยความเคารพอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

กุลสมทรัพย์ เย็นฉ่ำชลิต

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

**ชื่อหัวข้อ** การพัฒนาประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

**ผู้วิจัย** กุลสมทรัพย์ เย็นฉ่ำชลิต

## บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องการพัฒนาประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเป็นการสร้างตามแนวคิด เพื่อลดค่าใช้จ่ายการซื้อน้ำมันเชื้อเพลิงมาใช้ในการสูบน้ำ โดยมีการพัฒนาระบบที่สามารถ ให้ใช้งานได้ทั้งกลางวันและกลางคืน เพราะในขณะที่แสงอาทิตย์ไม่มี แผงโซล่าเซลล์ จะจ่ายแรงดันมาอยู่ที่ประมาณ 27 โวลต์ แต่กระแสจะตกคร่อมที่ตัวโซล่าเซลล์ ส่งผลให้กระแสไม่ไหลผ่าน ชุดวงจรอินเวอร์เตอร์ จึงทำให้มอเตอร์หยุดทำงาน

ผู้วิจัยจึงได้ทำการพัฒนาประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ทำงานได้ 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 ทำงานในช่วงกลางวันเราจะใช้กระแสไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์สูบน้ำ ในขณะที่ใช้แผงโซล่าเซลล์จะใช้งานได้ทั้งวัน แต่ในกรณีที่ไม่มีแสงแดด มีฝนครึ้มเล็กน้อย ก็จะเปลี่ยนจากแผงโซล่าเซลล์เป็นใช้งานจากแบตเตอรี่ กรณีที่ 2 คือ ทำงานตอนกลางคืน เราจะเก็บไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ที่ชาร์จไว้ตอนกลางวัน นำมาใช้ช่วงกลางคืน โดยระบบจะทำการตัดระบบจากแผงโซล่าเซลล์มาเป็นการใช้พลังจากแบตเตอรี่โดยอัตโนมัติ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

Title The efficiency of the pump with solar energy.

Researcher Miss Kulsomsap Yenchamchalit

## Abstract

Thesis on the development of efficient solar pump. It is built on the concept To reduce the cost of fuel used to pump water. The system can be. Use the medium and night. Because while there is no light solar panel The voltage to about 27 V, but the staff will stamp across the solar cell. As a result, no current flows. Series inverter As a result, the motor stops working

So we have developed two solar power packs: Case 1, which works during daytime, uses electricity from solar cell pumping stations. While using a solar panel, it will work all day. But in the absence of sunlight. Light rain It will change from solar cell to battery powered. Case 2 is work at night. We will store electricity from rechargeable batteries during the day. Apply over night. The system will automatically cut the system from the solar panel to automatically use battery power.

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

# สารบัญ


| | | หน้า |
|---|---|---|
| **กิตติกรรมประกาศ** | | ก |
| **บทคัดย่อภาษาไทย** | | ข |
| **บทคัดย่อภาษาอังกฤษ** | | ค |
| **สารบัญ** | | ง |
| **บทที่ 1 บทนำ** | | |
| 1.1 | ประวัติความเป็นมา | 1 |
| 1.2 | วัตถุประสงค์ | 2 |
| 1.3 | ขอบเขตของการวิจัย | 2 |
| 1.4 | ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| 1.5 | ระยะเวลาการดำเนินงาน | 2 |
| **บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ** | | |
| 2.1 | แผงโซล่าเซลล์ | 3 |
| 2.2 | แบตเตอรี่ | 30 |
| 2.3 | โซล่าชาร์จเจอร์ | 38 |
| 2.4 | ปั๊มน้ำ (Pump) | 39 |
| 2.5 | ตู้ไฟกันน้ำ | 47 |
| 2.6 | เกจวัดแรงดัน | 49 |
| 2.7 | สายพีวีซีใยลวด (PVC Spring Hose) | 50 |
| 2.8 | อุปกรณ์เชื่อมต่อเพลา (Coupling) | 51 |
| 2.9 | เหล็ก | 53 |
| 2.10 | ท่อ PVC (สีฟ้า) | 56 |
| 2.11 | มอเตอร์ไร้แปรงถ่าน | 57 |
| 2.12 | ส่วนกล่องและระบบควบคุม | 60 |
| 2.13 | โพลสวิทช์ | 65 |
| 2.14 | คอนแทคเตอร์ | 68 |
| 2.15 | โอเวอร์โหลด | 73 |
| 2.16 | รีเลย์ | 76 |
| 2.17 | โมดูลDCดีเทคเตอร์ | 77 |
| 2.18 | UPSเครื่องสำรองไฟ | 78 |
| **สารบัญ** (ต่อ) | | หน้า |
| 2.19 | หลอดแสวงสถานะ | 79 |
| 2.20 | ปุ่มกดฉุกเฉินemergency stop | 81 |
| 2.21 | สวิทช์ลูกศร | 81 |
| 2.22 | ไซเรนแจ้งเตือน | 82 |
| 2.23 | เบรกเกอร์ | 82 |


มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

2.24 ทามเมอร์ 83
2.25 แอมมิเตอร์ 84
2.26 โวลต์มิเตอร์ 86
2.27 โฟโต้สวิทซ์ 87

**บทที่ 3 การออกแบบ**
3.1 กระบวนการทำงานของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ 88
3.2 ขั้นตอนการออกแบบ 89
3.3 การเลือกใช้อุปกรณ์ 91

**บทที่ 4 การทดสอบการทำงานของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์**
4.1 การทดสอบการทำงานของแผงโซล่าเซลล์ก่อนการพัฒนาเครื่อง 98
4.2 การทดสอบปริมาณแรงดันไฟฟ้า ณ จุดต่างๆ ระหว่างทดสอบการสูบน้ำในขณะใช้ Solar cell เปรียบเทียบกับการใช้ Battery 99
4.3 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำที่สูบได้จากระบบ Solar Cell กับ Battery 102
4.4 การทดสอบการทำงานของแบตเตอรี่(ช่วงแสงน้อยหรือกลางคืน) 108
4.5 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการสูบน้ำทางเกษตรกรรม
**บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ**
5.1 การทดลอง 126
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข 126
5.3 แนวทางการพัฒนา 128
**บรรณานุกรม**

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ประวัติความเป็นมา

อาชีพเกษตรกรรมเป็นอาชีพที่เกิดขึ้นมาตั้งแต่สมัยโบราณ ทั้งนี้เพราะเป็นอาชีพ ที่ก่อให้เกิดปัจจัยต่างๆ ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ปัจจัยดังกล่าว ได้แก่ อาหาร ที่อยู่อาศัย เครื่องนุ่งห่ม และยารักษาโรค จึงถือได้ว่าอาชีพเกษตรกรรมเกิดขึ้นก่อนอาชีพอื่น ๆ ในสมัยก่อนมนุษย์ ยังด้อยการพัฒนา มีสภาพเป็นคนป่า จึงไม่รู้จักการปลูกพืช การเลี้ยงสัตว์ ตลอดจน การสร้างที่อยู่อาศัยเป็นหลักแหล่ง ดำเนินชีวิตโดยหาของกิน เช่น ผลไม้ต่าง ๆ เผือก มัน เนื้อสัตว์เพื่อเลี้ยงชีวิตให้อยู่รอด

ต่อมาวัฒนาการในการทำการเกษตรได้มีเครื่องทุนแรงเกิดขึ้น อาทิ เช่น รถไถนา เครื่องพ่นยาฆ่าแมลง เครื่องพ่นปุ๋ย รถเก็บเกี่ยวผลผลิต และเครื่องสูบน้ำ เป็นต้น เครื่องสูบน้ำ

เป็นเครื่องมือทุ่นแรงที่สำคัญอย่างหนึ่ง ซึ่งเกษตรกรมีโอกาสที่จะหาซื้อ มาไว้ใช้ในเรือนสวนหรือไร่นาของตน โดยลงทุนไม่มากนัก ค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่อง การ ซ่อมแซมและบำรุงรักษาก็ไม่สูง อีกทั้งยังสามารถนำเครื่องสูบน้ำนั้นไปใช้ประโยชน์อื่นๆ ได้ อีกด้วย เช่นพ่นยากำจัดแมลง เครื่องสูบน้ำที่ขายอยู่ในท้องตลาด มีให้เลือกมากมายหลายชนิด แตกต่างกันตาม ขนาดและวิธีการใช้ แต่เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ใช้เครื่องสูบน้ำเพียงเพื่อสูบน้ำจากคลอง ชลประทาน คูน้ำ หรือแหล่งน้ำตามธรรมชาติขึ้นมาสูบพื้นที่เพาะปลูกเท่านั้นระดับน้ำที่จะสูบ ขึ้นมาใช่ก็อยู่ไม่ลึก การใช้น้ำบาดาลในการเกษตร หรือการให้น้ำแก่พืชในระบบที่ต้องใช้ความดันสูง ๆ ก็มีน้อย แต่ข้อเสียของเครื่องสูบน้ำคือ การใช้เชื้อเพลิงในการทำงาน ทำให้เกษตรกรต้องเสียค่าใช้จ่ายมากในการลงทุน เพราะนอกจากจะเสียค่าเมล็ดพันธุ์ ค่าปุ๋ย ค่าฆ่าแมลง ค่าคนงาน และยังค่ามาเสียค่าเชื้อเพลิงในการสูบน้ำ กลุ่มผู้วิจัยได้เล็งเห็นว่าเกษตรกรน่าจะใช้พลังงานทดแทนในการทำการเกษตร จึงได้คิดค้นและผลิตเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์และสามารถเคลื่อนที่ได้โดยออกแบบเป็นรถเข็น 3 ล้อและใช้แผงโซล่าเซลล์ในการทำงานแทนเชื้อเพลิง ดังนั้น กลุ่มผู้วิจัยได้ออกแบบ ผลิตและทดลอง การพัฒนาประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบต่อตรงขนาด 300 วัตต์ที่ได้เคยทำงาน ProJect มาจาก เบทาโกร ศูนย์การเรียนรู้ป่าสัก และกลุ่มผู้วิจัยได้คิดค้นในการใช้แบตเตอรี่ในการสำรองไฟสำหรับสูบน้ำเพื่อใช้ในการเกษตรกรรม งานชลประทานขนาดเล็ก สำหรับครัวเรือน ที่ต้องใช้น้ำในการทำกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อท้องถิ่นที่ห่างไกลจากระบบไฟฟ้าพื้นฐานและเพื่อการประหยัดพลังงานเพื่อใช้แทนเครื่องยนต์ขนาดเล็กลดการใช้เชื้อเพลิงที่ก่อให้เกิดมลภาวะ ลดปัญหาความยุ่งยากในการทำงานและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์ เพื่อการสูบน้ำและแก้ไขปัญหาความแห้งแล้ง ขาดแคลนน้ำ

การติดตั้ง ปั้มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ บริเวณศูนย์การเรียนรู้ป่าสัก มีข้อดี และ ข้อเสีย ดังนี้

ข้อดี

การติดตั้งปั้มน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ สามารถลดค่าใช้จ่ายด้าน พลังงานลง เป็นอย่างดีเนื่องจากเป็นแหล่งพลังงาน จากธรรมชาติที่ไม่มีวันหมด ทั้งยังเป็นพลังงานสะอาด ซึ่งเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยแผงโซล่าเซลล์ มีอายุการใช้งานของแผงโซล่าเซลล์ประมาณ 20 – 25 ปี ทั้งนี้ระบบปั้มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ของบริษัท Danco เป็นแบบ Complete Set สามารถเคลื่อนย้าย สำหรับไปใช้งานบริเวณอื่นๆ ที่มีความเหมาะสมต่อการใช้งานในโอกาสต่อไปได้

ข้อเสีย

ด้วยข้อจำกัดของการทำงาน ของโซล่าเซลล์ เช่น รุ่งเช้า , พลบค่ำ , แดดไม่ออก , โซล่าเซลล์จะลดประสิทธิภาพในการทำงานลง จะต้องมีการทำงานร่วมกับปั้มน้ำที่มีอยู่เดิม หรือต้องมีการสร้างถังสำหรับเก็บน้ำ ไว้ใช้ช่วงเวลาดังกล่าว ระบบปั้มน้ำของบริษัท Danco มีสมรรถนะในการทำงานที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับปั้มน้ำที่มีอยู่เดิมตัวอย่างเช่น อัตราการไหลของน้ำ , ระยะส่งน้ำ เป็นต้น

สรุป

ในแง่ของการลงทุนเพื่อคำนึงถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐสาตร์ โดยการนำแผงโซล่าเซลล์ มาใช้รวมกับปั้มน้ำ ปัจจุบันยังถือว่า ระบบยังไม่พัฒนาเท่าที่ควร ดังนั้นกลุ่มผู้วิจัยจึงรวบรวมค้นหาหลักการทำงานดังกล่าว ให้เป็นระบบ Automatic และยังสามารถใช้งานได้ทั้งกลางวันและกลางคืน โดยเพิ่มพลังงานของแบตเตอรี่ เข้ามาช่วยเสริมพลังงานของแสงอาทิตย์ หากไม่มีแสงแดดแรงดันลดลง ระบบจะไปใช้พลังงานของแบตเตอรี่แทนโดยอัตโนมัติ กลุ่มผู้วิจัย ยังเพิ่มระบบการป้องกันในเรื่องของระบบสูบน้ำ หากเกิดการอุดตันของเศษขยะหรือปริมาณน้ำบริเวรบ่อที่สูบมีน้อย ระบบจะทำการ ตัดการทำแสดงสถานะต่างๆ ที่หน้าตู้ Control ให้ผู้ใช้งานได้ทราบปัญหา ขณะเปิดเครื่องสูบน้ำงานทันที หากแรงดันของแบตเตอรี่ลดน้อยลง ไม่เพียงพอต่อการใช้งาน จะมี_Alarm แจ้งเตือน

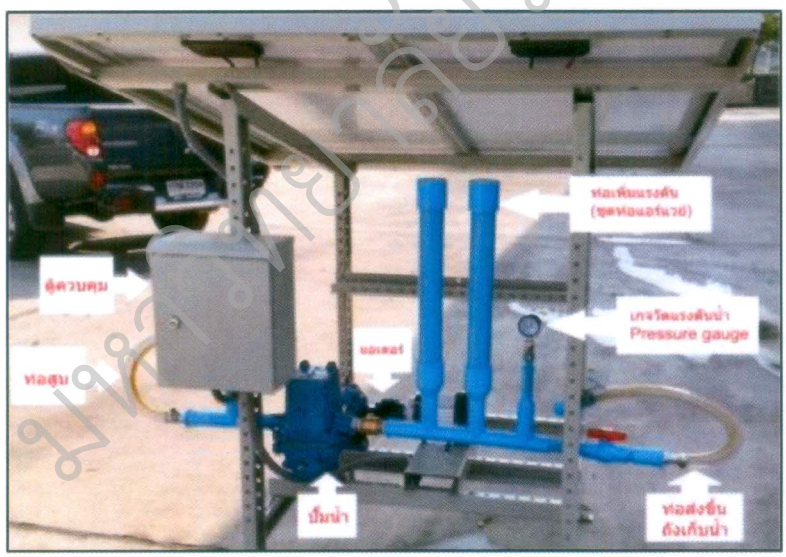
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

รูปที่ 1.1 ปั๊มน้ำที่ใช้งานปัจจุบันที่ศูนย์เรียนรู้

ข้อมูลปั๊มน้ำบริเวณศูนย์การเรียนรู้

1. ปั๊มน้ำ Mitsubishi ขนาด 2 Hp (1500 watt)
2. ด้านส่งขึ้นถังเก็บ 13.2 - 26.4 เมตร
3. อัตราการไหล 0 - 550 ลิตร/นาที
4. ช่วงความเป็นกรด-ด่าง pH 5-9
5. อุณหภูมิของเหลวสูงสุดไม่เกิน 60 องศา (C)
6. อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมไม่เกิน 40 องศา (C)

สรุปค่าใช้จ่ายทั้งหมด ไม่มีค่าค่าใช้จ่ายในการลงทุน มีเพียงค่าไฟฟ้า ที่ใช้กับปั๊มน้ำ




รูปที่ 1.2 เครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ศูนย์การเรียนรู้ป่าสัก ที่ยังไม่พัฒนา

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

1. BLDC. Motor Controller 24 V.DC ขนาด 350 วัตต์
2. แรงดันสูงสุดของระบบสูบน้ำ ประมาณ 2.4 - 4 บาร์ ตามสภาพของแสงแดด
3. ด้านส่งขึ้นถังเก็บ ได้มากกว่า 12 เมตร
4. สามารถสูบน้ำได้ลึก 8 เมตร ระยะเครื่องสูบกับแหล่งน้ำไม่ควรไกลเกิน 20 เมตร
5. ส่งน้ำในแนวราบได้ประมาณ 80 - 100 เมตร
6. อัตราการไหลเฉลี่ย 35 ลิตร/นาที (2,100 ลิตร/ ชั่วโมง)
7. แผงโซลาเซลล์แบบ Mono Type ขนาด 150 วัตต์ จำนวน 2 แผงการใช้งานช่วง 09.00 - 15.00 หรือประมาณ 4 -5 ชั่วโมง (ขึ้นกับสภาพแสงแดด) ไม่ได้ใช้พลังงานของแบตเตอรี่

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อประหยัดพลังงานเชื้อเพลิง
1.2.2 เพื่อนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนในอนาคต
1.2.3 เพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงด้านการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 สามารถผลิตไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 24 โวลต์
1.3.2 สามารถผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ ขนาด 220 โวลต์ 50 HZ 275 W
1.3.3 สามารถสูบน้ำได้ 36 ลิตรต่อ 1 นาที
1.3.4 สูบน้ำได้ต่ำสุด 8 เมตร
1.3.5 ระบบการทำงานแบบ Automatic
- ระบบการป้องกันในเรื่องของระบบสูบน้ำ ควบคุมทิศทางการไหลของน้ำ
- ตัดการทำงานทันที หากแรงดันของแบตเตอรี่ลดน้อยลง
- สลับพลังงานโดยอัตโนมัติ ระหว่าง แผงโซล่า และแบตเตอรี่
- Alarm แจ้งเตือนแสดงสถานะต่างๆ ที่หน้าตู้ Control

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถช่วยเกษตรกรในการสูบน้ำ ในแหล่งที่ไม่มีพลังงานไฟฟ้า
1.4.2 สามารถใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานทดแทนได้
1.4.3 มีความสะดวกในการเคลื่อนย้าย เนื่องจากออกแบบระบบขับเคลื่อนล้อเพิ่มเติม
1.4.4 สะดวกต่อการใช้งานเนื่องจากเป็นระบบ Auto เปิดเพียงครั้งเดียว ระบบทำงานเอง
1.4.5 สามารถใช้ไฟฟ้ากระแสสลับได้ เหมือนการดำรงชีวิตอยู่ในบ้านเรือน
1.4.5 เป็นต้นแบบในความคิดสร้างสรรค์ เพื่อให้บุคคลอื่นได้พัฒนา ระบบการทำงานต่อไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

1.5 ระยะเวลาการดำเนินงาน

**ตารางที่ 1.1** ระยะการดำเนินงาน ตั้งแต่ มิถุนายน พ.ศ. 2560 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2560

| ระยะเวลา | พ.ศ. 2560 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| การดำเนินการ | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ค. | ธ.ค. |
| 1. ได้ศึกษาและค้นคว้า | | | | | | | |
| 2.ศึกษาแผงโซล่าเซลล์และอุปกรณ์ต่างๆที่ต้องใช้ | | | | | | | |
| 3. ออกแบบเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ | | | | | | | |
| 4. จัดหาอุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในการผลิต | | | | | | | |
| 5. ลงมือสร้างเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ | | | | | | | |
| 6. ทอสอบประสิทธิภาพและการทำงานของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ | | | | | | | |
| 7. แก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ | | | | | | | |
| 8. จัดทำรูปเล่มรายงานเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ | | | | | | | |
| 9. ได้ชุดโครงงานเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ | | | | | | | |

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและหลักการ

โครงการเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ทางกลุ่มผู้จัดทำได้ศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลเพื่อเป็นการออกแบบและเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ดังแสดงในหัวข้อต่อไปนี้

2.1 แผงโซล่าเซลล์
2.2 แบตเตอรี่
2.3 โซล่าชาร์จเจอร์
2.4 ปั๊มน้ำ (Pump)
2.5 ตู้ไฟกันน้ำ
2.6 เกจวัดแรงดัน
2.7 สายพีวีซีใยลวด (PVC Spring Hose)
2.8 อุปกรณ์เชื่อมต่อเพลา (Coupling)
2.9 เหล็ก
2.10 ท่อ PVC (สีฟ้า)
2.11 มอเตอร์ไร้แปรงถ่าน
2.12 วงจรแปลงกระแส ( กล่องควบคุม )
2.13 โฟลสวิทซ์
2.14 คอนแทคเตอร์
2.15 โอเวอร์โหลด
2.16 รีเลย์
2.17 โมดุล ดีแทคเตอร์
2.18 UPS
2.19 หลอดแสดงสถานะ
2.20 ปุ่มกดฉุกเฉิน ( Emergency )
2.21 สวิทซ์ลูกศร
2.22 ไซเรน
2.23 เบรคเกอร์
2.24 ทามเมอร์ตั้งเวลา
2.25 แอมมิเตอร์
2.26 โวลต์มิเตอร
2.27 โฟโต้สวิทซ์

## 2.1 แผงโซล่าเซลล์

แผงโซล่าเซลล์ หรือ PV มีชื่อเรียกกันไปหลายอย่าง เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์สุริยะ หรือ เซลล์ photovoltaic ซึ่งต่างก็มีที่มาจากคำว่า Photovoltaic โดยแยกออกเป็น photo หมายถึง แสง และ volt หมายถึง แรงดันไฟฟ้า เมื่อรวมคำแล้วหมายถึง กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตกกระทบของแสงบนวัตถุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง แนวความคิดนี้ได้ถูกค้นพบมาตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1839 แต่แผงโซล่าเซลล์ก็ยังไม่ถูกสร้างขึ้นมา จนกระทั่ง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ใน ปี ค.ศ. 1954 จึงมีการประดิษฐ์เซลล์แผงโซล่าเซลล์ และได้ถูกนำไปใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังพลังงานให้กับดาวเทียมในอวกาศ เมื่อ ปี ค.ศ. 1959 ดังนั้น

สรุป ได้ว่า แผงโซล่าเซลล์ คือ สิ่งประดิษฐ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Silicon), แกลเลี่ยม อาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide), อินเดียม ฟอสไฟด์ (Indium Phosphide), แคดเมียม เทลเลอไรด์ (Cadmium Telluride) และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ (Copper Indium Diselenide) เป็นต้น ซึ่งเมื่อได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงก็จะเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้า และจะถูกแยกเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบเพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสองของแผงโซล่าเซลล์ เมื่อนำขั้วไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์เข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าสู่อุปกรณ์เหล่านั้น ทำให้สามารถทำงานได้

2.1.1 ชนิดของแผงโซล่าเซลล์

แบ่งตามวัสดุที่ใช้เป็น 3 ชนิดหลักๆ คือ

(Single Crystalline Silicon Solar Cell) (Amorphous Silicon Solar Cell) (Single Crystalline)

**รูปที่ 2.1** แผงโซล่าเซลล์ชนิดต่างๆ
(ที่มา : www.solar-greenpower.com)

2.1.1.1 แผงโซล่าเซลล์ที่ทำจากซิลิคอน ชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon Solar Cell) หรือที่รู้จักกันในชื่อ Mon crystalline Silicon Solar Cell และชนิดผลึกรวม (Polycrystalline Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอนแข็งและบางมาก

2.1.1.2 แผงโซล่าเซลล์ที่ทำจาก อะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นฟิล์มบางเพียง 0.5 ไมครอน (0.0005 มม.) น้ำหนักเบามาก และประสิทธิภาพเพียง 5-10%

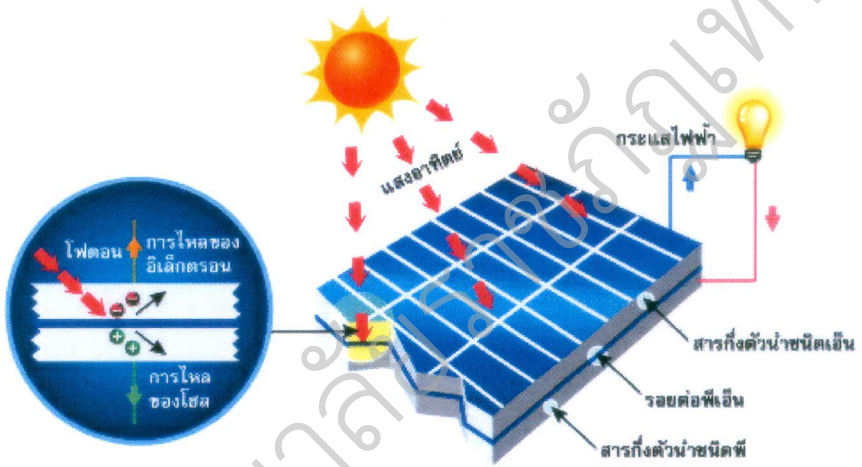
2.1.1.3 แผงโซล่าเซลล์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำอื่นๆ เช่น แกลเลี่ยม อาร์เซไนด์, แคดเมียม เทลเลอไรด์ และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ เป็นต้น มีทั้งชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) และผลึกรวม (Polycrystalline) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกลเลี่ยม อาร์เซไนด์ จะให้ประสิทธิภาพสูงถึง 20 -25 %

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

2.1.2 โครงสร้างของแผงโซล่าเซลล์

โครงสร้างที่นิยมมากที่สุด ได้แก่ รอยต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำ สารกึ่งตัวนำที่ราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนโลก คือ ซิลิคอน จึงถูกนำมาสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ โดยนำซิลิคอนมาถลุงและผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ จนกระทั่งทำให้เป็นผลึก จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการแพร่ซึมสารเจือปนเพื่อสร้างรอยต่อพีเอ็น โดยเมื่อเติมสารเจือฟอสฟอรัส จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ( เพราะนำไฟฟ้าด้วยอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบ ) และเมื่อเติมสารเจือโบรอน จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดพี (เพราะนำไฟฟ้าด้วยโฮลซึ่งมีประจุบวก) ดังนั้น เมื่อนำสารกึ่งตัวนำชนิดพีและเอ็นมาต่อกัน จะเกิดรอยต่อพีเอ็นขึ้น โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอน อาจมีรูปร่างเป็นแผ่นวงกลมหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส ความหนา 200 - 400 ไมครอน (0.2-0.4 มม.) ผิวด้านรับแสงจะมีชั้นแพร่ซึมที่มีการนำไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าด้านหน้าที่รับแสงจะมีลักษณะคล้ายก้างปลาเพื่อให้ได้พื้นที่รับแสงมากที่สุด ส่วนขั้วไฟฟ้าด้านหลังเป็นขั้วโลหะเต็มพื้นผิว

2.1.3 หลักการทำงานทั่วไปของแผงโซล่าเซลล์




**รูปที่ 2.2** หลักการทำงานทั่วไปของแผงโซล่าเซลล์
(ที่มา : www.baanjomyut.com)

2.1.3.1 เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบแผงโซล่าเซลล์ จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าประจุลบและบวกขึ้น ได้แก่ อิเล็กตรอนและโฮล โครงสร้างรอยต่อพีเอ็นจะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์ เพื่อแยกพาหะนำไฟฟ้าชนิดอิเล็กตรอนไปที่ขั้วลบ และพาหะนำไฟฟ้าชนิดโฮลไปที่ขั้วบวก ( ปกติที่ฐานจะใช้สารกึ่งตัวนำชนิดพี ขั้วไฟฟ้าด้านหลังจึงเป็นขั้วบวก ส่วนด้านรับแสงใช้สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ขั้วไฟฟ้าจึงเป็นขั้วลบ ) ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสตรงที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง เมื่อต่อให้ครบวงจรไฟฟ้าจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลขึ้น

2.1.3.2 ตัวอย่างการผลิตไฟฟ้าแผงโซล่าเซลล์ แผงโซล่าเซลล์ชนิดซิลิคอนที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว จะให้กระแสไฟฟ้าประมาณ 2-3 แอมแปร์ และให้แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดประมาณ 0.6 โวลต์ เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ไม่มากนัก ดังนั้นเพื่อให้ได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

กำลังไฟฟ้ามากเพียงพอสำหรับใช้งาน จึงมีการนำเซลล์แสงอาทิตย์หลายๆ เซลล์มาต่อกันเป็นเรียกว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Modules) ลักษณะการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นอยู่ว่าต้องการกระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้า

1) การต่อแผงโซล่าเซลล์แบบขนาน จะทำให้ได้กระแสไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น

2) การต่อแผงโซล่าเซลล์แบบอนุกรม จะทำให้ได้แรงดันไฟฟ้าสูงขึ้น

2.1.4 ขั้นตอนการผลิตแผงโซล่าเซลล์

2.1.4.1 แผงโซล่าเซลล์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystal) หรือ Mono crystalline มีขั้นตอนการผลิต ดังนี้

1) นำซิลิคอนที่ถลุงได้มาหลอมเป็นของเหลวที่อุณหภูมิประมาณ 1400°C แล้วดึงผลึกออกจากของเหลว โดยลดอุณหภูมิลงอย่างช้าๆ จนได้แท่งผลึกซิลิคอนเป็นของแข็ง แล้วนำมาตัดเป็นแว่นๆ

2) นำผลึกซิลิคอนที่เป็นแว่น มาแพร่ซึมด้วยสารเจือปนต่างๆ เพื่อสร้างรอยต่อพีเอ็นภายในเตาแพร่ซึมที่มีอุณหภูมิประมาณ 900-1000 °C แล้วนำไปทำชั้นต้านการสะท้อนแสงด้วยเตาออกซิเดชั่นที่มีอุณหภูมิสูง

3) ทำขั้วไฟฟ้าสองด้านด้วยการฉาบไอโลหะภายใต้สุญญากาศ เมื่อเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องนำไปทดสอบประสิทธิภาพด้วยแสงอาทิตย์เทียม และวัดหาคุณสมบัติทางไฟฟ้า

2.1.4.2 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกรวม (Polycrystalline) มีขั้นตอนการผลิต ดังนี้

2.1.4.2.1 นำซิลิคอนที่ถลุงและหลอมละลายเป็นของเหลวแล้วมาเทลงในแบบพิมพ์ เมื่อซิลิคอนแข็งตัว จะได้เป็นแท่งซิลิคอนเป็นแบบผลึกรวม แล้วนำมาตัดเป็นแว่นๆ

2.1.4.2.2 จากนั้นนำมาแพร่ซึมด้วยสารเจือปนต่างๆ และทำขั้วไฟฟ้าสองด้านด้วยวิธีการเช่นเดียวกับที่สร้างเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกเดี่ยว

2.1.4.2.3 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน มีขั้นตอนการผลิต ดังนี้

1) ทำการแยกสลายก๊าซไซเลน (Silane Gas) ให้เป็นอะมอร์ฟัสซิลิคอน โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า เครื่อง Plasma CVD (Chemical Vapor Deposition) เป็นการผ่านก๊าซไซเลนเข้าไปในครอบแก้วที่มีขั้วไฟฟ้าความถี่สูง จะทำให้ก๊าซแยกสลายเกิดเป็นพลาสมา และอะตอมของซิลิคอนจะตกลงบนฐานหรือสแตนเลสสตีลที่วางอยู่ในครอบแก้ว เกิดเป็นฟิล์มบางขนาดไม่เกิน 1 ไมครอน (0.001 มม.)

2) ขณะที่แยกสลายก๊าซไซเลน จะผสมก๊าซฟอสฟีนและไดโบเร้นเข้าไปเป็นสารเจือปน เพื่อสร้างรอยต่อพีเอ็นสำหรับใช้เป็นโครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์

3) การทำขั้วไฟฟ้า มักใช้ขั้วไฟฟ้าโปร่งแสงที่ทำจาก ITO (Indium Tin Oxide)

2.1.4.4 แผงโซล่าเซลล์ที่ทำจากแกลเลี่ยม อาร์เซไนด์ มีขั้นตอนการผลิต ดังนี้

1) ขั้นตอนการปลูกชั้นผลึก ใช้เครื่องมือ คือ เตาปลูกชั้นผลึกจากสถานะของเหลว (LPE; Liquid Phase Epitaxy)

2) ขั้นตอนการปลูกชั้นผลึกที่เป็นรอยต่อเอ็นพี ใช้เครื่องมือ คือ เครื่องปลูกชั้นผลึกด้วยลำโมเลกุล (MBE; Molecular Beam Epitaxy)

2.1.5 ลักษณะเด่นของแผงโซล่าเซลล์

2.1.5.1 ใช้พลังงานจากธรรมชาติ คือ แสงอาทิตย์ ซึ่งสะอาดและบริสุทธิ์ ไม่ก่อปฏิกิริยาที่จะทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ

2.1.5.2 เป็นการนำพลังงานจากแหล่งธรรมชาติ คือ นำมาใช้อย่างคุ้มค่าและไม่มีวันหมดไปจากโลกนี้สามารถนำไปใช้

2.1.5.3 ไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงอื่นใดนอกจากแสงอาทิตย์ รวมถึงไม่มีการเผาไหม้ จึงไม่ก่อให้เกิดมลภาวะด้านอากาศและน้ำ

2.1.5.4 ไม่เกิดของเสียขณะใช้งาน จึงไม่มีการปล่อยมลพิษทำลายสิ่งแวดล้อม

2.1.5.5 เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ และไม่มีชิ้นส่วนใดที่มีการเคลื่อนไหวขณะทำงาน จึงไม่เกิดการสึกหรอ

2.1.5.6 ต้องการการบำรุงรักษาน้อยมาก

2.1.5.7 อายุการใช้งานยืนยาวและประสิทธิภาพคงที่

2.1.5.8 มีน้ำหนักเบา ติดตั้งง่าย เคลื่อนย้ายสะดวกและรวดเร็ว

2.1.5.9 เนื่องจากมีลักษณะเป็นโมดูล จึงสามารถประกอบได้ตามขนาดที่ต้องการ

2.1.5.10 ช่วยลดปัญหาการสะสมของก๊าซต่างๆ ในบรรยากาศ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ , ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ฯลฯ ซึ่งเป็นผลจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจำพวกน้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ ล้วนแล้วแต่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เกิดปฏิกิริยาเรือนกระจก ทำให้โลกร้อนขึ้น เกิดฝนกรด และอากาศเป็นพิษ ฯลฯ

2.1.6 แผงโซล่าเซลล์(Solar Cell)

2.1.6.1 เป็นสิ่งประดิษฐ์กรรมทางอิเลคทรอนิกส์ ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยการนำสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิกอน ซึ่งมีราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนพื้นโลกมาผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อผลิตให้เป็นแผ่นบางบริสุทธิ์ และทันทีที่แสงตกกระทบบนแผ่นเซลล์ รังสีของแสงที่มีอนุภาคของพลังงานประกอบที่เรียกว่า โปรตอน (Proton) จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอน (Electron) ในสารกึ่งตัวนำจนมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของอะตอม (atom) และเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ครบวงจรจะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงขึ้น เมื่อพิจารณาลักษณะการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์พบว่า เซลล์แสงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงที่สุดในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งสอดคล้องและเหมาะสมในการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ผลิตไฟฟ้า เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวัน

2.1.7 การผลิตไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์มีจุดเด่นที่สำคัญ แตกต่างจากวิธีอื่นหลายประการดังต่อไปนี้

2.1.7.1 ไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวในขณะใช้งาน จึงทำให้ไม่มีมลภาวะทางเสียง

2.1.7.2 ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะเป็นพิษจากขบวนการผลิตไฟฟ้า

2.1.7.3 มีการบำรุงรักษาน้อยมากและใช้งานแบบอัตโนมัติได้ง่าย

2.1.7.4 ประสิทธิภาพคงที่ไม่ขึ้นกับขนาด

2.1.7.5 สามารถผลิตเป็นแผงขนาดต่างๆ ได้ง่าย ทำให้สามารถผลิตได้ปริมาณมาก

2.1.7.6 ผลิตไฟฟ้าได้แม้มีแสงแดดอ่อนหรือมีเมฆ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

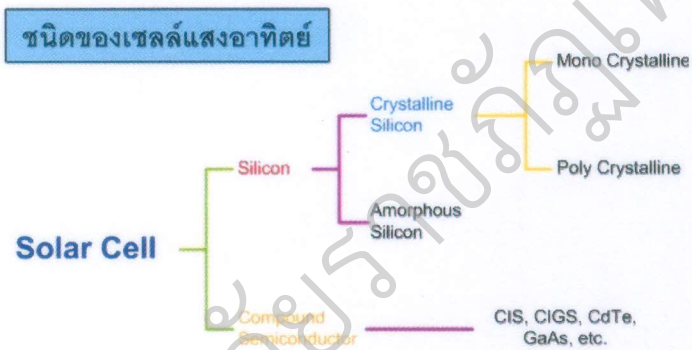
2.1.7.7 เป็นการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้มาฟรีและมีไม่สิ้นสุด

2.1.7.8 ผลิตไฟฟ้าได้ทุกมุมโลกแม้บนเกาะเล็กๆ กลางทะเล บนยอดเขาสูง และในอวกาศ

2.1.7.9 ได้พลังงานไฟฟ้าโดยตรงซึ่งเป็นพลังงานที่นำมาใช้ได้สะดวกที่สุด

2.1.8 ประวัติความเป็นมาของแผงโซล่าเซลล์

2.1.8.1 แผงโซล่าเซลล์ถูกสร้างขึ้นมาครั้งแรกในปี ค.ศ. 1954 (พ.ศ. 2497) โดย แชปปิน (Chapin) ฟูลเลอร์ (Fuller) และเพียสัน (Pearson) แห่งเบลล์เทลเลโฟน (Bell Telephon) โดยทั้ง 3 ท่านนี้ได้ค้นพบเทคโนโลยีการสร้างรอยต่อ พี-เอ็น (P-N) แบบใหม่ โดยวิธีการแพร่สารเข้าไปในผลึกของซิลิกอน จนได้แผงโซล่าเซลล์อันแรกของโลก ซึ่งมีประสิทธิภาพเพียง 6% ซึ่งปัจจุบันนี้แผงโซล่าเซลล์ได้ถูกพัฒนาขึ้นจนมีประสิทธิภาพสูงกว่า 15% แล้ว ในระยะแรกแผงโซล่าเซลล์ส่วนใหญ่จะใช้สำหรับโครงการด้านอวกาศ ดาวเทียมหรือยานอวกาศที่ส่งจากพื้นโลกไปโคจรในอวกาศ ก็ใช้แผงโซล่าเซลล์เป็นแหล่งกำเนิดพลังไฟฟ้า ต่อมาจึงได้มีการนำเอาแผงโซล่าเซลล์มาใช้บนพื้นโลกเช่นในปัจจุบันนี้ แผงโซล่าเซลล์ในยุคแรกๆ ส่วนใหญ่จะมีสีเทาดำ แต่ในปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาให้แผงโซล่าเซลล์มีสีต่างๆ กันไป เช่น แดง น้ำเงิน เขียว ทอง เป็นต้น เพื่อความสวยงาม




**รูปที่ 2.3** ประวัติความเป็นมาของแผงโซล่าเซลล์
(ที่มา : www.baanjomyut.com)

2.1.9 แผงโซล่าเซลล์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอนแบบผลึกเดี่ยว

- Single Crystal
- Poly Crystal
- Amorphous

2.1.10 ประเภทของ " แผงโซล่าเซลล์" แผงโซล่าเซลล์ที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ

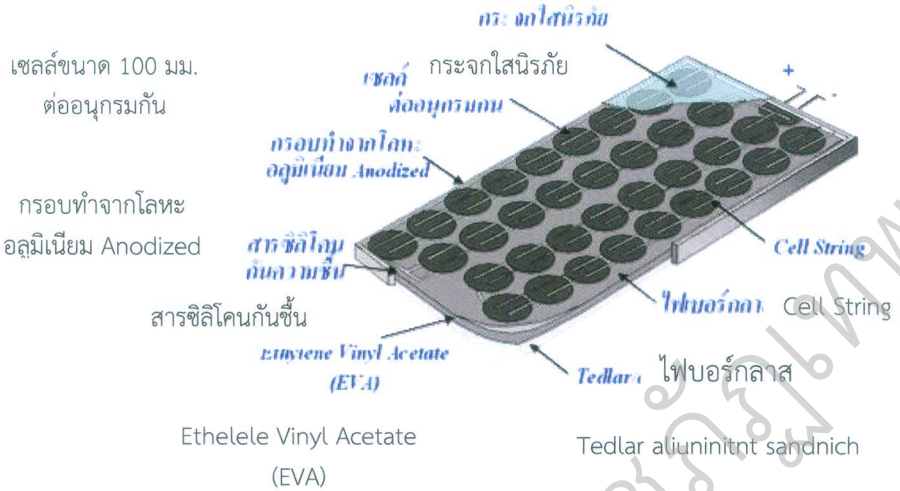
2.1.10.1 กลุ่มแผงโซล่าเซลล์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน จะแบ่งตามลักษณะของผลึกที่เกิดขึ้น คือ แบบที่เป็น รูปผลึก (Crystal) และแบบที่ไม่เป็นรูปผลึก (Amorphous) แบบที่เป็นรูปผลึก จะแบ่งออกเป็น2 ชนิด คือ ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอน (Single Crystalline Silicon

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

Solar Cell) และ ชนิดผลึกรวมซิลิคอน (Poly Crystalline Silicon Solar Cell) แบบที่ไม่เป็นรูปผลึก คือ ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell)

2.1.10.2 กลุ่มแผงโซล่าเซลล์ทำจากสารประกอบที่ไม่ใช่ซิลิคอน ซึ่งประเภทนี้ จะเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงถึง 25% ขึ้นไป แต่มีราคาสูงมาก ไม่นิยมนำมาใช้บนพื้นโลก จึงใช้งานสำหรับดาวเทียมและระบบรวมแสงเป็นส่วนใหญ่ แต่การพัฒนาขบวนการผลิตสมัยใหม่จะทำให้มีราคาถูกลง และนำมาใช้มากขึ้นในอนาคต (ปัจจุบันนำมาใช้เพียง 7 % ของปริมาณที่มีใช้ทั้งหมด)

2.1.11 ส่วนประกอบของแผงโซล่าเซลล์




**รูปที่ 2.4** ส่วนประกอบของเซลล์
(ที่มา : www.baanjomyut.com)

แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจากแผงโซล่าเซลล์เพียงเซลล์เดียวจะมีค่าต่ำมาก การนำมาใช้งานจะต้องนำเซลล์หลาย ๆ เซลล์มาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อเพิ่มค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้สูงขึ้น เซลล์ที่นำมาต่อกันในจำนวนและขนาดที่เหมาะสมเรียกว่า แผงโซล่าเซลล์ (Solar Module หรือ Solar Panel)

การทำแผงโซล่าเซลล์ให้เป็นแผงก็เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน ด้านหน้าของแผงเซลล์ ประกอบด้วย แผ่นกระจกที่ มีส่วนผสมของเหล็กต่ำ ซึ่งมีคุณสมบัติในการยอมให้แสงผ่านได้ดี และยังเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์อีกด้วย แผงโซล่าเซลล์จะต้องมีการป้องกันความชื้นที่ดีมาก เพราะจะต้องอยู่กลางแดดกลางฝนเป็นเวลายาวนาน ในการประกอบจะต้องใช้วัสดุที่มีความคงทนและป้องกันความชื้นที่ดี เช่น ซิลิโคนและ อีวีเอ (Ethereal Vinyl Acetate) เป็นต้น เพื่อเป็นการป้องกันแผ่นกระจกด้านบนของแผงเซลล์ จึง ต้องมีการทำกรอบด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรง แต่บางครั้งก็ไม่มีความจำเป็น ถ้ามีการเสริมความแข็งแรงของแผ่นกระจกให้เพียงพอ ซึ่งก็สามารถทดแทนการทำกรอบได้เช่นกัน ดังนั้นแผงเซลล์จึงมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ (laminate) ซึ่งสะดวกในการติดตั้ง

2.1.11.1 ขบวนการผลิตแผงโซล่าเซลล์ วัสดุสำคัญที่ใช้ทำแผงโซล่าเซลล์ ที่ใช้มากที่สุดในปัจจุบันได้แก่ สารซิลิคอน (Si) ซึ่งเป็นสารชนิดเดียวกับที่ใช้ทำชิพในคอมพิวเตอร์และเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ ซิลิคอนเป็นสารซึ่งไม่เป็นพิษ มีการนำมาผลิตแผงโซล่าเซลล์ใช้กันอย่างแพร่หลาย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

เพราะมีราคาถูก คงทน และเชื่อถือได้ นอกจากนี้ยังมีวัสดุชนิดอื่นที่สามารถนำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ได้ เช่น แกลเลียมอาเซไนด์ CIS และ แคดเมียมเทลเลอไรด์ แต่ยังมีราคาสูง และบางชนิดยังไม่มีการพิสูจน์เรื่องอายุการใช้งานว่าสามารถใช้งานได้นาน

2.1.11.2 ข้อเสียของ Si : การทำให้บริสุทธิ์และอยู่ในรูปสารที่พร้อมจะทำเซลล์ฯ มีราคาแพง และ แตกหักง่ายในขบวนการผลิต

2.1.12 ขั้นตอนการผลิตสารซิลิคอนบริสุทธิ์

2.1.12.1 การผลิต MG-Si จากหินควอทไซต์หรือทราย

$SiO2 + 2C \longrightarrow Si + 2CO$ (ปฏิกิริยาภายในเตาหลอม)

ความบริสุทธิ์ของ Si 98 - 99%

2.1.12.2 การผลิต SeG-Si จาก MG-Si

2.1.12.2.1 เปลี่ยนสถานะ Si เป็นแก๊ส โดยวิธี Fractional Distillation

$Si + 3\,HCl \longrightarrow SiHCl3 + H2$

2.1.12.2.2 $SiHCl3$ ทำปฏิกิริยากับ $H2$ ได้ Si บริสุทธิ์ 99.999%

$SiHCl3 + H2 \longrightarrow Si + HCl$

เป็นการทำ Si ให้บริสุทธิ์ ขั้นตอนนี้ได้ Polycrystal

2.1.13 ขบวนการผลิตแผงโซล่าเซลล์ แบบผลึกเดี่ยว ( Single Crystalline )

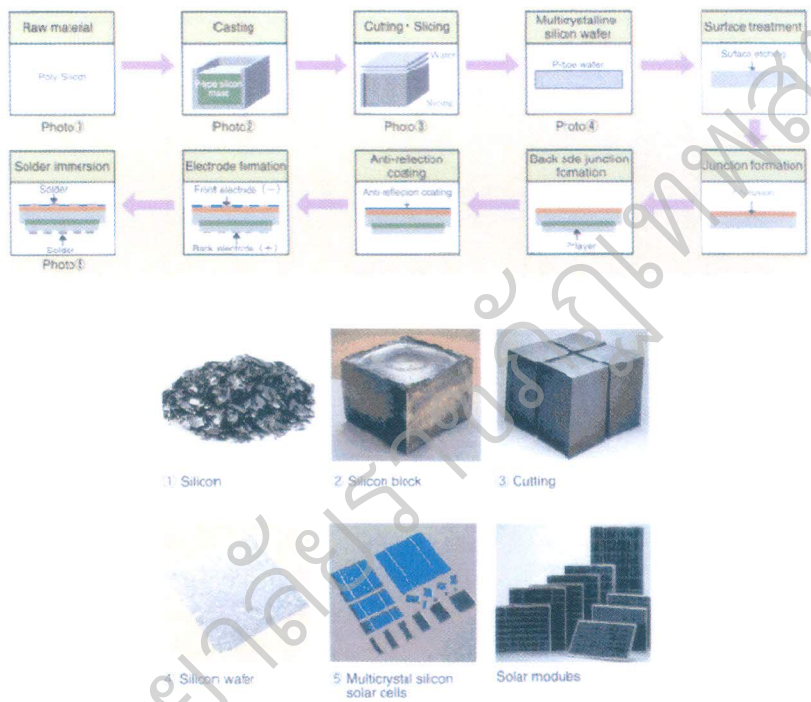
**รูปที่ 2.5** ขบวนการผลิตแผงโซล่าเซลล์ แบบผลึกเดี่ยว
(ที่มา : www.baanjomyut.com)

การผลิตแผงโซล่าเซลล์ แบบผลึกเดี่ยว ( Single Crystalline ) หรือที่รู้จักกันในชื่อ Mono-Crystalline การเตรียมสารซิลิคอนชนิดนี้ เริ่มต้นจากนำสารซิลิคอนซึ่งผ่านการทำให้เป็นก้อนที่มีความบริสุทธิ์สูงมาก (99.999%) มาหลอมละลายในเตา Induction Furnace ที่อุณหภูมิสูงถึง 1,500 องศาเซลเซียส เพื่อทำการสร้างแท่งผลึกเดี่ยวขนาดใหญ่ (เส้นผ่านศูนย์กลาง 6-8 นิ้ว) พร้อมกับใส่สารเจือปน Boron เพื่อทำให้เกิด P-type แล้วทำให้เกิดการเย็นตัวจับตัวกันเป็นผลึกด้วย Seed ซึ่งจะตกผลึกมีขนาดหน้าตัดใหญ่ แล้วค่อยๆ ดึงแท่งผลึกนี้ขึ้นจากเตาหลอม ด้วยเทคโนโลยีการดึงผลึก จะได้แท่งผลึกยาวเป็นรูปทรงกระบอก คุณภาพของผลึกเดี่ยวจะสำคัญมากต่อคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์ จากนั้นนำแท่งผลึกมาตัดให้เป็นแผ่นบาง ๆ ด้วยลวดตัดเพชร (Wire Cut) เรียกว่า

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

เวเฟอร์ ซึ่งจะได้แผ่นผลึกมีความหนาประมาณ 300 ไมโครเมตร และขัดความเรียบของผิว จาก นั้นก็จะนำไปเจือสารที่จำเป็นในการทำให้เกิดเป็น p-n junction ขึ้นบนแผ่น เวเฟอร์ ด้วยวิธีการ Diffusion ที่อุณหภูมิระดับ 1,000 องศาเซลเซียสจากนั้นนำไปทำขั้วไฟฟ้าเพื่อนำกระแสไฟออกใช้ ที่ผิวบนจะเป็นขั้วลบ ส่วนผิวล่างเป็นขั้วบวก ขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการเคลือบฟิล์มผิวหน้าเพื่อป้องกันการสะท้อนแสงให้น้อยที่สุด ตอนนี้จะได้เซลล์ที่พร้อมใช้งาน หลังจากนั้นก็นำไปประกอบเข้าแผงโดยใช้กระจกเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์ และใช้ซิลิโคน และ อีวีเอ (Ethelele Vinyl Acetate) ช่วยป้องกันความชื้น ในการใช้งานจริง เราจะนำเซลล์แต่ละเซลล์มาต่ออนุกรมกันเพื่อเพิ่มแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้ได้ตามต้องการ

2.1.14 ขบวนการผลิตแผงโซล่าเซลล์ แบบผลึกรวม ( Poly Crystalline )




**รูปที่ 2.6** ขบวนการผลิตแผงโซล่าเซลล์ แบบผลึกเดี่ยว
(ที่มา : www.baanjomyut.com)

2.1.15 การผลิตแผงโซล่าเซลล์ แบบผลึกรวม ( Poly Crystalline )

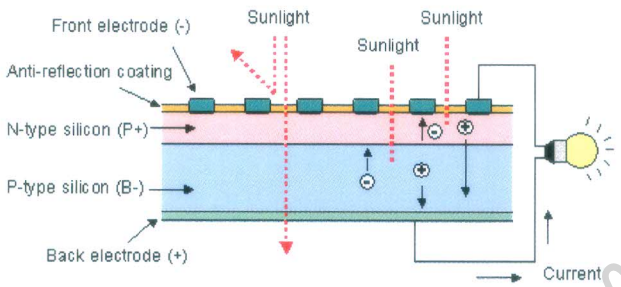
การผลิตแผงโซล่าเซลล์โดยวิธีนี้ จะมีค่าใช้จ่ายที่ถูกกว่าวิธีแรก คือการทำแผ่นเซลล์จะใช้วิธีการหลอมสารซิลิคอนให้ละลายพร้อมกับใส่สารเจือปน Boron เพื่อทำให้เกิด P-type แล้วเทลงในแบบพิมพ์ เมื่อสารละลายซิลิคอนแข็งตัวก็จะได้เป็นแท่งซิลิคอนแบบผลึกรวม ( ตกผลึกไม่พร้อมกัน ) จากนั้นนำไปตัดเป็นแผ่นเช่นเดียวกับแบบผลึกเดี่ยว ความแตกต่างระหว่างแบบผลึกเดี่ยวและแบบผลึกรวมสังเกตได้จากผิวผลึก ถ้ามีโทนสีที่แตกต่างกันซึ่งเกิดจากผลึกเล็กq หลายผลึกในแผ่นเซลล์จะเป็นแบบผลึกรวม ในขณะที่แบบผลึกเดี่ยวจะเห็นเป็นผลึกเนื้อเดียว คือ มีสีเดียวตลอดทั้งแผ่น ส่วนกรรมวิธีการผลิตเซลล์ที่เหลือจะเหมือนกัน แผงโซล่าเซลล์แบบผลึกรวม (Poly Crystalline) จะ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ให้ประสิทธิภาพต่ำกว่าแบบผลึกเดี่ยว ประมาณ 2-3 % อย่างไรก็ตามเซลล์ทั้ง 2 ชนิด มีข้อเสียในการผลิต คือ แตกหักง่ายเช่นกัน

2.1.16 หลักการทำงาน “แผงโซล่าเซลล์”

2.1.16.1 การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นขบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าได้โดยตรง โดยเมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงานกระทบกับสารกึ่งตัวนำจะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกัน พลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า (อิเล็กตรอน) ขึ้นในสารกึ่งตัวนำจึงสามารถต่อกระแสไฟฟ้าดังกล่าวไปใช้งานได้ ตามรูปที่ 2.7



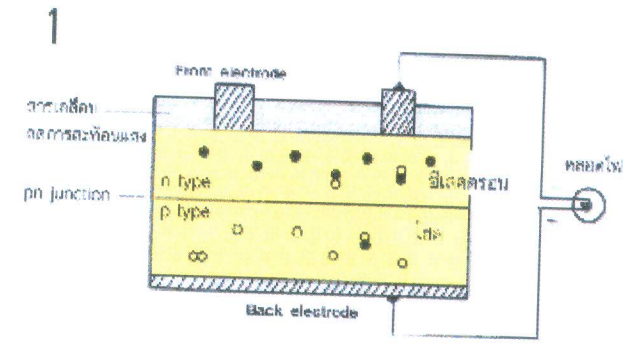

**รูปที่ 2.7** หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์
(ที่มา : www3.egat.co.th)

2.1.16.2 n - type ซิลิคอน ซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ คือ สารกึ่งตัวนำที่ได้การโดนปิ้งด้วยสารฟอสฟอรัส มีคุณสมบัติเป็นตัวให้อิเล็กตรอนเมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ p - type ซิลิคอน คือ สารกึ่งตัวนำที่ได้การโดนปิ้งด้วยสารโบรอน ทำให้โครงสร้างของอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอน (โฮล) เมื่อรับพลังงาน จากแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน เมื่อนำซิลิคอนทั้ง 2 ชนิด มาประกบต่อกันด้วย p - n junction จึงทำให้เกิดเป็น "แผงโซล่าเซลล์" ในสภาวะที่ยังไม่มีแสงแดด n - type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ ส่วนประกอบส่วนใหญ่พร้อมจะให้อิเล็กตรอน แต่ก็ยังมีโฮลปะปนอยู่บ้างเล็กน้อย ด้านหน้าของ n - type จะมีแถบโลหะเรียกว่า Front Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ส่วน p - type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหลังของแผงโซล่าเซลล์ โครงสร้างส่วนใหญ่เป็นโฮล แต่ยังคงมีอิเล็กตรอนปะปนบ้างเล็กน้อย ด้านหลังของ p - type ซิลิคอนจะมีแถบโลหะเรียกว่า Back Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรวบรวมโฮล

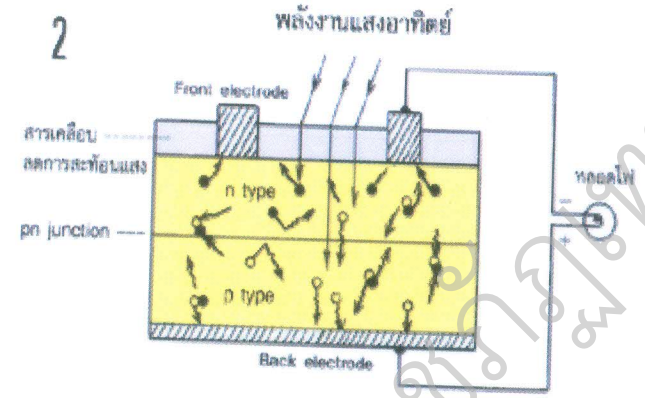
2.1.16.3 แสงอาทิตย์ เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบ แสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนและโฮล ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว เมื่อพลังสูงพอทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเข้าหาเพื่อจับคู่กัน อิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังชั้น n - type และโฮลจะวิ่งไปยังชั้น p type

2.1.16.4 อิเล็กตรอน อิเล็กตรอนวิ่งไปรวมกันที่ Front Electrode และโฮลวิ่งไปรวมกันที่ Back Electrode เมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าจาก Front Electrode และ Back Elec trode ให้ครบวงจร ก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น เนื่องจากทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเพื่อจับคู่กัน

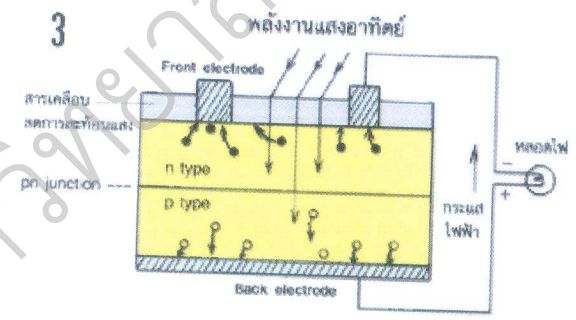
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี




(ก)




(ข)




(ค)

**รูปที่ 2.8** การทำงานของแผงโซล่าเซลล์
(ที่มา : www3.egat.co.th)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

2.1.17 คุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญของแผงโซล่าเซลล์

2.1.17.1 ตัวแปร ที่สำคัญที่มีส่วนทำให้แผงโซล่าเซลล์มีประสิทธิภาพการทำงานในแต่ละพื้นที่ต่างกัน และมีความสำคัญในการพิจารณานำไปใช้ในแต่ละพื้นที่ ตลอดจนการนำไปคำนวณระบบหรือคำนวณจำนวนแผงแสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ในแต่ละพื้นที่ มีดังนี้

2.1.17.2 ความเข้มของแสง กระแสไฟ (Current) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง หมายความว่าเมื่อความเข้มของแสงสูง กระแสที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์ก็จะสูงขึ้น ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าหรือโวลต์แทบจะไม่แปรไปตามความเข้มของแสงมากนัก ความเข้มของแสงที่ใช้วัดเป็นมาตรฐานคือ ความเข้มของแสงที่วัดบนพื้นโลกในสภาพอากาศปลอดโปร่ง ปราศจากเมฆหมอกและวัดที่ระดับน้ำทะเลในสภาพที่แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นโลก ซึ่งความเข้ม ของแสงจะมีค่าเท่ากับ 100 mW ต่อ ตร.ซม. หรือ 1,000 W ต่อ ตร.เมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM 1.5 (Air Mass 1.5) และถ้าแสงอาทิตย์ทำมุม 60 องศากับพื้นโลกความเข้มของแสง จะมีค่าเท่ากับประมาณ 75 mW ต่อ ตร.ซม. หรือ 750 W ต่อ ตร.เมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM2 กรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะใช้ค่า AM 1.5 เป็นมาตรฐานในการวัดประสิทธิภาพของแผง

2.1.17.3 อุณหภูมิ กระแสไฟ (Current) จะไม่แปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่แรงดันไฟฟ้า (โวลต์) จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วทุกๆ 1 องศาที่เพิ่มขึ้น จะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง 0.5% และในกรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาตรฐานที่ใช้กำหนดประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์คือ ณ อุณหภูมิ 25 องศา C เช่น กำหนดไว้ว่าแผงโซล่าเซลล์มีแรงดันไฟฟ้าที่วงจรเปิด (Open Circuit Voltage หรือ V oc) ที่ 21 V ณ อุณหภูมิ 25 องศา C ก็จะหมายความว่า แรงดันไฟฟ้าที่จะได้จากแผงโซล่าเซลล์ เมื่อยังไม่ได้ต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้า ณ อุณหภูมิ 25 องศา C จะเท่ากับ 21 V ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศา C เช่น อุณหภูมิ 30 องศา C จะทำให้แรงดันไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์ลดลง 2.5% (0.5% x 5 องศา C) นั่นคือ แรงดันของแผงโซล่าเซลล์ที่ V oc จะลดลง 0.525 V (21 V x 2.5%) เหลือเพียง 20.475 V (21V – 0.525V) สรุปได้ว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แรงดันไฟฟ้าก็จะลดลง ซึ่งมีผลทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซล่าเซลล์ลดลงด้วย

2.1.17.4 จากข้อกำหนดดังกล่าวข้างต้นก่อนที่ผู้ใช้จะเลือกใช้แผงโซล่าเซลล์จะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของแผงที่ระบุไว้ในแผงแต่ละชนิดด้วยว่า ใช้มาตรฐานอะไร หรือมาตรฐานที่ใช้วัดแตกต่างกันหรือไม่ เช่นแผงชนิดหนึ่งระบุว่า ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ 80 วัตต์ ที่ความเข้มแสง 1,200 W ต่อ ตร.เมตร ณ อุณหภูมิ 20 องศา C ขณะที่อีกชนิดหนึ่งระบุว่า ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ 75 วัตต์ ที่ความเข้มแสง 1,000 W ต่อ ตร.เมตร และอุณหภูมิมาตรฐาน 25 องศา C แล้ว จะพบว่าแผงที่ระบุว่าให้กำลังไฟฟ้า 80 W จะให้กำลังไฟฟ้าต่ำกว่า จากสาเหตุดังกล่าว ผู้ที่จะใช้แผงจึงต้องคำนึงถึงข้อกำหนดเหล่านี้ในการเลือกใช้แผงแต่ละชนิดด้วย

1) โฟโตโวลตาอิกเป็นสาขาของเทคโนโลยีและการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้แผงโซล่าเซลล์ในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแสงสว่าง แม้ว่ามันมักจะถูกนำมาใช้เฉพาะเพื่ออ้างถึงการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแสงแดดก็ตาม เซลล์นั้นๆสามารถถูกอธิบายว่าเป็นแผงโซล่าเซลล์ได้แม้ว่าแหล่งกำเนิดแสงไม่จำเป็นต้องเป็นดวงอาทิตย์ (เช่นแสงตะเกียงหรือไฟเทียม ฯลฯ) ในกรณีดังกล่าว เซลล์นั้นบางครั้งจะถูกใช้เป็นตัวตรวจจับแสง (อังกฤษ: photodetector) (เช่น ตัวตรวจจับแสงอินฟราเรด) เพื่อตรวจจับแสงหรือรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าอื่นๆที่อยู่ในทัศนวิสัย หรือใช้วัดความเข้มของแสง

2) แผงโซล่าเซลล์สามารถนำมาใช้ในอุปกรณ์หลากหลายเช่นเครื่องชาร์จพกพาที่ทำจาก monocrystalline แบบนี้

2.1.18 การทำงานของแผงโซล่าเซลล์หรือ photovoltaic (PV) cell ต้องมีคุณสมบัติพื้นฐาน 3 อย่างดังนี้

2.1.18.1 การดูดซึมของแสง เพื่อสร้างคู่อิเล็กตรอน-โฮล หรือ เอ็กซิตอน อย่างใดอย่างหนึ่ง การแยกต่างหากของตัวขนส่งประจุที่ต่างชนิดกัน การสกัดการแยกออกจากกันของตัวขนส่งเหล่านั้นออกไปยังวงจรภายนอก ในทางตรงกันข้าม ตัวสะสมความร้อนจากแสงอาทิตย์จะจ่ายความร้อนโดยการดูดซับแสงแดด เพื่อวัตถุประสงค์ในการให้ความร้อนโดยตรงหรือใช้ในการผลิตไฟฟ้าโดยอ้อมอย่างใดอย่างหนึ่ง

2.1.18.2 A mono crystalline solar cell ในทางตรงกันข้าม "Photo electrolytic cell" Photo electro chemical cell) หมายถึง อย่างใดอย่างหนึ่งว่าเป็นชนิดหนึ่งของเซลล์สุริยะ (เช่นที่ พัฒนาโดย AE Becquerel และ modern dye-sensitized solar cells) หรือเป็นอุปกรณ์อย่างหนึ่งที่แยกน้ำโดยตรงให้เป็นไฮโดรเจนและออกซิเจนโดยการใช้พลังงานส่องสว่างจากดวงอาทิตย์เท่านั้น

2.1.18.3 แผงโซล่าเซลล์หลายๆชุดถูกประกอบเข้าด้วยกันเพื่อทำเป็นแผงโซล่าเซลล์ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงแดด หลายๆเซลล์รวมเข้ามาเป็นกลุ่มๆ ทุกกลุ่มวางตัวเป็นหนึ่งแผง เรียกว่าแผงโซล่าเซลล์หนึ่งแผงหรือหนึ่ง "โมดูลของแผงโซล่าเซลล์" ซึ่งจะแตกต่างจาก"โมดูลความร้อนแสงอาทิตย์" หรือ "แผงน้ำร้อนแสงอาทิตย์ " พลังงานไฟฟ้าที่ถูกสร้างขึ้นจากโมดูลแผงโซล่าเซลล์ซึ่งถูกเรียกขานว่าพลังงานแสงอาทิตย์เป็นตัวอย่างของการนำพลังงานจากดวงอาทิตย์มาใช้ กลุ่มของแผงโซล่าเซลล์หลายๆแผงที่เชื่อมต่อกันเรียกว่า "อาเรย์"

2.1.19 การผลิตและใช้งาน

2.1.19.1 ในต่างประเทศ เทคโนโลยีอื่นๆได้พยายามที่จะเข้าสู่ตลาด ตอนแรก Solar เป็นผู้ผลิตแผงที่ใหญ่ที่สุดในระยะสั้นๆในปี 2009 ในแง่ของการผลิตพลังงานต่อปี การใช้เซลล์ชนิดฟิล์มบางสอดใส้ระหว่างแก้ว สองชั้น ตั้งแต่นั้นมา แผงซิลิกอนได้รับคืนตำแหน่งที่โดดเด่นของพวกมันทั้งในแง่ของราคาที่ลดลงและการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของการผลิตของจีน ส่งผลให้จีนเป็นผู้ผลิตชั้นนำ ในช่วงปลายปี 2011 ผลิตผลที่มีประสิทธิภาพในประเทศจีน ควบคู่ไปกับการลดลงของอุปสงค์ในยุโรปที่เกิดจากความวุ่นวายงบประมาณได้ลดราคาลงสำหรับแผงโซล่าเซลล์ที่ใช้ผลึก crystal ลงไปที่ ประมาณ $1.09 ต่อวัตต์ในเดือนตุลาคม 2011 ราคายังคงตกในปี 2012 ถึง $0.62/watt ใน 4Q2012 โดยคาดว่าจะมีการลดราคาต่อไปอีกในปี 2013ปี ๒๕๕๓ กระบวนการที่ทันสมัยมากขึ้นอันหนึ่งคือ โมโน-เหมือน-มัลติ วัตถุประสงค์เพื่อให้ประสิทธิภาพการทำงานของโมโนมีเท่าค่าใช้จ่ายของโพลีและอยู่ในระหว่างการเปิดตัวในปี 2012. ในปี 2013 การดิ่งลงของต้นทุนของซิลิกอนยังคงมีต่อไปเพื่อนำไปในยุคใหม่ของแผงโซล่าเซลล์ที่มีราคาไม่แพง ทำให้ต้นทุนของ'ไม่ใช่เซลล์' และแม้กระทั่ง 'ไม่ใช่โมดูล' มีความสำคัญมากกว่าที่เคย สำหรับความก้าวหน้าของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ประหยัด

2.1.19.2 ในประเทศไทย ในประเทศไทย เริ่มมีการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์เพื่อผลิตไฟฟ้ามาตั้งแต่ปี 2526 จนถึงปี 2553 มียอดติดตั้งรวม 100.39 MW แจกจ่ายไฟฟ้า (เฉพาะเชื่อมกับ

สายส่งของ กฟผ. แล้ว) ทั้งปี 2553 รวม 21.6 GWh หรือ 0.0134% ของปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 161,350 GWh โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ผลิตไฟฟ้าได้ 2.2 GWh ผู้ผลิตรายย่อย 19.4 GWh ตามพระราชบัญญัติการพัฒนาพลังงานหมุนเวียน 15 ปีนับจากปี 2552 กำหนดเป้าหมายการใช้พลังงานหมุนเวียนไว้ที่ 20.3% ของพลังงานทั้งหมด โดยมีสัดส่วนของพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์อยู่ที่ 6% ดังนั้น ตามแผนงานในปี 2565 ประเทศไทยต้องมีโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์มีกำลังการผลิตรวม 500 MW ตัวเลขในปี 2554 อยู่ระหว่างดำเนินการติดตั้ง 265 MW และอยู่ระหว่างการพิจารณาจาก กฟผ. อีก 336 MW โรงไฟฟ้าที่สร้างที่จังหวัดลพบุรีด้วยเทคโนโลยี amorphous thin film ต้องใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ถึง 540,000 ชุด มีกำลังการผลิต 73 MW จะเป็นโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ระบบโฟโตโวลตาอิคส์ที่ใหญ่ที่สุดในโลก แผงโซล่าเซลล์มักจะมีการเชื่อมต่อและห่อหุ้มด้วยระบบไฟฟ้าเป็นโมดูล โมดูลนี้มักจะมีแผ่น กระจกด้านหน้า (หันหาดวงอาทิตย์) ช่วยให้แสงผ่านในขณะที่มันปกป้องเวเฟอร์เซมิคอนดักเตอร์จากรอยขีดข่วนและแรงกระทบอันเนื่องมาจากฝุ่นที่พัดมากับลม, ฝน, ลูกเห็บ ฯลฯ แผงโซล่าเซลล์ยังมีการเชื่อมต่อแบบอนุกรมในโมดูลเพื่อบวกแรงดันเข้าด้วยกัน แม้ว่าการเชื่อมต่อเซลล์แบบขนานจะให้กระแสที่สูงขึ้น แต่ก็มีปัญหาที่สำคัญมากเกิดขึ้น ตัวอย่างเช่น ผลกระทบจากเงาสามารถทำให้แถว(ของหลายเซลล์ที่ต่ออนุกรม)ในแนวขนานที่อ่อนแอปิดตัวลดลง (สว่างน้อยกว่า) ก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานที่สำคัญและยังทำลายแถวที่อ่อนแอนั้นด้วย อันเนื่องมาจากการให้ไบอัสกลับหลังที่มีมากเกินไปที่ใส่ให้กับเซลล์เงาจากพันธมิตรที่ส่องสว่าง สตริงของเซลล์อนุกรมมักจะได้รับการจัดการอย่างเป็นอิสระและไม่ได้ถูกเชื่อมต่อแบบขนาน ยกเว้นจะเป็นวงจรขนานพิเศษ แม้ว่าโมดูลสามารถถูกเชื่อมต่อระหว่างกันเพื่อสร้างอาร์เรย์ที่มี แรงดันไฟฟ้าดีซีสูงสุดและกำลังการผลิตกระแสโหลดที่ต้องการโดยการใช้ MPPTs อิสระ (maximum power point trackers) ที่จะให้ทางออกที่ดีกว่า ในกรณีที่ไม่มีวงจรขนาน shunt diodes สามารถนำมาใช้เพื่อลดการสูญเสียพลังงานอันเนื่องมาจากการเกิดเงาในอาร์เรย์กับชุดเซลล์ที่ต่อกันอยู่แบบอนุกรม/ขนาน เพื่อให้ใช้พลังงานที่สร้างโดยแสงอาทิตย์ในทางปฏิบัติ ส่วนใหญ่กระแสไฟฟ้ามักจะป้อนเข้ากริดไฟฟ้าโดยใช้อินเวอร์เตอร์ (ระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ที่เชื่อมต่อเข้ากับกริด); ในระบบสแตนด์อะโลน, แบตเตอรี่จะถูกใช้ในการเก็บพลังงานที่ไม่จำเป็นต้องใช้ในตอนนั้น แผงโซล่าเซลล์สามารถใช้ในการให้กำลังไฟหรือชาร์จอุปกรณ์พกพา

2.1.19.3 ประสิทธิภาพ ประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์ตัวหนึ่งอาจถูกแยกออกเป็นประสิทธิภาพการสะท้อน, ประสิทธิภาพทางอุณหพลศาสตร์, ประสิทธิภาพในการแยกตัวขนส่งประจุและประสิทธิภาพในการนำกระแสประสิทธิภาพโดยรวมเป็นผลผลิตของประสิทธิภาพแต่ละตัวเหล่านี้เซลล์แสงอาทิตย์มักจะมีเส้นโค้งประสิทธิภาพแรงดันไฟฟ้าไม่อิสระ, ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิและ มุมเงา(อังกฤษ: shadow angle) เนื่องจากความยากลำบากในการวัดพารามิเตอร์เหล่านี้โดยตรง พารามิเตอร์อื่นๆจึงถูกวัดแทนเช่นประสิทธิภาพทางอุณหภูมิศาสตร์ ประสิทธิภาพทางควอนตัม,ประสิทธิภาพควอนตัมแบบบูรณการ, อัตราส่วน VOC และปัจจัยการเติม. การสูญเสียเนื่องจากการสะท้อนเป็นส่วนหนึ่งของ ประสิทธิภาพควอนตัมภายใต้ " ประสิทธิภาพควอนตัมภายนอก " ความเสียหายจากการรวมตัวกัน สร้างส่วนหนึ่งของประสิทธิภาพควอนตัม อัตราส่วน VOC และปัจจัยการเติม การสูญเสียจากแรงต้านทานส่วนใหญ่มีการแบ่งประเภทภายใต้ปัจจัยเติม แต่ยังสร้างส่วนเล็กๆน้อยๆของประสิทธิภาพควอนตัม อัตราส่วน VOC ปัจจัยเติมถูกกำหนดเป็นอัตราส่วนของพลังงานสูงสุดที่ได้รับจริงกับผลผลิตของแรงดันไฟฟ้า วงจรเปิดและกระแสลัดวงจร สิ่งนี้เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ รูปแบบของ

เซลล์แสงอาทิตย์เชิงพาณิชย์จะมีปัจจัยเติม > 0.70 เซลล์ เกรด B มีปัจจัยเติมปกติระหว่าง 0.4 ถึง 0.7 เซลล์ที่มีปัจจัยเติมที่สูงจะมีความต้านทานอนุกรมเทียบเท่าที่ต่ำและมีความต้านทาน shunt เทียบเท่าที่สูง ดังนั้นกระแสที่น้อยกว่าที่ถูกผลิตโดยเซลล์จะถูกกระจายไปในความสูญเสียภายในอุปกรณ์ซิลิกอนผลึก crystalline ทางเชื่อม p-n เดี่ยวตอนนี้จะเข้าใกล้ข้อจำกัดทางทฤษฎีของประสิทธิภาพทางพลังงานที่ 33.7 % เป็นไปตามข้อสังเกตของขีดจำกัดของ Shockley-Queisser ในปี 1961 ในแบบสุดขั้ว ที่มีจำนวนอนันต์ของเลเยอร์ ข้อจำกัดที่สอดคล้องจะเป็น 86% โดยใช้แสงแดดเข้มข้น ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แยกประเภทขบวนการผลิตในแต่ละผู้ผลิต ในกันยายน 2013 เซลล์แสงอาทิตย์ประสบความสำเร็จสถิติโลกใหม่ด้วยประสิทธิภาพร้อยละ 44.7 ที่แสดงให้เห็นโดยสถาบันเยอรมัน Fraunhofer สำหรับระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ค่าใช้จ่ายของแผงโซล่าเซลล์จะถูกกำหนดเป็นต่อหน่วยของพลังงานไฟฟ้าสูงสุด (peek) ภาษี ของพลังงานดิบที่ได้จากแสงอาทิตย์จะแตกต่างกันไปทั่วโลกและแม้แต่ในแต่ละรัฐภายในประเทศเดียวกันก็ตาม[17] การเก็บภาษีดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพสูงในการส่งเสริมการพัฒนาโครงการพลังงานแสงอาทิตย์ เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงเป็นที่สนใจเพื่อลดค่าใช้จ่ายของพลังงานแสงอาทิตย์ ค่าใช้จ่ายจำนวนมากของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เป็นสัดส่วนกับพื้นที่แผงหรือพื้นที่ของโรงงาน เซลล์ที่มีประสิทธิภาพที่สูงกว่าอาจจะลดพื้นที่ที่จำเป็นและเพื่อลดค่าใช้จ่ายของโรงงานทั้งหมด แม้ว่าตัวเซลล์เองมีค่าใช้จ่ายที่มากกว่า ในการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพของเซลล์เปล่าที่จะเป็นประโยชน์จะต้องได้รับการประเมินภายใต้เงื่อนไขที่เป็นจริง พารามิเตอร์พื้นฐานที่จำเป็นต้องได้รับการประเมินก็คือกระแสลัดวงจรและแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด แผนภูมิด้านบนแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในห้องปฏิบัติการที่ดีที่สุดที่ได้รับสำหรับวัสดุและเทคโนโลยีที่หลากหลาย โดยทั่วไปสิ่งนี้จะทำบนเซลล์ที่มีขนาดเล็กมาก เช่น หนึ่งตาราง เซนติเมตร ประสิทธิภาพเชิงพาณิชย์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ Grid parity หมายถึงจุดที่ไฟฟ้าจากสุริยะเท่ากับหรือถูกกว่าพลังงานจากกริด Grid parity สามารถเข้าถึงได้โดยใช้แผงโซล่าเซลล์ต้นทุนต่ำ ผู้นำเสนอพลังงานแสงอาทิตย์หวังที่จะได้รับ grid parity แต่แรกในพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ของแสงอาทิตย์และค่าใช้จ่ายที่สูงสำหรับการผลิตไฟฟ้าเช่นในรัฐแคลิฟอร์เนียและญี่ปุ่น บางคนแย้งว่า grid parity มีได้ในฮาวายและเกาะอื่นๆที่หันมาใช้น้ำมันดีเซลในการผลิตไฟฟ้า จอร์จ ดับเบิลยู บุช ได้ตั้งปี 2015 เป็นวันที่สำหรับ grid parity ในสหรัฐอเมริกา การพูดในที่ประชุมในปี 2007 หัวหน้าวิศวกร General Electric ได้คาดการณ์ grid parity โดยไม่ต้องมีการอุดหนุนในบริเวณที่แดดจัดๆของประเทศสหรัฐอเมริการาวปี 2015 สมาคมแผงโซล่าเซลล์ได้รายงานในปี 2012 ว่า ประเทศออสเตรเลียได้ grid parity แล้ว (ไม่นำเอาฟีดในอัตราภาษีศุลกากรมาพิจารณา)

2.1.19.4 วัสดุในทางปฏิบัติ ข้อจำกัดของ Shockley-Queisser สำหรับประสิทธิภาพสูงสุดทางทฤษฎีของแผงโซล่าเซลล์ เซมิคอนดักเตอร์ที่มีช่องว่างของแบนด์ ระหว่าง 1 ถึง 1.5eV หรือใกล้แสงอินฟราเรดใกล้ จะมีศักยภาพมากที่สุดในการขึ้นรูปแบบของเซลล์ทางเชื่อมเดียวที่มีประสิทธิภาพ (ประสิทธิภาพ"จำกัด" ที่แสดงนี้สามารถเกินกว่านี้ได้โดย แผงโซล่าเซลล์แบบ multijunction) วัสดุที่ต่างกันแสดงประสิทธิภาพที่ต่างกันและมีค่าใช้จ่ายที่ต่างกัน วัสดุสำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ ที่มีประสิทธิภาพจะต้องมีลักษณะที่ตรงกับสเปกตรัมของแสงที่มีอยู่ เซลล์บางตัวถูกออกแบบมาเพื่อแปลงความยาวคลื่นของแสงอาทิตย์ที่มาถึงพื้นผิวโลกได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม แผงโซล่าเซลล์บางตัวจะเหมาะสำหรับการดูดซึมแสงนอกชั้นบรรยากาศของโลกได้เป็นอย่างดี วัสดุที่ดูดซับแสงมักจะสามารถใช้ในการกำหนดค่าทางกายภาพหลายอย่างเพื่อใช้ประโยชน์จากการ

ดูดกลืนแสงที่แตกต่างกันและกลไกการแยกประจุ แผงโซล่าเซลล์อุตสาหกรรมถูกทำจากซิลิกอน monocrystalline , polycrystalline ซิลิคอน, ซิลิคอนอสัณฐาน, แคดเมียมเทลลูไรด์ หรือทองแดงอินเดียม selenide/ซัลไฟด์ หรือ ระบบที่ใช้วัสดุ multijunction ที่มีพื้นฐานจาก GaAsแผงโซล่าเซลล์ที่มีอยู่ในปัจจุบันจำนวนมากจะทำจากวัสดุที่เป็นกลุ่มที่ถูกตัดให้เป็นเวเฟอร์หนา ระหว่าง 180 ถึง 240 ไมโครเมตร แล้วนำไปผ่านขบวนการผลิตเหมือนเซมิคอนดักเตอร์อื่น ๆ

2.1.20 ผลึกซิลิกอน

2.1.20.1 Monocrystalline silicon, Polycrystalline silicon, Silicon, and list of silicon producers โครงสร้างพื้นฐานของแผงโซล่าเซลล์ที่ทำด้วยซิลิคอนและกลไกการทำงานของมันโดยทั่วไป, วัสดุที่เป็นกลุ่มก้อนที่แพร่หลายมากที่สุดสำหรับแผงโซล่าเซลล์คือผลึกซิลิคอน crystalline (ย่อๆว่าเป็นกลุ่มของ c-Si) หรือที่เรียกว่า "ซิลิคอนเกรดแสงอาทิตย์" กลุ่มก้อนซิลิกอนแบ่งออกเป็นหลายประเภทตามความเป็นผลึกและขนาดผลึกในก้อนโลหะ, ริบบิ้นหรือเวเฟอร์ เซลล์เหล่านี้จะขึ้นอยู่รอบแนวคิดของทางเชื่อมทั้งหมดดังนี้

2.1.20.2 ซิลิกอน ( monocrystalline (c-Si) มักจะถูกผลิตโดยใช้กระบวนการ Czochralski. เวเฟอร์เซลล์คริสตัลเดี่ยวมีแนวโน้มที่จะมีราคาแพงและเพราะพวกมันจะถูกตัดออกจากแท่งทรงกระบอก พวกมันจะไม่ครอบคลุมโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์สี่เหลี่ยมอย่างสมบูรณ์โดยไม่ต้องเสียซิลิกอน กลั่นจำนวนมาก ดังนั้นแผง C-Si ส่วนใหญ่ได้เปิดช่องว่างที่มุมทั้งสี่ของเซลล์ซิลิกอน polycrystalline หรือ ซิลิคอน multicrystalline (poly-Si or mc-Si) ทำจากโลหะ หล่อสี่เหลี่ยม - บล็อกขนาดใหญ่ของซิลิกอนหลอมละลายที่ถูกทำให้เย็นและเป็นผลึกอย่างระมัดระวัง เซลล์โพลี-Si มีราคาไม่แพงในการผลิตถูกกว่าเซลล์ซิลิคอนผลึกเดี่ยวแต่จะมี ประสิทธิภาพน้อยกว่า กรมข้อมูลพลังงานของสหรัฐอเมริกาแสดงให้เห็นว่ายอดขายของซิลิคอนโพลีคริสตัลไลน์ที่สูงขึ้นกว่ายอดขายของ monocrystallineซิลิกอนริบบิ้น เป็นโพลีคริสตัลไลน์ ซิลิคอนชนิดหนึ่ง มันจะเกิดขึ้นโดยการดึงฟิล์มบางแบนจากซิลิกอนหลอมเหลวและผลที่ได้จะเป็นโครงสร้างโพลีคริสตัลไลน์ เซลล์เหล่านี้มีประสิทธิภาพต่ำกว่า poly-Si แต่ประหยัดค่าใช้จ่าย การผลิตอันเนื่องมาจากการลดลงอย่างมากในการสูญเสียซิลิกอน เพราะวิธีการนี้ไม่จำเป็นต้อง เลื่อยจากแท่งสารซิลิกอนโมโน-เหมือน-มัลติ ถูกพัฒนาในยุค 200X และถูกแนะนำในเชิงพาณิชย์ราวปี 2009, โมโน-เหมือน-มัลติ หรือ cast-mono ใช้ห้องหล่อโพลีคริสตัลไลน์ที่มีอยู่กับ"เมล็ด" เล็กๆของวัสดุโมโน ผลที่ได้คือก้อนวัสดุเหมือนโมโนที่มีโพลีอยู่รอบนอก เมื่อแปรรูปออกจากกัน ส่วน ภายในจะเป็นเซลล์เหมือนโมโนที่มีประสิทธิภาพสูง (แต่เป็นรูปสี่เหลี่ยมแทนที่จะเป็นรูป"ตัด") ในขณะที่ขอบด้านนอกจะถูกขายเป็นโพลีธรรมดา ผลที่ได้คือสายการผลิตเซลล์เหมือนโมโนในราคาของเหมือนโพลี่

2.1.21 ฟิล์มบาง (Thin film solar cell)

เทคโนโลยีฟิล์มบางช่วยลดปริมาณของวัสดุที่จำเป็นในการสร้างวัสดุที่ใช้งานของแผงโซล่าเซลล์ แผงโซล่าเซลล์ฟิล์มบางส่วนใหญ่จะถูกคั่นกลางระหว่างสองบานหน้าต่างกระจกเพื่อทำให้เป็นโมดูล เนื่องจากแผงโซล่าเซลล์ซิลิคอนใช้เพียงหนึ่งบานกระจกหน้าต่าง แผงฟิล์มบางจึงมีน้ำหนักประมาณสองเท่าของแผงผลึกซิลิกอน แม้ว่าพวกมันจะมีผลกระทบต่อระบบนิเวศน้อยกว่า (พิจารณาจากการวิเคราะห์ วงจรชีวิต) ส่วนใหญ่ของแผงแบบฟิล์มมีประสิทธิภาพการแปลงที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญตามหลังซิลิกอนอยู่ร้อยละ 2 ถึง 3 ได้มีการลงทุนขนาดใหญ่ในเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ฟิล์มบางเนื่องจากการประสบความสำเร็จของ First Solar และสัญญาที่ไม่เป็นผลส่วนใหญ่ของค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าและความยืดหยุ่นเมื่อเทียบกับเซลล์ซิลิคอนเวเฟอร์ แต่พวกมันไม่ได้

กลายเป็นผลิตภัณฑ์พลังงานแสงอาทิตย์หลักเนื่องจากประสิทธิภาพที่ต่ำกว่าและใช้พื้นที่ที่ใหญ่กว่าในการผลิตต่อวัตต์ที่สอดคล้องกัน แคดเมียมเทลลูไรด์ (CdTe), ทองแดงอินเดียมแกลเลียม selenide (CIGS) และซิลิกอนอสัณฐาน (a-Si) เป็นสามเทคโนโลยีฟิล์มบางที่มักจะถูกใช้ในการผลิตแผงโซล่าเซลล์แบบกลางแจ้ง ณ ธันวาคม 2013 CdTe มีประสิทธิภาพด้านค่าใช้จ่ายที่ดีที่สุด (ค่าใช้จ่ายในการผลิตในสหรัฐต่อวัตต์ติดตั้งเป็น 0.59$ รายงานโดย First Solar) ใช้เทคโนโลยีฟิล์มบางกันอย่างแพร่หลายและเทคโนโลยี CIGS มีประสิทธิภาพในห้องปฏิบัติการสูงสุด (20.4% ณ ธันวาคม 2013) แม้ว่าเซลล์ CdTe ที่ผลิตโดย First Solar จะมีประสิทธิภาพทางอุตสาหกรรมสูงสุดและประสิทธิภาพของห้องปฏิบัติการสำหรับเทคโนโลยี ฟิล์มบาง GaAs ที่ยังไม่โตเต็มที่จะมีประสิทธิภาพสูงสุดถึง 28%

2.1.22 แผงโซล่าเซลล์แคดเมียมเทลลูไรด์ (Cadmium telluride photovoltaics)

แผงโซล่าเซลล์แคดเมียมเทลลูไรด์ใช้ฟิล์มบางทำจากแคดเมียมเทลลูไรด์(CdTe)ซึ่งเป็นชั้นของสารกึ่งตัวนำเพื่อดูดซับและแปลงแสงแดดให้เป็นไฟฟ้า ข้อเสียอย่างหนึ่งของเทคโนโลยีนี้ (ซึ่งวัสดุฟิล์มบางนี้เท่านั้นณเวลานี้ที่เป็นคู่แข่งของผลึกซิลิคอนในด้านค่าใช้จ่าย/วัตต์) ก็คือแคดเมียมมีพิษร้ายถึงตาย อีกประเด็นก็คือเทลลูเรียม (แอนไอออนคือ "เทลลูไรด์") เป็นโลหะที่ หายากมากในเปลือกโลก เซลล์ CdTe จึงไม่มีโอกาสที่จะมีบทบาทหลักในการแก้ปัญหาของการทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลในระยะยาว แคดเมียมที่พบในเซลล์จะเป็นพิษถ้าปล่อยออกไป อย่างไรก็ตามการปล่อยจะเป็นไปไม่ได้ในระหว่างการดำเนินงานปกติของเซลล์และไม่น่าเป็นไปได้ในระหว่างที่เกิดเพลิงไหม้บนหลังคาของที่อยู่อาศัย หนึ่งตารางเมตรของ CdTe มีประมาณจำนวนเดียวกันของ Cd เป็น C เซลล์แบตเตอรี่นิกเกิลแคดเมียมเดียว ในเสถียรภาพมากกว่าและรูปแบบที่ละลายน้ำได้น้อยกว่า

2.1.23 คอปเปอร์อินเดียมแกลเลียม (selenideCopper indium gallium selenide solar cell)

คอปเปอร์อินเดียมแกลเลียม selenide (CIGS) เป็นวัสดุช่องว่างแถบโดยตรง มันมีประสิทธิภาพสูงสุด (~ 20%) ในหมู่วัสดุฟิล์มบางทั้งหลาย (ดูแผงโซล่าเซลล์ CIGS ) วิธีการดั้งเดิมของการผลิตจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการสูญญากาศรวมทั้งการระเหยร่วมและการสปัตเตอร์ ความคืบหน้าล่าสุดที่ IBM และ Nanosolar ที่พยายามที่จะลดค่าใช้จ่ายโดยการใช้กระบวนการแก้ปัญหา ที่ไม่ใช้สูญญากาศ

2.1.24 เซลล์ฟิล์มบาง

มหาวิทยาลัยเนเมเกนดัตช์ Radboud ได้สร้างสถิติสำหรับแผงโซล่าเซลล์ฟิล์มบางที่มีประสิทธิภาพด้วยการใช้ GaAs ทางเชื่อมเดี่ยวไว้ที่ 25.8% ในเดือนสิงหาคม 2008 โดยใช้ชั้น GaAs หนาเพียง 4 ไมโครเมตรเท่านั้นซึ่งสามารถย้ายจากฐานเวเฟอร์ไปเป็นกระจกหรือฟิล์มพลาสติกเมื่อเร็ว ๆ นี้ สถิตินี้ได้รับการเพิ่มขึ้นเป็น 28.8%[30] ประสิทธิภาพสูงที่ได้รับในแผงโซล่าเซลล์ชนิดฟิล์มบาง GaAs มีสาเหตุมาจากการเจริญเติบโตของการ epitaxy ของ GaAs ที่มีคุณภาพสูงอย่างมาก , การทำ passivation ที่พื้นผิวโดย AlGaAs[31] และส่งเสริมการรีไซเคิลโฟตอนโดยการออกแบบฟิล์มบาง

2.1.25 ฟิล์มบางซิลิคอน

2.1.25.1 เซลล์ชนิดฟิล์มบางซิลิกอน ตามหลักจะถูกสะสมโดยการสะสมไอทางเคมี(เช่นส่วนขยายพลาสมา หรือ PE- CVD ) จากก๊าซไซเลนและก๊าซไฮโดรเจน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์การสะสม สิ่งนี้ สามารถให้ผลผลิตต่อไปนี้

1) ซิลิกอนอสัณฐาน (a-Si หรือ a-Si:H) ซิลิกอน Protocrystalline หรือผลึกนาโนซิลิคอน (nc -Si หรือ nc-Si:H) หรือเรียกว่า microcrystalline ซิลิกอนมีการพบว่าซิลิกอน protocrystalline ที่มีผลึกนาโนซิลิคอนในปริมาณต่ำจะดีที่สุดสำหรับแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดสูง[34] ชนิดของซิลิกอนเหล่านี้ปรากฏว่าให้การผูกพันกันที่ห้อยลงมาและปิดไปมาซึ่งจะส่งผลในข้อบกพร่องที่ลึก (ระดับพลังงานใน bandgap) เช่นเดียวกับการสลายตัวของแบนด์ที่เป็น valence และการนำกระแส (แบนด์ปลาย) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากวัสดุเหล่านี้มีแนวโน้มที่จะมีประสิทธิภาพการแปลงพลังงานต่ำกว่าก้อนซิลิกอน แต่ก็มี ราคาไม่แพงในการผลิต ประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์ชนิดฟิล์มบางยังต่ำอันเนื่องมาจากจำนวนที่ลดลงของตัวขนส่งประจุต่อโฟตอนที่ตกกระทบ

2) เซลล์แสงอาทิตย์ซิลิกอนอสัณฐาน (a-Si) ถูกทำจากซิลิกอนอสัณฐานหรือ microcrystalline silicon และโครงสร้างอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานคือ p-i-n junction a-Si เป็นที่น่าสนใจที่นำถูกนำมาใช้เป็นวัสดุแผงโซล่าเซลล์ เพราะเป็นวัสดุที่อุดมสมบูรณ์ และปลอดสารพิษ (ไม่เหมือน CdTe เพื่อนของมัน) และใช้อุณหภูมิในการผลิตต่ำ ทำให้การผลิตอุปกรณ์สามารถทำได้บนพื้นผิวที่มีความยืดหยุ่นและค่าใช้จ่ายต่ำ เนื่องจากโครงสร้างอสัณฐานมีอัตราการดูดซึมของแสงที่สูงกว่าเซลล์ผลึก crystalline คลื่นแสงที่สมบูรณ์สามารถถูกดูดซึมด้วยชั้นบางมากๆของวัสดุที่ใช้งานเปลี่ยนแสงให้เป็นไฟฟ้า ฟิล์มที่หนาเพียง 1 ไมโครเมตรจะสามารถดูดซับ 90% ของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้งานได้ สิ่งนี้จะช่วยลดความต้องการใช้วัสดุลง พร้อมๆกับ เทคโนโลยีปัจจุบันที่มีความสามารถในการเก็บสะสมของ a-Si ด้วยพื้นที่ขนาดใหญ่, ขนาดของการนำไปใช้งานสำหรับเซลล์ประเภทนี้อยู่ในระดับสูง อย่างไรก็ตาม เนื่องจากมันเป็นอสัณฐาน มันจึงมีความผิดปกติตามธรรมชาติและการผูกพันแบบห้อยอยู่สูง ทำให้มันเป็นตัวนำที่ไม่ดีสำหรับตัวขนส่งประจุไฟฟ้า การผูกพันแบบห้อยนี้ทำหน้าที่เป็นศูนย์รวมตัวกันใหม่ที่ลดอายุการใช้งานของตัวขนส่งอย่างรุนแรงและยึดติดระดับ Fermi level เพื่อให้การโดปวัสดุให้เป็น n-type หรือ p-type เป็นไปไม่ได้ Amorphous Silicon ยังทนทุกข์ทรมานจาก Staebler-Wronski effect ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ที่ใช้ซิลิกอนอสัณฐานลดลงเมื่อเซลล์สัมผัสกับแสง การผลิตแผงโซล่าเซลล์แบบ a-Si ฟิล์มบางจะใช้กระจกเป็นพื้นผิวและฝังชั้นบางมากๆของซิลิกอนโดยวิธี plasma-enhanced chemical vapor deposition ( PECVD ) หลายผู้ผลิต a-Si กำลังทำงานเพื่อลดค่าใช้จ่ายต่อวัตต์และเพิ่มประสิทธิภาพการแปลงให้สูงด้วยการวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่องของแผงโซล่าเซลล์ multijunction เพื่อทำแผงโซล่าเซลล์ บริษัท Anwell เทคโนโลยี จำกัด เพิ่งประกาศเป้าหมายสำหรับ PECVD แบบ multi-substrate-multi-chamber เพื่อลดค่าใช้จ่ายลงที่ US 0.50$ ต่อวัตต์

3) ซิลิกอนอสัณฐานมี bandgap ที่ (1.7 eV) สูงกว่าผลึกซิลิคอน (c -Si) ที่ (1.1 eV) ซึ่งหมายความว่ามันดูดซับส่วนที่มองเห็นด้วยตาเปล่าของสเปกตรัมแสงอาทิตย์ได้รุนแรงกว่าส่วนของคลื่นอินฟราเรด เนื่องจาก nc-Si มี bandgap ประมาณเดียวกับ c-Si, nc -Si และ a-Si สามารถถูกนำมารวมกันในชั้นบางๆ, ซึ่งเป็นการสร้างเซลล์ชั้นๆที่เรียกว่าแทนเดมเซลล์ เซลล์ด้านบนที่เป็น a-Si จะดูดซับแสงที่มองเห็น ส่วนเซลล์ด้านล่างที่เป็น nc-Si จะดูดซึมคลื่นอินฟราเรด

4) เร็วๆนี้ การแก้ปัญหาหลายอย่างที่จะเอาชนะข้อจำกัดของซิลิกอนผลึกฟิล์มบางได้รับการพัฒนาขึ้น แผนการดักจับแสงที่มีความยาวคลื่นที่ยาวและถูกดูดซึมได้น้อยจะถูกจับคู่อ้อมๆลงในซิลิกอนและลัดเลาะฟิล์มหลายต่อหลายครั้งจะสามารถเพิ่มการดูดซึมของแสงแดดอย่างมีนัยสำคัญในฟิล์มซิลิคอนบาง การลดพื้นสัมผัสด้านบนสุดของผิวหน้าเซลล์เป็นวิธีการหนึ่งเพื่อลดการสูญเสียแสง วิธีนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะลดพื้นที่ที่ถูกปกคลุมเหนือเซลล์เพื่อยอมให้มีแสงส่องลงใน

เซลล์ให้มากที่สุด การเคลือบป้องกันการสะท้อนแสงยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างการรบกวนที่ไม่สร้างสรรค์ภายในเซลล์ ซึ่งสามารถทำได้โดยการปรับเปลี่ยนดัชนีหักเหของการเคลือบพื้นผิวหน้า ถ้าการรบกวนที่ไม่สร้างสรรค์เกิดขึ้น จะไม่มีการสะท้อนคลื่นแสงและทำให้แสงทั้งหมดจะถูกส่งเข้าไปในเซลล์เซมิคอนดักเตอร์ การจัดองค์ประกอบพื้นผิวเป็นอีกตัวเลือกหนึ่ง แต่อาจจะทำงานได้น้อยกว่า เพราะมันยังเพิ่ม ราคาการผลิตอีกด้วย โดยการจัดองค์ประกอบให้กับพื้นผิวของแผงโซล่าเซลล์ แสงที่สะท้อนสามารถหักเหเข้าไปในพื้นผิว ซึ่งลดแสงที่จะสะท้อนออก การดักแสงด้วยวิธีอื่นจะช่วยในการลด ความหนาโดยรวมของอุปกรณ์ ความยาวของเส้นทางที่แสงจะเดินทางจะยาวกว่าความหนาของ อุปกรณ์มาก สิ่งนี้สามารถทำได้โดยการเพิ่มตัวสะท้อนกลับให้กับอุปกรณ์ เช่นเดียวกับการจัดองค์ประกอบพื้นผิว ถ้าพื้นผิวทั้งด้านหน้าและด้านหลังของอุปกรณ์ตรงตามเกณฑ์ แสงจะติดกับเนื่องจากไม่มีเส้นทางออกเนื่องจากการหักเหภายใน เทคนิคการการผลิตด้วยความร้อนสามารถเพิ่มคุณภาพอย่างมีนัยสำคัญของผลึกซิลิกอน และจะนำไปสู่ประสิทธิภาพที่สูงขึ้นของแผงโซล่าเซลล์ขั้นสุดท้าย ความก้าวหน้าต่อไปเพื่อเข้าสู่การพิจารณาด้านเรขาคณิตในการสร้างอุปกรณ์จะสามารถใช้ประโยชน์จากมิติของวัสดุนาโน การสร้างอาร์เรย์เส้นลวดนาโนแบบขนานที่มีขนาดใหญ่ช่วยให้เกิดการดูดซึมตามความยาวของสายไฟในขณะที่ยังคงรักษาตัวขนส่งส่วนน้อยความยาวสั้นไปตามทิศทางของรัศมี การเพิ่มอนุภาคนาโนระหว่างสายไฟนาโนจะช่วยให้เกิดกระแสไหลผ่านอุปกรณ์ เป็นเพราะรูปทรงเรขาคณิตตามธรรมชาติของอาร์เรย์ เหล่านั้น พื้นผิวที่ถูกปรับแต่งจะขึ้นรูปตามธรรมชาติซึ่งจะช่วยให้เก็บกักแสงได้มากขึ้น ประโยชน์ต่อไปของรูปทรงเรขาคณิตนี้ก็คือว่าอุปกรณ์ประเภทนี้จะใช้วัสดุประมาณ 100 เท่าน้อยกว่าวัสดุอุปกรณ์ที่ทำด้วยเวเฟอร์ตามปกติ

2.1.26 เซลล์ Multijunction

2.1.26.1 Multijunction photovoltaic cell เซลล์ multijunction ประสิทธิภาพสูงแต่เดิมถูกพัฒนามาสำหรับการใช้งานพิเศษ เช่นดาวเทียม และสำรวจอวกาศ แต่ยังถูกนำมาใช้ในขณะนี้อย่างมีประสิทธิภาพกับสถานีรวมพลังงานแสงอาทิตย์ในแนวพื้นโลก เซลล์ Multijunction ประกอบด้วยหลายๆฟิล์มบาง แต่ละแผงโซล่าเซลล์ติดตั้งซ้อนๆกัน มักจะใช้ขั้นตอน metalorganic vapour phase epitaxy ยกตัวอย่างเช่นเซลล์สามทางเชื่อมอาจประกอบด้วยเซมิคอนดักเตอร์ เช่น GaAs, Ge และ GaInP2 แต่ละชนิดของสารกึ่งตัวนำจะมีลักษณะสมบัติเกี่ยวกับพลังงานช่องว่างแถบซึ่งพูดง่ายๆว่าทำให้มันสามารถดูดซับแสงได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดในสีบางสี หรือพูดให้แม่นยำมากขึ้นเพื่อดูดซับรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าบนส่วนหนึ่งของสเปกตรัม การผสมกันของหลายเซมิคอนดักเตอร์จะเลือกสรรเพื่อดูดซับอย่างมีประสิทธิภาพส่วนใหญ่ของสเปกตรัมแสงอาทิตย์ จึงสร้างกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้อุปกรณ์ multijunction ที่ทำจาก GaAs เป็นแผงโซล่าเซลล์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในปัจจุบัน เมื่อ 15 ตุลาคม 2012, เซลล์ metamorphic สามทางเชื่อมสามารถสร้างสถิติทำได้ถึง 44%

2.1.26.2 แผงโซล่าเซลล์แบบแทนเดิม ที่ทำจาก monolithic ต่ออนุกรมกับ gallium indium phosphide (GaInP), gallium arsenide GaAs, และ germanium Ge p–n junctions จะเห็นความต้องการในตลาดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว[41] ระหว่าง ธันวาคม 2006 ถึง ธันวาคม 2007 ค่าใช้จ่ายของโลหะ 4N แกลเลียมเพิ่มขึ้นจากประมาณ $350 ต่อกิโลกรัมไปเป็น $680 ต่อกิโลกรัม นอกจากนี้ราคาโลหะเจอร์เมเนียมได้เพิ่มขึ้นอย่างมาก ถึง $1000-1200 ต่อกิโลกรัมในปีนี้ วัสดุเหล่านั้นรวมถึงแกลเลียม (4N, 6N และ 7N Ga), สารหนู (4N, 6N และ 7N )

และ เจอร์เมเนียม, pyrolitic boron nitride (PBN) ทดลองสำหรับปลูกผลึกและ โบรอน ออกไซด์ ผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมการผลิตสารตั้งต้นทั้งหมด

2.1.26.3 แผงโซล่าเซลล์สามทางเชื่อม ที่ทำด้วย GaAs ยังถูกนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานสำหรับของDutch four-time World Solar Challenge winners Nuna ในปี 2003, 2005 and 2007, และโดย the Dutch solar cars Solutra (2005), Twente One (2007) and 21Revolution (2009).

2.1.27 หัวข้อการวิจัยที่เกิดขึ้นใหม่และเทคโนโลยียุคก่อนอุตสาหกรรมของแผงโซล่าเซลล์สีที่ดูดซับแสง (DSSC)

Dye-sensitized solar cells แผงโซล่าเซลล์ที่ไวต่อสี (DSSC) ทำจากวัสดุราคาถูกและไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่ซับซ้อนในการผลิต ดังนั้นมันจึงสามารถที่จะทำในรูปแบบ DIY ได้ อาจจะอนุญาตให้ผู้เล่นในการผลิตแผงโซล่าเซลล์ประเภทนี้ได้มากกว่าประเภทอื่นๆ ในการผลิตเป็นจำนวนมาก มันควรจะมีราคาถูกอย่างมีนัยสำคัญหรือแพงน้อยกว่าการออกแบบเซลล์โซลิดสเตทแบบเก่า DSSC สามารถออกแบบให้เป็นแผ่นยืดหยุ่น และถึงแม้จะมีประสิทธิภาพการแปลงน้อยกว่าเซลล์ฟิล์มบางที่ดีที่สุดก็ตาม อัตราส่วนราคา/ประสิทธิภาพของมันควรจะสูงพอที่จะช่วยให้พวกมันสามารถแข่งขันกับการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิล โดยปกติ สีย้อม metalorganic รูทีเนียม (Ru ศูนย์กลาง)ถูกใช้เป็น monolayer ของวัสดุที่ดูดซับแสง แผงโซล่าเซลล์ที่ไวต่อสีขึ้นอยู่กับชั้น mesoporous ของ อนุภาคนาโน ไทเทเนียมไดออกไซด์ เพื่อขยายพื้นที่ผิวอย่างมาก (200-300 m2/g TiO2 เมื่อเทียบกับประมาณ 10 m2/g ของผลึกเดี่ยวแบน) อิเล็กตรอนที่ถูกสร้างขึ้นจากแสงจากสีย้อมดูดซับแสงถูกส่งต่อไปยัง TiO2 n-type และโฮลจะถูกดูดซึมโดยอิเล็กโทรไลท์ในอีกด้านหนึ่งของสีย้อม วงจรจะสมบูรณ์โดยคู่รีดอกซ์ในอิเล็กโทรไลท์ซึ่งอาจจะเป็นของเหลวหรือของแข็งก็ได้ เซลล์ชนิดนี้จะช่วยให้การใช้วัสดุที่มีความยืดหยุ่นมากยิ่งขึ้นและโดยทั่วไปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ถูกผลิตโดยการพิมพ์หน้าจอ หรือการใช้หัวฉีดอัลตร้าโซนิค ด้วยศักยภาพสำหรับค่าใช้จ่ายในการผลิตที่ต่ำกว่าที่ใช้สำหรับผลิตเซลล์แสงอาทิตย์จำนวนมาก อย่างไรก็ตาม สีในเซลล์เหล่านี้ยังประสบตวามลำบากจากการย่อยสลายภายใต้ความร้อนและแสง UV และการทำกล่องใส่เซลล์ถือเป็นเรื่องยากในการปิดผนึกเนื่องจากตัวทำละลายที่ใช้ในการประกอบ ทั้งๆที่เป็นดังกล่าวข้างต้น สิ่งนี้เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่นิยมกับบางผลกระทบเชิงพาณิชย์ที่คาดการณ์ภายในทศวรรษนี้ การจัดส่งเชิงพาณิชย์ครั้งแรก ของแผงโซล่าเซลล์ DSSC ได้เกิดขึ้นในเดือนกรกฎาคม ปี 2009 จากนวัตกรรม G24i

2.1.28 เซลล์แสงอาทิตย์จุดควอนตัม (QDSCs)

Quantum dot solar cell แผงโซล่าเซลล์จุดควอนตัม (QDSCs) จะขึ้นอยู่กับเซลล์ Grätzel หรือ แผงโซล่าเซลล์ไวต่อสี มีสถาปัตยกรรมแต่ใช้อนุภาคนาโนเซมิคอนดักเตอร์ที่มีช่องว่างแถบต่ำ ประดิษฐ์ด้วยผลึกขนาดเล็กที่พวกมันสร้างรูปแบบเป็นจุดควอนตัม (เช่น CdS, CdSe, Sb2S3, PbS, ฯลฯ) แทนที่จะใช้สีย้อมอินทรีย์หรือสี organometallic เป็นตัวซึมซับแสง จุดควอนตัม (QDs) ได้ดึงดูดความสนใจมากเพราะคุณสมบัติที่ไม่เหมือนใคร การ quantization ขนาดของมันช่วยให้ช่องว่างแถบ ที่ได้รับการปรับจูนโดยเพียงแค่เปลี่ยนขนาดของอนุภาค มันยังมีค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียที่สูงและได้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ของการผลิตหลาย exciton ใน QDSC ชั้น mesoporous ของอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์สร้างรูปเป็นกระดูกสันหลัง ของเซลล์ เหมือนใน DSSC มาก แล้วชั้น TiO2 นี้จะสามารถถูกทำเป็น photoactive โดยการเคลือบด้วยจุดควอนตัมของสารกึ่งตัวนำที่ใช้การสะสมแบบอาบสารเคมี, การสะสมแบบ electrophoretic หรือการดูดซับ

ชั้นอิออนที่ต่อเนื่องและการทำปฏิกิริยา แล้ววงจรไฟฟ้าจะสมบูรณ์ผ่านการใช้คู่รีดอกซ์ที่เป็นของเหลว หรือของแข็ง ในช่วง 3-4 ปีที่ผ่านมา ประสิทธิภาพของ QDSCs ได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วด้วยประสิทธิภาพมากกว่า 5% แสดงให้เห็นทั้งทางเชื่อมของเหลว และเซลล์สถานะของแข็ง ในความพยายามที่จะลดต้นทุนการผลิตของอุปกรณ์เหล่านี้, กลุ่มวิจัย Prashant Kamat เมื่อเร็วๆนี้ แสดงให้เห็นถึงสีแสงอาทิตย์ที่ทำด้วย TiO2 และ CdSe ที่สามารถนำไปใช้โดยการใช้วิธีการขั้นตอนเดียวโดยใช้กับพื้นผิวตัวนำ ใดๆ และได้แสดงให้เห็นประสิทธิภาพกว่า 1%

2.1.29 แผงโซล่าเซลล์อินทรีย์/โพลิเมอร์

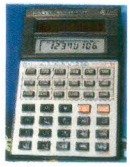
Organic solar cell and Polymer solar cell แผงโซล่าเซลล์อินทรีย์เป็นเทคโนโลยีที่ค่อนข้างใหม่ ซึ่งอาจจะมีสัญญาณของการลดราคาอย่างมาก เซลล์เหล่านี้สามารถถูกผลิตจากสารละลายของเหลว จึงเป็นไปได้ของกระบวนการพิมพ์ม้วนต่อม้วนที่ง่าย มีศักยภาพที่นำไปสู่การผลิตขนาดใหญ่ที่ราคาไม่แพง นอกจากนี้ เซลล์เหล่านี้จะเป็นประโยชน์สำหรับการใช้งานบางอย่างที่ความยืดหยุ่นทางกลไกและสามารถทิ้งได้มีความสำคัญ อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของเซลล์ในปัจจุบันมีต่ำมากและอุปกรณ์ในทางปฏิบัติยังไม่มีอยู่จริง แผงโซล่าเซลล์อินทรีย์และเซลล์แสงอาทิตย์โพลิเมอร์ถูกสร้างขึ้นจากฟิล์มบาง (ปกติ 100 นาโนเมตร) ของสารกึ่งตัวนำอินทรีย์รวมทั้งโพลีเมอร์ เช่น polyphenylene vinylene และสาร โมเลกุลขนาดเล็ก เช่น copper phthalocyanine (เม็ดสีอินทรีย์สีฟ้าหรือสีเขียว) และ คาร์บอน ฟูลเลอรี และอนุพันธ์ fullerene เช่น PCBM การแปลงพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพที่ประสบความสำเร็จในวันนี้จะใช้โพลีเมอร์ที่นำไฟฟ้าต่ำมากเมื่อเทียบกับวัสดุอนินทรีย์ อย่างไรก็ตาม การปรับปรุงที่ผ่านมาได้นำไปสู่ NREL (ห้องปฏิบัติการพลังงานทดแทนแห่งชาติ) ที่ประสิทธิภาพ ได้รับการรับรองที่ 8.3% สำหรับ Konarka Power Plastic[49] และเซลล์ แทนเดมอินทรีย์ในปี 2012 ได้ถึง 11.1% พื้นที่ที่ใช้งานของอุปกรณ์อินทรีย์ประกอบด้วยสองวัสดุ วัสดุหนึ่งทำหน้าที่เป็นผู้บริจาคอิเล็กตรอนและอีกตัวเป็นผู้รับ เมื่อโฟตอนถูกแปลงเป็นคู่อิเล็กตรอนกับโฮล (เช่นในวัสดุผู้บริจาค), ที่แตกต่างจากแผงโซล่าเซลล์ชนิดอื่นส่วนใหญ่, ประจุทั้งหลายมีแนวโน้มที่จะยังคง ผูกพันในรูปแบบของ exciton และถูกแยกออกจากกัน เมื่อ exciton กระจายไปยังอินเตอร์เฟซของผู้บริจาค-ผู้รับ ความยาวการแพร่ exciton ที่สั้นของระบบโพลิเมอร์ส่วนใหญ่มักจะจำกัด ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ดังกล่าว อินเตอร์เฟซโครงสร้างนาโน บางครั้งอยู่ในรูปของกลุ่ม heterojunctions ที่สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพได้

ในปี 2011 นักวิจัยที่ Massachusetts Institute of Technology และมหาวิทยาลัยรัฐมิชิแกน ได้พัฒนาแผงโซล่าเซลล์โปร่งใสตัวแรกที่มีประสิทธิภาพสูงที่มีประสิทธิภาพพลังงานใกล้เคียงกับ 2% ด้วยความโปร่งใสให้กับสายตาของคนมากกว่า 65% ประสบความสำเร็จโดยการเลือก การดูดซับรังสีอัลตราไวโอเลตและส่วนใกล้อินฟราเรดของสเปกตรัมด้วยสารโมเลกุลขนาดเล็ก นักวิจัยที่ UCLA เมื่อเร็วๆนี้ได้พัฒนาแผงโซล่าเซลล์ที่ทำด้วยวัสดุเหมือนโพลิเมอร์ ต่อด้วยวิธีการเดียวกัน นั่นคือ 70% โปร่งใสและมีประสิทธิภาพการแปลงพลังงาน 4% เร็ว ๆ นี้ ข้อจำกัดของประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์อินทรีย์ทั้งแบบทึบแสงและโปร่งใสได้ถูกระบุไว้เซลล์ที่มีความยืดหยุ่นและน้ำหนักเบาเหล่านี้สามารถผลิตได้ในจำนวนมากด้วยต้นทุนต่ำและสามารถนำมาใช้เพื่อสร้างหน้าต่างพลังงานไฟฟ้า

ในปี 2013 นักวิจัยประกาศเซลล์โพลิเมอร์ที่มีประสิทธิภาพราว 3% พวกเขาใช้วัสดุอินทรีย์โพลิเมอร์สี่เหลี่ยมประกอบตัวเองได้ที่จัดวางตัวเองลงในชั้นๆที่แตกต่างกัน งานวิจัยที่ตั้งเป้าไปที่ P3HT-b-PFTBT ที่แยกออกเป็นหลายแถบ กว้างราว 16 นาโนเมตร

2.1.30 การผลิต

เครื่องคิดเลขพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงต้น



**รูปที่ 2.9** เครื่องคิดเลขพลังงานแสงอาทิตย์
(ที่มา : www.thai.alibaba.com)

เนื่องจากแผงโซล่าเซลล์เป็นอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ พวกมันจึงแบ่งปันบางส่วนของการประมวลผลและเทคนิคการผลิตเช่นเดียวกับอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำอื่นๆ เช่นคอมพิวเตอร์และหน่วยชิปความจำ อย่างไรก็ตาม ความต้องการที่เข้มงวดสำหรับความสะอาดและการควบคุมคุณภาพของการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ได้มีความผ่อนคลายมากขึ้นสำหรับแผงโซล่าเซลล์ โรงงาน แผงโซล่าเซลล์ในเชิงพาณิชย์ขนาดใหญ่ในวันนี้ส่วนใหญ่ผลิตแผงโซล่าเซลล์แบบ poly-crystalline พิมพ์หน้าจอหรือหรือแบบผลึกซิลิกอนเดียวเวเฟอร์ซิลิกอน poly-crystalline ถูกผลิตโดยก้อนซิลิกอนหล่อขึ้นรูปแล้วเลื่อยออกด้วยสายโลหะเพื่อให้ได้แผ่นเวเฟอร์บางมากๆ (180 ถึง 350 ไมโครเมตร) แผ่นเวเฟอร์มักจะถูกโดปให้เป็นสาร p-type เล็กน้อย ในการทำแผงโซล่าเซลล์จากแผ่นเวเฟอร์ การกระจายของพื้นผิวของ ตัวที่จะถูกโดปให้เป็น n-type จะถูกดำเนินการบนด้านหน้าของเวเฟอร์ การนี้จะสร้างรูป p-n junction ขึ้นไม่กี่ร้อยนาโนเมตรใต้พื้นผิว การเคลือบป้องกันการสะท้อนเพื่อเพิ่มปริมาณของแสงเข้าไปในแผงโซล่าเซลล์มักจะถูกทำขึ้นต่อจากนั้น ซิลิกอนไนไตรด์ได้ค่อยๆแทนที่ไทเทเนียมไดออกไซด์เพื่อเป็นสารเคลือบผิวป้องกันแสงสะท้อน เพราะว่าคุณภาพที่ยอดเยี่ยมของมันในการเคลือบผิว มันจะป้องกันไม่ให้ตัวขนส่งรวมตัวกันอีกที่พื้นผิวของแผงโซล่าเซลล์ มันมักจะถูกนำมาใช้อยู่ในชั้นหนาหลายร้อยนาโนเมตร โดยใช้การสะสมไอเคมีแบบพลาสมา (PECVD) บางแผงโซล่าเซลล์มีการปรับพื้นผิวด้านหน้าเหมือนการเคลือบป้องกันแสงสะท้อนเพื่อเพิ่มปริมาณของแสงลงในเซลล์ พื้นผิวดังกล่าวจะสามารถเกิดขึ้นในซิลิกอนผลึกเดี่ยวเท่านั้น แต่ในปีที่ผ่านมาวิธีการของการขึ้นรูปบนซิลิคอน multicrystalline ได้รับการพัฒนาขึ้น ต่อมาเวเฟอร์จะมีหน้าสัมผัสโลหะเต็มพื้นที่ถูกทำขึ้นบนพื้นผิวด้านหลังและหน้าสัมผัสที่มีรูปร่างคล้ายตารางโลหะที่ทำขึ้นจาก "นิ้วมือ" ดีและ"บัสบาร์"ขนาดใหญ่จะถูกพิมพ์ลงบนผิวหน้าโดยใช้ โลหะเงินป้าย หน้าสัมผัสด้านหลังยังถูกขึ้นรูปโดยการพิมพ์ด้วยโลหะเช่นอะลูมิเนียม ปกติหน้าสัมผัสนี้จะครอบคลุมตลอดทั้งด้านหลังของเซลล์ แม้ว่าในการออกแบบเซลล์บางครั้งมันจะถูกพิมพ์ในรูปแบบตาราง แล้วการป้ายจะถูกยิงที่หลายร้อยองศาเซลเซียสเพื่อขึ้นรูปให้เป็นขั้วไฟฟ้าโลหะหน้าสัมผัส ohmic ด้วยซิลิกอน บางบริษัทใช้ขั้นตอนการชุบไฟฟ้าเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์ หลังจากหน้าสัมผัสโลหะถูกทำเสร็จแล้ว แผงโซล่าเซลล์จะเชื่อมต่อกันกับสายไฟแบนหรือริบบิ้นโลหะและประกอบเป็นโมดูลหรือ"แผงโซล่าเซลล์" แผงโซล่าเซลล์จะมีแผ่นกระจกด้านหน้าและที่ห่อหุ้มทำจากพอลิเมอร์ที่ด้านหลัง

2.1.31 ผู้ผลิตและการรับรอง

ห้องปฏิบัติการพลังงานทดแทนแห่งชาติจะทำการทดสอบเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ มีสาม การรับรองที่เชื่อถือได้ของอุปกรณ์พลังงานแสงอาทิตย์ ได้แก่ UL และ IEEE

(ทั้งสองเป็น มาตรฐานของสหรัฐอเมริกา) และ IEC มีบริษัทแผงโซล่าเซลล์มากมายทั่วโลก ดูรายชื่อของ บริษัท photovoltaics เรียงตามประเทศและการจัดอันดับ แผงโซล่าเซลล์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตส่วนใหญ่ในประเทศญี่ปุ่น, เยอรมนี, จีนแผ่นดินใหญ่, ไต้หวัน, มาเลเซียและสหรัฐอเมริกา ในขณะที่ยุโรป, จีน, สหรัฐและ ญี่ปุ่นมีการครอบงำ (94% หรือมากกว่าเมื่อปี 2013) ในระบบที่ติดตั้งแล้วสำหรับทศวรรษที่ผ่านมา[58] อย่างไรก็ตาม ในประเทศอื่นๆอีกมากจะมีหรือกำลังจะซื้อกำลังการผลิตแผงโซล่าเซลล์อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่เทคโนโลยีกำลังมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องไปสู่ประสิทธิภาพที่สูงขึ้น ในเซลล์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดสำหรับค่าใช้จ่ายต่ำในการผลิตไฟฟ้า ไม่จำเป็นต้องเป็นผู้ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด แต่เป็นผู้ที่มีความสมดุลระหว่างการผลิตต้นทุนต่ำและมีประสิทธิภาพสูงพอที่จะลดความสมดุลของพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับค่าใช้จ่ายของระบบ จริงๆแล้ว บริษัทเหล่านั้นที่มีเทคโนโลยีการผลิตขนาดใหญ่ในการเคลือบผิวพื้นผิวที่มีราคาไม่แพงอาจจะเป็นผู้ผลิตไฟฟ้าสุทธิมีค่าใช้จ่ายต่ำสุด แม้จะมีประสิทธิภาพของเซลล์ที่ต่ำกว่าของเทคโนโลยี คริสตัลเดียว

การผลิตเซลล์/โมดูลแสงอาทิตย์ทั่วโลกเพิ่มขึ้น 10% ในปี 2012 แม้จะมีการลดลง 9% ในการลงทุนพลังงานแสงอาทิตย์ตามรายงานประจำปีสถานะ PV "ที่ออกโดยศูนย์การวิจัยร่วมคณะกรรมาธิการยุโรป" ตั้งแต่ 2009 การผลิตเซลล์ได้เพิ่มขึ้นสี่เท่า

แผงโซล่าเซลล์ (Solar Cell) เป็นสิ่งประดิษฐ์กรรมทางอิเลคทรอนิกส์ ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยการนำสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิกอน ซึ่งมีราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนพื้นโลกมาผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อผลิตให้เป็นแผ่นบางบริสุทธิ์ และทันทีที่แสงตกกระทบบนแผ่นเซลล์ รังสีของแสงที่มีอนุภาคของพลังงานประกอบที่เรียกว่า โปรตอน (Proton) จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอน (Electron) ในสารกึ่งตัวนำจนมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของอะตอม (atom) และเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ครบวงจรจะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงขึ้น เมื่อพิจารณาลักษณะการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์พบว่า แผงโซล่าเซลล์จะมีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงที่สุดในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งสอดคล้องและเหมาะสมในการนำแผงโซล่าเซลล์มาใช้ผลิตไฟฟ้า เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวัน

2.1.32 การผลิตไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์มีจุดเด่นที่สำคัญ แตกต่างจากวิธีอื่นหลายประการ ดังต่อไปนี้

2.1.32.1 ไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวในขณะใช้งาน จึงทำให้ไม่มีมลภาวะทางเสียง

2.1.32.2. ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะเป็นพิษจากขบวนการผลิตไฟฟ้า

2.1.332.3 มีการบำรุงรักษาน้อยมากและใช้งานแบบอัตโนมัติได้ง่าย

2.1.32.4 ประสิทธิภาพคงที่ไม่ขึ้นกับขนาด

2.1.32.5 สามารถผลิตเป็นแผงขนาดต่างๆ ได้ง่ายทำให้สามารถผลิตได้ปริมาณมาก

2.1.32.6 ผลิตไฟฟ้าได้แม้มีแสงแดดอ่อนหรือมีเมฆ

2.1.32.7 เป็นการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้มาฟรีและมีไม่สิ้นสุด

2.1.32.8 ผลิตไฟฟ้าได้ทุกมุมโลกแม้บนเกาะเล็กๆ กลางทะเล บนยอดเขาสูง และในอวกาศ

2.1.32.9 ได้พลังงานไฟฟ้าโดยตรงซึ่งเป็นพลังงานที่นำมาใช้ได้สะดวกที่สุด

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ดังนั้น ไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์จึงเป็นความหวังของคนทั่วโลก ในศตวรรษที่ 21 ที่จะมาถึงในอีกไม่นานประวัติความเป็นมาของแผงโซล่าเซลล์ แผงโซล่าเซลล์ถูกสร้างขึ้นมาครั้งแรกในปี ค.ศ. 1954 (พ.ศ. 2497) โดย แชปปิน (Chapin) ฟูลเลอร์ (Fuller) และเพียสัน (Pearson) แห่งเบลล์เทลเลโฟน (Bell Telephon) โดยทั้ง 3 ท่านนี้ได้ค้นพบเทคโนโลยีการสร้างรอยต่อ พี-เอ็น (P-N) แบบใหม่ โดยวิธีการแพร่สารเข้าไปในผลึกของซิลิกอน จนได้แผงโซล่าเซลล์อันแรกของโลก ซึ่งมีประสิทธิภาพเพียง 6% ซึ่งปัจจุบันนี้แผงโซล่าเซลล์ได้ถูกพัฒนาขึ้นจนมีประสิทธิภาพสูงกว่า 15% แล้ว ในระยะแรกแผงโซล่าเซลล์ส่วนใหญ่จะใช้สำหรับโครงการด้านอวกาศ ดาวเทียมหรือยานอวกาศที่ส่งจากพื้นโลกไปโคจรในอวกาศ ก็ใช้แผงแผงโซล่าเซลล์เป็นแหล่งกำเนิดพลังไฟฟ้า ต่อมาจึงได้มีการนำเอาแผงแผงโซล่าเซลล์มาใช้บนพื้นโลกเช่นในปัจจุบันนี้ เซลล์แสงอาทิตย์ในยุคแรกๆ ส่วนใหญ่จะมีสีเทาดำ แต่ในปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาให้แผงโซล่าเซลล์มีสีต่างๆ กันไป เช่น แดง น้ำเงิน เขียว ทอง เป็นต้น เพื่อความสวยงาม

ประเภทของ " แผงโซล่าเซลล์"แผงโซล่าเซลล์ที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือกลุ่ม แผงโซล่าเซลล์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน จะแบ่งตามลักษณะของผลึกที่เกิดขึ้น คือ แบบที่เป็น รูปผลึก ( Crystal ) และแบบที่ไม่เป็นรูปผลึก (Amorphous) แบบที่เป็นรูปผลึก จะแบ่งออกเป็น2 ชนิด คือ ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอน ( Single Crystalline Silicon Solar Cell) และ ชนิดผลึกรวมซิลิคอน ( Poly Crystalline Silicon Solar Cell) แบบที่ไม่เป็นรูปผลึก คือ ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน ( Amorphous Silicon Solar Cell)กลุ่มแผงโซล่าเซลล์ที่ทำจากสารประกอบที่ไม่ใช่ซิลิคอน ซึ่งประเภทนี้ จะเป็นแผงโซล่าเซลล์ที่มีประสิทธิภาพสูงถึง 25% ขึ้นไป แต่มีราคาสูงมาก ไม่นิยมนำมาใช้บนพื้นโลก จึงใช้งานสำหรับดาวเทียมและระบบรวมแสงเป็นส่วนใหญ่ แต่การพัฒนาขบวนการผลิตสมัยใหม่จะทำให้มีราคาถูกลง และนำมาใช้มากขึ้นในอนาคต ( ปัจจุบันนำมาใช้เพียง 7 % ของปริมาณที่มีใช้ทั้งหมด)

การผลิตไฟฟ้าด้วยแผงโซล่าเซลล์การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยแผงโซล่าเซลล์ แบ่งออกเป็น 3 ระบบ คือ การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยแผงโซล่าเซลล์แบบอิสระ (PV Standalone system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ได้รับการออกแบบสำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้า อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงโซล่าเซลล์ อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแบบอิสระ

การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยแผงโซล่าเซลล์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (PV Grid connected system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ เข้าสู่ระบบสายส่งไฟฟ้าโดยตรง ใช้ผลิตไฟฟ้าในเขตเมือง หรือพื้นที่ที่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าเข้าถึง อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงโซล่าเซลล์ อุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า

2.1.33 การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยแผงโซล่าเซลล์แบบผสมผสาน (PV Hybrid system)

2.1.33.1 การผลิต เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับทำงานร่วมกับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าอื่นๆ เช่น ระบบแผงโซล่าเซลล์กับพลังงานลม และเครื่องยนต์ดีเซล ระบบแผงโซล่าเซลล์กับพลังงานลม และไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นต้น โดยรูปแบบระบบจะขึ้นอยู่กับการออกแบบตามวัตถุประสงค์โครงการเป็นกรณีเฉพาะ คุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญของแผงโซล่าเซลล์ ตัวแปรที่สำคัญที่มีส่วนทำให้แผงโซล่าเซลล์มีประสิทธิภาพการทำงานในแต่ละพื้นที่ต่างกัน และมีความสำคัญในการพิจารณา

นำไปใช้ในแต่ละพื้นที่ ตลอดจนการนำไปคำนวณระบบหรือคำนวณจำนวนแผงโซล่าเซลล์ต้องใช้ในแต่ละพื้นที่ มีดังนี้

1) ความเข้มของแสง กระแสไฟ (Current) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง หมายความว่าเมื่อความเข้มของแสงสูง กระแสที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์ก็จะสูงขึ้น ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าหรือโวลต์แทบจะไม่แปรไปตามความเข้มของแสงมากนัก ความเข้มของแสงที่ใช้วัดเป็นมาตรฐานคือ ความเข้มของแสงที่วัดบนพื้นโลกในสภาพอากาศปลอดโปร่ง ปราศจากเมฆหมอกและวัดที่ระดับน้ำทะเลในสภาพที่แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นโลก ซึ่งความเข้ม ของแสงจะมีค่าเท่ากับ 100 mW ต่อ ตร.ซม. หรือ 1,000 W ต่อ ตร.เมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM 1.5 (Air Mass 1.5) และถ้าแสงอาทิตย์ทำมุม 60 องศากับพื้นโลกความเข้มของแสง จะมีค่าเท่ากับประมาณ 75 mW ต่อ ตร.ซม. หรือ 750 W ต่อ ตร.เมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM2 กรณีของแผงโซล่าเซลล์นั้นจะใช้ค่า AM 1.5 เป็นมาตรฐานในการวัดประสิทธิภาพของแผง

2) อุณหภูมิ กระแสไฟ (Current) จะไม่แปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่แรงดันไฟฟ้า (โวลต์) จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วทุกๆ 1 องศาที่เพิ่มขึ้น จะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง 0.5% และในกรณีของแผงโซล่าเซลล์มาตรฐานที่ใช้กำหนดประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์คือ ณ อุณหภูมิ 25 องศา C เช่น กำหนดไว้ว่าแผงแสงอาทิตย์มีแรงดันไฟฟ้าที่วงจรเปิด (Open Circuit Voltage หรือ V oc) ที่ 21 V ณ อุณหภูมิ 25 องศา C ก็จะหมายความว่าแรงดันไฟฟ้าที่จะได้จากแผงโซล่าเซลล์ เมื่อยังไม่ได้ต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้า ณ อุณหภูมิ 25 องศา C จะเท่ากับ 21 V ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศา C เช่น อุณหภูมิ 30 องศา C จะทำให้แรงดันไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์ลดลง 2.5% (0.5% x 5 องศา C) นั่นคือ แรงดันของแผงโซล่าเซลล์ที่ V oc จะลดลง 0.525 V (21 V x 2.5%) เหลือเพียง 20.475 V (21V)

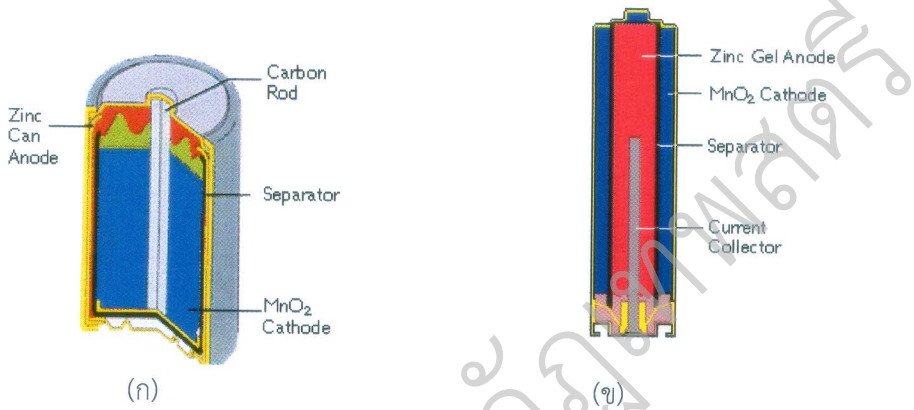
## 2.2 แบตเตอรี่

2.2.1 แบตเตอรี่ เป็นอุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยน พลังงานเคมีที่เก็บไว้เป็นพลังงานไฟฟ้า ได้มีการค้นพบว่า มีการใช้แบตเตอรี่ตั้งแต่สมัย บาบิโลเนียน เมื่อประมาณ 500 ปีก่อนคริสตศักราช แต่แบตเตอรี่ที่มีใช้ในปัจจุบัน เป็นการค้นคว้าทดลองของนักวิทยาศาสตร์เมื่อ 200 ปีที่แล้ว ซึ่งแบ่งตามลักษณะของการใช้งานได้เป็น 4 ชนิดดังนี้

2.2.1.1 แบตเตอรี่ปฐมภูมิ เป็นแบตเตอรี่ที่เมื่อผ่านการใช้แล้วไม่สามารถนำกลับมาชาร์จประจุเพื่อกลับมาใช้ใหม่ได้ หรือที่มักเรียกกันว่า “ถ่าน” มีอยู่หลายชนิด เช่น ถ่านอัลคาไลน์ ถ่านลิเทียม เป็นต้น แบตเตอรี่แบบนี้มีหลายขนาด ใช้ในวิทยุ นาฬิกา เก็บพลังงานได้สูง อายุการใช้งานสูง แต่เมื่อถูกใช้หมดจะกลายเป็นขยะมลพิษ ในช่วงเวลาที่ผ่านมา ถ่านไฟฉายแบบอัลคาไลน์ที่ใช้แล้วทิ้งนั้นเป็นที่นิยมกันมากในหมู่นักเดินป่าทั้งหลาย แต่ในระยะหลังนี้ถ่านไฟฉายอีกประเภทหนึ่งที่ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นคือถ่านลิเธียม ซึ่งมีน้ำหนักเบา ให้พลังงานสูง ใช้ได้ดีในที่อากาศเย็นและสามารถเก็บไว้ได้นาน นอกจากนี้ ในปัจจุบันผู้ผลิตยังได้ผลิตถ่านลิเธียมในขนาด AA ออกมาอีกด้วย แต่อย่างไรก็ดี ตลาดถ่านไฟฉายในปัจจุบันไม่ได้แข่งที่ประเภทถ่านอัลคาไลน์หรือลิเธียมเพียงอย่างเดียว แต่จะเป็นการแข่งขันกันระหว่างถ่านไฟฉายแบบที่ใช้แล้วทิ้ง (Throwaways) กับแบบที่สามารถประจุไฟเข้าไปใหม่ได้ (Rechargeables) หรือที่เรียกกันว่าถ่านแบบรีชาร์จ ถ่านไฟฉายในตลาดปัจจุบันที่ใช้กันในการเดินป่า สามารถแบ่งออกได้เป็นประเภทต่างๆ ดังนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

1) แบตเตอรี่คาร์บอนเคลือบสังกะสี (Carbon-zinc cells) ถ่านไฟฉายทั่วๆ ไปจะมีหลักการทำงานคร่าวๆ คือ ใช้คาร์บอนเป็นขั้วบวก หุ้มด้วยแอมโมเนียมคลอไรด์ และเคลือบด้านนอกด้วยสังกะสีซึ่งเป็นขั้วลบ เมื่อมีปฏิกิริยาทางเคมีเกิดขึ้นจะให้อิเล็กตรอนออกมา และเปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง แต่ถ้าปฏิกิริยาเคมีดังกล่าวเกิดการย้อนกลับก็จะทำให้เราสามารถประจุไฟเข้าไปในแบตเตอรี่ใหม่ได้หรือที่เรียกว่าการรีชาร์จนั่นเอง แต่ถ่านคาร์บอนเคลือบสังกะสีในประเภทนี้เป็นถ่านไฟฉายรุ่นแรกๆ ที่ไม่สามารถจะรีชาร์จได้ และในปัจจุบันก็ได้มีถ่านประเภทอื่นๆ ออกมาแทนที่จำนวนมาก




**รูปที่ 2.10** ถ่านคาร์บอนเคลือบสังกะสี
(ที่มา : www.psptech.com)

2) แบตเตอรี่อัลคาไลน์แบบใช้แล้วทิ้ง (Disposable alkaline cells) แบตเตอรี่อัลคาไลน์ที่ใช้แล้วทิ้งได้เริ่มมีใช้ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1958 (พ.ศ. 2501) ซึ่งเมื่อแรกเริ่มนั้นเป็นที่นิยมกันมากเพราะสามารถให้พลังงานได้มากกว่าถ่านไฟฉายแบบเก่า แต่ในระยะหลังเริ่มมีคนตระหนักกันถึงปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เนื่องมาจากการใช้แบตเตอรี่อัลคาไลน์แบบใช้แล้วทิ้งกันมากขึ้น เนื่องจากไฟฉายประเภทนี้มีสารปรอทเป็นส่วนประกอบและเนื่องจากปริมาณการใช้งานที่นิยมกันมากจนทำให้เกิดปัญหาขยะมีพิษเพิ่มมากขึ้นทั่วโลก ดังนั้นผู้ผลิตจึงได้พยายามมากขึ้นที่จะพัฒนาแบตเตอรี่อัลคาไลน์ให้ไม่เป็นอันตรายต่อสภาพแวดล้อม ในช่วงปลายทศวรรษที่ 1980 ได้มีผู้ผลิตแบตเตอรี่อัลคาไลน์แบบที่มีสารปรอทต่ำลงออกมา และในปี 1990 ก็ได้มีแบตเตอรี่อัลคาไลน์แบบปลอดสารปรอทเกิดขึ้น (เช่น แบตเตอรี่ดูราเซลล์ และอีเนอร์ไจเซอร์ ที่นิยมกันในปัจจุบันนั่นเอง) แต่ถึงอย่างไรก็ตาม การที่มีปริมาณการใช้งานแบตเตอรี่อัลคาไลน์จำนวนมากในปัจจุบันก็ยังก่อให้เกิดปัญหาเรื่องขยะพิษไปทั่วโลกอยู่ดี ยกตัวอย่างเช่น เฉพาะในประเทศอเมริกามีการทิ้งแบตเตอรี่อัลคาไลน์จำนวนถึง 2 พันล้านก้อนต่อปี ข้อเสียที่สำคัญของแบตเตอรี่อัลคาไลน์แบบใช้แล้วทิ้งนี้ก็คือจะมีประสิทธิภาพลดลงอย่างมากในสภาพอากาศที่หนาวเย็น

3) แบตเตอรี่อัลคาไลน์รีชาร์จ (Rechargeable alkaline) แบตเตอรี่อัลคาไลน์รีชาร์จเริ่มมีใช้เมื่อ ค.ศ. 1993 ให้พลังงาน 1.5 โวลต์เท่ากับแบตเตอรี่อัลคาไลน์แบบใช้แล้วทิ้ง แต่เมื่อมีการชาร์จใหม่เรื่อยๆ ประสิทธิภาพของถ่านจะลดลงตามจำนวนการชาร์จในแต่ละครั้ง ถึงแม้

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

จะมีการดูแลรักษาและชาร์จอย่างดีก็ตาม เมื่อชาร์จไปประมาณสิบครั้งประสิทธิภาพจะลดลงเหลือประมาณ 60% และเมื่อชาร์จไปสามสิบครั้งประสิทธิภาพจะลดลงเหลือเพียง 40% และลดลงไปเรื่อยๆ ดังนั้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างแบตเตอรี่อัลคาไลน์รีชาร์จกับแบตเตอรี่นิแคดจึงเห็นได้ชัดว่าถ่านนิแคดมีอายุการใช้งานนานกว่ากันมาก นอกจากนี้ เพื่อให้แบตเตอรี่อัลคาไลน์รีชาร์จมีอายุการใช้งานยาวนานที่สุด เราควรจะต้องรีชาร์จถ่านอย่างสม่ำเสมอและอย่าปล่อยให้แบตเตอรี่หมดเกลี้ยง และจำเป็นจะต้องใช้เครื่องชาร์จเฉพาะด้วย บริษัทเยอรมนีบริษัทหนึ่งได้ผลิตแบตเตอรี่อัลคาไลน์รีชาร์จยี่ห้อ Accucell ขึ้น โดยความสามารถมากขึ้น ซึ่งมีข้อดีที่สำคัญกว่าแบตเตอรี่อัลคาไลน์รีชาร์จสมัยก่อนคือสามารถรีชาร์จได้นับร้อยครั้งโดยที่ประสิทธิภาพไม่ตกลงไปมากนัก ทำให้มีคนหันมาให้ความสนใจและเป็นที่นิยมมากขึ้นแบตเตอรี่ลิเธียม (Lithium cells) ได้มีการเริ่มใช้แบตเตอรี่ลิเธียมครั้งแรกกับไฟฉายติดศีรษะที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรม ซึ่งในขณะนั้นมีราคาแพงมากถึง 20 เหรียญสหรัฐ แต่มีอายุการใช้งานยาวนานมากและยังสามารถใช้งานในสภาพอากาศที่หนาวเย็นมากๆ ได้อีกด้วย แต่เนื่องจากมันมีสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นส่วนประกอบ จึงถูกห้ามนำขึ้นเครื่องบินไม่ว่าจะติดตัวขึ้นไปหรือใส่ในกระเป๋าเดินทางที่โหลดไว้ใต้เครื่อง ดังนั้น บริษัทผู้ผลิตจึงได้พัฒนาแบตเตอรี่ลิเธียมประเภทนี้ออกมากลายเป็นลิเธียมธิโอนีลคลอไรด์ซึ่งใช้ได้ดีกับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานต่ำ เช่น หลอด LED (Light-emitting diode) สามารถนำขึ้นเครื่องบินได้ มีการผลิตออกมาในขนาด AA และยังมีราคาที่ถูกลงอีกด้วย (ประมาณ 9 – 11 เหรียญสหรัฐ) เมื่อเทียบกับว่าถ่านก้อนหนึ่งสามารถใช้ได้นานหลายเดือน เมื่อเร็วๆ นี้ บริษัทเอเวอร์เรดี้ อีเนอร์ไจเซอร์ ได้ผลิตถ่านไฟฉายแบบลิเธียมไอร์ออนไดซัลไฟด์ (Lithium-iron disulfide) ในขนาด 1.5 โวลต์ AA ออกมาสำหรับใช้กับกล้องถ่ายรูปแบบอัตโนมัติ ข้อดีของถ่านชนิดนี้คือมีน้ำหนักเบากว่าแบตเตอรี่อัลคาไลน์ถึง 60% และสามารถเก็บเอาไว้ได้นานถึงสิบปี แต่อย่างไรก็ดี ผู้เชี่ยวชาญได้กล่าวว่าแบตเตอรี่ลิเธียมแบบนี้เมื่อเกิดปฏิกิริยาทางเคมีภายในแล้วจะทำให้ประสิทธิภาพของตัวถ่านลดลงเมื่อใช้กับอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานต่ำ เช่น ไฟฉาย นอกจากนี้ ข้อเสียอีกประการหนึ่งคือ ในการผลิตแบตเตอรี่ลิเธียมแบบนี้นั้นจำเป็นต้องใช้พลังงานในการผลิตถ่านหนึ่งก้อนมากกว่าที่ตัวถ่านไฟฉายเองสามารถจะให้พลังงานได้ โดยใช้พลังงานในการผลิตมากกว่าถึง 50 เท่า ซึ่งความจริงที่น่าเศร้าอีกอย่างก็คือถ่านแบบนี้ไม่สามารถจะรีชาร์จใหม่ได้ด้วย

4) แบตเตอรี่นิกเกิลแคดเมียมหรือนิแคด (Nickel-cadmium cells, Nicads) แบตเตอรี่นิแคดเป็นแบตเตอรี่ที่สามารถรีชาร์จได้ เริ่มมีใช้ครั้งแรกในช่วงทศวรรษ 1950 และสามารถจะรีชาร์จใหม่ได้นับร้อยครั้ง แต่ในสมัยนั้น นักเดินป่าส่วนใหญ่จะไม่นิยมใช้แบตเตอรี่นิแคดเนื่องจากปัญหาสำคัญเกี่ยวกับการชาร์จแบตเตอรี่ นั่นคือเราจำเป็นจะต้องใช้แบตเตอรี่ให้หมดเกลี้ยงก่อนถึงจะชาร์จใหม่ได้ มิฉะนั้นจะทำให้เกิดเมโมรี่เอ็ฟเฟ็กต์ (Memory Effect) ซึ่งหมายถึงการชาร์จแบตเตอรี่ได้เพียงบางส่วน ไม่สามารถชาร์จได้เต็มที่ ซึ่งเกิดจากการชาร์จแบตเตอรี่ในขณะที่แบตเตอรี่เดิมยังไม่หมดดี ทำให้การชาร์จครั้งต่อไปจะใช้เวลาสั้นลงเนื่องจากแบตเตอรี่จะเก็บความจำในการชาร์จที่สั้นที่สุดเอาไว้ และทำให้ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ลดน้อยลง หรือหากเราชาร์จทิ้งเอาไว้นานเกินไปก็จะทำให้แบตเตอรี่ร้อนมากและเสียหายได้อีกเช่นกัน แบตเตอรี่นิแคดยังให้พลังงานเพียง 1.2 โวลต์ซึ่งน้อยกว่าแบตเตอรี่อัลคาไลน์ที่ให้พลังงาน 1.5 โวลต์อีกด้วย และนอกจากนี้สารแคดเมียมยังเป็นสารพิษที่อันตรายมากอีกด้วย ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาแบตเตอรี่นิแคดให้มีคุณภาพดีขึ้นมาก สามารถรีชาร์จได้ง่ายขึ้น และยังมีองค์กรหรือสมาคม (ในต่างประเทศ) ที่คอยรับเก็บแบตเตอรี่นิแคดที่ใช้แล้วเพื่อเอาไปรีไซเคิลและนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ซึ่งไม่ทำให้เกิดปัญหากับสภาพแวดล้อมอีกด้วย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

5) แบตเตอรี่นิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ (Nickel-metal hydride, NiMH) แบตเตอรี่ NiMH นี้มีประสิทธิภาพอยู่ตรงกลางระหว่างแบตเตอรี่นิแคดและแบตเตอรี่อัลคาไลน์รีชาร์จ แบตเตอรี่NiMH ให้พลังงาน 1.2 โวลต์เหมือนแบตเตอรี่นิแคดและสามารถชาร์จใหม่ได้หลายร้อยครั้งเช่นกัน แต่การชาร์จแบตเตอรี่ NiMH จะไม่เกิดเมโมรี่เอ็ฟเฟ็กต์เหมือนแบตเตอรี่นิแคด ตัวแบตเตอรี่ NiMH จะสามารถรีชาร์จด้วยตัวเองประมาณ 1-4 % ของพลังงานที่เหลืออยู่ทุกวัน แต่เราไม่สามารถเก็บแบตเตอรี่ NiMH เอาไว้ได้นานเท่ากับแบตเตอรี่อื่นๆ

2.2.1.2 แบตเตอรี่ทุติยภูมิ เป็นแบตเตอรี่ที่เมื่อผ่านการใช้แล้วสามารถนำกลับมาชาร์จประจุเพื่อกลับมาใช้ใหม่ได้ เช่น แบตเตอรี่รถยนต์ แบตเตอรี่มือถือ และถ่านรุ่นใหม่ๆ เป็นต้น แบตเตอรี่ชนิดอัดกระแสไฟใหม่ได้หรือ เซลล์ทุติยภูมิ สามารถอัดกระแสไฟใหม่ได้หลังจากไฟหมด เนื่องจากสารเคมีที่ใช้ทำแบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถทำให้กลับไปอยู่ในสภาพเดิมได้โดยการอัดกระแสไฟเข้าไปใหม่ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้อัดไฟนี้เรียกว่า ชาร์จเจอร์ หรือ รีชาร์จเจอร์ แบตเตอรี่ชนิดอัดกระแสไฟใหม่ได้ที่เก่าแก่ที่สุดซึ่งใช้อยู่จนกระทั่งปัจจุบันคือ "เซลล์เปียก" แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด (lead-acid battery) แบตเตอรี่ชนิดนี้จะบรรจุในภาชนะที่ไม่ได้ปิดผนึก (unsealed container) ซึ่งแบตเตอรี่จะต้องอยู่ในตำแหน่งตั้งตลอดเวลาและต้องเป็นพื้นที่ที่ระบายอากาศได้เป็นอย่างดี เพื่อระบายก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดจากปฏิกิริยาและแบตเตอรี่ชนิดจะมีน้ำหนักมากรูปแบบสามัญของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด คือแบตเตอรี่รถยนต์ ซึ่งสามารถจะให้กระแสไฟฟ้าได้ถึงประมาณ 10,000วัตต์ในช่วงเวลาสั้นๆ และมีกระแสตั้งแต่ 450 ถึง 1100แอมแปร์ สารละลายอิเล็กโตรไลต์ของแบตเตอรี่คือ กรดซัลฟิวริกซึ่งสามารถเป็นอันตรายต่อผิวหนังและตาได้ แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดที่มีราคาแพงมากเรียกว่า แบตเตอรี่เจล (หรือ "เจลเซลล์") ภายในจะบรรจุอิเล็กโตรไลต์ประเภทเซมิ-โซลิด (semi-solid electrolyte) ที่ป้องกันการหกได้ดี และแบตเตอรี่ชนิดอัดไฟใหม่ได้ที่เคลื่อนย้ายได้สะดวกกว่าคือประเภท "เซลล์แห้ง" ที่นิยมใช้กันใน โทรศัพท์มือถือ และแลปท็อป (Notebook) ปัจจุบันนิยมใช้งาน ทั้งแบตเตอรี่แบบปฐมภูมิและทุติยภูมิ ซึ่งส่วนใหญ่มีตะกั่วเป็นส่วนประกอบ ที่มีคราบเป็นพิษ และผลเสียต่อสภาพแวดล้อม แบตเตอรี่ที่เข้ามาทดแทนแบตเตอรี่ตะกั่ว ในอนาคตสามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

1) แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิล-แคดเมียม (NiCd) แบตเตอรี่ชนิดนี้มีราคาแพงกว่าแบตเตอรี่ตะกั่ว แต่สามารถชาร์จประจุได้มากครั้งกว่า และอายุการใช้งานยาวนานแบตเตอรี่ชนิดโซเดียม-ซัลเฟอร์ (NaS) เป็นแบตเตอรี่ที่มีความหนาแน่นของพลังงานต่ำ ราคาแพง สามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิสูงถึง 350oC

2) แบตเตอรี่ชนิดซิงค์-โบรมีน (ZnBr) เป็นแบตเตอรี่ที่ให้แรงดันไฟฟ้าสูง ราคาถูก อายุการใช้งานที่ยาวนาน เหมาะสำหรับใช้กับรถไฟฟ้า แต่มักมีปัญหาจากการั่วของประจุที่เก็บ และก๊าซโบรมีนเป็นก๊าซที่อันตราย แบตเตอรี่ชนิดวาเนเดียม -รีด็อก (Vanadium-Redox) แบตเตอรี่แบบนี้สามารถชาร์จประจุได้ทันทีเพียงแค่เปลี่ยนอิเล็กโทรไลต์ มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน อัตราการรั่วของประจุต่ำ มีความหนาแน่นของพลังงานสูง ใช้ง่าย ราคาถูก ถึงแม้ว่าวาเนเดียมจะมีพิษต่อสิ่งมีชีวิต แต่จะปลอดภัยเมื่ออยู่ในภาชนะบรรจุที่ได้มาตรฐาน

3) แบตเตอรี่เชิงกล เป็นแบตเตอรี่ที่เมื่อผ่านการใช้แล้วนำกลับมาชาร์จประจุใหม่ได้ โดยการเปลี่ยนขั้วอิเล็กโทรดขั้วลบของแบตเตอรี่ที่ใช้งานแล้ว ซึ่งทำให้มีการชาร์จประจุอย่างรวดเร็ว เช่น แบตเตอรี่ชนิดอลูมิเนียม-อากาศ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

4) แบตเตอรี่ผสม เป็นแบตเตอรี่ที่มีเซลล์ของเชื้อเพลิงผสมอยู่ โดยขั้วอิเล็กโทรดข้างหนึ่งเป็นก๊าซและอีกข้างหนึ่งเป็นขั้วของตัวมันเอง เช่น แบตเตอรี่ชนิดซิงค์-โบรม

ปัจจุบันนิยมใช้งาน ทั้งแบตเตอรี่แบบปฐมภูมิและทุติยภูมิ ซึ่งส่วนใหญ่มีตะกั่วเป็นส่วนประกอบ ที่มีคราบเป็นพิษ และผลเสียต่อสภาพแวดล้อม แบตเตอรี่ที่เข้ามาทดแทนแบตเตอรี่ตะกั่ว

2.2.2 ในอนาคตสามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

2.2.2.1 แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิล-แคดเมียม (NiCd) แบตเตอรี่ชนิดนี้มีราคาแพงกว่าแบตเตอรี่ตะกั่ว แต่สามารถชาร์จประจุได้มากครั้งกว่า และอายุการใช้งานยาวนาน

2.2.2.2 แบตเตอรี่ชนิดโซเดียม-ซัลเฟอร์ (NaS) เป็นแบตเตอรี่ที่มีความหนาแน่นของพลังงานต่ำ ราคาแพง สามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิสูงถึง 350oC

2.2.2.3 แบตเตอรี่ชนิดซิงค์-โบรมีน (ZnBr) เป็นแบตเตอรี่ที่ให้แรงดันไฟฟ้าสูง ราคาถูก อายุการใช้งานที่ยาวนาน เหมาะสำหรับใช้กับรถไฟฟ้า แต่มักมีปัญหาจากการั่วของประจุที่เก็บและก๊าซโบรมีนเป็นก๊าซที่อันตราย

2.2.2.4 แบตเตอรี่ชนิดวาเนเดียม-รีด็อก (Vanadium-Redox) แบตเตอรี่แบบนี้สามารถชาร์จประจุได้ทันทีเพียงแค่เปลี่ยนอิเล็กโทรไลต์ มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน อัตราการรั่วของประจุต่ำ มีความหนาแน่นของพลังงานสูง ใช้ง่าย ราคาถูก ถึงแม้ว่าวาเนเดียมจะมีพิษต่อสิ่งมีชีวิต แต่จะปลอดภัยเมื่ออยู่ในภาชนะบรรจุที่ได้มาตรฐาน

2.2.3 ประเภทของแบตเตอรี่หรือถ่าน

2.2.3.1 ถ่านไฟฉายทั่วไป ถ่านประเภทนี้เป็นถ่ายแบบเก่า ประเภทใช้แล้วทิ้ง ไม่สามารถอัดประจุใหม่ได้ มีส่วนประกอบที่สำคัญคือแมงกานีสออกไซด์รวมทั้งตัวกลางที่ช่วยทำให้เกิดปฏิกิริยาทางไฟฟ้า-เคมีอื่น ๆ เช่น เกลือแอมโมเนีย ถ่านไฟฉายประเภทนี้นับเป็นอันตรายอย่างหนึ่งซึ่งไม่สามารถทิ้งรวมกับขยะทั่วไปอื่น ๆ ได้

2.2.3.2 ถ่านอัลคาไลน์ ถ่านประเภทนี้ไม่สามารถนำกลับมาอัดไฟใช้ได้อีกแต่จำเป็นต้องทิ้งไปเมื่อเสื่อมหรือหมดอายุ ขนาดที่ใช้โดยทั่วไปมีตั้งแต่ขนาด AAA, AA, A, C, D และ 9 โวลต์ ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่นำไปใช้ เช่น ของเด็กเล่น ไฟฉายหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ตามบ้านเรือนโดยทั่วไป ปัจจุบันจึงนิยมนำมาใช้แทนถ่านไฟฉายแบบเก่ามากขึ้น

2.2.3.3 ถ่านกระดุม ถ่านประเภทนี้มักใช้ทั่วไปกับนาฬิกาข้อมือ เครื่องคิดเลข เครื่องช่วยฟัง กล้องถ่ายรูปและเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็กอื่น ๆ ส่วนประกอบที่สำคัญของถ่านประเภทนี้คือ ปรอทซิลเวอร์ออกไซด์ แคดเมี่ยม หรือลิเธียม การจำแนกชนิดจึงมักเรียกตามเซลล์ที่เป็นส่วนประกอบซึ่งดูได้จากหีบห่อที่บรรจุ เช่น ชนิดปรอท/สังกะสี ชนิดคาร์บอน/สังกะสี ชนิดซิลเวอร์ออกไซด์ และสังกะสี/อากาศ เป็นต้น ถ่านประเภทนี้เมื่อหมดอายุต้องแยกทิ้งหรือรวบรวมขายคืนให้กับบริษัทผู้ผลิต โดยสามารถดูรายละเอียดได้จากหีบห่อที่บรรจุ

2.2.3.4 แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด เป็นแบตเตอรี่ซึ่งใช้ในรถยนต์และรถมอเตอร์ไซด์ โดยมีปริมาณตะกั่วบรรจุไว้ตามกำหนด และมีกรดกำมะถันเป็นตัวช่วยในการเกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี ส่วนใหญ่แบตเตอรี่ประเภทนี้สามารถนำมาอัดประจุไฟไหม้ได้ แต่เมื่อหมดอายุควรนำกากแบตเตอรี่ที่ใช้แล้วไปรีไซเคิล

2.2.3.5 แบตเตอรี่ชนิดนิเกล-แคดเมียม เป็นแบตเตอรี่ที่นำมาอัดไฟใช้ใหม่ได้ซ้ำแล้วซ้ำอีก โดยมากใช้กับวิทยุมือถือ โทรศัพท์มือถือ อุปกรณ์ไฟฟ้า และของเล่นเด็ก ถ่านประเภทนี้จะมี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

แคดเมียมและนิเกลเป็นส่วนประกอบที่สำคัญซึ่งถือว่าเป็นวัตถุอันตรายที่ต้องกำจัดหรือทิ้งอย่างถูกวิธี โดยทั่วไปแล้วบริษัทผู้รับซื้อกลับคืนเพื่อนำไปกำจัดให้ถูกต้อง

2.2.4 พิษภัยและอันตรายจากแบตเตอรี่

พิษภัยและอันตรายจากแบตเตอรี่มาจากสารที่ใช้ในการทำแบตเตอรี่ที่สำคัญคอสารตะกั่ว สารแมงกานีส สารแคดเมียม สารนิเกิล สารปรอท และสารเคมีที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา เช่น กรดซัลฟูริก เป็นต้น สารพิษต่าง ๆ เหล่านี้หากไม่ได้รับการจัดการอย่างถูกวิธีโอกาสที่จะเกิดการปนเปื้อนต่อแหล่งน้ำ ผิวดิน พื้นดิน และบรรยากาศแล้วแพร่ไปสู่คน พืช และสัตว์ก็มีสูง ลักษณะของผลกระทบที่เกิดขึ้นมีดังนี้

2.2.4.1 ทำให้เกิดการเจ็บป่วยอย่างเฉียบพลัน หรืออย่างเรื้อรัง สืบเนื่องมาจากการสัมผัสกับสารพิษหรือกากแบตเตอรี่ใช้แล้วที่มีสารพิษเป็นส่วนประกอบอยู่ ซึ่งมักพบในคนงานที่ประกอบการในโรงงานทำไฟฉายและแบตเตอรี่ หรือคนงานเก็บขยะมูลฝอยและชาวบ้านที่มาขุดคุ้ยขยะ โดยสารพิษเหล่านี้สามารถเข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจเอาฝุ่นและไอระเหยเข้าไปและโดยการกินอาหารที่มีสารดังกล่าวปนเปื้อน นอกจากนี้ยังคงดูดซึมผ่านทางผิวหนังได้อีกด้วย

2.2.4.2 ทำให้เกิดการปนเปื้อนต่อดิน น้ำใต้ดิน และแหล่งน้ำผิวดินใกล้เคียงที่ใช้เป็นแหล่งน้ำอุปโภคบริโภคในครัวเรือน ส่วนใหญ่มาจากการทิ้งแบตเตอรี่ที่เหลือใช้แล้ว ทำให้สารพิษดังกล่าวปนเปื้อนลงในดินน้ำก็จะชะสารพิษที่ปนเปื้อนแล้วซึมผ่านชั้นดินและแหล่งน้ำส่งผ่านต่อมายังพืช และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ต่อไป

2.2.4.3 ทำให้เกิดภาวะมลพิษทางอากาศ จากการแพร่กระจายของไอสารเคมี หรือฝุ่นละอองจากการเผาขยะมูลฝอยที่มีกากแบตเตอรี่ทิ้งปะปนอยู่ มลพิษทางอากาศอาจถูกสูดหายใจเข้าสู่ร่างกายโดยเฉพาะคนงานที่เก็บขยะมูลฝอย ชาวบ้านที่มาขุดคุ้ยแยกขยะมูลฝอยและประชาชนที่อาศัยอยู่รอบ ๆ สถานที่กำจัดขยะ

2.2.5 การป้องกันปัญหามลพิษจากแบตเตอรี่

2.2.5.1 สำหรับประชาชนทั่วไป ไม่ควรนำกากแบตเตอรี่ที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้อีก โดยเด็ดขาดไม่ทิ้งกากแบตเตอรี่รวมทั้งถ่านไฟฉายที่ใช้แล้วลงสู่แหล่งน้ำ ท่อระบายน้ำ ฯลฯ ห้ามนำกากแบตเตอรี่รวมทั้งถ่านไฟฉายไปเผาโดยเด็ดขาด หลีกเลี่ยงการสัมผัสกับกากแบตเตอรี่ที่ใช้แล้วโดยตรงรวมทั้งถ่านไฟฉายใช้แล้วที่

2.2.5.2 สำหรับผู้ประกอบการและคนงาน ควรสวมเครื่องป้องกันอันตรายส่วนบุคคล เช่น หน้ากากกรองฝุ่น ถุงมือ ในขณะปฏิบัติงานคนงาน ควรระมัดระวังในเรื่องสุขอนามัย เช่น ไม่ควรรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ สูบบุหรี่ในบริเวณและขณะทำงานผู้ประกอบการต้องจัดให้มีระบบระบายอากาศและกำจัดมลพิษในบริเวณที่ทำงานจัดให้มีบริการตรวจสุขภาพคนงานเป็นพิเศษโดยเฉพาะการตรวจเลือด และปัสสาวะเพื่อดูปริมาณสารพิษเหล่านั้นห้ามนำกากแบตเตอรี่ที่ใช้แล้วไปทิ้งในที่สาธารณะ ทางโรงงานจะต้องปฏิบัติตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม ฉบับที่ 1 (พ.ศ. 2531) เรื่องกำหนดวิธีการเก็บทำลายฤทธิ์ กำจัด ฝัง ทิ้ง เคลื่อนย้าย และการขนสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว เช่น การใช้ปูนขาวทำลายฤทธิ์และนำไปทิ้งในหลุมที่ปูด้วยวัสดุกันซึม หรือบดอัดด้วยดินเหนียวตามมาตรฐานที่กำหนด แบตเตอรี่รถยนต์ทำหน้าที่ ป้อนกระแสไฟฟ้าให้อุปกรณ์ต่างๆของเครื่องยนต์เพื่อให้ทำงานได้ เช่น มอเตอร์สตาร์ท ระบบจุดระเบิด ในขณะที่สตาร์ทรถยนต์ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ป้อนพลังงานให้กับอุปกรณ์อำนวยความสะดวกหลายๆอย่าง ด้วย เช่น ระบบไฟส่องสว่าง วิทยุ เป็นต้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

2.2.6 แบตเตอรี่รถยนต์

แบตเตอรี่รถยนต์ไม่ใช่แหล่ง ผลิตกระแสไฟฟ้า แต่เป็นแหล่งเก็บไฟฟ้าสำรอง เมื่อใดก็ตามที่ไดร์ชาร์จ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้า ไม่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ทัน เช่น การขับขี่ในตอนกลางคืนซึ่งใช้ระบบไฟเยอะกว่าปกติ ก็จะดึงไฟจากแบตเตอรี่มาใช้ ขณะเดียวกันถ้าไดร์ชาร์จทำงานได้ดีขึ้น หรือ หมุนเร็วขึ้น ก็จะมีกระแสไฟฟ้าเหลือจากการใช้งาน ซึ่งก็จะถูกส่งกลับเข้าไปยังแหล่งเก็บไฟฟ้าสำรอง (แบตเตอรี่) จนกว่าจะเต็มแบตเตอรี่จะถูกจ่ายไฟออกอย่างเดียวก็เฉพาะตอนสตาร์ทเครื่อง ยนต์เท่านั้น เพื่อส่งกระแสไฟเข้าสู่มอเตอร์สตาร์ท และ ระบบต่างๆของเครื่องยนต์ เมื่อเครื่องยนต์สตาร์ทติด และ ทำงานแล้ว ไดร์ชาร์จก็จะทำหน้าที่ประจุไฟเข้าแบตเตอรี่อย่างต่อเนื่อง นั่นก็หมายความว่า กระแสไฟฟ้าจะถูกจ่ายออกไป และ ถูกประจุเพิ่มเข้าไป หมุนเวียนเข้าออกแบตเตอรี่อยู่เสมอ ไม่ได้จ่ายออกไปจนหมดอย่างเดียวนั่น หมายความว่าแบตเตอรี่จะหมดได้ก็มีอยู่เพียง 2 กรณี นั่นก็คือ 1. เก็บไฟไม่อยู่ หรือ หมดอายุการใช้งาน 2. ไดร์ชาร์จทำงานผิดปกติ หรือ บกพร่อง ซึ่งทำให้ประจุไฟเข้าไปยังแบตเตอรี่รถยนต์ได้น้อยมากไม่เพียงพอต่อการใช้งาน หรือ ไม่สามารถประจุไฟเข้าไปได้เลย

2.2.6.1 แบตเตอรี่รถยนต์ อายุการใช้งานของแบตเตอรี่รถยนต์ แบตเตอรี่รถยนต์มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ

1) แบบเปียก นิยมใช้กันเป็นส่วนใหญ่ แบ่งย่อยออกได้อีกเป็น 2 แบบ คือ แบบที่ต้องเติม และ ดูแลน้ำกลั่นบ่อยๆ อย่างน้อยสัปดาห์ละครั้ง กับ แบบไม่ต้องดูแลบ่อย (Maintenance Free) ซึ่งจะกินน้ำกลั่นน้อยมาก โดยทั้ง 2 แบบนี้จะมีฝาปิด-เปิดสำหรับเติมน้ำกลั่น ในแบบแรกนี้จะมีอายุการใช้งานโดยประมาณ 1.5 - 2 ปี แต่ไม่ควรเกิน 3 ปี ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับสภาพการใช้งาน และ การดูแลรักษา ถ้ามีการดูแลรักษาอยู่สม่ำเสมอก็จะทำให้แบตเตอรี่รถยนต์มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน ขึ้น อย่างไรก็ดีเมื่อถึงอายุการใช้งานของมันก็สมควรที่จะเปลี่ยนแบตเตอรี่ลูก ใหม่ได้แล้ว

2) แบบแห้ง ไม่ต้องเติมน้ำกลั่น มีความทนทาน มีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่า และ มีราคาแพง แบตเตอรี่แบบแห้งนี้จะมีอายุการใช้งานโดยประมาณ 5-10 ปี แบตเตอรี่แบบนี้ไม่มีฝาปิด-เปิดสำหรับเติมน้ำกลั่น หรือไม่ก็ถูกซีลทับฝาไปเลย แต่จะมีตาแมวไว้สำหรับไว้คอยตรวจเช็คระดับน้ำกรด และ ระดับไฟชาร์จ

แบตเตอรี่รถยนต์ การเปลี่ยนแบตเตอรี่รถยนต์ ในการเปลี่ยนแบตเตอรี่ลูกใหม่นั้นถ้าหากว่าไม่ได้มีการติดตั้งอุปกรณ์อะไร เพิ่มเติมขึ้นมา เช่น ติดตั้งพวกระบบเครื่องเสียงต่างๆ หรือ ติดตั้งพวกอุปกรณ์เพื่ออำนวยความสะดวกต่างๆ ก็ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องไปเปลี่ยนแบตเตอรี่ที่มีขนาดของแอมป์สูงขึ้น เพราะจะเป็นการทำให้สิ้นเปลืองโดยใช่เหตุ เพราะบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ได้มีการคำนวณ และ เลือกขนาดของแบตเตอรี่รถยนต์ให้เหมาะสมกับการใช้งานของรถรุ่นนั้นๆอยู่แล้ว แต่ถ้ามีการติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวเพิ่มเติมขึ้นมาก็สามารถเปลี่ยนแบตเตอรี่ที่มีขนาดของแอมป์สูงขึ้นได้สิ่ง ที่ต้องคำนึงถึงเป็นอันดับแรกก็คือ แบตเตอรี่ที่มีขนาดของแอมป์สูงขึ้นมักจะมีขนาดของตัวแบตเตอรี่ใหญ่ขึ้นด้วย ดังนั้นฐานของแบตเตอรี่เดิมติดรถสามารถรองรับได้หรือไม่ ไม่ควรที่จะเปลี่ยนแบตเตอรี่รถยนต์โดยไปลดขนาดของแอมป์ลงโดยเด็ดขาด แต่สามารถเลือกแบตเตอรี่ที่มีขนาดของแอมป์สูงขึ้นได้โดยประมาณ 10-30 แอมป์

แบตเตอรี่รถยนต์ การชาร์จไฟเข้าแบตเตอรี่ หรือการประจุไฟเข้าไปในแต่ละครั้งนั้น ควรจะเลือกใช้การชาร์จอย่างช้าเอาไว้ และทิ้งไว้ซักประมาณ 5-10 ชั่วโมง โดยเฉพาะใน

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

การเปลี่ยนแบตเตอรี่ลูกใหม่ทั้งนี้ก็เพื่อให้แบตเตอรี่เสื่อม สภาพได้ช้าลง และ มีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น แต่ตามร้านที่เปลี่ยนแบตเตอรี่โดยทั่วไปมักจะใช้วิธีชาร์จเร็วเพื่อรีบให้บริการลูกค้าซึ่งจะข้อควรระวังในการทำงานกับแบตเตอรี่ เนื่องจากในแบตเตอรี่รถยนต์นั้นมีสารเคมีอยู่ภายใน เช่น สารตะกั่ว น้ำกรด เป็นต้น ดังนั้นในการทำงานกับแบตเตอรี่

2.2.7 การดูแลรักษาแบตเตอรี่

2.2.7.1 เก็บรักษาในที่อุณหภูมิไม่สูงเกินไป ไม่ควรนำไปตากแดด

2.2.7.2 หลีกเลี่ยงการเก็บในที่เปียกชื้น

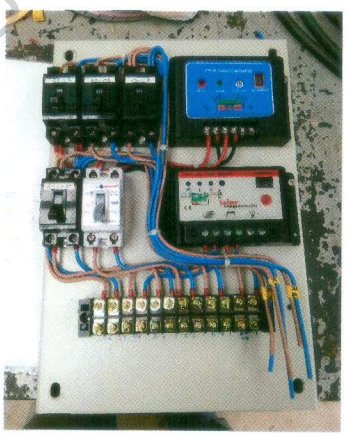
2.2.7.3 ควรทำการชาร์จไฟตามระยะที่บอกไว้ในคู่มือใช้งาน เช่น การใช้งานครั้งแรกควรชาร์จไฟไว้นาน 10 ชั่วโมงหรือมากกว่า เป็นต้น

2.2.7.4 ไม่ควรนำแบตเตอรี่เก็บไว้ในตัวอุปกรณ์ หากยังไม่ได้ใช้งาน

2.2.8 ข้อควรระวังในการทำงานกับแบตเตอรี่

เนื่องจากในแบตเตอรี่นั้นมีสารเคมีอยู่ภายใน เช่น สารตะกั่ว น้ำกรด เป็นต้น ดังนั้นในการทำงานกับแบตเตอรี่ควรใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษให้ระมัดระวังพวกไฟ หรือประกายไฟต่างๆ รวมทั้งประกายไฟจากการสูบบุหรี่ด้วยให้ทำการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันดวงตาระวังอย่าให้เด็กเข้าใกล้น้ำกรด และ แบตเตอรี่การจัดวางและจัดเก็บแบตเตอรี่เก่า ควรจัดวางและเก็บในสถานที่ที่ปลอดภัย และ เป็นจุดที่จัดเก็บแบตเตอรี่โดยเฉพาะ ไม่วางทิ้งเกลื่อนกลาดไม่ควรทิ้งแบตเตอรี่เก่าลงในถังขยะปกติธรรมดาทั่วไป ให้ระมัดระวังอันตรายจากแบตเตอรี่ระเบิด ในขณะที่ทำการชาร์จแบตเตอรี่นั้นจะมีแก๊สเกิดขึ้น ซึ่งแก๊สนั้นเป็นสารที่ทำให้เกิดการระเบิดได้อย่างสูงให้ปฏิบัติตามคำแนะนำบนตัวแบตเตอรี่ ปฏิบัติตามคู่มืองานซ่อมประจำอู่เรื่องระบบไฟฟ้า และ ปฏิบัติตามคู่มือประจำรถให้ระวังอันตรายจากน้ำกรดเวลาเดือด น้ำกรดในแบตเตอรี่นั้นเป็นสารกัดกร่อนอย่างรุนแรงดังนั้นควรสวมอุปกรณ์ป้องกันดวงตา และ ถุงมือขณะที่ทำงานในกรณีนี้อยู่ รวมทั้งระวังอย่าเอียงหรือ ตะแคงแบตเตอรี่เป็นอันขาด เพราะน้ำกรดสามารถรั่วไหลออกมาทางรูระบายได้

## 2.3 โซล่าชาร์จเจอร์



**รูปที่ 2.11** โซล่าชาร์จเจอร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

2.3.1 เครื่องชาร์จโซล่าเซลล์ ทำหน้าที่รับแรงไฟฟ้ากระแสตรงจากแผงโซล่าเซลล์ที่มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงมากน้อย ขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ การเลตกูเรดแรงดันไฟฟ้าให้มีแรงดันคงที่สม่ำเสมอเพื่อประจุให้กับแบตเตอรี่ จะช่วยให้เกิดประสิทธิภาพได้อย่างเต็มที่ อายุการใช้งานแบตเตอรี่ยาวนานขึ้น

2.3.1.1 ควรระมัดระวังการต่อแบตเตอรี่ห้ามเกิดการลัดวงจรเด็ดขาด เพื่อป้องกันการเกิดความเสียหาย ควรใส่ฟิวส์ป้องกันการจากแบตเตอรี่ที่ต่อมายังโซล่าชาร์จเจอร์

2.3.1.2 หลีกเลี่ยงการลัดวงจรขณะต่อสายไฟเข้ากับโซล่าชาร์จเจอร์ เพราะอาจเกิดไฟกระชากแรงดันสูงเกินกว่าที่โซล่าคอนโทรลเลอร์จะทนได้ ควรใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่เป็นฉนวนด้วยความระมัดระวัง โดยต้องต่อแบตเตอรี่เข้ากับตัวโซล่าชาร์จเจอร์ก่อนการต่อแผงโซล่าเซลล์ทุกครั้ง เพื่อให้โซล่าคอนโทรลเลอร์พร้อม

2.3.1.3 การติดตั้งแบตเตอรี่และโซล่าคอนโทรลเลอร์ ควรหลีกเลี่ยงให้พ้นมือเด็ก

2.3.1.4 โปรดปฏิบัติตามคู่มือการใช้งานที่แนบมาพร้อมกับตัวเครื่อง เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าหรือบ้างก็เรียกว่า เครื่องควบคุมการชาร์จ Charger ชาร์จเจอร์ หรือ บางทีก็เรียก Controller คอนโทรลเลอร์ บ้าง หรือบางทีก็เรียก Solar Charge โซล่าชาร์จเจอร์ หรือ ยังมีบางคนเรียก Regulator ก็ไม่ว่ากันครับจะเรียกว่าอะไรก็ตามชาร์จเจอร์นั้นถือเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญที่สุดในระบบเลยก็ว่าได้ เพราะหากมีการทำงานที่ผิดพลาดแล้วละก็ระบบทั้งหมดก็จะรวนไปด้วย จึงต้องเลือกใช้ชาร์จเจอร์ให้เหมาะกับระบบที่ใช้เพื่อการชาร์จแบตเตอรี่ที่ดี การเลือกชาร์จเจอร์นั้นสำคัญที่สุดคือต้องหาขนาดและรุ่นที่เหมาะสมกับแผงโซล่าเซลล์ที่ท่านมีอยู่ ถ้าไม่แน่ใจให้สอบถามก่อนซื้อจะปลอดภัยกว่า และอีกประการคือฟังก์ชั่นที่เราต้องการใช้งาน โดยชาร์จเจอร์ บางรุ่นนั้นสามารถเลือกเป็นระบบ 12V. / 24V. ได้เลย หรือ ต่อพ่วงกับ DC Load โดยตั้งค่าให้เปิดแบบ Auto

2.3.2 คำแนะนำ

โซล่าชาร์จเจอร์ โซล่าคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์อีกชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญในการติดตั้งโซล่าเซลล์ ซึ่ง โซล่าชาร์จเจอร์ จะทำหน้าที่ควบคุมการประจุไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์แล้วเอามาเก็บไว้ที่แบตเตอรี่ ในปริมาณที่เหมาะสม โซล่าชาร์จเจอร์ จะคอยควบคุมการจ่ายไฟให้กับโหลดไฟฟ้า เพื่อป้องการความเสียหายที่เกิดจากการประจุไฟในปริมาณที่มากเกินไป

2.3.3 การใช้งานที่เหมาะสมของโซล่าชาร์จเจอร์

คอนโทรลเลอร์เหมาะสำหรับระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ที่มีแรงดันไฟฟ้า 6V/12V/24V

2.3.4 คุณสมบัติของโซล่าชาร์จเจอร์

2.3.4.1 ชาร์จไฟเลี้ยงแบตเตอรี่ให้เต็มตลอดเวลาเพื่อถนอมแบตเตอรี่ให้ใช้งานให้ยาวนานที่สุด

2.3.4.2 โซล่าร์ชาร์จเจอร์สามารถป้องกันการชาร์จกระแสเกินได้

2.3.4.3 ป้องกันการดิสชาร์ทกระแสไฟฟ้ามากเกินไปจากแบตเตอรี่

2.3.4.4 ป้องกันกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไหลย้อนกลับไปยังแผงโซล่าเซลล์ในเวลากลางคืน

2.3.4.5 ป้องกันการโอเวอร์โหลด

2.3.4.6 ป้องกันการลัดวงจร

2.3.4.7 ป้องกันกระแสไหลย้อนกลับ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

2.3.4.8 ป้องกันการต่อกลับขั้วโดยไดโอด

2.3.4.9 ป้องกันฟ้าผ่าได้ในตัวไม่ให้กระแสไปถึงแบตเตอรี่

2.3.4.10 ฟังก์ชั่นการชดเชยอุณหภูมิ

## 2.4 ปั๊มน้ำ (Piston Pump)

ปั๊มน้ำ (Pump) เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยส่งผ่านพลังงานจากแหล่งต้นกำเนิดไปยังของเหลว เพื่อทำให้ของเหลวเคลื่อนที่จาก ตำแหน่งหนึ่งไป ยังอีก ตำแหน่งหนึ่งที่อยู่สูงกว่า หรือในระยะทางที่ไกลออกไป โดยจุดเริ่มต้นของเครื่องปั๊มน้ำนี้มีประวัติศาสตร์ที่ยาวนานกว่า 2,000 ปีก่อนคริสตศักราช ซึ่งในช่วงเริ่มแรกมีการใช้พลังงาน ที่ได้จากมนุษย์ สัตว์ ต่อมาจึงได้ใช้พลังงานจากธรรมชาติ เช่น พลังงานจากลม และน้ำเป็นแหล่งต้นกำเนิด ซึ่งในช่วงแรกเพียง เพื่อการอุปโภคบริโภคและทำการเกษตรเท่านั้น

**รูปที่ 2.12** ปั๊มน้ำ
(ที่มา : www.precleanwater.com)

ในปัจจุบันเครื่องปั๊มน้ำจัดเป็นอุปกรณ์เครื่องมืออีกชนิดหนึ่งที่มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์อย่างมาก เป็นอุปกรณ์ ที่ช่วยจัดส่งน้ำเพื่อการอุปโภค บริโภค การเกษตร คมนาคม อุตสาหกรรม ตลอดจนการบำบัดน้ำเสีย เพื่อรักษา สภาวะแวดล้อม ที่ดีให้กับมนุษย์ ซึ่งวิวัฒนาการของเครื่องปั๊มน้ำในปัจจุบันได้เปลี่ยนไปจากเดิม ที่ใช้พลังงานจาก แหล่งธรรมชาติมาเป็น การใช้พลังงานจากไอน้ำ จากเครื่องยนต์ และที่นิยมกันมากคือ การใช้พลังงานไฟฟ้า เนื่องจากความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน

เครื่องปั๊มน้ำ เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยส่งผ่านพลังงานจากแหล่งต้นกำเนิดไปยังของเหลว เพื่อทำให้ของเหลวเคลื่อนที่จาก ตำแหน่งหนึ่งไป ยังอีก ตำแหน่งหนึ่งที่อยู่สูงกว่า หรือในระยะทางที่ไกลออกไป โดยจุดเริ่มต้นของเครื่องปั๊มน้ำนี้มีประวัติศาสตร์ที่ยาวนานกว่า 2,000 ปีก่อนคริสตศักราช ซึ่งในช่วงเริ่มแรกมีการใช้พลังงาน ที่ได้จากมนุษย์ สัตว์ ต่อมาจึงได้ใช้พลังงานจากธรรมชาติ เช่น พลังงานจากลม และน้ำเป็นแหล่งต้นกำเนิด ซึ่งในช่วงแรกเพียง เพื่อการอุปโภคบริโภคและทำการเกษตรเท่านั้น

ปั๊มชัก (Pump seizures) ปั๊มชนิดนี้ใช้ในการสูบน้ำที่ความลึกประมาณ 8 -12 เมตร โดยจะใช้งานร่วมกับมอเตอร์หรือเครื่องยนต์ในการขับเคลื่อนลูกสูบ อัตราการไหลของน้ำจะอยู่ตั้งแต่ 1,500 -25,000 L/H ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับขนาดของลูกสูบ การส่งน้ำขึ้นที่สูง ที่ลาดชัน ที่เป็นเขา ปั๊มชักสามารถส่ง/สูบน้ำ ในความสูงแนวดิ่งได้ 40-50 เมตร , แนวลาดชัน 45 องศา ได้ 300-400 เมตร และ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

แนวราบ ได้ 1 กิโลเมตร สำหรับบางท่านที่ต้องการหาปั๊มเพื่อไปต่อกับ sprinkle นั้น ขอแนะนำปั๊มชัก เพราะการรดน้ำต้นไม้ โดยใช้ระบบ sprinkle แรงดันน้ำจะต้องไม่น้อยกว่า 4 Bar ( 1 Bar เท่ากับน้ำที่ไหลจากแท๊งค์น้ำที่มีความสูง 10 เมตร ) ปั๊มชัก VR มีแรงดัน 6 Bar สามารถนำไปคำนวณ เพื่อแบ่งหัวจ่ายน้ำเข้า sprinkle ได้ในแง่พลังงานทางเลือก อุปกรณ์ที่หมุนได้และมีรอบช้าจะสามารถใช้กับปั๊มชัก เพื่อสูบน้ำได้ เช่น กังหันลม, จักรยาน , Solar Cell โดยแปลงเป็นไฟ D.C.

**รูปที่ 2.13** ปั๊มชัก (piston pump)

2.4.1 ประเภทของปั๊มน้ำ (Type of Pump)

ปัจจุบันมีการจัดแบ่งประเภทของปั๊มน้ำหลายรูปแบบ และมีการเรียกชื่อแตกต่างกันออกไปมากมาย ดังนั้นจึงมี การจัดหมวดหมู่ออกได้เป็น 2 แบบคือแยกตามลักษณะการเพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลว หรือการไหลของของเหลวในปั๊ม ได้แก่

2.4.1.1 ประเภทปั๊มแรงเหวี่ยง หรือปั๊มหอยโข่ง(Centrifugal) เพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลวโดยอาศัยแรงเหวี่ยงหนีจุดศูนย์กลาง ปั๊มแบบนี้บางครั้งเรียกว่าแบบ Rota – dynamic

2.4.1.2 ประเภทโรตารี่ (Rotary) เพิ่มพลังงานโดยอาศัยการหมุนของฟันเฟืองรอบแกนกลาง

2.4.1.3 ประเภทลูกสูบชัก (Reciprocating) เพิ่มพลังงานโดยอาศัยการอัดโดยตรงในกระบอกสูบ

2.4.1.4 ประเภทพิเศษ (Special) เป็นปั๊มที่มีลักษณะพิเศษ ไม่สามารถจัดอยู่ในทั้งสามประเภทที่กล่าวมา

2.4.2 แยกตามลักษณะการขับดันของเหลวในปั๊ม แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

2.4.2.1 ประเภททำงานโดยไม่อาศัยหลักการแทนที่ของเหลว (Dynamic) เป็นปั๊มประเภทอาศัยแรงเหวี่ยงหนีจุดศูนย์กลางและแบบพิเศษ

2.4.2.2 ประเภททำงานโดยอาศัยหลักการแทนที่ของเหลว (Positive Displacement) คือการเคลื่อนที่ โดยอาศัยชิ้นส่วนของ เครื่องสูบ ปั๊มประเภทนี้จะรวมเอาแบบโรตารี่และแบบลูกสูบชักเข้าอยู่ในกลุ่มด้วย นอกจากการแบ่งเป็นสองแบบตามที่กล่าวมาแล้ว ยังอาจแบ่งปั๊มตามวัตถุประสงค์การใช้งานของแต่ละชนิดด้วยเช่น ปั๊มดับเพลิง ปั๊มลม ปั๊มสุญญากาศ ปั๊มบาดาล เป็นต้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

2.4.3 คุณสมบัติของปั๊มแต่ละชนิด

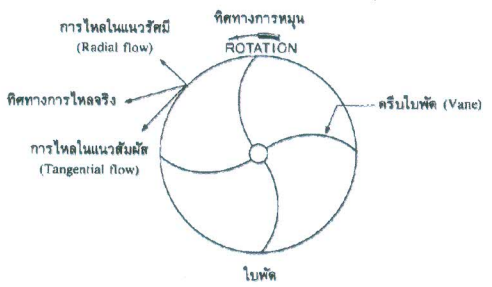
2.4.3.1 ลักษณะการทำงานของปั๊มแบบแรงเหวี่ยง ปั๊มแบบแรงเหวี่ยงเป็นปั๊มที่ได้รับความนิยมสูงสุดเมื่อเทียบกับปั๊มแบบอื่น ๆ เนื่องจากมีความยืดหยุ่นในการใช้งานสูง เหมาะสมกับการใช้งานหลายประเภทประกอบกับการดูแลรักษาง่าย ส่วนประกอบของเครื่อง มีใบพัดอยู่ในเสื้อเครื่องรูปหอยโข่ง (Volute Casing) ให้พลังงานแก่ของเหลวโดยการหมุนของใบพัด ทำให้สามารถยกน้ำจาก ระดับต่ำขึ้นไปสู่ระดับสูงได้ หลักการทำงานของเครื่อง พลังงานจะเข้าสู่ปั๊มโดยผ่านเพลาซึ่งมีใบพัดติดอยู่ เมื่อใบพัดหมุนของเหลวภายในปั๊ม จะไหลจาก ส่วนกลางของใบพัดไปสู่ส่วนปลายของใบพัด (Vane) จากการกระทำของแรงเหวี่ยง จากแผ่นใบพัดนี้ จะทำให้ เฮดความดัน (Pressure Head) ของเหลวเพิ่มขึ้น เมื่อของเหลวได้รับความเร่ง จากแผ่นใบพัด ก็จะทำให้มีเฮดความเร็วสูงขึ้น ส่งผลให้ของเหลวไหลจากปลายของใบพัดเข้าสู่เสื้อปั๊มรูปหอยโข่ง แล้วออกไปสู่ทางออกของปั๊ม ในขณะเดียวกัน ก็เปลี่ยนเฮดความเร็วเป็นเฮดความดัน ดังนั้นเฮดที่ให้แก่ของเหลวต่อหนึ่งหน่วยความหนักเรียกว่า เฮดรวมของปั๊ม

2.4.3.1 ลักษณะการทำงานของปั๊มแบบลูกสูบชัก ปั๊มประเภทลูกสูบชัก (Reciprocating pump) เป็นประเภทที่เพิ่มพลังงาน ให้แก่ของเหลว โดยการเคลื่อนที่ของลูกสูบ เข้าไปอัดของเหลวให้ไหล ไปสู่ทางด้านจ่าย ปริมาตรของของเหลวที่สูบได้ ในแต่ละครั้งจะเท่ากับ ผลคูณของพื้นที่หน้าตัด ของกระบอกสูบกับช่วงชักของกระบอกสูบนั้น

2.4.3 การทำงานของปั๊มแบบเซนตริฟูกอล

ปั๊มแบบนี้ทำงานโดยอาศัยการหมุนของใบพัดหรืออิมเพลเลอร์ (Impeller) ที่ได้รับการถ่ายเทกำลังจากเครื่องยนต์ต้นกำลังหรือมอเตอร์ไฟฟ้า เมื่อใบพัดหมุนพลังงานจากเครื่องยนต์ก็จะถูกถ่ายเทโดยการผลักดันของครีบใบพัด (vane) ต่อของเหลวที่อยู่รอบๆทำให้เกิดการไหลในแนวสัมผัสกับเส้นรอบวง (Tangential flow) เมื่อมีการไหลในลักษณะดังกล่าวก็จะเกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal force) และเป็นผลให้มีการไหลจากจุดศูนย์กลางของใบพัดออกไปสู่แนวเส้นรอบวงทุกทิศทาง (Radial flow) ดังนั้นของเหลวที่ถูกใบพัดผลักดันออกมาก็จะมีทิศทางการไหลที่เป็นผลรวมของแนวทั้งสอง ดังรูปที่ 2.13

โดยหลักชลศาสตร์เมื่อของเหลวถูกหมุนให้เกิดแรงหนีศูนย์กลางความกดดันของของเหลวจะมีค่ามากขึ้นเมื่ออยู่ห่างจากศูนย์กลางของใบพัดมากขึ้น เมื่อความเร็วของใบพัดซึ่งหมุนอยู่ในภาชนะปิดมากพอ ความกดดันที่จุดศูนย์กลางก็จะต่ำกว่าความกดดันของบรรยากาศ ดังนั้นปั๊มแบบอาศัยแรงเหวี่ยง




**รูปที่ 2.14** ทิศทางการไหลของของเหลวขณะผ่านออกจากใบพัด (Impeller) ของปั๊มเซนตริฟูกอล (ที่มา : www.ablewaterpump.com)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

หนีจุดศูนย์กลางที่แท้จริงจึงมีทางให้ของเหลวไหลเข้าหรือทางดูด (Suction Opening) อยู่ที่ศูนย์กลางใบพัด ของเหลวที่ถูกดูดเข้าทางศูนย์กลาง เมื่อถูกผลักดันออกไปด้วยแรงผลักดันของครีบใบพัดและแรงเหวี่ยงหนีจุดศูนย์กลาง ก็จะไหลออกมาตลอดแนวเส้นรอบวง ดังนั้นใบพัดจึงจำเป็นต้องอยู่ในเรือนปั๊ม (Casing) เพื่อทำหน้าที่รวบรวมและผันของเหลวเหล่านี้ไปสู่ทางจ่าย (Discharge Opening) เพื่อต่อเข้ากับท่อส่งหรือระบบใช้งานต่อไป ในการรวบรวมของเหลวที่ถูกผลักดันออกมานี้จำเป็นจะต้องเริ่มต้นที่จุดใดจุดหนึ่งบนเส้นรอบวงของใบพัด ดังนั้นจะมีจุดหนึ่งซึ่งผนังภายในของเรือนปั๊มเข้ามาชิดกับขอบของใบพัดมากจุดดังกล่าวนี้เรียกว่า ลิ้นของเรือนปั๊ม (Tonque of the easing) ลักษณะโดยทั่ว ๆ ไปของเรือนปั๊มจะดูได้จากรูปที่ 3

จากลิ้นของเรือนปั๊มไปตามทิศทางการหมุนของใบพัด จะมีของเหลวไหลออกมามากขึ้นตามความยาวของเส้นรอบวงของใบพัดที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นช่องว่างซึ่งเป็นทางเดินของของเหลวระหว่างผนังของเรือนปั๊มกับใบพัดก็จะต้องเพิ่มขนาดขึ้นด้วย โดยหลักการแล้วอัตราการเพิ่มพื้นที่หน้าตัดจะคงที่เพื่อให้ความเร็วของการไหลสม่ำเสมอซึ่งจะเป็นผลให้มีการสูญเสียพลังงานน้อยลงนั่นเอง อย่างไรก็ตาม ความเร็วของการไหลจะลดลงเนื่องจากพลังงานบางส่วนถูกเปลี่ยนมาเป็นพลังงานศักย์ (Potential Energy) ในรูปของความดัน (Pressure head) แทน

2.4.5 ชนิดของปั๊ม

2.4.5.1 ปั๊มน้ำอัตโนมัติ เหมาะสำหรับอาคาร ตึกแถว ทาวน์เฮ้าส์ บ้านเดี่ยวเป็นระบบสวิตช์เปิด – ปิดอัตโนมัติ ประหยัดไฟกำลังส่งไปยังจุดต่างๆภายในบ้านได้ดี สามารถต่อกับเครื่องทำน้ำอุ่น เครื่องซักผ้า หรือก๊อกน้ำได้

2.4.5.2 ปั๊มน้ำหอยโข่ง เหมาะกับงานเกษตร งานสูบน้ำขึ้นตึกสูง งานสูบจากแท็งค์หรือบ่อ งานหัวจ่ายน้ำ sprinkle สามารถสูบน้ำได้ในปริมาณที่มากหรือแรงส่งสูงๆ ลักษณะของเครื่องสูบน้ำชนิดหอยโข่งโดยปกติเราจะใช้ตัวแปร 4 ตัวแปร เป็นเครื่องบอกลักษณะการทำงานของเครื่องสูบน้ำแต่ละขนาด ลักษณะการทำงานของเครื่องสูบน้ำแต่ละขนาดโดยใช้ตัวแปร 4 ตัวเป็นตัววัดเรียกว่า พฤติลักษณะ (characteristic) ของเครื่องสูบ ตัวแปรเหล่านี้ได้แก่อัตราการสูบ, เฮดหรือความสูงของน้ำที่สามารถส่งขึ้นไปได้กำลังที่เพลา และประสิทธิภาพ

1) อัตราการสูบ (Flow Rate) หมายถึงปริมาณ หรือจำนวนของน้ำที่เครื่องสูบแต่ละเครื่องสูบได้ต่อหน่วยของเวลา โดยมากจะใช้หน่วยของอัตราการสูบ ม3 /นาที หรือ ลิตร/นาที อย่างไรก็ตามขนาดของเครื่องสูบนิยมเรียกตามขนาดของท่อดูด ดังนั้นมาตรฐานอุตสาหกรรมญี่ปุ่น (JIS) จึงได้จัดทำตารางเครื่องสูบที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดท่อดูดที่เหมาะสมที่อัตราการสูบหนึ่งๆ ดังแสดงในตารางด้านซ้ายมือ

2) เฮด (Head) คือแรงดัน หรือความสูงที่เครื่องสูบน้ำทำได้ ถือเป็นธรรมเนียมว่าให้ใช้ หน่วยความสูงของน้ำที่เป็นค่าเฮด และใช้หน่วยเป็นเมตร (ม.) พฤติลักษณะของเครื่องสูบแบบโวลูทก็คือ อัตราการไหลจะเป็นปฏิภาคกลับกับเฮด หรืออีกนัยหนึ่งก็คือว่าถ้าอัตราการไหลสูงเฮดจะต่ำ และถ้าอัตราการไหลต่ำเฮดจะสูง เราสามารถสร้างชาร์ตแสดงความสัมพันธ์ของอัตราการไหลกับเฮดได้โดยให้เฮดอยู่ในแนวแกนตั้ง และอัตราการไหลในแนวแกนนอน อัตรการไหลที่เฮดต่างๆ เมื่อกำหนดแต่ละค่า และเชื่อมต่อจุด (พลอต) เหล่านี้ด้วยกันก็จะได้เส้นโค้งที่ลดต่ำลงจากซ้ายไปขวาดังรูปที่แสดงทางซ้ายมือ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

3) กำลังเพลา (Shaft power) กำลังของเครื่องดันกำลังเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการขับเพลาของเครื่องสูบน้ำให้หมุนตามรอบที่กำหนด กำลังเครื่องฉุดถ่ายทอดผ่านเพลาไปสู่เพลาของเครื่องสูบน้ำ เรียกว่า กำลังเพลา ถ้าเราจะสร้างชาร์ตแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างกำลังเพลากับอัตราการไหล เราก็สามารถทำได้เช่นเดียวกับชาร์ตแสดงความสัมพันธ์ของเฮดกับอัตราการไหล โดยให้แกนนอนเป็นอัตราการไหลเหมือนเดิม แต่ให้แกนตั้งเป็นกำลังเพลาแทน ในกรณีเช่นนี้กราฟจะโค้งตกจากขวาไปซ้าย กำลังของเครื่องสูบจะต้องมีมากพอที่จะชดเชยกำลังที่สูญเสียไปในเพลา โดยปกติแล้วจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นเครื่องดันกำลัง ในกรณีอย่างนี้จะคิดเป็นกิโลวัตต์ (kW) แต่ถ้าเป็นเครื่องสูบเป็นเครื่องยนต์กำลังสูบคิดเป็นแรงม้า (PS) ประสิทธิภาพ (Efficiency) สัดส่วน (ratio) ของงานที่ได้จากเครื่องสูบ (หมายถึง กำลังที่ใช้ในการยกน้ำทางทฤษฎี) เมื่อเปรียบเทียบกับกำลังของเพลาที่ได้จากเครื่องฉุด เรียกว่าประสิทธิภาพ ค่านี้มักจะแสดงหน่วยเป็นเปอร์เซนต์ (%) เส้นโค้งแสดงพฤติลักษณะของเครื่องสูบน้ำเมื่อใช้แกนตั้งเป็นประสิทธิภาพ และแกนนอนเป็นอัตราการไหล

4) ปั๊มน้ำจุ่ม ใช้กับงานสูบน้ำออก เช่น งานน้ำท่วม บ่อน้ำพุ มีกำลังส่งต่ำ แต่สูบน้ำได้ปริมาณมากๆ

2.4.6 ลักษณะของเครื่องสูบน้ำ

การแบ่งลักษณะของปั๊มใบพัดหมุน (Turbo Pump) ปั๊มน้ำใบพัดหมุนอาจแบ่งแยกง่ายๆ ตามลักษณะใบพัดได้ 3 ชนิดดังนี้

2.4.6.1 ปั๊มหอยโข่งแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ (Centrifugal Pump) เฮดน้ำเกิดจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์จากการหมุนของใบพัด ใช้กันอย่างแพร่หลาย สามารถใช้เฮดน้ำสูง

2.4.6.2 ปั๊มน้ำการไหลแบบผสม (Mixed Flow Pump) ปั๊มชนิดนี้เฮดน้ำเกิดจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ของใบพัดส่วนหนึ่ง และเกิดจากแรงดึงน้ำของใบพัด (Impeller Lift) อีกส่วนหนึ่ง

2.4.6.3 ปั๊มน้ำการไหลตามแนวแกน (Axial Flow Pump) เฮดน้ำจากปั๊มประเภทนี้เกิดจากแรงที่ใบพัดกระทำต่อของเหลวตามแนวแกน ปั๊มชนิดนี้ใช้กันแพร่หลาย เมื่อต้องการปริมาณการไหลมาก และเฮดต่ำ หลักการทำงานของเครื่องสูบน้ำชนิดหอยโข่ง เครื่องสูบน้ำชนิดโวลูท ดูดน้ำและส่งน้ำได้อย่างไร

2.4.7 สิ่งที่ควรรู้ในการซื้อปั๊มน้ำ

2.4.7.1 รู้ปริมาณน้ำ

2.4.7.2 รู้จำนวนแรงม้า

2.4.7.3 รู้ขนาดท่อดูดท่อส่งของปั๊มว่ากี่นิ้ว

2.4.7.4 ไฟที่ใช้ว่ากี่เฟส

2.4.7.5 รู้ระยะทางการส่งน้ำ

2.4.8 การเลือกซื้อปั๊ม

2.4.8.1 รู้รายละเอียดการใช้น้ำ เช่น ถ้าจะติดตั้งสปริงเกลอร์ต้องรู้ปริมาณน้ำและแรงดันของสปริงเกลอร์

2.4.8.2 เลือกปั๊มน้ำ ให้เหมาะสมกับการใช้งาน เช่น ปั๊มทะเล/เคมีสำหรับสูบน้ำทะเลหรือเคมี, ปั๊มหอยโข่งสำหรับงานเกษตร งานสปริงเกลอร์ งานประปาหมู่บ้านหรืองานดับเพลิง ปั๊มแช่สำหรับงานดูดน้ำบาดาล น้ำดีหรือน้ำเสีย

2.4.8.3 เลือกขนาดของปั๊ม ในการเลือกปั๊มต้องดูว่าปั๊มสามารถจ่ายปริมาณน้ำได้มากแค่ไหนเพียงพอกับการใช้งานหรือไม่และที่แรงดันน้ำที่ต้องการ เช่น

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

1) ปริมาณน้ำ 280 ลิตร/นาที หรือ 30 m3 / h (ลูกบาศก์เมตร / ชั่วโมง)
2) แรงดัน 5 บาร์(10 m=1bar ) ระยะทางส่ง50เมตรเท่ากับ 5บาร์
3) ขนาดมอเตอร์ 220V.หรือ380V (Volt แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายเข้ามอเตอร์)
4) 50 Hz. (Hertz ความถี่ไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้)
5) 400 W. (Watt กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้)
6) 1.6 A. ( Amp กระแสไฟฟ้า ที่มอเตอร์ใช้)

การเลือกซื้อเครื่องปั๊มน้ำ การเลือกเครื่องปั๊มน้ำสามารถแบ่งออกได้ 2 ส่วนคือ บ้านพักอาศัย อาคารขนาดใหญ่และโรงงาน

2.4.9 การเลือกเครื่องปั๊มน้ำสำหรับบ้านพักอาศัย

เครื่องปั๊มน้ำสำหรับบ้านพักอาศัยส่วนใหญ่จะเป็นชนิดสำเร็จรูป ประกอบด้วยตัวปั๊มและถังความดัน ซึ่งจะมีอยู่หลายรูปแบบ เช่นแบบที่เป็นตัวปั๊มเกาะอยู่บนถังความดัน และมีฝาครอบที่เรียกว่า“ปั๊มกระป๋อง” ตัวปั๊มจะควบคุมการทำงานด้วนสวิตช์ความดัน ( Pressure Switch)ซึ่งจะทำงานอัตโนมัติเมื่อมีการเปิดใช้ ในบ้านความดันในท่อจะลดลงจนถึงค่าที่ตั้งไว้ปั๊มก็จะทำงาน จ่ายน้ำเข้าเส้นท่อเมื่อหยุดหรือปิดอุปกรณ์ความดันจะเพิ่มสูงขึ้นจนถึงค่าที่ตั้งไว้ ปั๊มก็จะหยุด เครื่องปั๊มน้ำแบบนี้มักมีขนาดเล็กจนถึงขนาดกลางถ้าเป็นบ้าน หรืออาคารขนาดใหญ่ ต้องใช้ชุดเครื่องปั๊มน้ำแบบ Packaged Booster Pump Setซึ่งจะจ่ายน้ำได้ในปริมาณสูงและเลือกความดันหลายระดับ

2.4.10 การเลือกเครื่องปั๊มน้ำสำหรับอาคารขนาดใหญ่และโรงงานอุตสาหกรรม

เครื่องปั๊มน้ำสำหรับอาคารขนาดใหญ่และโรงงานอุตสาหกรรมนั้น จำเป็นต้องพิจารณาให้ละเอียดมากขึ้นเนื่องจากมีขนาดใหญ่และมีเรื่องราคาและค่าการบำรุงรักษาเข้ามาเกี่ยวข้องข้อมูลที่จำเป็นที่ต้องทราบก่อนที่จะทำการเลือกเครื่องปั๊มน้ำแรงเหวี่ยง (Centrifugal) มีดังนี้

2.4.10.1 การใช้เครื่องปั๊มน้ำ ให้ประหยัดพลังงานพยายามเลือกใช้เครื่องปั๊มน้ำขนาดเล็กจำนวนหลายตัวจะดีกว่าใช้ขนาดใหญ่แต่มีจำนวนน้อย ทั้งนี้เนื่องจากการสูบน้ำในขบวนการทั่วไปจะมีจุดการทำงานที่แปรเปลี่ยนได้ ในช่วงค่อนข้างกว้างเครื่องปั๊มน้ำ จึงมักทำงานที่ต่ำกว่าความสามารถที่ทำได้เต็มที่ของมัน จึงมักทำงานที่จุดที่ต่ำกว่าความสามารถที่ทำได้เต็มที่ของมัน นั่นเป็นเหตุที่ทำให้ประสิทธิภาพต่ำไปด้วย ซึ่งเราสามารถแก้ไขปัญหาโดยการใช้เครื่องปั๊มน้ำขนาดเล็กหลายตัวต่อขนานกันเพื่อรองรับอัตราการไหลที่ไม่คงที่

2.4.10.2 ไม่ควรเผื่อขนาดเครื่องปั๊มน้ำ ให้มีขนาดใหญ่จนเกินไปนัก ส่วนมากมีการเผื่อสำหรับอนาคตไกลๆ จะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานต่ำสำหรับโหลดในปัจจุบัน น่าจะเปลี่ยนการเผื่อพื้นที่ติดตั้งเครื่องปั้มน้ำเพิ่มและติดตั้งเครื่องปั๊มน้ำขนาดเล็กไปก่อนจะเหมาะสมกว่า

2.4.10.3 ไม่ควรเลือกใช้ปั๊ม โดยเผื่อขนาดใบพัดให้เล็กกว่า ขนาดเต็มที่ของตัวเครื่องฉุดปั๊มน้ำ เพราะจะทำให้งานมีประสิทธิภาพต่ำ

2.4.10.4 เลือกเครื่องปั๊มน้ำ ซึ่งมีจุดทำงานอยู่ในช่วงประสิทธิภาพสูงสุด โดยใกล้เคียงกับจุดใช้งานให้มากที่สุด

2.4.10.5 ควรคำนวณความเสียดทาน ของระบบท่อโดยละเอียด ซึ่งจะได้ค่า TDH ที่ถูกต้อง

2.4.10.6 เลือกใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง ในปั๊มน้ำแทนการใช้มอเตอร์แบบมาตรฐานทั่วไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

2.4.10.7 การใช้ระบบปรับความเร็วรอบ (VSD.Control) ในปั๊มน้ำแทนการปิดวาล์วหรือแทนการ Bypass จะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่า เนื่องจากผลการประหยัดพลังงานในปั๊มจะแปรผันตรงกับความเร็วรอบกำลังสาม

2.4.10.8 การติดตั้งระบบควบคุม PLC หรือเครื่องตั้งเวลาเพื่อควบคุมการทำงานและหยุดการใช้งานของปั๊มน้ำที่ไม่จำเป็นในช่วงเวลาค่าความต้องการสูงสุด (On Peak)

2.4.10.9 การติดตั้งระบบถังเก็บน้ำ ให้เพียงพอต่อความต้องการน้ำในช่วงเวลา On Peak เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้งานของปั๊มน้ำ

2.4.10.10 การจัดรายการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องปั๊มน้ำ อย่างสม่ำเสมอเพราะการซ่อมบำรุงจะสามารถรักษาประสิทธิภาพของปั๊มน้ำให้สูงอยู่เสมอ และยังเป็นการยืดอายุการใช้งานของปั๊มน้ำให้ยาวนานขึ้น

2.4.11 ขนาดของปั๊มน้ำ

โดยทั่วไปจะระบุขนาดของปั๊มน้ำด้วยกำลังหรือขนาดของมอเตอร์ที่ใช้หมุนปั๊ม เช่น ปั๊มน้ำขนาด 200 วัตต์ ปั๊มน้ำขนาด 400 วัตต์ ซึ่งใช้เลือกปั๊มได้เพียงคร่าวๆเท่านั้น เพราะการเลือกใช้ปั๊มต้องดูว่าปั๊มสามารถจ่ายปริมาณน้ำได้มากแค่ไหนเพียงพอกับการใช้งานหรือไม่ และที่แรงดันน้ำที่ต้องการหรือไม่ ปริมาณการจ่ายน้ำ แสดงเป็นปริมาณในหน่วยปริมาตรน้ำต่อเวลา หมายถึงปั๊มสามารถจ่ายน้ำได้มากเท่าไหร่ในช่วงเวลาหนึ่ง เช่น 150 ลิตร/นาที (l/min) หมายถึง ปั๊มน้ำสามารถจ่ายน้ำได้ปริมาณ 150 ลิตรในเวลา 1 นาที แรงดันน้ำ แสดงเป็นความสูงของน้ำ (เมตร) (ที่จริงหน่วยของแรงดันน้ำเป็น ขนาดของแรงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ซึ่งปรับเทียบให้เป็นความสูงของน้ำเพื่อให้ง่ายในการใช้งาน ความสูงน้ำ 10 เมตร ประมาณแรงดัน = 1 bar หรือ ประมาณ 1 kg/cm2) ปั๊มทำงานจ่ายน้ำได้ที่ความสูงปลายท่อสูงเท่าไหร่ เช่น 10 เมตร (m) หมายถึง ปั๊มจ่ายน้ำได้เมื่อความสูงปลายท่อสูง 10 เมตร

2.4.12 ป้ายรายละเอียดข้างปั๊ม (Name Plate)

ที่ด้านข้างของปั๊มส่วนใหญ่จะแสดงรายละเอียดต่างๆของปั๊มไว้คร่าวๆ

2.4.12.1 ขนาดมอเตอร์ เช่น 220 V. (Volt แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายเข้ามอเตอร์)

50 Hz. (Hertz ความถี่ไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ 50 เฮิร์ท)

200 W. (Watt กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ 200 วัตต์)

1.2 A. ( Amp กระแสไฟฟ้า ที่มอเตอร์ใช้ 1.2 แอมป์)

รายละเอียดของมอเตอร์นี้ ไม่ได้ให้ข้อมูลโดยตรงเกี่ยวกับความสามารถในการจ่ายน้ำของปั๊มน้ำ แต่ก็ประมาณคร่าวๆได้ ซึ่งอาจไม่เหมาะสมกับการใช้งาน

2.4.12.2 ความสามารถของปั๊ม เช่น Q 0.6 - 2.4 m3 / h หมายถึงอัตราการจ่ายน้ำของปั๊ม ซึ่งสามารถจ่ายน้ำได้ปริมาณ 0.6 ถึง 2.4 ลูกบาศก์เมตร (m3) ในเวลา 1 ชั่วโมง (h) ซึ่งอัตราการจ่ายน้ำนี้จะสัมพันธ์กับความสูงของปลายท่อหรือก๊อกที่ปล่อยน้ำออก H 1 - 8 m หมายถึงปั๊มสามารถสร้างแรงดันน้ำ เทียบเป็นความสูงของน้ำที่ปั๊มสามารถจ่ายน้ำได้ ซึ่งสามารถจ่ายน้ำได้ที่ความสูงของปลายท่อสูง 1 ถึง 8 เมตร (m) อัตราการไหลของน้ำและแรงดันน้ำ มีความสัมพันธ์กันโดยที่แรงดันสูงจะจ่ายน้ำได้ปริมาณน้อย ที่แรงดันต่ำจะจ่ายน้ำได้ปริมาณมาก ดังตัวอย่างปั๊มข้างบน ถ้าเปิดก๊อกจ่ายน้ำออกที่ความสูง 1 เมตร จะจ่ายน้ำได้ในอัตรา 24 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และถ้าเปิดก๊อกจ่ายน้ำที่ความสูง 8 เมตร จะจ่ายน้ำได้ในอัตรา 0.6 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ดังนั้นที่

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ก๊อกน้ำชั้นบนน้ำจะไหลเบากว่าชั้นล่าง ปั๊มราคาถูก บางยี่ห้อบอกรายละเอียดความสามารถของปั๊มไม่ครบถ้วน ทำให้เกิดความเข้าใจผิด คือบอกเฉพาะค่าสูงสุดที่ปั๊มทำงานได้

2.4.12.3 กราฟของปั๊ม ปั๊มยี่ห้อดีๆ ส่วนใหญ่แสดงความสามารถในการทำงานของปั๊มด้วยกราฟ โดยแกนตั้งเป็นแรงดันน้ำ แกนนอนเป็นอัตราการจ่ายน้ำ หรือกลับกันก็ได้ และมีเส้นโค้งบนกราฟ แสดงว่าที่ตำแหน่งความสูงต่างๆนั้น ปั๊มจะสามารถจ่ายน้ำได้ในอัตราการไหลเท่าไหร่ ซึ่งจะเลือกได้ละเอียด เหมาะสมมากขึ้น ถ้าเป็นปั๊มน้ำสำหรับอุตสาหกรรมจะมีเส้นประสิทธิภาพอยู่ในกราฟด้วย เพื่อจะเลือกใช้งานปั๊มในช่วงที่ประสิทธิภาพสูงสุด การเลือกใช้ปั๊มนั้นควรเลือกใช้ในช่วงกลาง ๆ ของความสามารถของปั๊ม ไม่ควรเลือกใช้ที่ความสามารถสูงสุดที่ปั๊มทำได้ ซึ่งจะให้ประสิทธิภาพดีกว่าช่วงปลาย และถ้าคนทำปั๊มให้ข้อมูลเกินจริง ปั๊มก็ยังรองรับความต้องการของเราได้อยู่

2.4.12.4 หน่วยของค่าตัวเลขต่างๆ ที่ใช้ในปั๊มน้ำ แรงดัน โดยปกติหน่วยของแรงดันจะบอกเป็นขนาดของแรงที่กระทำต่อหนึ่งหน่วยของพื้นที่ เช่น แรงดันลมที่เราเติมยางรถยนต์ แรงดัน 30 ปอนด์/ตารางนิ้ว (lbs/in2) หมายถึง แรงดันที่มีขนาดแรงกด 30 ปอนด์บนพื้นที่ขนาด 1 ตารางนิ้ว (หน่วยวัดแบบอังกฤษ) แรงดัน 2 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร (kgs/cm2) หมายถึง แรงดันที่มีขนาดแรงกด 2 กิโลกรัมบนพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตร (หน่วยวัดแบบเมตริก) ที่หน่วยมีหลายแบบเนื่องจากในโลกมีมาตราของหน่วยต่างๆหลายมาตรฐาน อย่างของไทยก็มีหน่วยวัดความยาว และน้ำหนักของไทย แต่ไม่นิยมใช้ในการบอกขนาดแรงดันของปั๊ม นิยมบอกขนาดแรงดันเป็นความสูงของน้ำ โดยสามารถประมาณค่าได้ดังตารางข้างล่าง

## 2.5 ตู้ไฟกันน้ำ

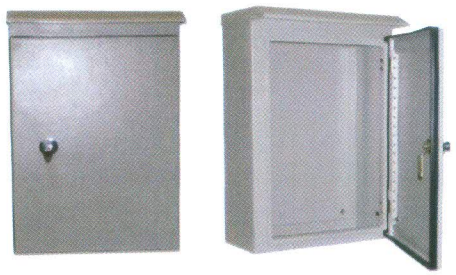
ตู้ไฟกันน้ำใช้สำหรับบรรจุตัวควบคุมไฟฟ้าด้านนอกสถานที่ กันน้ำ กันฝุ่น เพื่อไม่ให้อุปกรณ์ที่อยู่ภายในได้รับความเสียหายหรือถูกน้ำ เพื่อความปลอดภัยให้กับผู้ใช้งาน

การผลิต และออกแบบหรือวางระบบไฟฟ้าเกี่ยวกับตู้สวิทซ์บอร์ดไฟฟ้า, ตู้พาเนลแบบต่างๆนั้น วิศวกรหลายท่านอาจต้องอธิบาย ข้อมูลให้ลูกค้าหรือ ผู้รับเหมาและหัวหน้างานโดยตรงเรื่องตู้ไฟฟ้า ซึ่งหนึ่งในนั่นคงหนีไม่พ้นระดับการป้องกันน้ำ-กันฝุ่น ถือเป็นเรื่องสำคัญอีกเรื่องหนึ่งเช่นกัน ดังนั้น เราลองมาศึกษาว่าระดับ IP ที่ว่านี้ มีตัวเลขอยู่สองหลักแล้วมีความหมายอย่างไร ตัวอย่าง : การดูว่าตู้ไฟฟ้าที่เรามีอยู่ ค่าระดับการป้องกันน้ำ-กันฝุ่นเท่าไร ความหมายคือ เช่น

ตู้พาเนล IP 65 หมายถึง รหัสตัวที่ 1 (IP 65) บอกถึงลักษณะการป้องกันฝุ่น คือ สามารถป้องกันฝุ่นได้อย่างสมบูรณ์แบบ Ingress of Dust

ส่วนรหัสตัวที่ 2 (IP 65) บอกถึงลักษณะการป้องกันของเหลว คือ สามารถป้องกันการฉีดน้ำจากทุกทิศทุกทาง Jets of water

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี



**รูปที่ 2.15** ตู้ไฟกันน้ำ
(ที่มา : www.cvacontrol.com)

2.5.1 มาตรฐานการกันน้ำและกันฝุ่น (IP) คือ มาตรฐานที่บ่งบอกถึงความสามารถในการกันน้ำและกันฝุ่น อ้างอิงจากมาตรฐาน IEC60529 IP ก็คือ International Protection ค่ามาตรฐานการป้องกัน ซึ่งจะเป็นค่าแสดงระดับการป้องกันของกล่อง แผงไฟฟ้า หรืออุปกรณ์ไฟฟ้านั่นเอง โดยที่ค่า IP นั้นจะแสดงด้วยตัวเลข 2 หลัก คือ IPxx โดยที่ตัวเลขหลักแรกจะหมายถึงการป้องกันจากของแข็งซึ่งจะมีตั้งแต่ 0-6 ส่วนตัวเลขหลักที่ 2 จะหมายถึงการป้องกันจากของเหลว ซึ่งจะมีตั้งแต่ 0-8

ถ้าตัวเลขหลักแรกเป็น 0 หมายถึง ไม่มีการป้องกันใดๆได้เลย
ถ้าเป็น 1 หมายถึง มีการป้องกันจากของแข็งที่มีขนาดใหญ่กว่า 50 มม. ขึ้นไป
ถ้าเป็น 2 หมายถึง มีการป้องกันจากของแข็งที่มีขนาดใหญ่กว่า 12 มม. ขึ้นไป
ถ้าเป็น 3 หมายถึง มีการป้องกันจากของแข็งที่มีขนาดใหญ่กว่า 2.5 มม. ขึ้นไป
ถ้าเป็น 4 หมายถึง มีการป้องกันจากของแข็งที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 มม.
ถ้าเป็น 5 หมายถึง มีการป้องกันจากฝุ่นผงละออง แต่ต้องเป็นฝุ่นละอองของสารที่ไม่ทำให้เกิดอันตราย
ถ้าเป็น 6 หมายถึง มีการป้องกันจากฝุ่นผงละอองของสารที่อาจทำให้เกิดการกัดกร่อน หรือเป็นอันตรายได้

ที่นี้ก็มาดูความหมายของตัวเลขหลักที่ 2
ถ้าตัวเลขหลักที่ 2 เป็น 0 หมายถึง ไม่มีการป้องกันจากของเหลวใดๆได้เลย
ถ้าเป็น 1 หมายถึง มีการป้องกันจากหยดน้ำที่หยดลงมาในแนวดิ่ง
ถ้าเป็น 2 หมายถึง มีการป้องกันจากหยดน้ำที่หยดลงกระทบทำมุม 15 องศาจากแนวดิ่ง
ถ้าเป็น 3 หมายถึง มีการป้องกันจากน้ำฝนที่ตกกระทบทำมุม 60 องศาจากแนวดิ่ง
ถ้าเป็น 4 หมายถึง มีการป้องกันจากน้ำได้รอบทุกทิศทาง
ถ้าเป็น 5 หมายถึง มีการป้องกันจากสายน้ำ (jet water) ได้รอบทุกทิศทาง
ถ้าเป็น 6 หมายถึง มีการป้องกันจากสายน้ำ (jet water) ที่มีแรงคล้ายๆกับน้ำทะเล
ถ้าเป็น 7 หมายถึง มีการป้องกันจากผลกระทบที่เกิดจากการจุ่มลงในน้ำได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

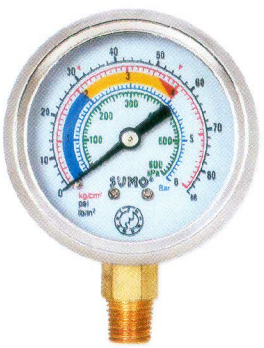
ถ้าเป็น 8 หมายถึง มีการป้องกันจากผลกระทบที่เกิดจากการจุ่มลงในน้ำภายใต้แรงกดดันได้

2.5.2 ตัวอย่างความหมาย

1. IP00 คือ ไม่สามารถป้องกันฝุ่นและน้ำได้
2. IP11 คือ สามารถป้องกันฝุ่นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร และป้องกันปริมาณน้ำ ที่หยดลงมาในแนวดิ่ง
3. IP22 คือ สามารถป้องกันฝุ่นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.5 มิลลเมิตร และป้องกันปริมาณน้ำที่หยดเอียง 15 องศา
4. IP33 คือ สามารถป้องกันฝุ่นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 มิลลิเมตร และป้องกันปริมาณน้ำที่หยดเอียง 15 องศา
5. IP44 คือ สามารถป้องกันฝุ่นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร และป้องกันปริมาณน้ำสาดกระเด็นหรือพรม
6. IP55 คือ สามารถป้องกันฝุ่นขนาดเล็ก และป้องกันละอองฝนหรือหยดน้ำเม็ดใหญ่
7. IP66 คือ สามารถป้องกันฝุ่นขนาดเล็กที่มีปริมาณหนาแน่น และป้องกันหยดน้ำฝนที่มีขนาดเม็ดใหญ่หรือปริมาณฝนที่ตกมาก
8. IP67 คือ ป้องกันน้ำโดยจุ่มลงน้ำในระดับ 1 เมตร ไม่เกิน 30 นาที
9. IP68 คือ ป้องกันน้ำได้โดยมีประสิทธิภาพมากกว่าระดับ 7
10. IP6X คือ ระบบป้องกันฝุ่นแต่ไม่ป้องกันน้ำ

## 2.6 เกจวัดแรงดัน

เกจวัดแรงดัน ( Pressure gauge ) สำหรับตรวจวัดแรงดันการทำงานของระบบ เพื่อวัดแรงเสียดทานภายในระบบท่อและเพื่อการตั้งสเกนค่าแรงดันใช้งาน เกจวัดความดัน สามารถวัดความดันได้ทั้งความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ และความดันสุญญากาศ โดยอ่านค่าความดันที่หน้าปัดส่วนใหญ่จะเป็นแบบอนาล็อคหรือแบบเข็ม ในพื้นที่ใช้งานที่มีการสั่นสะเทือนมาก ๆ เช่น บริเวณใกล้ปั๊ม จะใช้ Pressure Gauge ประเภทมีน้ำมันไตรกลีเซอร์ไรด์ เพื่อความแม่นยำในการอ่านค่าและลดความเสียหายให้กับอุปกรณ์




**รูปที่ 2.16** เกจวัดแรงดัน
(ที่มา : www. Weloveshopping.com)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

## 2.7 สายพีวีซีใยลวด (PVC Spring Hose)

สายพีวีซีใยลวดอเนกประสงค์ ใช้เป็นท่อดูด/ ส่ง น้ำ ลม น้ำมัน สารเคมี ของเครื่องจักรอุตสาหกรรม หรือส่งผ่านของเหลวระหว่างเครื่องจักร ด้วยโครงแบบขดลวด ช่วยป้องกันการยุบตัวของสายขณะใช้งาน

| ขนาด นิ้ว | วงใน mm | วงนอก mm | ความยาว m | แรงดันใช้งาน บาร์ | แรงดันสูงสุด บาร์ |
|---|---|---|---|---|---|
| 3/8 | 9 | 15 | 100 | 12 | 48 |
| 1/2 | 12 | 18 | 100 | 9 | 36 |
| 5/8 | 15 | 22 | 100 | 6 | 24 |
| 3/4 | 19 | 26 | 50 | 6 | 24 |
| 1 | 25 | 33 | 50 | 5 | 20 |
| 1.1/4 | 32 | 41 | 40 | 5 | 20 |
| 1.1/2 | 38 | 48 | 40 | 5 | 20 |
| 1.3/4 | 45 | 56 | 40 | 4 | 16 |
| 2" | 50 | 62 | 40 | 4 | 16 |
| 2.1/2 | 63 | 80 | 20 | 3 | 12 |
| 3" | 75 | 92 | 20 | 3 | 12 |
| 3.1/2" | 90 | 108 | 20 | 3 | 12 |
| 4" | 100 | 118 | 20 | 3 | 12 |
| 5" | 125 | 145 | 10 | 2 | 8 |
| 6" | 150 | 168 | 10 | 1.5 | 6 |

**รูปที่ 2.17** สายพีวีซีใยลวด
(ที่มา : www.castorshouse.com)

2.7.1 คุณสมบัติของสายพีวีซีใยลวด (PVC Spring Hose )

2.7.1.1 สายพีวีซีใยลวด ทำจากวัสดุ พีวีซี สอดใส่ด้วยวงใยลวด สามารถทนแรงดันและรับแรงกระแทกได้ดี

2.7.1.2 ด้วยเนื้อวัสดุโปร่งใสของสายพีวีซีใยลวด ง่ายต่อการตรวจเช็คการไหลของของเหลว มีความทนทานต่อน้ำมันและสารเคมี

2.7.1.3 สายใยลวดมีความยืดหยุ่นสูง ทนต่อการแตกหักและน้ำหนักเบา ทำให้ง่ายต่อการติดตั้งและขนย้ายสะดวก

2.7.1.4 พื้นผิวภายในของสายใยลวดเรียบลื่น ไม่มีแรงต้านการไหล ทำให้ของเหลวไหลได้มากและเร็ว

2.7.1.5 สายพีวีซีเสริมลวดไม่มีปัญหาการแยกตัวของเนื้อวัสดุหรือการไม่ได้ตำแหน่งของขดลวด ในเนื้อพีวีซี

2.7.2 การใช้งาน

2.7.2.1 ใช้สำหรับน้ำมัน หล่อลื่น / น้ำ / สารเคมี ในเครื่องจักรอุตสาหกรรม ยกเว้นสารตัวทำละลาย น้ำมันเบนซิน และน้ำมันพืช

2.7.2.2 ใช้ในงานขนถ่ายด้วยแรงดัน สำหรับสารที่มีลักษณะเป็นผง รวมถึงใช้ได้กับอุตสาหกรรมอาหารคน และสัตว์

2.7.2.3 ใช้กับบริเวณที่มีการกัดกร่อนสูง หรือใช้ป้องกันสายอื่น ๆ หรือใช้แทนท่อใต้ดิน

2.7.2.4 ใช้สำหรับเป็น สายสุญญากาศ

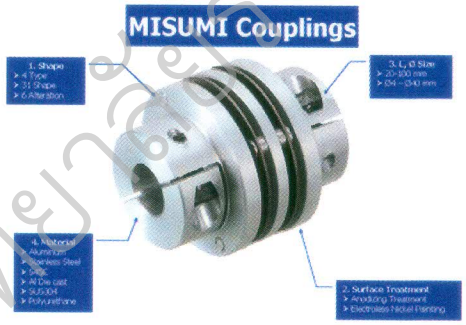
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

## 2.8 อุปกรณ์เชื่อมต่อเพลา (Coupling)

Couplings คำจำกัดความ Couplings คือ ทำหน้าที่ยึดเพลาสองเพลาให้เข้าด้วยกัน ลักษณะการส่งถ่ายแรงบิดที่มีการเยื้องศูนย์ของเพลา (Shaft Misalignment) จะสร้างความเสียหายอย่างมากต่ออุปกรณ์ต่างๆ ของระบบส่งกำลังเช่น ลูกปืน โดยการตั้งศูนย์เพลาที่ดีจะสามารถยืดอายุการใช้งานของตลับลูกปืนได้ 2-3 เท่า โดยการตั้งศูนย์ที่ดีนั้นจำเป็นต้องใช้เวลานาน และมีปัจจัยอื่นที่มีผลกระทบต่อการใช้งานในช่วงอุณหภูมิ ทำให้มีการยืดหรือหดตัวของวัสดุ และการยุบตัวของพื้นที่ที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์ในความเป็นจริงของการส่งกำลังทางกล ไม่สามารถหลีกเลี่ยงสภาวะการทำงานที่อยู่ภายใต้การเยื้องศูนย์ของแกนเพลาได้ ด้วยปัจจัยหลายประการ (จากการผลิต, การประกอบ และสภาพแวดล้อม) จึงมีการเลือกใช้งาน Couplings ซึ่งมีหลากหลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน และระดับการยอมรับการเยื้องศูนย์ในความเป็นจริงของการส่งกำลังทางกล ไม่สามารถหลีกเลี่ยงสภาวะการทำงานที่อยู่ภายใต้การเยื้องศูนย์ของแกนเพลาได้ ด้วยปัจจัยหลายประการ (จากการผลิต, การประกอบ และสภาพแวดล้อม) จึงมีการเลือกใช้งาน Couplings ซึ่งมีหลากหลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน และระดับการยอมรับการเยื้องศูนย์หน้าที่หลัก (Coupling) ส่งผ่านแรงบิดจากเพลาต้นกำลังสู่เพลาเครื่องจักร รองรับการทำงานภายใต้ภาวะเยื้องศูนย์ และชดเชยระยะการเคลื่อนตัวระหว่างปลายเพลา

2.8.1 ดังตัวอย่างของลักษณะของการเยื้องภาพด้านล่าง

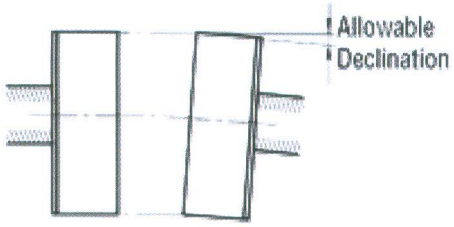



**รูปที่ 2.18** อุปกรณ์เชื่อมต่อเพลา (Coupling)
ที่มา www.th.misumi-ec.com/contents/campaign/20101224email/technical.html)

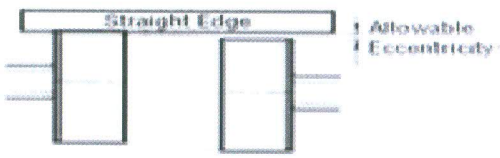
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

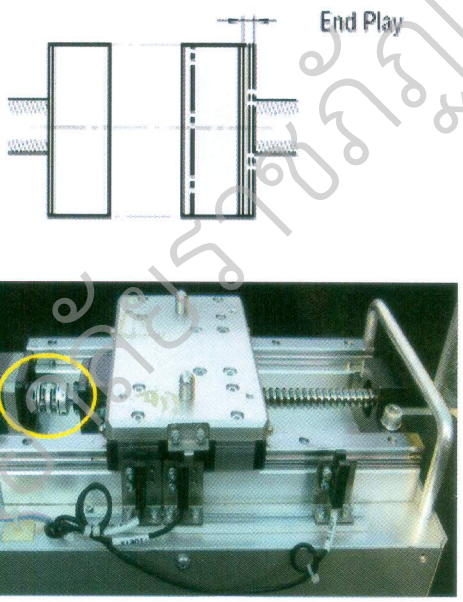
2.8.1.1 การเยื้องศูนย์มุม (Declination)




2.8.1.2 การเยื้องศูนย์ตามรัศมี (Eccentricity)




2.8.1.3 การเลื่อนตัวตามแนวแกนเพลา (End Play )




**รูปที่ 2.19** การเยื้องศูนย์มุม,การเยื้องศูนย์ตามรัศมีและการเลื่อนตัวตามแนวแกนเพลา
(ที่มา : www.th.misumi-ec.com/contents/campaign/20101224email/technical.html)

**2.9 เหล็ก**

เหล็กเป็นธาตุสามัญอย่างหนึ่งในธรรมชาติ ที่มีบนโลกมากเป็นอันดับที่สาม รองจากออกซิเจน และซิลิกอน โดยปกติเหล็กจะเกิดในธรรมชาติในรูปของแร่เฮมาไทท์ และแมกนีไทท์โดยมีแหล่งแร่ที่สำคัญอยู่ที่ประเทศออสเตรเลีย อินเดีย บราซิล มนุษย์นำแร่เหล็กไปผ่าน

1.9.1 ประเภทของเหล็ก

เหล็กที่ผ่านขบวนการผลิต เพื่อนำมาใช้ในงานก่อสร้าง และงานอุตสาหกรรม แบ่งเป็นประเภทต่างๆได้ดังนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

1.9.1.1 เหล็กพิก ได้มาจากการถลุงแร่เหล็กโดยเตาพ่นลมเพื่อให้ได้เหล็กดิบหรือ เหล็กพิก ซึ่งมีส่วนประกอบของเหล็กประมาณ 95% คาร์บอน 3-4% ซิลิกอน 1% และธาตุอื่น ๆ ต้องนำมาทำให้บริสุทธิ์ขึ้นและเติมสารอัลลอยเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติ เหล็กพิกเป็นต้นกำเนิดของวัสดุผลิตภัณฑ์เหล็กที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม เช่น เหล็กเหนียว เหล็กหล่อ และเหล็กกล้า

1.9.1.2 เหล็กเหนียวหรือเหล็กอ่อน เป็นเหล็กที่มีค่าความแข็งต่ำ มีกำลังวัสดุต่ำกว่าเหล็กชนิดอื่น ๆ มีส่วนผสมของธาตุคาร์บอนต่ำ เหล็กเหนียวที่ดีจะมีธาตุคาร์บอนประมาณ 0.15%และมีตะกรันอย่างละเอียดปนอยู่ประมาณ 1.3%กระจายอยู่ทั่วชิ้นโลหะ เหล็กเหนียวจะมีเนื้อหยาบและถ้านำไปทดลองเกี่ยวกับแรงดึง จะแตกเป็นรอยสีดำ หรือสีคล้ำ

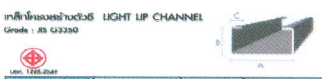
1.9.1.3 เหล็กหล่อ เป็นเหล็กที่มีธาตุคาร์บอนผสมอยู่มาก ขึ้นรูปได้ด้วยวิธีหลอมละลาย และเทลงในแบบหล่อที่ทำด้วยทรายหรือวัสดุทนความร้อน จึงได้ชื่อตามกรรมวิธีการขึ้นรูปว่า เหล็กหล่อ หลังจากหล่อรูปร่างได้ใกล้เคียงกับขนาดที่ต้องการแล้ว จึงนำมาทำการกลึง ไส ตัด และเจาะ

1.9.1.4 เหล็กกล้า คือโลหะผสมประกอบด้วยธาตุหลักๆ คือ เหล็ก คาร์บอน แมงกานีส ซิลิคอน และธาตุอื่นๆ อีกเล็กน้อย เหล็กกล้าเป็นวัสดุโลหะที่ไม่ได้มีอยู่ตามธรรมชาติผลิตขึ้นเพื่อปรับปรุงคุณภาพเหล็ก ให้มีคุณสมบัติโดยรวมดียิ่งขึ้น เช่น แปรเปลี่ยนรูปได้ตามที่ต้องการ แข็งแรง ยืดหยุ่น ทนทานต่อแรงกระแทกหรือสภาวะทางธรรมชาติ สามารถรับน้ำหนักได้มาก ไม่ฉีกขาดหรือแตกหักง่าย เป็นต้น เหมาะสมในการใช้งานในด้านต่างๆ ในชีวิตประจำวันของมนุษย์

1) เหล็กกล้าผสมต่ำ มีธาตุอื่นผสมอยู่ไม่เกิน 10% ธาตุที่ผสมในเหล็กกล้าผสมต่ำเช่น คาร์บอน ฟอสฟอรัส โมลิบดีนัม แมงกานีส ซิลิคอน ทองแดง โครเมียม และนิกเกิล โดยที่ฟอสฟอรัส แมงกานีส โครเมียมและนิกเกิลผสมเข้าไปเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและทองแดงผสมเพื่อเพิ่มความต้านทานต่อการกัดกร่อน เหล็กกล้าผสมต่ำสามารถนำมาขึ้นรูปเย็น เชื่อม กลึง ไส และกัดได้ง่าย ปกติจะผลิตออกมาในรูปของเหล็กแผ่น เหล็กเส้น เหล็กโครงสร้าง รูปร่างต่าง ๆ เช่น I-beamเหล็กรูปพรรณ เหล็กรางน้ำ เหล็กฉาก เป็นต้น

2) เหล็กกล้าผสมสูง มีธาตุอื่นๆ ผสมอยู่เกิน 10% เป็นเหล็กกล้าพิเศษที่ผลิตขึ้นมาโดยวัตถุประสงค์เพื่อนำไปทำเป็นเครื่องมือตัด ในการตัดเฉือนขึ้นรูปวัสดุอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นวัสดุประเภทโลหะหรืออโลหะเป็นเหล็กกล้าที่มีราคาแพง ผลิตจากเตาไฟฟ้า สามารถนำมาทำการชุบแข็งได้ ค่าความแข็งที่ได้จากการชุบขึ้นอยู่กับปริมาณส่วนผสมภายในเหล็ก เหล็กกล้าชนิดนี้มีคุณสมบัติคือ ทนต่อการสึกหรอ ทนต่อความร้อนและมีความแข็งแรงสูง

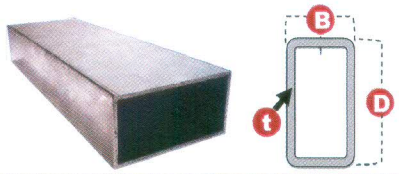
**ตารางที่ 2.1** แสดงโครงสร้างของเหล็กตัวซี ที่มา : www.buildmetal.co.th)



| ความหนา (mm.) (AxBxC) | ความหนา | น้ำหนัก (kg.) | |
|---|---|---|---|
| | | 1 M. | 6 M. |
| 60x30x10 | 1.6 | 1.63 | 9.78 |
| | 2.0 | 1.99 | 11.94 |
| | 2.3 | 2.25 | 13.50 |
| 70x40x25 | 1.6 | 2.36 | 14.26 |
| 75x39x15 | 2.3 | 2.89 | 17.34 |
| 75x45x15 | 1.6 | 2.32 | 13.92 |
| | 2.0 | 2.86 | 17.16 |
| | 2.3 | 3.25 | 19.50 |
| 90x45x20 | 1.6 | 2.63 | 15.78 |
| | 2.3 | 3.70 | 22.20 |
| | 3.2 | 5.00 | 30.00 |
| 100x50x20 | 1.6 | 2.88 | 17.28 |
| | 2.0 | 3.56 | 21.36 |
| | 2.3 | 4.06 | 24.36 |
| | 2.6 | 4.87 | 29.22 |
| | 3.2 | 5.50 | 33.00 |
| | 4.0 | 6.71 | 40.26 |
| | 4.5 | 7.43 | 44.58 |
| 120x40x20 | 3.2 | 5.50 | 33.00 |
| 120x60x20 | 2.3 | 4.78 | 28.68 |
| | 3.2 | 6.51 | 39.06 |
| 120x60x25 | 4.5 | 9.20 | 55.20 |
| 125x50x20 | 2.3 | 4.01 | 24.06 |
| | 3.2 | 6.13 | 36.78 |
| | 4.0 | 7.50 | 45.00 |
| | 4.5 | 8.32 | 49.92 |
| 150x50x20 | 2.3 | 4.96 | 29.76 |
| | 3.2 | 6.76 | 40.56 |
| | 4.5 | 9.20 | 55.20 |
| 150x65x20 | 2.3 | 5.50 | 33.00 |
| | 3.2 | 7.51 | 45.06 |
| | 4.0 | 9.22 | 55.32 |
| 150x75x20 | 3.2 | 8.01 | 48.06 |
| | 4.0 | 9.86 | 59.10 |
| | 4.5 | 11.00 | 66.00 |
| 150x75x25 | 3.2 | 8.27 | 49.62 |
| | 4.0 | 10.20 | 61.20 |
| | 4.5 | 11.30 | 67.80 |
| 200x75x20 | 3.2 | 9.27 | 55.62 |
| | 4.0 | 11.40 | 68.40 |
| | 4.5 | 12.70 | 76.20 |
| 200x75x25 | 3.2 | 9.52 | 57.12 |
| | 4.0 | 11.70 | 70.20 |

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี




**RECTANGULAR TUBE**
**เหล็กกล่อง**

QUALITY TIS 107 : 1990

| Size D x D | Thickness t(mm) | Weight Kg/m | Weight Kg/6m | Sectional Area $cm^2$ |
|---|---|---|---|---|
| 50x25 | 2.3 | 2.44 | 14.64 | 3.101 |
| | 3.2 | 3.24 | 19.44 | 4.126 |
| 60x30 | 2.3 | 2.98 | 17.88 | 3.791 |
| | 3.2 | 3.99 | 23.94 | 5.086 |
| 75x38 | 2.3 | 3.81 | 22.86 | 4.850 |
| | 3.2 | 5.15 | 30.90 | 6.558 |
| 75x45 | 2.3 | 4.06 | 24.36 | 5.171 |
| | 3.2 | 5.50 | 33.00 | 7.006 |
| 100x50 | 2.3 | 5.14 | 30.84 | 6.551 |
| | 3.2 | 7.01 | 42.06 | 8.926 |
| | 4.5 | 9.55 | 57.30 | 12.160 |
| 125x75 | 2.3 | 6.95 | 41.70 | 8.851 |
| | 3.2 | 9.52 | 57.12 | 12.120 |
| | 4.5 | 13.09 | 78.54 | 16.660 |
| 150x75 | 2.3 | 7.85 | 47.10 | 10.000 |
| | 3.2 | 10.78 | 64.68 | 13.720 |
| | 4.5 | 14.85 | 89.10 | 18.910 |
| 150x100 | 3.2 | 12.03 | 72.18 | 15.320 |
| | 4.5 | 16.62 | 99.72 | 21.160 |
| | 6.0 | 21.70 | 130.20 | 27.630 |

**ตารางที่ 2.2** แสดงโครงสร้างของเหล็กกล่อง (ที่มา : www.buildmetal.co.th)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

## สรุป

เหล็กเป็นโลหะที่สำคัญ ปัจจุบันเราใช้เหล็กเป็นวัสดุพื้นฐานสำหรับงานอุตสาหกรรมต่างๆมากมาย ควรพิจารณาเลือกใช้ผลิตภัณฑ์เหล็กตามคุณสมบัติ เช่น ความแข็งแรง ความเหนียว ความสามารถในการขึ้นรูปและความสามารถในการเชื่อมประกอบและต้องพิจารณาถึงความต้านทานการกัดกร่อนด้วย ควรต้องดูแลรักษาเพื่อให้ใช้งานเหล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่า

## 2.10 ท่อ PVC

ท่อ PVC คือ ท่อที่ทำขึ้นจากโพลิไวนิลคลอไรด์ โดยไม่ผสมพลาสติกไซเซอร์ ซึ่งชื่ออย่างเป็นทางการที่ได้ระบุใน มอก. คือ ท่อพีวีซีแข็ง แต่คนทั่วไปนั้นจะรู้จักมักคุ้นกันในชื่อท่อ PVC กันมากกว่า โดยในปัจจุบันท่อชนิดนี้เป็นที่นิยมอย่างมากในวงการก่อสร้าง เพราะด้วยคุณสมบัติที่ดีหลายอย่างไม่ว่าจะเป็น คุณสมบัติที่มีความเหนียวยืดหยุ่นตัวได้ดี ทนต่อแรงดันน้ำ ทนต่อการกัด

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

กร่อน ไม่เป็นฉนวนนำไฟฟ้าเพราะไม่เป็นตัวนำไฟฟ้า เป็นวัสดุไม่ติดไฟ น้ำหนักเบาอีกทั้งยังราคาถูกอีกด้วย ท่อ PVC จึงถูกนำมาใช้ในงานหลาย ๆ ระบบ อาทิเช่น ระบบประปา ระบบงานร้อยสายไฟฟ้า ระบบงานระบายน้ำทางการเกษตร/อุตสาหกรรม

**รูปที่ 2.20** ท่อพีวีซี สีฟ้า
(ที่มา : www.OneStockHome.com)

ท่อพีวีซีสีฟ้า หรือ ท่อพีวีซีแข็งสำหรับใช้เป็นท่อน้ำดื่มตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หรือ มอก. 17-2532 ท่อชนิดนี้เป็นที่นิยมใช้งานประปาสุขาภิบาลภายในอาคาร เช่น ใช้เป็นท่อน้ำประปา หรือใช้กับปั๊มน้ำ ซึ่งท่อประเภทนี้เป็นเพียงประเภทเดียวใน 3 สหายของเราที่มีการระบุมาตรฐานความดันหรือชั้นคุณภาพ อันได้แก่ PVC 5, PVC 8.5, PVC 13.5 ซึ่งตัวเลขที่ได้ระบุคือค่าความดันระบุและค่าความดันระบุหมายถึง ความดันที่กำหนดให้สำหรับใช้งาน ณ อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส โดยในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้อธิบายไว้ว่า ชั้นคุณภาพคือ ความดันระบุที่มีหน่วยเป็นเมกะพาสคัล จากที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้อธิบายไว้ข้างต้นในเรื่องของชั้น คุณภาพ เพื่อน ๆ ท่านผู้อ่านคิดเห็นเหมือนไหมครับว่าทั้งงงและสับสนเป็นอย่างมาก ในเรื่องหน่วยที่เป็นเมกะพาสคัล ซึ่งจากในสายบริหารธุรกิจก็ไม่เคยพบเคยเห็นว่าจะมีอยู่ในหนังสือเล่มไหน ซึ่งคาดว่าคงอยู่ในเล่มพวกวิศวกรรมอย่างแน่นอน เอาเป็นว่าเราปล่อยให้มันเป็นเรื่องของทางวิศวกรรมดีกว่า แต่ในเรื่องตัวเลขที่เห็นนี้ก็ไม่ได้นิ่งนอนใจแต่อย่างใดว่าเลข 5 8 13.5 มันจะมีความหมายอื่นหรือไม่ คำตอบ คือ เลขที่เราเห็นเป็น 5 8.5 13.5 เป็นการระบุถึงความสามารถในการรับแรงกดดันได้ของท่อ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร เรื่องสุดท้ายที่พูดถึงคือ ท่อ พีวีซี สีฟ้าที่เป็นที่นิยมใช้งานภายในอาคารนั้นก็เพราะว่าท่อชนิดนี้ไม่ ทนต่อแสงแดดเพราะการที่สัมผัสกับแสงแดดโดยตรงนั้นจะทำให้ท่อเสื่อมคุณภาพและแตกหักได้ ง่าย และเหตุที่ว่าทำไมท่อ พีวีซี ที่ใช้งานประปาถึงต้องเป็นสีฟ้านั้น คงมีความหมายว่าเป็นสีที่สะอาดสดใสมันจึงเหมาะที่จะนำมา ใช้เป็นสัญลักษณ์แทนว่าท่อชนิดนี้เหมาะที่จะใช้ในงานประปาสำหรับเป็นท่อน้ำดื่ม

2.10.1 การใช้งานท่อพีวีซี ปัจจุบันท่อพีวีซี นิยมนำมาเดินระบบท่อจ่ายน้ำ ระบายน้ำและระบายอากาศในอาคารกันแพร่หลายเพราะติดตั้งง่ายต่อประกอบไม่ยุ่งยากเหมือนท่อพลาสติกชนิดอื่น และราคาถูกกว่าด้วย และการเลือกใช้ชั้นมาตรฐานไม่ถูกกับงานทำให้อายุการใช้งานไม่ยาวนานเท่าที่ควร

2.10.2 การเลือกผลิตภัณฑ์ท่อพีวีซี ที่มีคุณภาพ ปัจจุบันมีผู้ผลิตมากรายใช้วัตถุดิบที่ไม่ใช้สาร พีวีซีล้วนๆ มาผลิตท่อ และอุปกรณ์ท่อ ทำให้ท่อพีวีซี และอุปกรณ์กรอบ แตกง่าย และมีสีซีด

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ท่อพีวีซี อุปกรณ์ต่อท่อ และน้ำยาต่อท่อที่มีคุณภาพต่ำไม่ได้มาตรฐาน จะทำให้เกิดการรั่วซึมบริเวณข้อต่อ ใช้เวลาในการติดแน่นนาน ท่อหลุดขณะต่อประกอบหรือหลังประกอบ สวมต่อยาก ข้อต่อฟิตแน่นเกินไปเมื่อสวมอาจแตกระเบิดออก

2.10.2.1 ท่อ พีวีซี ที่มีคุณภาพดีได้มาตรฐานต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ ต้องตรงไม่คิด ผิวใน และนอกต้องเรียบสะอาด ไม่มีรอยตำนิ ความคมต้องได้ส่วนไม่เบี้ยว มีความหนาสม่ำเสมอ เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของท่อต้องได้มาตรฐาน

2.10.2.2 อุปกรณ์ต่อท่อที่ได้มาตรฐานต้องมีคุณสมบัติดังนี้ ความลึกของข้อต่อได้มาตรฐาน ความหนาต้องสม่ำเสมอไม่บางเกินไป ตามปรกติต้องหนาเท่ากับท่อชนิดหนา เมื่อสอดท่อเข้าไปด้วยแรงพอเหมาะแล้ว ท่อต้องเข้าไปได้ประมาณครึ่งหนึ่งของความลึกทั้งหมด ผิวอุปกรณ์ต้องเรียบไม่เป็นคลื่น

2.10.2.3 น้ำยาต่อท่อ ต้องสามารถละลายเชื่อมผิวท่อและอุปกรณ์ให้ติดกัน ต้องไม่แห้งช้าหรือเร็วเกินไป ทาบนท่อเมื่อแห้งแล้วต้องไม่ลอกเป็นแผ่น

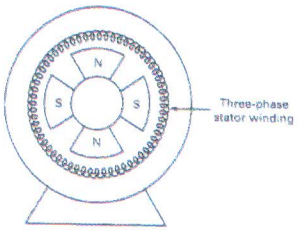
2.10.2.4 การซื้อผลิตภัณฑ์ท่อ พีวีซี อุปกรณ์ต่อท่อตลอดจนน้ำยาต่อท่อราคาถูกคุณภาพต่ำมาใช้เท่ากับท่านใช้ของแพงเพราะเมื่อมีปัญหาน้ำรั่วซึม หรือท่อแตกหรืออายุการใช้งานชั้นจำเป็นต้องซื้อท่อมาเปลี่ยนใหม่ เป็นปัญหายุ่งยากในการแก้ไข ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายเป็นสองเท่า

## 2.11 มอเตอร์ไร้แปรงถ่าน

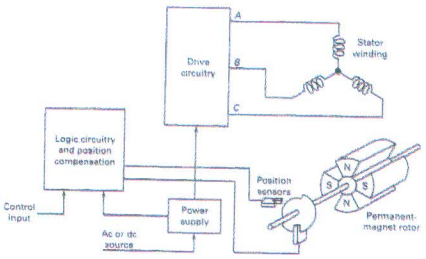
2.11.1 มอเตอร์แบบไร้แปรงถ่านไฟกระแสตรง (Brushless DC (BLDC) Motor) มอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน คล้ายๆกับมอเตอร์ดีซี แต่แม่เหล็กภายในมอเตอร์จะเป็นตัวหมุน ขดลวดภายในมอเตอร์จะได้รับกำลังจากแบตเตอรี่ถูกวางในตัวเคสมอเตอร์หรือภายในแม่เหล็กที่หมุน ด้วยการจัดเรียงแบบนี้ทำให้มีข้อดี คือ ไม่มีแปรงถ่านที่จะถ่ายทอดกำลังผ่านส่วนที่หมุนของมอเตอร์ ทำให้มีการบำรุงรักษาต่ำและมอเตอร์จะหมุนอิสระ ไม่เหมือนกับมอเตอร์ที่ใช้ในบ้าน เช่นเครื่องซักผ้า และมอเตอร์อื่นๆ ที่ใช้กันในครัวเรือน ส่วนใหญ่จะเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ที่รับไฟจากการไฟฟ้าและแจกจ่ายตามสายไฟฟ้าเข้าสู่บ้านเรือน ซึ่งสามารถแทนที่หน้าที่การสวิทช์คอมมิวเตเตอร์ในดีซีมอเตอร์ โดยมีหลักการทำงานคือไฟฟ้ากระแสสลับอิเล็กตรอนจะวิ่งกลับไปกลับมาอย่างรวดเร็ว โดยปกติเป็น 50 ครั้งต่อวินาที สิ่งที่น่าสนใจคืออิเล็กตรอนไม่ได้วิ่งเป็นระยะทางไกลๆ จริงๆแต่เป็นการเคลื่อนที่ต่อเนื่องจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้า การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนสามารถนับได้ถึงแม้อิเล็กตรอนจะเปลี่ยนทิศทางเคลื่อนที่กลับไปกลับมาก็ตาม เราอาจได้เห็นการใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับกับจักรยานไฟฟ้าในอนาคต แต่ในปัจจุบันยังไม่มีการใช้งานมากนักเนื่องจากว่าการใช้งานเป็นไปได้ยาก มอเตอร์แบบไร้แปรงถ่านชนิดนี้จะนำไปใช้ในที่ที่มีอันตราย ปราศจากการเกิดประกายไฟที่แปรงถ่านสัมผัสกับซีของคอมมิวเตเตอร์ นำไปประยุกต์ใช้กับงานที่ขับเคลื่อนด้วยความเร็วคงที่ เช่น ขับเคลื่อนในฮาร์ดดิสก์ มอเตอร์แบบไร้แปรงถ่านมีโครงสร้างประกอบด้วย ตัวอยู่กับที่เป็นขดลวดอาร์เมเจอร์ ส่วนตัวที่เคลื่อนที่เป็นขั้วแม่เหล็กถาวรและที่ขดลวดอาร์เมเจอร์จะต่อเชื่อมเข้ากับวงจรสวิตช์ชิงอิเล็กทรอนิกส์ เป็นผลทำให้ทิศทางการไหลของกระแสในขดลวดอาร์เมเจอร์เกิดการเปลี่ยนแปลงตามความถี่ของการสวิตช์ของทรานซิสเตอร์กำลัง ทำให้โรเตอร์ที่เป็นแม่เหล็กถาวรหมุนตามการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กที่ขดลวดอาร์เมเจอร์ ส่วนตำแหน่งในการตรวจจับที่เพลาจะใช้ในตอนเริ่มต้น เพื่อให้ได้เวลาในการสวิตช์ที่มีความเหมาะสม ซึ่งวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้กับมอเตอร์ ดี.ซี.แบบ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

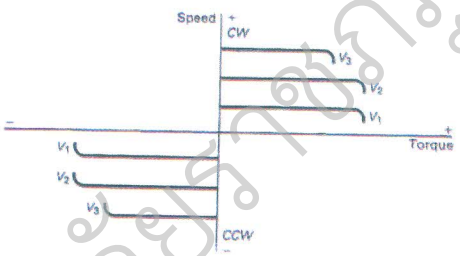
ไร้แปรงถ่านเป็นส่วนที่มีความยุ่งยากซับซ้อนพอสมควร อย่างไรก็ตามหลักการทำงานโดยทั่วไปของมอเตอร์ แบบไร้แปรงถ่าน ซึ่งแสดงให้เห็นได้ดังรูปที่ 2.21




ก.โครงสร้างของมอเตอร์




ข.วงจรควบคุมการขับเคลื่อน




ค.กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบ

**รูปที่ 2.21** มอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน

(ที่มา : www.datasheetdir.com)

จากรูปที่ 2.21 เป็นระบบการควบคุมมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่านชนิด 3 เฟส ซึ่งประกอบด้วยที่สเตเตอร์มีขดลวดอาร์เมเจอร์จำนวน 3 ชุด โดยได้รับการกระตุ้นจากวงจรขับเคลื่อนอิเล็กทรอนิกส์และ มีสัญญาณตรวจจับตำแหน่งอยู่ที่เพลา ซึ่งโครงสร้างของมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่านมีลักษณะคล้ายกันกับของมอเตอร์ซิงโครนัส จำนวนขั้วแม่เหล็กของขดลวดอาร์เมเจอร์ที่สเตเตอร์จะถูกกำหนดตามจำนวนขั้วของแม่เหล็กถาวรของโรเตอร์ คุณลักษณะของแรงบิดและความเร็วรอบที่ได้เกิดจากการควบคุมขนาดกระแสของขดลวดอาร์เมเจอร์และเวลาในการสวิตช์ของชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมอเตอร์ชนิดนี้จะให้ความเร็วรอบที่คงที่ เมื่อเปรียบเทียบกับแรงบิดที่เปลี่ยนแปลง สังเกตได้จากกราฟรูปที่ 2.22

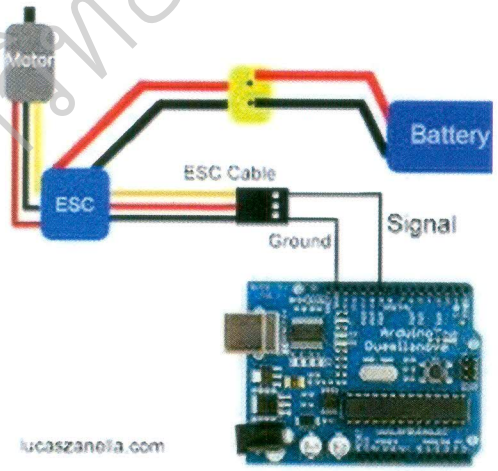
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

**รูปที่ 2.22** มอเตอร์ไร้แปรงถ่าน

2.11.2 ข้อเสีย ของมอเตอร์ชนิดนี้คือ ต้องมีชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้มอเตอร์ทำงานได้ หากไม่มีชุดควบคุมมอเตอร์จะไม่สามารถทำงานได้เลย ในอดีตชุดควบคุมมีขนาดใหญ่มาก แต่ปัจจุบันชุดควบคุมก็มีขนาดเล็กลง และชุดควบคุมต้องสามารถกันน้ำ ความร้อนและแรงสั่นสะเทือนได้ ถ้าหากเป็นชุดควบคุมภายนอกก็สามารถติดตั้งยกสูง เพื่อไม่ให้โดนน้ำได้ง่าย สายไฟหลักที่เข้าสู่มอเตอร์จะมีสามสายและมีสายสำหรับชุดเซ็นเซอร์สามชุด โดยปกติแล้วสายสำหรับเซ็นเซอร์จะมีห้าเส้น ถ้ามอเตอร์ติดตั้งล้อหน้า ต้องเลือกชุดติดตั้งคุณภาพดี จะมีการเก็บสายที่เรียบร้อยไม่ลุ่มล่าม จะทำให้จักรยานมีปัญหาการเกินสายไฟน้อย การบังคับเลี้ยวทำได้ง่าย หากชุดควบคุมมีการเดินสายไฟไม่เรียบร้อย ไฟฟ้าอาจช็อตได้ และทำให้อุปกรณ์ต่างๆเสียหายได้มอเตอร์ไร้แปรงถ่านแบบมีเซ็นเซอร์นี้ จะทำให้เสียงเงียบมาก ไม่มีการต้องเปลี่ยนแปรงถ่าน แต่จำเป็นต้องมีชุดควบคุมอีเล็กทรอนิกส์ที่มีประสิทธิภาพ หากเซ็นเซอร์ชุดใดชุดหนึ่งชำรุด มอเตอร์ก็จะทำงานผิดปกติ หากสายไฟหลักของมอเตอร์ช็อต ก็จะทำให้ชุดควบคุมเสียหาย

## 2.12 ส่วนกล่องระบบควบคุม ( วงจรแปลงกระแส )



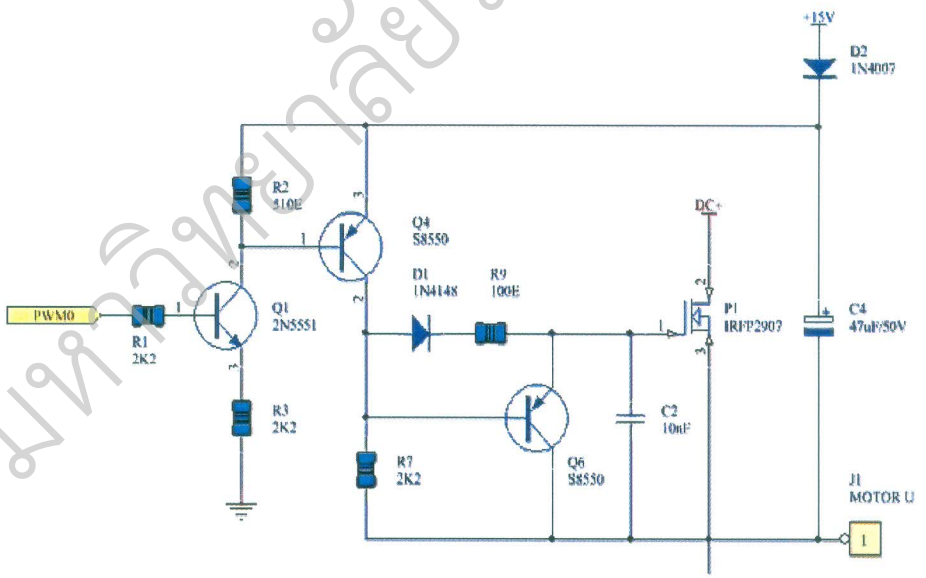

รูปที่ 2.23 วงจรกล่องควบคุม (ที่มา : www. tci-thaijo.com)

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

การออกแบบระบบกล่องควบคุม

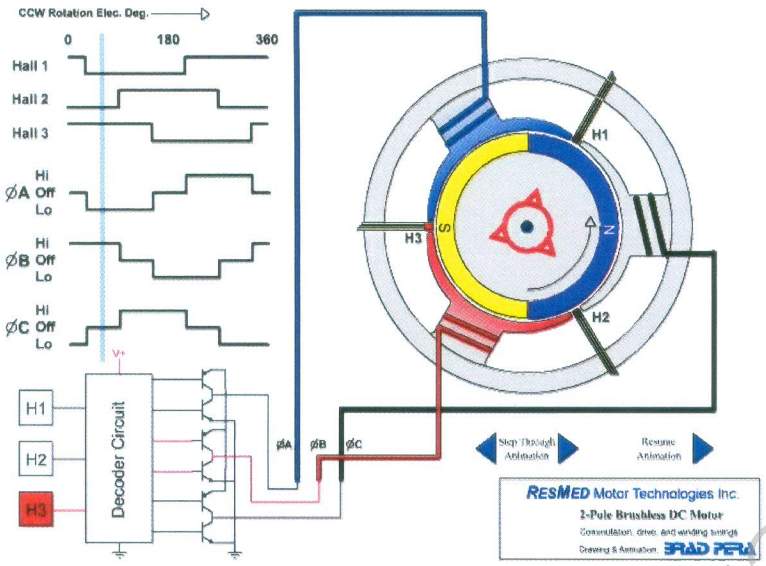
ในการออกแบบระบบควบคุมนั้นแยกออกเป็นสองส่วนคือส่วนงานทางด้านวงจรอิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วยวงจรขับเกตสวิตช์กำลังและระบบควบคุมใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งสามารถ ประมวลผลข้อมูลได้ 16 บิต ซึ่งมีความเร็วเพียงพอสำหรับการ ออกแบบการควบคุมการความเร็วของมอเตอร์ เช่น มอเตอร์ เหนี่ยวนำ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่าน และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เนื่องจากมีความสามารถหลักคือ มีโมดูล สร้างสัญญาณพีดับเอ็ม 6 ช่องอิสระหรือ 3 คู่ เป็นคอมพรีเมนต์ และมีตัวแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล ขนาด 10 บิต ในส่วนของวงจรขับเกต (gate drive) นี้ได้ถูกนำมาใช้ เพื่อขับขาเกตของทรานซิสเตอร์กำลัง (power transistor) ไอจีบีที (IGBT) หรือมอสเฟต (MOSFET) เพื่อการทำงานของสวิทช์ กำลังเหล่านี้ โดยอาศัยการทำให้มอสเฟตนำกระแสและหยุด นำกระแสอย่างรวดเร็วท่าได้โดยการใช้ทรานซิสเตอร์คู่ คอมพลีเมนท์ (complement) ต่อร่วมกันแบบวงจรคอลเลคเตอร์ร่วม (common collector) ทำหน้าที่ใส่ประจุและดึงประจุออก จากเกตของมอสเฟตเพื่อกระตุ้นให้การสะสมประจุและการ คายประจุของเกตในมอสเฟตวงจรภาคกำลัง ส่วนวงจรภาค กำลังชนิด 3 เฟส แบบบริดจ์ ไมโครคอนโทรเลอร์ ถูกนำมาใช้เพื่อสร้างสัญญาณควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรงไร้แปรงถ่าน โดยตัวตรวจจับฮอลล์จะตรวจจับ ต่าแหน่ง ของสนามแม่เ หล็กที่โรเตอร์ป้อนกลับมาให้ ไมโครคอนโทรเลอร์ออกค่าสั่งควบคุมความเร็วของมอเตอร์ โดย ใช้หลักการรูปทรงสี่เหลี่ยมคางห มู (trapezoidal method) ที่มีมุมต่างกัน 120 องศา โดยการทำงาน 1 รอบใช้ การอ้างอิง 6 ขั้นแสดงดังตารางที่ 1 (0 o-360o) เพื่อสร้าง สัญญาณพีดับบิวเอ็ม ส่าหรับควบคุมการท่างานวงจรบริด์จ สามเฟส เพื่อจ่าย ก่าลังงานไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรงไร้แปรงถ่าน โดยตัวตรวจจับฮอลล์จะส่งสัญญาณและ V–W และกระแสไหลผ่านเฟส U ในขณะทำการทดสอบ



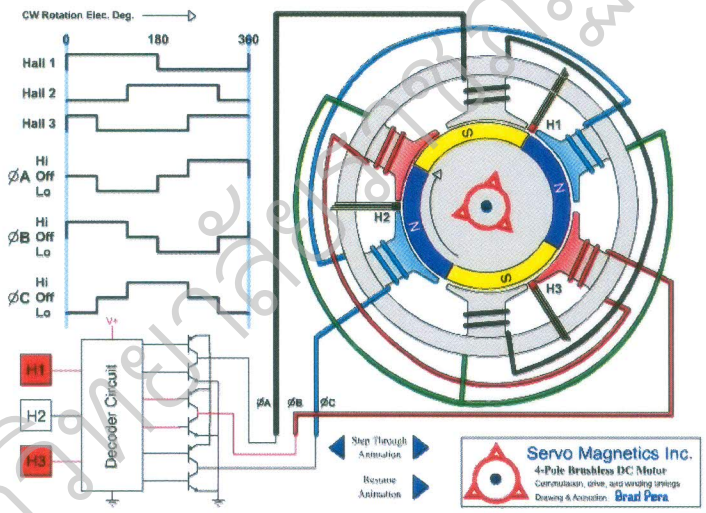

รูปที่ 2.24 วงจรขับเกตและมอสเฟสกำลังของกล่องควบคุม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี



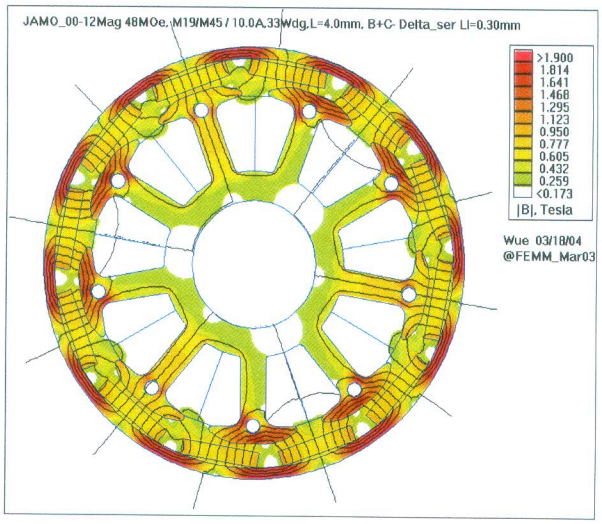

**รูปที่ 2.30** การทำงานของมอเตอร์ไร้แปลงถ่าน (Brushless) แบบพื้นฐานแม่เหล็ก 2 ขั้ว
(ที่มา : www.wittawad-chelsea.com)




**รูปที่ 2.31** การทำงานของมอเตอร์ไร้แปลงถ่าน (Brushless) แบบแม่เหล็ก 4
(หากมีขั้วแม่เหล็กมาก ก็จะมีขดลวดทองแดงมากเช่นกัน)
(ที่มา : www.wittawad-chelsea.com)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี




**รูปที่ 2.32** จำลองสนามแม่เหล็ก ขณะมอเตอร์ทำงาน โดยความเข้มของสนามแม่เหล็กดูได้จากแถบสีมุมบนขวา (ที่มา : www.wittawad-chelsea.com)

## 2.13 โฟลสวิทช์ ( flow switch )

2.13.1 สวิตช์การไหลของน้ำ เอกสารข้อมูลผลิตภัณฑ์ การประยุกต์ใช้ เครื่องพ่น SPDT WFS รุ่นพายชนิดต่างๆได้รับการออกแบบให้มีคุณสมบัติที่ยอดเยี่ยม ประสิทธิภาพที่ถูกต้องน่าเชื่อถือและการก่อสร้างขรุขระเป็น ต้องใช้ในสายการไหลของของเหลวที่บรรจุน้ำหรือของเหลวใด ๆ เป็นอันตรายต่อทองเหลืองและฟอสเฟอร์บรอนซ์หรือจัดเป็นอันตราย ของเหลว พวกเขาสามารถต่อสายเพื่อปิดวงจรหนึ่งและเปิดวงจรที่สองเมื่อ ของเหลวไหลเกินหรือลดลงต่ำกว่าอัตราการไหลปรับ แนะนำให้ใช้ชุดทดสอบ WFS สำหรับความดันและอุณหภูมิของเหลว ตามที่ระบุไว้ด้านล่างและไม่ควรใช้กับสายที่บรรจุของเหลว ต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส ชุดเหล่านี้สามารถใช้กับของเหลวที่มีเกลือหรือคลอรีนสูง แต่ไม่เหมาะสำหรับใช้ในบรรยากาศที่เป็นอันตราย นอกจากนี้ยังสามารถใช้กลางแจ้งได้ แต่ต้องป้องกันจากสภาพอากาศหรือ น้ำกระเซ็น สวิทช์กระแส WFS แบบทั้งหมดได้รับการออกแบบมาเพื่อใช้งานเฉพาะเมื่อใช้งาน การควบคุม ในกรณีที่การควบคุมการดำเนินงานล้มเหลวอาจส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บส่วนบุคคล และ / หรือการสูญเสียทรัพย์สินเป็นความรับผิดชอบของผู้ใช้เพื่อเพิ่มความปลอดภัย อุปกรณ์ที่ป้องกันหรือระบบการกำกับดูแลที่เตือนการควบคุม ความล้มเหลว MODEL: WFS-1001-H ฝาครอบพลาสติก

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

รูปที่ 2.33 แสดงรูปตัวอย่าง โฟลสวิทช์ขนาด ควบคุมแรงดัน

(ที่มา : www.wittawad-chelsea.com)

2.13.2 SPECIFICATION ความดันการทำงาน 10kgf / cm2 (981KPa) ทนทานต่อแรงกด 17.5kgf / cm2 (1717KPa) ความต้านทานฉนวน กว่า 100;, DC500VM ทนต่อแรงดัน AC1500V / 1minute จุดเชื่อมต่อชีวิต รอบ 1000K ชีวิต Bellows รอบ 500K อุณหภูมิของของเหลว สูงสุด 100 o C (212 o F) คะแนนไฟฟ้า ความต้านทาน โคมไฟ เครื่องยนต์ ภาระ ภาระ ภาระ ไฟฟ้า กระแสสลับ AC 125 V 5A 44A 5A (มาตรฐาน) AC 250 V 2.5A 22A 2.5A DC 115 V 0.3A DC 230 V 0.15A ชนิด แรงดันไฟฟ้า กระแสตรง

รูปที่ 2.34 การใส่ใบพาย ของโฟลสวิทช์ MODEL : WFS-1001H
(ที่มา : www.wittawad-chelsea.com)

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

## 2.14 คอนแทคเตอร์

### 2.14.1 หน้าที่

เป็นสวิตซ์ที่ใช้สำหรับการควบคุมการเริ่มและหยุดเดินของมอเตอร์ โดยจะทำหน้าที่เปิดปิดแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์ โดยเฉพาะมอเตอร์ขนาดใหญ่ที่มีขนาดเกิน 10 แรงม้าขึ้นไป แมกเนติกคอนแทคเตอร์จะทำหน้าที่ควบคุมการเริ่มและหยุดเดินของมอเตอร์แทนการ ใช้คนควบคุมโดยตรง ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันอันตรายแก่ผู้ควบคุมเพราะกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรจะมีปริมาณสูงเนื่องจากมอเตอร์มีขนาดใหญ่ และยังมีจุดประสงค์อีกอย่างหนึ่ง คือ เพื่อให้สามารถทำงานร่วมกับอุปกรณ์อื่นได้อีกในวงจรควบคุมทำให้เกิดความ สะดวกและความปลอดภัยมากขึ้น การทำงานจะอาศัยอำนาจแม่เหล็กดึงดูดหน้าสัมผัสให้เชื่อมติดกันทำให้กระแส ไฟฟ้าไหลผ่านไปสู่มอเตอร์ได้ และในแมกเนติกคอนแทคเตอร์ทั่วไปจะมีการติดตั้งรีเลย์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกิน ไว้ด้วยเสมอ

### 2.14.2 กระแสที่ใช้งาน Rated

| กระแสที่ใช้งาน Rated Operating Current (AC3) | ขนาดมอเตอร์สูงสุด Max. Motor Capacity 3 Phase (AC3)KW | | คอนแทคช่วย Standard Auxiliary Contact | |
|---|---|---|---|---|
| 380-440V (A) | 220-240V KW(HP) | 380-440V KW(HP) | NO | NC |
| 18 | 4(5.5) | 7.5(10) | 1 | 1 |

รูปที่ 2.35 รูปคอนแทคเตอร์
(ที่มา : www.wittawad-chelsea.com)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

## 2.15 โอเวอร์โหลด

### 2.15.1 หน้าที่ และหลักการทำงานของอุปกรณ์ โอเวอร์โหลด

- ป้องกันมอเตอร์ทำงานเกินกำลัง ล็อคโรเตอร์
- ป้องกันมอเตอร์ไหม้เมื่อไฟขาดเฟส
- อุณหภูมิใช้งานตั้งแต่ -40c ถึง +70c
- มีปุ่ม Test เพื่อทดสอบตัวเอง และปุ่ม Stop เพื่อทดสอบระบบ
- มีคอนแทคอยู่ในตัวแบบ 1NO+1NC
- มีฝาใสปิดผนึกได้ ป้องกันการเปลี่ยนค่าที่ตั้งไว้แล้ว
- MANUAL และ AUTO RESET ได้ทุกรุ่น

รูปที่ 2.36 รูปโอเวอร์โหลด
(ที่มา : www.wittawad-chelsea.com)

## 2.16 รีเลย์

### 2.16.1 รีเลย์ (Relay)

เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสภาวะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ ในการควบคุมวงจรต่าง ๆ ในงานช่างอิเล็กทรอนิกส์มากมาย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

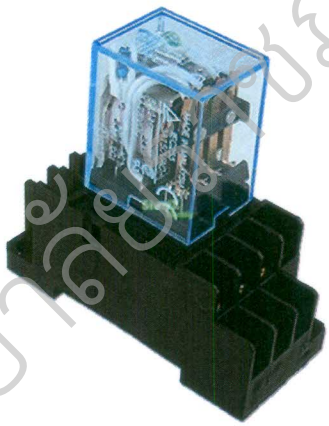
2.16.2 หน้าที่และหลักการทำงาน

ส่วนของขดลวด (coil) เหนี่ยวนำกระแสต่ำ ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้แกนโลหะไปกระทุ้งให้หน้าสัมผัสต่อกัน ทำงานโดยการรับแรงดันจากภายนอกต่อคร่อมที่ขดลวดเหนี่ยวนี้ เมื่อขดลวดได้รับแรงดัน(ค่าแรงดันที่รีเลย์ต้องการขึ้นกับชนิดและรุ่นตามที่ผู้ผลิตกำหนด) จะเกิดสนามแม่เหล็ก

ไฟฟ้าทำให้แกนโลหะด้านในไปกระทุ้งให้แผ่นหน้าสัมผัสต่อกันส่วนของหน้าสัมผัส (contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์จ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ที่เราต้องการนั่นเอง

2.16.3 ประโยชน์ของรีเลย์

- ทำให้ระบบส่งกำลังมีเสถียรภาพ (Stability) สูงโดยรีเลย์จะตัดวงจรเฉพาะส่วนที่เกิดผิดปกติ ออก เท่านั้น ซึ่งจะเป็นการลดความเสียหายให้แก่ระบบน้อยที่สุด
- ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมส่วนที่เกิดผิดปกติ
- ลดความเสียหายไม่เกิดลุกลามไปยังอุปกรณ์อื่นๆ
- ทำให้ระบบไฟฟ้าไม่ดับทั้งระบบเมื่อเกิดฟอลต์ขึ้นในระบบ



รูปที่ 2.37 รูปร่างรีเลย์ พร้อมฐาน
(ที่มา : www.wittawad-chelsea.com)

## 2.17 โมดุล DC ดีแทคเตอร์

2.17.1 หน้าที่ในวงจรไฟฟ้าของโมดุล

เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ซึ่งทำหน้าที่ตัดต่อวงจรแบบเดียวกับสวิตช์ โดยควบคุมการทำงานด้วยไฟฟ้า Relay มีหลายประเภท ตั้งแต่ Relay ขนาดเล็กที่ใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป จนถึง Relay ขนาดใหญ่ที่ใช้ในงานไฟฟ้าแรงสูง โดยมีรูปร่างหน้าตาแตกต่างกันออกไป แต่มีหลักการ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ทำงานที่คล้ายคลึงกัน สำหรับการนำ Relay ไปใช้งาน จะใช้ในการตัดต่อวงจร ทั้งนี้ Relay ยังสามารถเลือกใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ

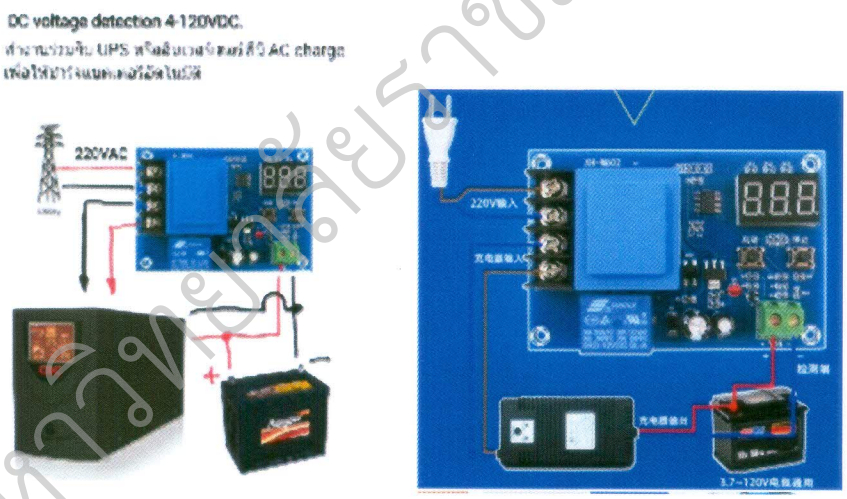
2.17.2 หน้าสัมผัสของโมดุล

หน้าสัมผัส NC (Normally Close) เป็นหน้าสัมผัสปกติปิด โดยในสภาวะปกติหน้าสัมผัสนี้จะต่อเข้ากับขา COM (Common) และจะลอยหรือไม่สัมผัสกันเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด

หน้าสัมผัส NO (Normally Open) เป็นหน้าสัมผัสปกติเปิด โดยในสภาวะปกติจะลอยอยู่ ไม่ถูกต่อกับขา COM (Common) แต่จะเชื่อมต่อกันเมื่อมีกระแสไฟไหลผ่านขดลวด

ขา COM (Common) เป็นขาที่ถูกใช้งานร่วมกันระหว่าง NC และ NO ขึ้นอยู่กับว่า ขณะนั้นมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดหรือไม่ หน้าสัมผัสใน Relay 1 ตัวอาจมีมากกว่า 1 ชุด ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตและลักษณะของงานที่ถูกนำไปใช้ จำนวนหน้าสัมผัสถูกแบ่งออกดังนี้

สวิตช์จะถูกแยกประเภทตามจำนวน Pole และจำนวน Throw ซึ่งจำนวน Pole (SP-Single Pole, DP-Double Pole, 3P-Triple Pole, etc.) จะบอกถึงจำนวนวงจรที่ทำการเปิด-ปิด หรือ จำนวนของขา COM นั่นเอง และจำนวน Throw (ST, DT) จะบอกถึงจำนวนของตัวเลือกของ Pole ตัวอย่างเช่น SPST- Single Pole Single Throw สวิตช์จะสามารถเลือกได้เพียงอย่างเดียวโดยจะเป็นปกติเปิด (NO-Normally Open) หรือปกติปิด (NC-Normally Close) แต่ถ้าเป็น SPDT- Single Pole Double Throw สวิตช์จะมีหนึ่งคู่เป็นปกติเปิด (NO) และอีกหนึ่งคู่เป็นปกติปิดเสมอ (NC) ดังรูปด้านล่าง




รูปที่ 2.38 รูปร่างโมดุล ดีแทคเตอร์ DC
(ที่มา : www.wittawad-chelsea.com)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

2.18 UPS เครื่องสำรองไฟ

2.18.1 ความหมายของ UPS

UPS เป็นคำย่อมาจากคำว่า Uninterruptible Power Supply หรือ "เครื่องสำรองไฟฟ้าและปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ" ถ้าแปลตรงตัว หมายถึง แหล่งจ่ายพลังงานต่อเนื่องอาจกล่าวได้ว่า UPS ก็คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่สามารถทำการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ได้อย่างต่อเนื่องแม้ในเวลาที่เกิดไฟดับหรือเกิดปัญหาแรงดันไฟฟ้าผันผวนผิดปกติ โดย UPS จะทำการปรับระดับแรงดันไฟฟ้าให้คงที่อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ UPS มีหน้าที่หลัก คือ ป้องกันความเสียหายที่สามารถเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ (โดยเฉพาะคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์เชื่อมต่อ) อันมีสาเหตุจากความผิดปกติของพลังงานไฟฟ้า เช่น ไฟตก, ไฟดับ, ไฟกระชากและไฟเกิน เป็นต้น รวมถึงมีหน้าที่ในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำรองจากแบตเตอรี่ให้แก่อุปกรณ์ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์เมื่อเกิดปัญหาทางไฟฟ้า

2.18.2 หลักการทำงานทั่วไปของ UPS

โดยทั่วไปแล้ว เมื่อ UPS รับพลังงานไฟฟ้าเข้ามา ไม่ว่าคุณภาพไฟฟ้าจะเป็นอย่างไรก็จะสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าได้เป็นปกติ รวมถึงทำการจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำรองที่เก็บไว้ในแบตเตอรี่ให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งหลักการของ UPS ก็คือ ใช้วิธีการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) แล้วเก็บสำรองไว้ในแบตเตอรี่ส่วนหนึ่ง และในกรณีที่เกิดปัญหาทางไฟฟ้า (เช่น ไฟดับ หรือคุณภาพไฟฟ้าผิดปกติ เป็นต้น) อุปกรณ์ไฟฟ้าไม่สามารถใช้พลังงานไฟฟ้าที่รับมาได้ UPS ก็จะเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากแบตเตอรี่ ให้กลายเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) แล้วจึงจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าตามปกติ

2.18.3 ส่วนประกอบสำคัญของ UPS ประกอบไปด้วยหัวข้อต่อไปนี้

1. เครื่องประจุแบตเตอรี่ (Charger) หรือ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า AC เป็น DC (Rectifier) ทำหน้าที่รับกระแสไฟฟ้า AC จากระบบจ่ายไฟ แปลงเป็นกระแสไฟฟ้า DC จากนั้นประจุเก็บไว้ในแบตเตอรี่

2. เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ทำหน้าที่รับกระแสไฟฟ้า DC จากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า AC เป็น DC หรือแบตเตอรี่ และแปลงเป็นกระแสไฟฟ้า AC สำหรับใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์

3. แบตเตอรี่ (Battery) ทำหน้าที่เก็บพลังงานไฟฟ้าสำรองไว้ใช้ในกรณีเกิดปัญหาทางไฟฟ้า โดยจะจ่ายกระแสไฟฟ้า DC ให้กับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าในกรณีที่ไม่สามารถรับกระแสไฟฟ้า AC จากระบบจ่ายไฟได้

4. ระบบปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ (Stabilizer) ทำหน้าที่ปรับแรงดันไฟฟ้าให้คงที่และสม่ำเสมออยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า

2.18.4 ประโยชน์ของ UPS ประกอบไปด้วยหัวข้อต่อไปนี้

UPS สามารถช่วยป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ (โดยเฉพาะคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อ) อันเนื่องมาจากกระแสไฟฟ้าที่ผิดปกติได้ (เช่น จากความบกพร่องของระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าเอง หรือปรากฏการณ์ธรรมชาติ - ฝนตกฟ้าคะนอง พายุฝน หรือจากการรบกวนของอุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคารที่ใช้กระแสไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ ฯลฯ)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่ผิดปกติในแต่ละประเภท อาจก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ ได้ โดย UPS จะทำหน้าที่ป้องกัน ดังนี้

- จ่ายพลังงานไฟฟ้าสำรองให้แก่อุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ เมื่อเกิดไฟดับหรือไฟตก เพื่อให้มีเวลาสำหรับการ Save ข้อมูล และไม่ทำให้ floppy disk และ hard disk เสีย
- ปรับแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ เมื่อเกิดปัญหาทางไฟฟ้า เช่น ไฟตก, ไฟดับ, ไฟกระชาก และไฟเกิน เป็นต้น
- ป้องกันสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้าที่สามารถสร้างความเสียหายต่อข้อมูลและอุปกรณ์ไฟฟ้าได้

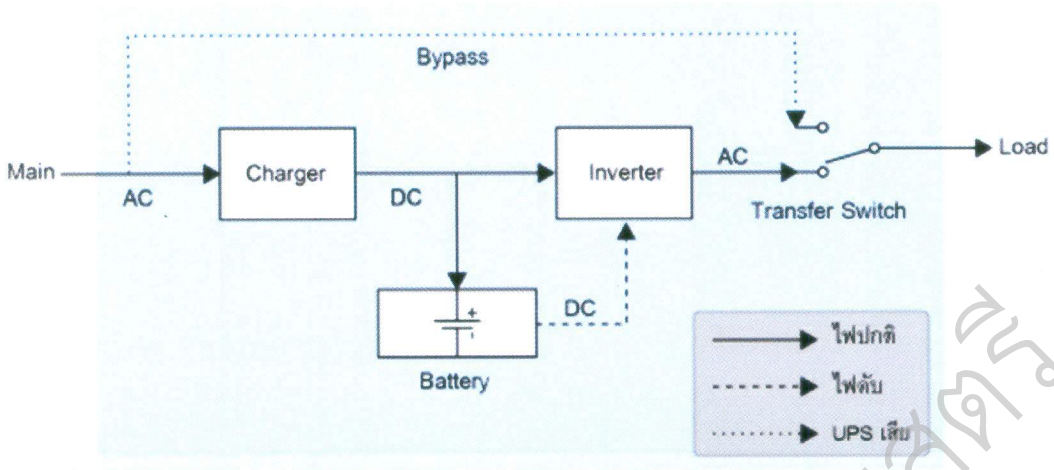
2.18.5 การนำ UPS ไปใช้งานด้านต่างๆ

หากการใช้งานใดที่มีจุดประสงค์เพื่อสำรองพลังงานไฟฟ้าสำหรับจ่ายให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคอมพิวเตอร์ ในเวลาที่เกิดไฟดับหรือไฟตก หรือเพื่อปรับแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า เมื่อเกิดปัญหาทางไฟฟ้า หรือเพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้าที่อาจสร้างความเสียหายต่อข้อมูลและอุปกรณ์ไฟฟ้า สามารถนำ UPS ไปใช้งานได้ เช่นระบบงานคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อ เช่น เครื่องพิมพ์, จอ, ลำโพง และโมเด็ม ฯลฯสำนักงานระบบสื่อสาร, ระบบคอมพิวเตอร์, เครื่องจักร, อุปกรณ์สำนักงาน และอุปกรณ์ไฟฟ้า ฯลฯโรงงานอุตสาหกรรม ระบบสื่อสาร, ระบบคอมพิวเตอร์, เครื่องจักร, เครื่องมือ-เครื่องใช้, เครื่องมือตรวจวัด และอุปกรณ์ไฟฟ้า ฯลฯการแพทย์เครื่องมือทางการแพทย์, เครื่องมือและอุปกรณ์ภายในห้องผ่าตัด ฯลฯสื่อสารและโทรคมนาคม อุปกรณ์สื่อสาร และห้องควบคุมระบบโทรคมนาคม ฯลฯการจัดการและประมวลผลข้อมูล ระบบประมวลผลและรายงานข้อมูลของธนาคารและตลาดหุ้น

รูปที่ 2.39 รูปร่าง UPS 220 VAC
(ที่มา : www.wittawad-chelsea.com)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

2.18.6 วงจรการทำงานทั่วไปของ UPS




รูปที่ 2.40 แผนผังแสดงการทำงาน UPS 220 VAC
(ที่มา : www.wittawad-chelsea.com)

จากผังแสดงการทำงาน จะพบว่า True Online UPS เป็น UPS ที่มีศักยภาพสูงสุด กล่าวคือ เครื่องประจุกระแสไฟฟ้า (Charger) และเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) จะทำงานตลอดเวลา ไม่ว่าคุณภาพไฟฟ้าจะเป็นอย่างไร ก็สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า (Load) ได้ตามปกติ ยกเว้นกรณีเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าเสีย จึงจะจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้า (Main) จากการไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้า (แต่ไม่ควรใช้งานต่อไปหากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าเสีย)True Online UPS เป็น UPS ที่มีศักยภาพสูงที่สุดในจำนวน UPS ที่มีใช้งานอยู่ สามารถป้องกันปัญหาทางไฟฟ้าได้ทุกกรณี ไม่ว่าจะเป็น ไฟดับ, ไฟตก, ไฟเกิน หรือสัญญาณรบกวนใดๆ และให้คุณภาพไฟฟ้าที่ดี ด้วยเหตุนี้ จึงทำให้ UPS ชนิดนี้มีราคาสูงกว่า UPS ชนิดอื่นๆ

2.19 หลอดแสดงสถานะ

2.19.1 หลอดไฟแสดงสถานะ (Pilot Lamp) สัญญาณ บ่งบอกการทำงานเครื่องจักร หลอดไฟแสดงสถานะของเครื่องจักรโดยทั่วไปมักจะเลือกสีในการแสดงสถานะ 3 สี ดังนี้คือ

1. สีเขียว : ใช้แสดงว่าเครื่องจักรกำลังทำงานอยู่
2. สีแดง : ใช้แสดงว่าเครื่องจักรหยุดทำงาน
3. สีเหลืองหรือส้ม : ใช้แสดงการแจ้งเตือนการทำงานที่ผิดปกติของเครื่องจักร

นอกจากสีดังกล่าวยังมีสีอื่นๆที่ใช้กันทั่วไป เช่น สีขาว สีฟ้าหรือน้ำเงิน ที่ใช้แสดงสถานะของไฟ 3 เฟส เป็นต้น ซึ่งหลอดไฟแสดงสถานะจะมีประโยชน์มากในการบอก การทำงานของกระบวนการผลิต เฝ้าระวัง และใช้ในการวินิจฉัยความผิดปกติของเครื่องจักร เพื่อประโยชน์ในการซ่อมบำรุงของวิศวกร

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.19.2 เลือกซื้อหลอดไฟแสดงสถานะอย่างไร

เมื่อรู้ประโยชน์ของหลอดไฟแสดงสถานะและ สำหรับวันนี้ผมก็จะมาแนะนำวิธีการเลือกซื้อว่าจะต้องระบุอะไรบ้าง ดังนี้

1. Supply หรือไฟเลี้ยงมีหลากหลายขนาดเช่น 24VDC/AC ,230VAC,120VAC เป็นต้น
2. ขนาดของหลอดไฟ เช่น 22mm,8mm,12mm,16mm ซึ่งมี ผลต่อการเจาะรูเพื่อติดตั้ง
3. สี เป็นที่ทราบกันแล้วว่าสีเป็นตัวบ่งบอกการใช้งานดังนั้นเป็นสิ่งจำเป็นมากในการสั่งซื้อ
4. ชนิดหลอดไฟ ส่วนใหญ่จะมีสองแบบคือ แบบธรรมดาและแบบ LED
5. รูปร่างและชนิดวัสดุตัวเรือน โดยปกติจะเป็นทรงกลม ตัวเรือนทำด้วยพลาสติก

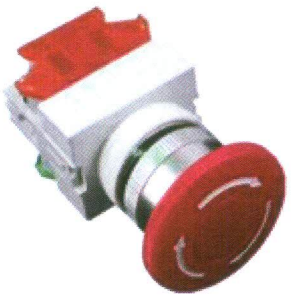
รูปที่ 2.41 แสดงรูปร่างของหลอด
(ที่มา : www.wittawad-chelsea.com)

2.20 ปุ่มกด ฉุกเฉิน ( emergency stop )

2.20.1 หน้าที่และหลักการทำงาน

E-Stop คือปุ่มหรือสวิตสำหรับหยุดเครื่องในกรณีฉุกเฉิน ย่อมาจากคำว่า emergency stopโดยปกติแล้วปุ่ม e-stop นี้เมื่อกดแล้วจะหยุดการจ่ายระบบไฟไปยังบอร์ดคอนโทรล ทำให้หัวกัดหยุดเดิน ไม่มีไฟเลี้ยงบอร์ด แต่ว่าโปรแกรมคุมเครื่องยังคงทำงานต่อไปเรื่อยๆ ไม่หยุด สำหรับโปรแกรมคุมเครื่องบางโปรแกรมนั้นสามารถรับ input ผ่านพินที่ว่างของพอร์ตปริ๊นเตอร์ได้ เช่นเรากำหนดไว้ว่าถ้ามีสัญญาณเข้ามาที่พิน 13 ให้โปรแกรมหยุดการเดินของหัวกัด เมื่อเราทำ e-stop ไว้ที่พินนี้เมื่อเรากดปุ่มโปรแกรมก็จะหยุดส่งสัญญาณไปที่บอร์ด ทำให้หัวกัดหยุดอยู่กับที่ แต่ไฟเลี้ยงบอร์ดยังคงมีอยู่เพราะบอร์ดไม่ได้ถูกตัดไฟแต่อย่างใด ทั้งนี้เราสามารถกำหนดให้ปุ่มบนคีย์บอร์ดคอมพิวเตอร์ทำงานแทนสวิตนี้ได้ ดังนั้นการมีปุ่ม e-stop ไว้หยุดการจ่ายไฟให้บอร์ด หรือสั่งให้หยุดโปรแกรมทำงาน ล้วนเป็นสิ่งที่จำเป็นทั้งคู่ ควรคำนึงถึงด้วยในการออกแบบเครื่อง, บอร์ด และการเซตโปรแกรม

ลิขสิทธิ์ของวิทยาลัยราชมงคลพระนคร



รูปที่ 2.42 แสดงรูปร่างของ emergency stop
(ที่มา : www.wittawad-chelsea.com)

2.21 สวิทซ์ลูกศร

2.21.1 หน้าที่และหลักการทำงาน

สวิตช์เลือก (Selector switch) มีใช้มากในงานที่ต้องควบคุมการทำงานด้วยมือ แสดงตัวอย่างของสวิตช์เลือกแบบ 3 ตำแหน่ง และตารางแสดงการทำงานของสวิตช์เลือกเครื่องหมาย X ในตารางแทนด้วยหน้าสัมผัสปิด สวิตช์เลือกมี 3 ตำแหน่งคือ ตำแหน่งหยุด (off) ตำแหน่งมือ (hand ) และ ตำแหน่งออโต (automatic)ในตำแหน่งหยุดหน้าสัมผัสทุกอันจะปิดหมด (ลูกศรชี้) ส่วนในตำแหน่งมือหน้าสัมผัส A1 จะปิด หน้าสัมผัส A2 จะเปิด และในตำแหน่งออโตหน้าสัมผัส A2 จะปิดหน้าสัมผัส A1 จะเปิด

รูปที่ 2.43 แสดงรูปร่างของ สวิตช์ลูกศร
(ที่มา : www.wittawad-chelsea.com)

2.22 ไซเรน แจ้งเตือน

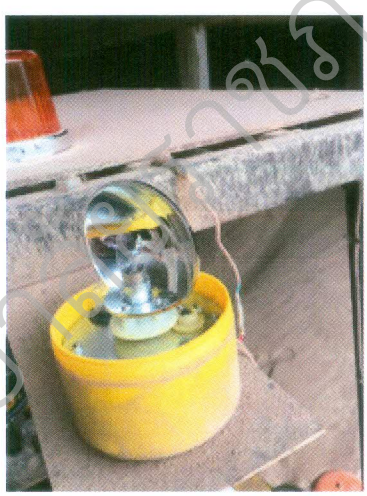
2.22.1 ส่วนประกอบภายนอกและภายใน ของไฟไซเรนแบบหมุน

- โคมไฟ ส่วนมากตัวโคมจะเป็นสีเหลือง แดง หรือส้ม เพื่อสำหรับตัดกับแสงของหลอดไฟด้านในทำให้เรามองเห็นได้ชัด

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

- ฐานไซเรน จะเป็นที่ยึดส่วนประกอบอื่นๆของไซเรน
- สายไฟ เป็นตัวต่อระหว่างสวิชท์กับชุดหลอไฟและมอเตอร์ด้านในขอตัวไซเรน

รูปที่ 2.44 แสดงรูปร่างของ ส่วนนอกไฟไซเรน
(ที่มา : www.wittawad-chelsea.com)



รูปที่ 2.45 แสดงรูปร่างของ ส่วนภายในไฟไซเรน
(ที่มา : www.wittawad-chelsea.com)

2.22.2 การทำงาน

เมื่อเราเปิดสวิทช์ไฟไซเรน กระแสก็จะมาที่ตัวไซเรน โดยจะแบ่งเป็นสองทาง ทางแรกไปยังชุดหลอดไฟ ทำให้หลอดไฟติด และอีกทางไปยังตัวมอเตอร์ เมื่อมอเตอร์หมุนจะส่งการหมุนผ่านชุดเฟืองไปยังแผ่นสะท้อนแสง แผ่นสะท้อนแสงก็ หมุนทำให้เราเห็นแสงที่ออกมาจากไซเรนและในบางจังหวะจะไม่เห็นแสงก็คือจังหวังนั้นจะตรงกับแผ่นสะท้านแสงในตำแหน่งที่บังหลอดไฟ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

2.23 เบรคเกอร์

2.23.1 หลักการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)

การทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์เมื่อมีกระแสในวงจรเกินพิกัดที่เบรกเกอร์สามารถรับได้หน้าสัมผัสของเซอร์กิตเบรกเกอร์จะเปิดวงจร โดยมีหลักการทำงานดังนี้

Thermal Trip

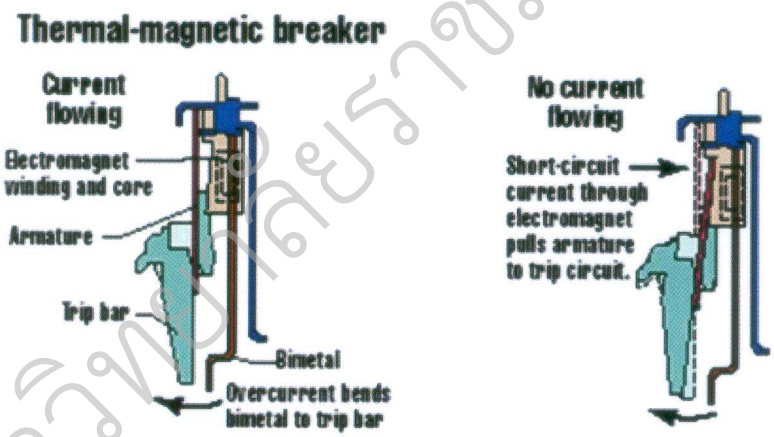
หลักการทำงานประเภทนี้จะมีโครงสร้างภายในประกอบด้วย แผ่นโลหะไบเมทัล (bimetal) 2 แผ่น ซึ่งทำจากโลหะที่ต่างชนิดกันมีสัมประสิทธิ์ความร้อนไม่เท่ากัน เมื่อมีกระแสไหลผ่านโลหะไบเมทัลจะทำให้โลหะไบเมทัลเกิดการโก่งตัวแล้วไปปลดอุปกรณ์ทางกลทำให้เบรกเกอร์ตัดวงจรเรียกว่าเกิดการทริป (trip)

Magnetic Trip

การทำงานประเภทนี้จะอาศัยหลักการทำงานของอำนาจสนามแม่เหล็ก เมื่อวงจรเกิดกระแสลัดวงจรหรือมีกระแสเกินจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กความเข้มสูงแล้วทำการปลดอุปกรณ์ทางกลไก ทำให้เบรกเกอร์เกิดการตัดวงจรหรือเปิดวงจรขึ้น ซึ่งการทำงานแบบนี้จะตัดวงจรได้เร็วกว่าแบบ Thermal Trip

Thermal-Magnetic Trip

เมื่อมีกระแสในวงจรเกินค่าพิกัดหน้าสัมผัสของเซอร์กิตเบรกเกอร์จะเปิดวงจร โดยอาศัยทั้งความร้อนและการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กช่วยในการปลดกลไกหน้าสัมผัสให้เปิดวงจร




รูปที่ 2.46 ภาพหลักการทำงานแบบ Thermal-Magnetic Trip

ที่มา: http://machinedesign.com/batteriespower-supplies/thermal-magnetic-circuit-breakers

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพลิง

2.24 ทามเมอร์

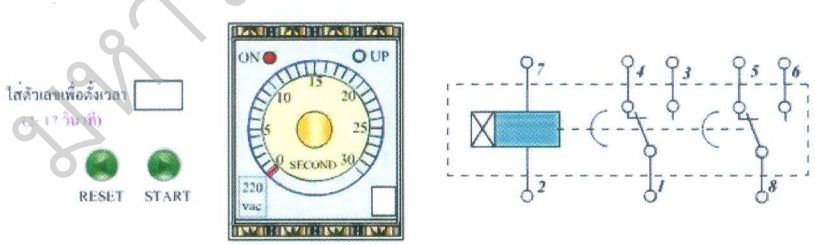
2.24.1 หลักการทำงานง่ายๆ ของ Timer Relayเมื่อพูดถึงเรื่องอุปกรณ์ในการตั้งเวลาหลายๆ ท่านคงนึกถึงอุปกรณ์ที่เรียกกันว่า “Timer”ซึ่งเป็นอุปกรณ์ตั้งเวลาและควบคุมการทำงานให้เอาท์พุททำงานตามเงื่อนไขและเวลาที่ตั้งไว้ ซึ่ง มีหลายแบบหลายยี่ห้อและในแต่ละยี่ห้อจะมีจะมีคุณสมบัติ และชื่อเรียกแตกต่างกันไปซึ่งไทม์เมอร์ คือ อุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุมเวลาการทำงานของอุปกรณ์บางอย่าง ให้เป็นไปตามที่ผู้ใช้ต้องการเช่น เราต้องการตั้งเวลาระบบไฟฟ้าในบ้านให้ทำงานตอน 18.00 น. เป็นต้น ซึ่งส่วนมาก timer จะถูกใช้ในงานอุตสาหกรรมในโรงงาน เป็นส่วนประกอบในเครื่องจักร ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมาก โดยเครื่องจักรนั้นจะไม่มีแค่ไทม์เมอร์เพียงตัวเดียวบางเครื่องจักรอาจมีไทม์เมอร์เป็นร้อยตัวเลยก็ได้Digital Timer: เป็น Timer ที่มีตัวแสดงเวลาเป็นแบบตัวเลขดิจิตอล จากยี่ห้อ Redlion

2.24.2 Power ON-Delay

หลักการทำงานคือเมื่อจ่ายไฟให้กับ Timer จะเริ่มหน่วงเวลาตามที่ตั้งไว้ พอถึงเวลาตามที่ตั้งไว้ Output ของ Timer จะทำงานค้างจนกว่าจะหยุดจ่ายไฟให้กับ Timer หรือทำการ Reset ตัว TimerSignal ON-Delayหลักการทำงานคือเมื่อจ่ายไฟให้กับ Timer ยังไม่ทำงานจะรอสัญญาณมาทริกที่ Input ของ Timer ถึงจะเริ่มหน่วงเวลาตามที่ตั้งไว้ พอถึงเวลาตามที่ตั้งไว้ Output ของ Timer จะทำงานค้างไว้จนกว่าจะหยุดจ่ายไฟให้กับ Timer หรือทำการ Reset ตัว Timer หลักการทำงานคือ เมื่อจ่ายไฟให้กับ Timerคอนแทค Outputจะ ON ทันที และเมื่อไม่มีไฟจ่ายให้ Timer เอ้าท์พุทจะยังคง ON ต่อไปตามเวลาที่กำหนด พอถึงเวลาตามที่ตั้งไว้ Output ของ Timer จะหยุดทำงานทันที

2.24.3 Signal OFF-delay

หลักการทำงานคือ เมื่อจ่ายไฟให้กับ Timer ยังไม่ทำงานจะรอสัญญาณมาทริกที่ input ของ Timer คอนแทค Output จะ ON ทันที แล้วเมื่อสัญญาณหยุด Timer ถึงจะเริ่มหน่วงเวลาตามที่ตั้งไว้ พอถึงเวลาตามที่ตั้งไว้ Output ของ Timer จะหยุดทำงานทันที เมื่อมีการจ่ายกระแสไฟเข้าไปสู่ Timer Relay ก็จะทำให้ สัญญาณไฟ (ON) ติด แสดงว่าแผงอิเล็กทรอนิกส์กำลังทำการควบคุมให้เป็นไปตามเวลาที่กำหนด เมื่อถึงเวลาตามที่ได้ตั้งไว้ สัญญาณไฟ (UP) จะติด แสดงว่า Timer Relay ได้เริ่มทำงานเมื่อถึงเวลาที่กำหนด หน้าสัมผัสที่ปิดก็จะเปิด หน้าสัมผัสที่เปิดก็จะปิด และเมื่อหยุดจ่ายกระแสไฟ ก็จะกลับไปสู่สภาพเดิม จึงสามารถเริ่มทำการตั้งเวลาใหม่ได้ อีกครั้ง

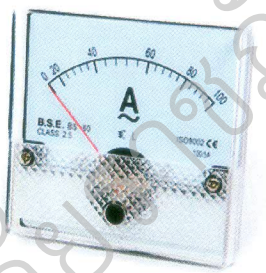



รูปที่ 2.47 รูปหลักการทำงานของ Timer Relay
ที่มาของรูป http://www.inno-ins.com/images/editor/Timer.jpg

2.25 แอมมิเตอร์ DC

2.25.1 ความหมายและหน้าที่การทำงาน

แอมมิเตอร์ (Ammeter) คือ เครื่องมือวัดที่ใช้สำหรับวัดปริมาณกระแสไฟฟ้า (Current : I) เมื่อมีการนำไปใช้งานในวงจรไฟฟ้าจะต้องต่อแบบอนุกรรม (Series Connection) กับวงจร หรืออนุกรมกับโหลด (Load) เสมอถ้าหากมีการนำไปต่อขนาน (Parallel Connection) จะทำให้เกิดความเสียหายกับเครื่องวัดได้ ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างภายในของแอมมิเตอร์นั้นถูกออกแบบมาให้มีค่าความต้านทานที่ต่ำ (Low Resistance) เมื่อถูกต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้าจะต้องไม่มีผลกระทบต่อวงจร แอมมิเตอร์ที่ใช้สำหรับวัดกระแสไฟตรงนั้น นิยมเรียกกันว่า ดีซี แอมมิเตอร์ (DC Ammeter) เครื่องวัดชนิดนี้จะอาศัยหลักการทำงานของเครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่ (PMMC) ดังนั้น การบ่ายเบนของเข็มที่ชี้จึงเป็นสัดส่วนโดยตรงหรือแปรผันตรงกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ (Moving coil) แต่เนื่องจากเป็นเครื่องวัดแบบ PMMC มีข้อจำกัด คือ สามารถที่จะรับกระแสได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้นในทางปฏิบัติจึงใช้วิธีในการแบ่งกระแสให้ไหลผ่านความต้านทานชั้นท์ (Shunt Resistance) ที่นำมาต่อขนานกัน ซึ่งมีวิธีคำนวณได้โดยใช้สูตรกฎของโอห์ม (Ohm's Law) สำหรับการเรียกชื่อแอมมิเตอร์นั้น โดยทั่วไปแล้วจะเรียกตามความสามารถของการวัด เช่น มิลลิแอมมิเตอร์ (Milliammeter) ใช้วัดกระแสเป็นมิลลิแอมป์ หรือไมโครแอมมิเตอร์(Microammeter) ใช้วัดกระแสที่มีค่าเพียงเล็กน้อย




รูปที่ 2.48 แสดงรูป แอมมิเตอร์ (Ammeter)
(ที่มา : www.wittawad-chelsea.com)

2.26 โวลต์มิเตอร์ DC

2.26.1 ความหมายและหน้าที่การทำงาน

ดีซีโวลต์มิเตอร์ คือมิเตอร์วัดแรงดันไฟตรง(DC voltage) ในการใช้ดีซีโวลต์มิเตอร์วัดแรงดันไฟตรง จะต้องต่อดีซี โวลต์มิเตอร์วัดคร่อมขนานกับโหลดที่ต้องการวัดแรงดัน ขั้วของดีซีโวลต์มิเตอร์ที่จะต่อวัดคร่อมโหลด ต้องมีขั้วเหมือนแรง ดันที่ตกคร่อมโหลด โดยใช้หลักการวัดดังนี้ ใกล้บวกใส่บวก ใกล้ลบใส่ลบ คือโหลดขาใด รับแรงดันใกล้ขั้วบวก (+) ของ แหล่งจ่าย ก็ใช้ขั้วบวก (+) ของดีซีโวลต์มิเตอร์วัด โหลดขาใดรับแรงดันใกล้ขั้วลบ (-) ของแหล่งจ่าย ก็ใช้ขั้วลบ (-) ของ ดีซีโวลต์มิเตอร์วัด

การบ่ายเบนของเครื่องวัด PMMC จะขึ้นอยู่กับจำนวนกระแสที่ไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่กระแสที่ขดลวดจะเป็นสัดส่วน โดยตรงกับแรงดันที่ตกคร่อมขดลวด ดังนั้นสเกลแรงดันเครื่องวัด PMMC สามารถปรับแต่ง ได้ เนื่องจากความ ต้านทานขดลวดมีขนาดเล็กและแรงดันตก

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

คร่อมขดลวดก็มีไม่มาก จึงสามารถใช้วัดแรงดันได้ค่า ต่ำ ๆ แต่ ถ้าต้อง การ ขยายย่านวัดแรงดันให้สูงขึ้นก็ทำได้โดยการต่อความต้านทานอนุกรมเข้ากับเครื่องวัดPMMC เราเรียกความต้าน ทาน ที่ต่อเพิ่มเข้าไปนี้ว่า ความต้านทานตัวคูณ

โวลต์มิเตอร์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้วัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (แรงดันไฟฟ้าหรือแรงดันตกคร่อม) ระหว่าง จุดสองจุด ในวงจร ความจริงแล้วโวลต์มิเตอร์ก็คือแอมมิเตอร์นั่นเอง เพราะขณะวัดแรงดันไฟฟ้าในวงจร หรือแหล่ง จ่ายแรงดันจะต้องมี กระแสไฟฟ้าไหลผ่านมิเตอร์จึงทำให้เข็มมิเตอร์บ่ายเบนไป และการที่กระแสไฟฟ้าจะไหล ผ่าน เข้าโวลต์มิเตอร์ได้ ก็ต้องมี แรงดันไฟฟ้าป้อนเข้ามานั่นเองกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้ามีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน กระแสไฟฟ้าไหลได้มากน้อยถ้าจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้ามาน้อย กระแสไฟฟ้าไหลน้อย เข็มชี้บ่ายเบนไปน้อยถ้าจ่าย แรงดันไฟฟ้าเข้ามามาก กระแสไฟฟ้าไหลมาก เข็มชี้บ่ายเบนไปมาก การวัด แรงดันไฟฟ้าด้วยโวลต์มิเตอร์แสดง

2.26.2 การนำไปใช้งานอ่านสเกลของดีซีโวลต์มิเดอร์

1. ตั้งย่านใช้งานของมิเตอร์ในย่าน DCV มีทั้งหมด 7 ย่าน คือ 0.1V ,0.5V, 2.5V, 10V,50V, 250V, และ 1,000V

2. ใช้สายวัดสีแดงเสียบเข้าที่ขั้วต่อขั้วบวก (+) และสายวัดสีดำเสียบเข้าที่ขั้วต่อขั้วลบ

3. สเกลที่ใช้ในการอ่านค่าใช้สเกล DCV,A ซึ่งจะมี 3 สเกล อ่านขีดสเกลที่อยู่ใต้อกระจกเงาการอ่านค่าแรงดันที่ถูกต้องจะต้องใช้หลักการอ่าน

4. ปรับซีเล็กเตอร์สวิตซ์ตั้งย่านการวัดให้ถูกต้อง ถ้าหากไม่ทราบแรงดันไฟตรง ที่จะทำการวัดว่าเป็นเท่า ไร ให้ตั้งย่านวัดไฟตรงที่ตำแหน่งสูงสุด ไว้ก่อนและทำการปรับลดย่านให้ต่ำลงทีละย่าน จนกว่าเข็มเดิมมิเตอร์จะชี้ค่าที่อ่าน ได้ง่าย ๆ และถูกต้อง

5. การวัดแรงดันไฟตรงในวงจร ให้นำสายวัดขั้วลบ สีดำจับที่ขั้วลบของแหล่งจ่าย นำสายวัดขั้ว บวก สีแดงของ มิเตอร์ไปวัดแรงดันตามจุดต่าง ๆ ใส่ขั้วแรงดันที่วัดได้ที่ปลายทั้งสองข้างไม่ว่าจะ เป็นตัวต้านทานวงจรกำเนิดความถี่ วงจรทรานซิสเตอร์และอื่น ๆ โดยแรงดันที่วัดได้จะ มีค่าเป็นบวกเสมอ

6. ในตำแหน่งที่วัดด้วยดีซีโวลต์มิเตอร์ไม่ขึ้น แต่ขณะแตะสายวัดขั้วบวกเข้าไปหรือขณะดังสาย

รูปที่ 2.49 แสดงรูป โวลต์มิเตอร์ (voltage meter)
(ที่มา : www.wittawad-chelsea.com)

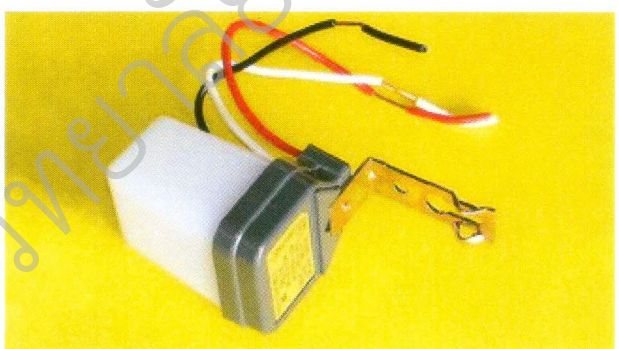
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

2.27 โฟโต้สวิทช์

หลักการทำงานของ Photo switch หรือ สวิทช์แสง

รูปที่ 2.50 โฟโต้สวิทช์
(ที่มา : www.wittawad-chelsea.com

Photo Switch คือสวิทช์ที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยแสงแดดให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงานก็ต่อเมื่ออยู่ในที่มืดหรือแสงสลัวเท่านั้น ตัวอย่างการใช้งานเช่น ไฟถนน หรือ ไฟรั้วที่ต้องการให้ไฟติดในเวลากลางคืนและไฟดับในเวลากลางวัน การทำงานอย่างอัตโนมัตินี้เพิ่มความสะดวกสบายและประหยัดพลังงาน ให้กับผู้ใช้งานเป็นอย่างยิ่ง โดยทั่วไป Photo Switch มีสองประเภท คือ



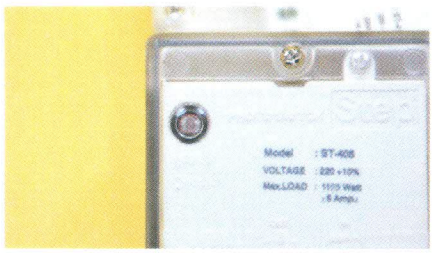
รูปที่ 2.51 สวิทช์แสงแบบ mechanic
(ที่มา : www.wittawad-chelsea.com

**2.27.1 สวิทช์แสงแบบ mechanic**

มีหลักการทำงานคือ ใช้ค่าความเข้มของแสงแดดในการเปลี่ยนความต้านทานของ LDR ซึ่งต่ออยู่กับ Bimetal โดยความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงนี้จะทำให้กระแสไหลผ่านผ่าน LDR มาก

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ขึ้นหรือน้อยลง กระแสเหล่านี้จะทำให้ค่าความร้อนของ Bimetal เปลี่ยนแปลงทำให้แผ่นโลหะงอแล้วมาสัมผัสกัน ซึ่งไปควบคุมการทำงานของหน้า contact ที่เอาไปต่อวงจรโหลดอีกที

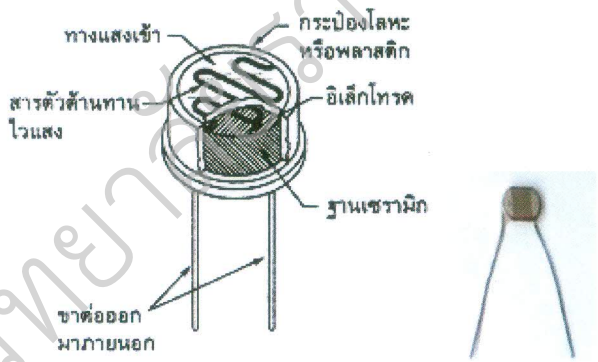


รูปที่ 2.52 สวิทช์แสงแบบ mechanic
(ที่มา : www.wittawad-chelsea.com

### 2.27.2 สวิทช์แสงแบบ electronic

ใช้ LDR ในการตรวจจับระดับความเข้มของแสงเช่นเดียวกัน แต่ขนาดจะเล็กกว่า และความต้านทานที่เปลี่ยนไปนี้จะเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าในวงจรอิเลคทรอนิค โดยเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิงที่ปรับตั้งมาแล้วจากโรงงาน ซึ่งจะนำไปควบคุม Relay แล้วนำไปควบคุมการทำงานของโหลดต่อไป ซึ่งสวิทช์แสงประเภทนี้เป็นประเภทเดียวกับสวิทช์แสงของ Step ค่ะ

### 2.27.3 ความรู้เพิ่มเติม




รูปที่ 2.53 Light Dependent Resistor
(ที่มา : www.wittawad-chelsea.com

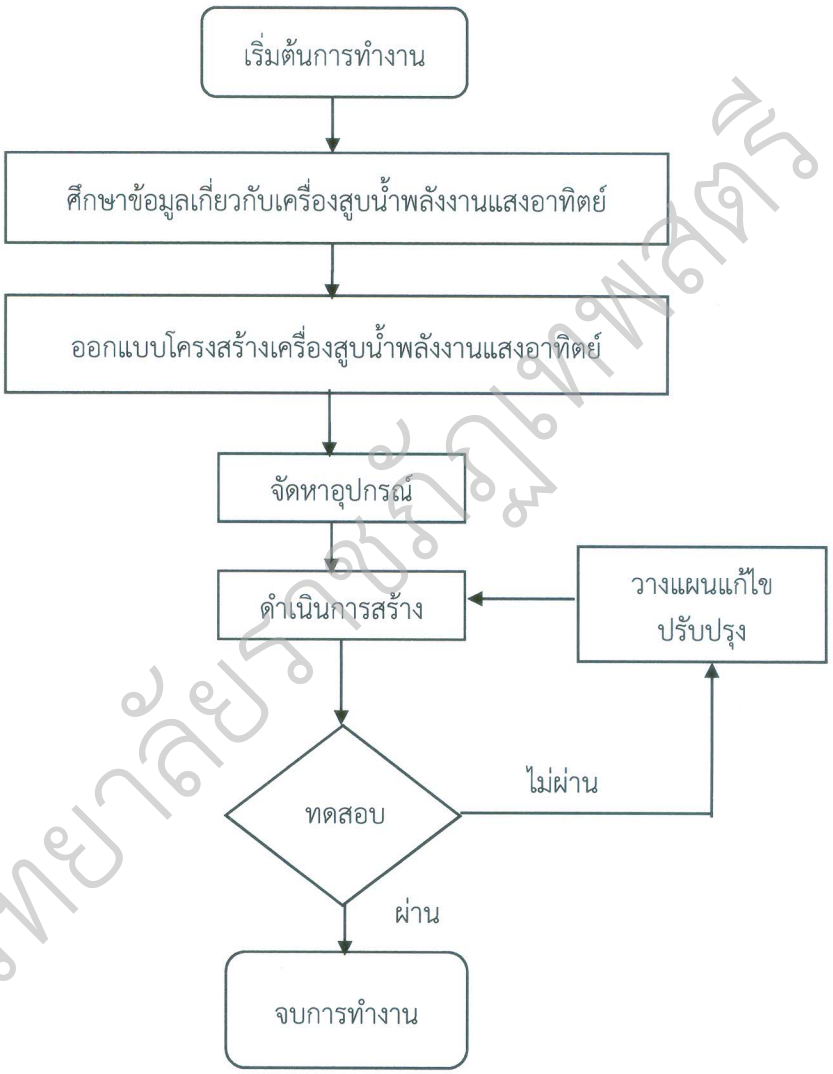
**LDR : Light Dependent Resistor** คือ ความต้านทานชนิดที่ไวต่อแสง กล่าวคือ ตัวความต้านทานนี้สามารถเปลี่ยนสภาพทางความนำไฟฟ้า ได้เมื่อมีแสงมาตกกระทบ บางครั้งเรียกว่าโฟโตรีซีสเตอร์ ( Photo Resistor) หรือ โฟโตคอนดัคเตอร์ (Photo Conductor) เป็นตัวต้านทานที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำ(Semiconductor) ประเภทแคดเมี่ยมซัลไฟด์ ( Cds : Cadmium Sulfide) หรือแคดเมี่ยมซิลินายส์ ( CdSe : Cadmium Selenide) ซึ่งทั้งสองตัวนี้ก็เป็นสารประเภทกึ่งตัวนำ เอามาฉาบลงบนแผ่นเซรามิกที่ใช้เป็นฐานรองแล้วต่อขาจากสารที่ฉาบ ไว้ออกมา

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

# บทที่ 3

# การออกแบบและหลักการทำงาน

โครงงานพัฒนาเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์มีลำดับขั้นการทำงานดังแสดงเป็นแบบผังการทำงานในรูปที่ 3.1




**รูปที่ 3.1** ขั้นตอนการดำเนินงาน

เครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ที่เคยได้ทำงานโปรเจคจากศูนย์การเรียนรู้เบทาโกรป่าสัก มีข้อเสียคือ **ทำงานได้เฉพาะตอนกลางวันเท่านั้น** ดังนั้นกลุ่มผู้วิจัยจึงทำการพัฒนาให้เครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ทำงานได้ตลอดเวลา โดยได้ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์และแบตเตอรี่ให้ทำงานเป็นระบบ *Auto* หลังจากศึกษาค้นคว้าเสร็จแล้ว ต่อมา**ผู้วิจัยจึงทำการออกแบบ วงจรระบบควบคุม และแบตเตอรี่ให้สามารถใช้กับเครื่องสูบน้ำพลังงาน**

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

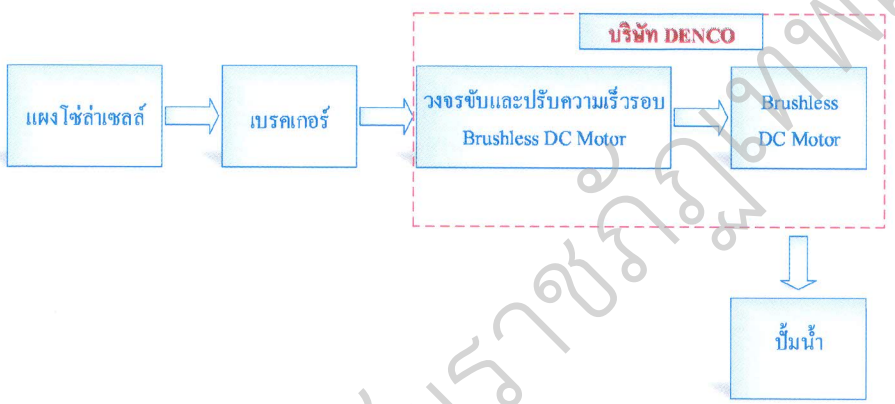
**แสงอาทิตย์ได้** จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการจัดหาซื้ออุปกรณ์ตามการคำนวณอุปกรณ์ แล้วทำการทดสอบและปรับปรุงแก้ไขตามวัตถุประสงค์ที่ผู้วิจัยได้ตั้งไว้

## 3.1 กระบวนการทำงานของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

จากการศึกษาการทำงานของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ในบทที่ 1 และได้พบปัญหาว่าในขณะที่เครื่องทำงานแบบดั้งเดิม คือเมื่อมีแสงมาตกกระทบแผงโซล่าเซลล์ มอเตอร์ก็จะทำงาน ทางผู้วิจัยจึงได้จำลองเหตุการณ์ เพื่อให้มอเตอร์สามารถทำงานได้ในขณะไม่มีแสงแดด และสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก จึงได้แยกการทำงานแบบดั้งเดิมและพัฒนาแล้ว ตามขอบเขตวัตถุประสงค์และได้พัฒนาโดยการติดตั้ง**เบรคเกอร์**และ**ระบบรี**เลย์ เพื่อตัดต่อวงจรไฟฟ้าในขณะใช้พลังงานแบตเตอรี่

3.1.1 กระบวนการทำงานของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์**ที่ยังไม่ได้มีการพัฒนา**ที่ศูนย์การเรียนรู้ เบทาโกรป่าสัก ลพบุรี

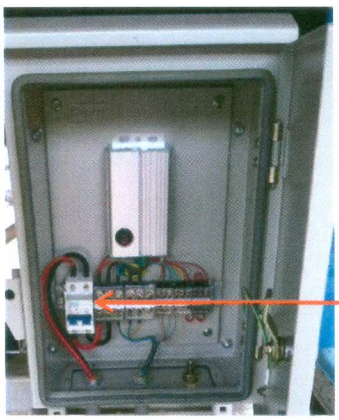
จากการศึกษาการทำงานของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เครื่องต้นแบบพบว่ามีการทำงานตามบล็อกไดอะแกรมดังแสดงในรูปที่ 3.2




**รูปที่ 3.2** บล๊อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เครื่องต้นแบบของบริษัท DENCO

จากรูปที่ 3.2 จะเห็นว่ากระบวนการทำงานคือเมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบบนแผงโซล่าเซลล์จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่เอาต์พุตของแสงโซล่าเซลล์ โดยที่แรงดันไฟฟ้านี้จะไหลเข้าสู่เบรคเกอร์ขนาด 6.3 A ดังรูปที่ 3.3 จากนั้นดังกล่าวจะถูกป้อนเข้าไปยังวงจรขับและปรับความเร็วรอบ Brushless DC Motor เพื่อไปขับโหลดของมอเตอร์ ซึ่งในที่นี้คือเครื่องสูบน้ำขนาด 0.5 แรงม้า ดังแสดงในรูป 3.4

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพลิง

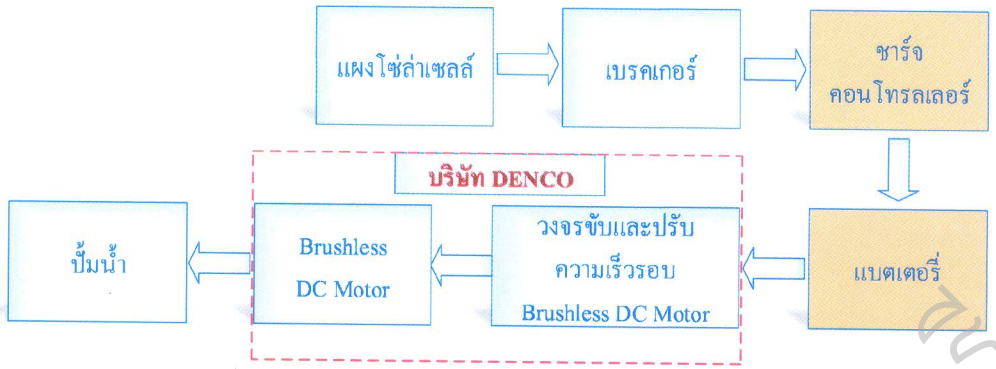



**รูปที่ 3.3** แสดงตำแหน่งของเบรคเกอร์ 6.3 A

**รูปที่ 3.4** แสดงการทำงานของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ในขณะเปิดวงจรที่ศูนย์การเรียนรู้เบทาโกรป่าสัก ลพบุรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

3.1.2 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ที่พัฒนาโดยการเพิ่ม **ชาร์จคอนโทรลเลอร์และแบตเตอรี่เข้าไป ดังรูปที่ 3.5**




**รูปที่ 3.5** บล็อกไดอะแกรมของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ที่ปรับปรุงใหม่

**โดยเพิ่มชาร์จคอนโทรลเลอร์และแบตเตอรี่เข้าไป**

จากรูปที่ 3.5 แสดงการทำงานของระบบเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ จะเห็นได้ว่ากลุ่มผู้วิจัยได้เพิ่มชาร์จคอนโทรลเลอร์เพื่อทำหน้าที่ควบคุมการประจุไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์แล้วเอามาเก็บไว้ที่แบตเตอรี่ในปริมาณที่เหมาะสม เพื่อป้องกันความเสียหายที่เกิดจากการประจุไฟในปริมาณที่มากเกินไป

โดยแบตเตอรี่ที่เพิ่มเข้าไปนั้นจะถูกใช้ เป็นพลังงานสำรองทดแทนพลังงานจากโซล่าเซลล์ ที่ไม่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ในเวลากลางคืน ซึ่งการสลับจากแผง โซล่าเซลล์ไปเป็นแบตเตอรี่นั้นจะเป็นไปโดยอัตโนมัติ

3.2 ขั้นตอนการออกแบบ

3.2.1 การเลือกเครื่องสูบน้ำ

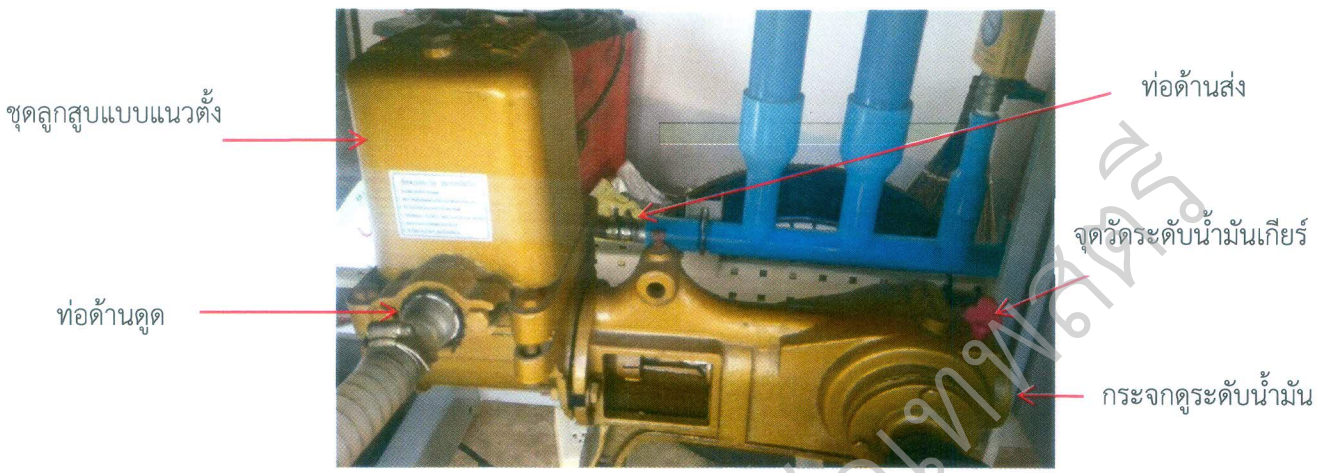
เนื่องจากชุดสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ของเครื่องต้นแบบ ( รูปที่ 3.2 ) มีข้อเสียคือในขณะที่ความเข้มของแสงน้อย มอเตอร์จะไม่หมุน หรือ มอเตอร์ไม่สามารถดูดน้ำขึ้นมาจากที่กักเก็บได้ อีกประการหนึ่งคือ ในขณะที่เกิดมีวัตถุมาบังแสง หรือ บังเซลล์แสงอาทิตย์บางเซลล์ มีผลให้มอเตอร์หมุนช้าลงหรือหยุดการทำงานเช่นกัน

สำหรับชุดเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์นี้ กลุ่มผู้วิจัยได้เลือกปั๊มสูบน้ำแบบปั๊มชัก ขนาดท่อดูด 1×1 นิ้ว ทำงานที่แรงดันไฟบ้าน 220 Vrms ความถี่ 50 Hz ให้กำลังงาน 0.5 HP ความเร็วรอบของมอเตอร์ 400 – 600 rpm แสดงได้ดังตาราง 3.2

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

**ตารางที่ 3.2** คุณสมบัติของเครื่องสูบน้ำ

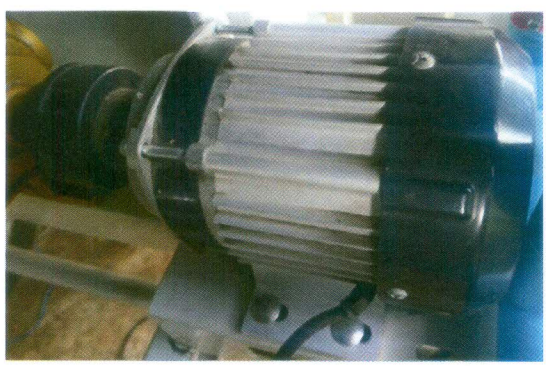
| รุ่น | กำลัง 373 W | ท่อดูด/ท่อส่ง | ปริมาณน้ำสูงสุด | ส่งได้สูงสุด | ราคา |
|---|---|---|---|---|---|
| | ( แรงม้า / วัตต์ ) | (นิ้ว) | (ลิตร/นาที) | (เมตร) | (ราคา) |
| SKP60-1 | 0.5 / 373 | 1x1 | 36 | 35 | 1,500 |




รูปที่ 3.6 เครื่องสูบน้ำ ที่กลุ่มวิจัยเลือกใช้งาน

3.2.2 การเลือกใช้งานมอเตอร์

ผู้วิจัยจะเลือกใช้มอเตอร์แบบ Brushless DC ( BLDC ) มอเตอร์ ที่แหล่งจ่ายไฟ 24 VDC ให้กำลังงาน 300 W 500 rpm. เพราะอายุการใช้งานนานเกือบ 10 ปี และไม่ต้องเปลี่ยนแปรงถ่าน เปลือกเป็นอลูมิเนียม มีครีบระบายความร้อน เฟืองทดใหญ่กว่าเป็นแบบ Sun Gear วัสดุเฟืองเป็นยูรีเทน และมีการระบายความร้อนที่ดี รวมทั้งยังมีพัดลมระบายความร้อน โครงสร้างสำคัญภายในของมอเตอร์ ประเภท BLDC ก็คือ แกนหมุน (Rotor ) จะมีลักษณะ เป็นทุ่นแม่เหล็กถาวรอยู่ตรงแกนกลาง ส่วนขดลวดเหนี่ยวนำจะอยู่ภายในรอบๆของเปลือกมอเตอร์ ในเรื่องของความร้อนสะสมก็มีแต่ไม่มาก



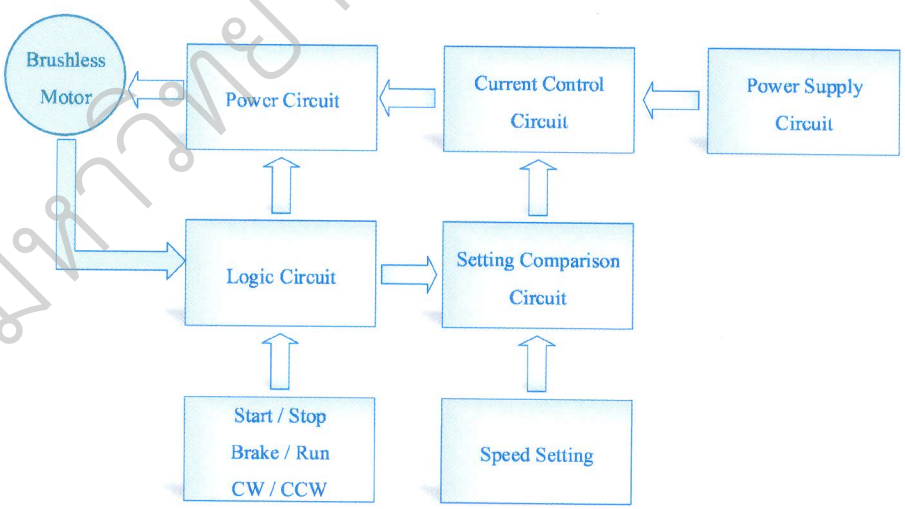
รูปที่ 3.7 BLDC มอเตอร์ ที่ใช้งานของผู้วิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

3.2.3 การเลือกตัวปรับความเร็วและมอเตอร์ไร้แปรงถ่าน ( Brushless DC Motor )

เนื่องจากทั้งตัวปรับความเร็วและมอเตอร์ไร้แปรงถ่าน ( BLDC ) เป็นอุปกรณ์ที่ได้ถูกติดตั้งไว้อยู่ก่อนแล้วโดยบริษัท DENCO ซึ่งที่ผ่านมาจนถึงขณะนี้ อุปกรณ์ทั้งสอง ก็ยังคงทำงานได้เป็นปกติ โดยสามารถขับปั้มน้ำให้สูบน้ำได้ตามที่เราต้องการ รูปที่ 3.8 แสดงบล็อคไดอะแกรมของ BLDC มอเตอร์ทั้งระบบโดยแต่ละบล็อกย่อยจะทำหน้าที่แตกต่างกันซึ่งสามารถสรุปพอเข้าใจดังนี้

- Power Circuit ทำหน้าที่ขับ BLDC มอเตอร์ ให้หมุนตามความเร็วที่ต้องการ
- Current Control Circuit จะเป็นตัวส่งสัญญาณไปควบคุมเพื่อปรับให้ Power Circuit เพิ่มหรือลดความเร็วในกรณีที่ความเร็วที่วัดได้โดยเซ็นเซอร์เกิดความคลาดเคลื่อน ไม่ตรงกับตำแหน่งที่ได้ตั้งค่าไว้ก่อนหน้านี้
- Power Supply Circuit คือแหล่งจ่ายไฟดีซีของระบบทั้งหมด
- Setting Comparison Circuit เป็นตัวเปรียบเทียบความเร็วที่ตั้งไว้กับความเร็วที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ผ่าน Logic Circuit
- Speed Setting ทำหน้าที่กำหนดความเร็วตามที่ผู้ใช้งานโปรแกรมหรือตั้งค่า
-
- Start/Stop , Break/Run และ CW/CCW เป็นตัวรับคำสั่งจากผู้ใช้งานว่าต้องการให้มอเตอร์เริ่มทำงานหรือหยุดหมุน เช่นเดียวกับ ต้องการให้เบรกหรือหมุนต่อไป และสุดท้ายคือ ต้องการให้หมุนตามเข็มหรือทวนเข็มนาฬิกา

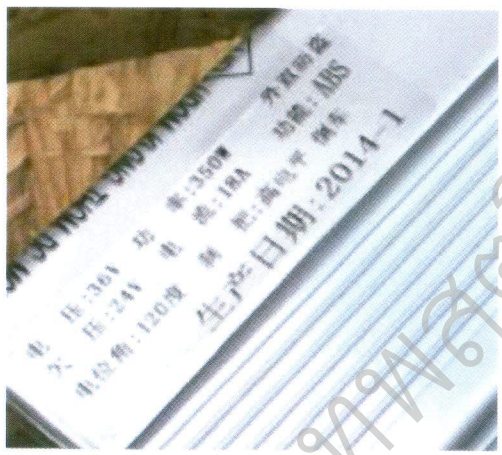



รูปที่ 3.8 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุม BLDC Motor ของบริษัท DENCO

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

สำหรับสเปคของส่วนควบคุมความเร็วรอบของ BLDC มอเตอร์นั้นสามารถดูได้จากเนมเพลทในรูปที่ 3.9 โดยผู้วิจัย ได้สรุปให้เห็นอีกครั้งดังต่อไปนี้

- DC Power Supply : 24 – 36 V
- Output Power : 350 W
- Output Current : 18 A



รูปที่ 3.9 กล่องควบคุมมอเตอร์ไร้แปรงถ่าน และเนมเพลทขนาด 350 W ของผู้วิจัยที่ซื้อมาจากบริษัท DENCO

3.2.4 การเลือกใช้แบตเตอรี่

เนื่องจากชุดปรับความเร็วรอบของ BLDC มอเตอร์ ของบริษัท DENCO ทำหน้าที่เป็นโหลดของแบตเตอรี่ ถ้าไม่คิดการสูญเสียในชุดขับดังกล่าว กำลังเอาต์พุตจะมีค่าเท่ากับกำลังที่อินพุท ซึ่งกำลังเอาต์พุตของชุดปรับความเร็วรอบตามเนมเพลทในรูปที่ 3.9 คือ 350 W หมายความแบตเตอรี่ที่เราต้องออกแบบเลือกมาใช้งานนั้น จะต้องจ่ายไฟด้วยกำลังเท่ากับ 350 W เช่นกัน

จากสมการ $P = V I$

แทนค่า P และ V เข้าไป $(350\ W) = (24\ V) \times I$

ย้ายข้างสมการหาค่า I จะได้ $I = 14.58\ A$

จากการสำรวจเก็บข้อมูลเวลาโดยเฉลี่ยที่ปั๊มน้ำสามารถทำงานได้ช่วงกลางคืนประมาณ 6 ชั่วโมง สามารถคำนวณหาค่าความจุของแบตเตอรี่ได้คือ $(14.58\ A) \times (6\ h) = 87.48\ Ah$

ดังนั้นค่าความจุของแบตเตอรี่ที่ต้องหาซื้อมาใช้งานจะต้องเลือกค่าที่มากกว่า 87.48 Ah ซึ่งตามท้องตลาดค่าความจุที่ใกล้ค่า 87.48 Ah มากที่สุดคือ 90 Ah ดังนั้นกลุ่มผู้วิจัยจึงเลือกแบตเตอรี่ขนาด 12 V โดยมีความจุเท่ากับ 90 Ah จำนวณ 2 ลูก ต่ออนุกรมกันเพื่อให้ได้แรงดันเท่ากับ 24 V

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

รูปที่ 3.10 แบตเตอรี่ที่กลุ่มผู้วิจัยเลือกใช้รุ่น MF-175 R 12 V /90 Ah แบบตะกั่วกรดต่ออนุกรม จำนวน 2 ลูก

3.2.5 การเลือกใช้ชาร์จคอลโทรลเลอร์ ( Charger Controller )

หลักการเลือกใช้งานชาร์จคอลโทรลเลอร์นั่น มีตัวแปรหลักๆจำนวน 2 ตัว ที่สำคัญคือ แรงดันเอาต์พุตของอุปกรณ์ดังกล่าวจะต้องมีค่าเท่ากับแรงดันของแบตเตอรี่ที่เราใช้งาน ซึ่งในที่นี้คือ 24 V และอีกอันต่อมาจะเป็นกระแสที่ชาร์จคอลโทรลเลอร์จ่ายออกมาเพื่อไปชาร์จแบตเตอรี่ดังกล่าว ควรจะมีค่าประมาณ 0.1 C
กล่าวคือ C คือค่าความจุของแบตเตอรี่ของเราซึ่งก็คือ 90 Ah จะได้กระแสชาร์จที่เหมาะสมคือ
( 0.1 ) X ( 90 ) = 9 A

สรุปก็คือเราจะต้องเลือกซื้อชาร์จคอลโทรลเลอร์ที่ให้แรงดันเอาต์พุต 24 V และต้องสามารถปรับค่ากระแสสำหรับชาร์จแบตได้ 9 A ด้วย รูปที่ 3.11 แสดงชาร์จคอลโทรลเลอร์ ขนาด 24 V / 20 A ( ปรับค่าได้ )

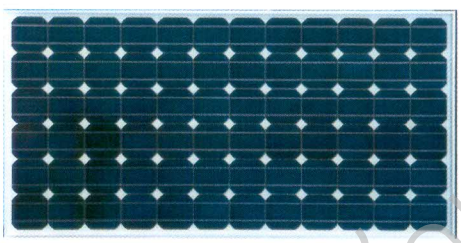
รูปที่ 3.11 ชาร์จคอลโทรลเลอร์ 24V / 20 A ที่กลุ่มวิจัยเลือกใช้งาน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

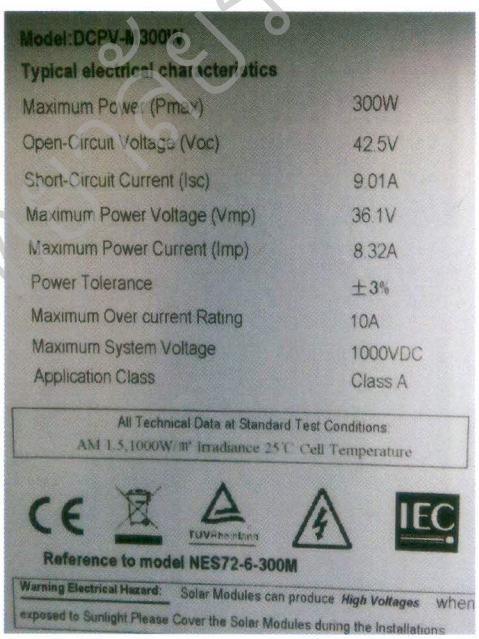
3.2.6 การเลือกใช้แผงโซล่าเซลล์

สำหรับแผงโซล่าเซลล์ที่เราเลือกใช้ในโครงการนี้จะเป็นชนิดโมโนคริสตอลไลน์ ( monocrystalline ) เหตุผลในการเลือกใช้แผงโซล่าเซลล์ชนิดนี้ เพราะมีประสิทธิภาพสูงกว่าชนิดอื่นๆ หลักการเลือกขนาดของแผงดังกล่าวนั้น จะต้องคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าเอาต์พุตของCharge Controller ในที่นี้จะเท่ากับ ( 24 V ) X ( 9 A ) = 216 W นั่นคือกำลังไฟฟ้าต่ำสุดจาก แผงโซล่าเซลล์ ที่จะต้องป้อนให้กับ Charge Controller ตามกฎการอนุรักษ์กำลังงาน ( กำลังไฟฟ้าด้านเข้า = กำลังไฟฟ้าขาออก ) จะต้องมีค่าอย่างน้อย 216 W ขึ้นไป

ดังนั้นในโครงงานนี้ เราจะเลือกใช้แผงโซล่าเซลล์แบบโมดุลขนาด 36.1 V / 300 W โดยรูปที่ 3.12 และ 3.13 แสดงโซล่าเซลล์ชนิดโมโนคริสตอลไลน์และเนมเพลทของอุปกรณ์ ดังกล่าวตามลำดับ



รูปที่ 3.12 แสดงแผงโซล่าเซลล์ ชนิดโมโนคริสตอลไลน์แบบโมดูล ขนาด 300 W ที่ทางกลุ่มผู้วิจัยเลือกใช้งาน




รูปที่ 3.13 เนมเพลทของโมดูลโซล่าเซลล์จากรูปที่ 3.12

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

### 3.3 การออกแบบ

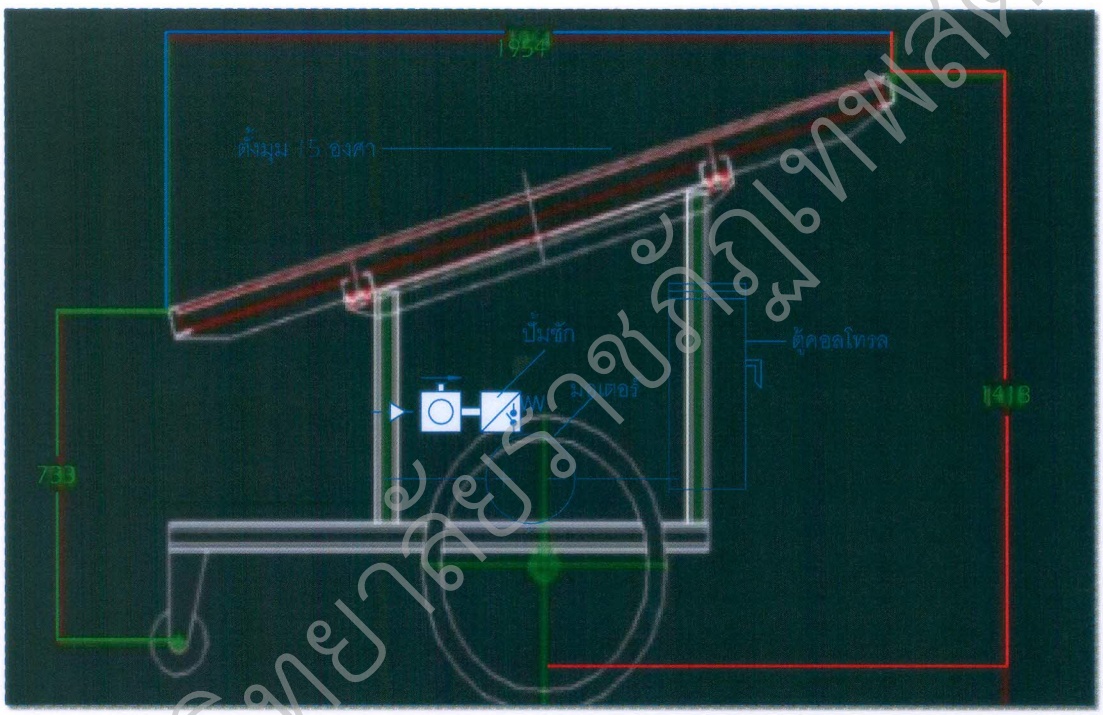
3.3.1 ขั้นตอนการออกแบบโครงสร้าง เครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบ อัตโนมัติ

ในการออกแบบเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ คณะผู้จัดทำได้แบ่งกระบวนการออกแบบออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่

- โครงสร้างที่ยังไม่ได้พัฒนา แบบที่ศูนย์การเรียนรู้เบทาโกรป่าสัก
- โครงสร้างที่กลุ่มผู้วิจัยได้พัฒนาระบบแล้ว

3.3.2 โครงสร้างที่ยังไม่ได้พัฒนา แบบที่ศูนย์การเรียนรู้เบทาโกรป่าสัก

แสดงดังรูปที่ 3.14



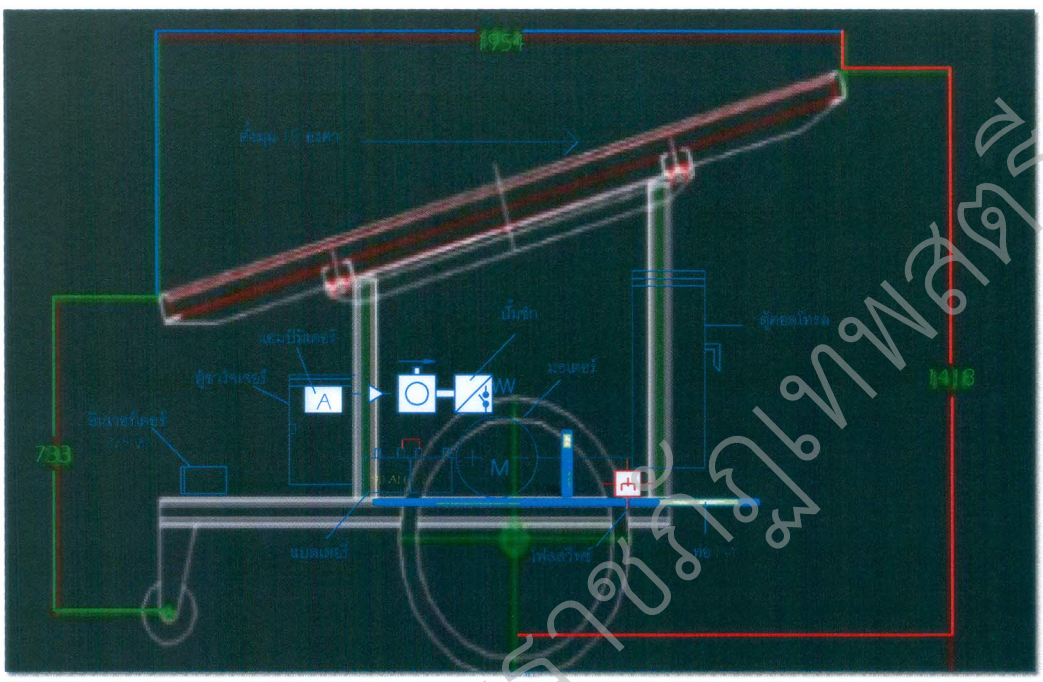

รูปที่ 3.14 โครงสร้างที่ยังไม่ได้พัฒนา แบบที่ศูนย์การเรียนรู้เบทาโกรป่าสัก

จากรูปที่ 3.14 การออกแบบโครงสร้างการรับแสงของแผงโซล่าเซลล์ โดยโครงสร้างด้านหน้าและ ด้านหลังจะมีความสูงไม่เท่ากัน จะทำมุมเอียง 15 องศาเพราะเป็นมุมที่ตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ จะเห็นได้ว่ายังไม่ได้มีการพัฒนาของแหล่งพลังงานของแบตเตอรี่ และระบบตู้ ชาร์จเจอร์ และ ระบบ Alarm ต่างๆ เข้ามา

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

3.3.3 โครงสร้างที่กลุ่มผู้วิจัยได้พัฒนาระบบแล้ว โดยเพิ่มพลังงานแบตเตอรี่เข้าไป

กลุ่มผู้วิจัยได้เลือกขนาดของแบตเตอรี่ขนาด 90 AH ต่ออนุกรมจำนวน 2 ลูก และได้เพิ่มตู้ควบคุมระบบชาร์จเจอร์ 20 A เข้าไป ส่วนระบบป้องกันแรงดันน้ำแห้ง ให้มอเตอร์หยุดการทำงาน กลุ่มผู้วิจัยได้เพิ่มโฟลสวิทช์ขนาด ½ นิ้ว เพื่อป้องกันมอเตอร์เสียหาย และยังประหยัดพลังงานในกรณี ใช้แหล่งจ่ายจาก แบตเตอรี่ ดังแสดงในรูปที่ 3.15




รูปที่ 3.15 โครงสร้างที่กลุ่มผู้วิจัยได้พัฒนาระบบแล้ว

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

รูปที่ 3.16 การติดตั้งโครงสร้างและแผงโซล่าเซลล์ในการรับแสงของกลุ่มผู้วิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

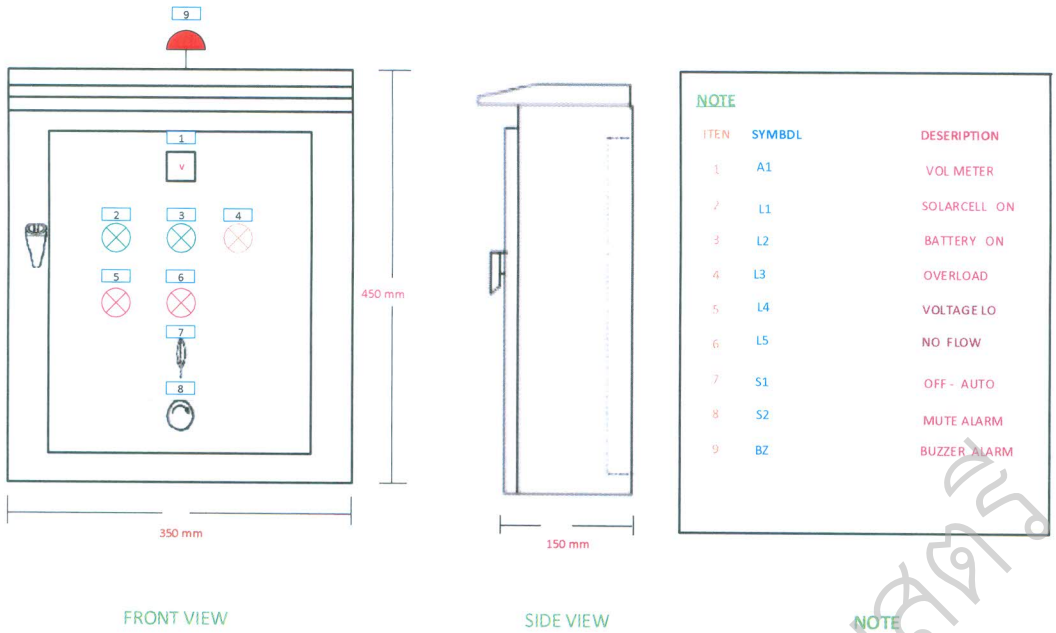
3.3.4 การออกแบบแท่นวางของอุปกรณ์ ต่างๆ จะใช้เป็นเหล็กกล่อง ความยาว 45 เซนติเมตร ทำเพื่อรับน้ำหนักของอุปกรณ์ต่างๆ ในการใช้งานของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 3.17

รูปที่ 3.17 การติดตั้งพื้นที่วางอุปกรณ์เครื่องสูบน้ำแบบ BLDC มอเตอร์ ของบริษัท DENCO

3.3.5 ขั้นตอนการออกแบบหน้าตู้ควบคุม

ในการออกแบบเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ผู้วิจัยได้แบ่งกระบวนการในการออกแบบระบบตู้ควบคุมดังรูปที่ 3.18

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร




รูปที่ 3.18 การกำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆบนหน้าตู้ควบคุม

ในรูปที่ 3.18 การออกแบบเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ที่หน้าตู้ควบคุม มีหลักการทำงานดังต่อไปนี้

หมายเลขที่ 1 : โวลท์มิเตอร์ DC แสดงแรงดันไฟฟ้าโซล่าเซลล์และแรงดันแบตเตอรี่ขณะมอเตอร์และปั๊มชักทำงาน

หมายเลขที่ 2 : หลอดแสดงสถานะ 24 DC สีเขียว แสดงการทำงานของระบบพลังงานโซล่าเซลล์เมื่อระบบมอเตอร์ทำงานอัตโนมัติ

หมายเลขที่ 3 : หลอดแสดงสถานะ 24 DC สีเขียว แสดงการทำงานของระบบพลังงานแบตเตอรี่เมื่อระบบมอเตอร์ทำงานอัตโนมัติ

หมายเลขที่ 4 : หลอดแสดงสถานะ 24 DC สีส้ม แสดงการทำงานของระบบมอเตอร์ เมื่อกระแสเกินโอเวอร์โหลด และมอเตอร์จะหยุดการทำงานแล้วส่งเสียงเตือน

หมายเลขที่ 5 : หลอดแสดงสถานะ 24 DC สีแดง แสดงการทำงานของระบบพลังงาน หากแรงดันด้านโซล่าเซลล์ และแรงดันแบตเตอรี่มีพลังงานน้อย ทั้งสองระบบมอเตอร์จะหยุดการทำงานแล้วส่งเสียงเตือน

หมายเลขที่ 6 : หลอดแสดงสถานะ 24 DC สีแดง แสดงการทำงานของระบบแรงดันของปั๊มน้ำ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

หากกรณีน้ำในบ่อสูบแห้ง หรือมีขยะอุดตันระบบจะตัดการทำงานแล้วส่งเสียงเตือน

หมายเลขที่ 7 : สวิทช์ เปิด – ปิดการทำงานอัตโนมัติ ผู้วิจัยเลือกใช้สวิทช์ 2 จังหวะเพื่อเปิดและปิดการทำงานเพียงครั้งเดียว เนื่องจากเป็นระบบ Auto

หมายเลขที่ 8 : สวิทช์ปุ่มกดฉุกเฉิน ทำหน้าที่หยุดการทำงานของระบบเสียง Alarm ต่างๆ ในกรณีที่มีเหตุการณ์ผิดปกติที่ไซเรนแจ้งเตือน

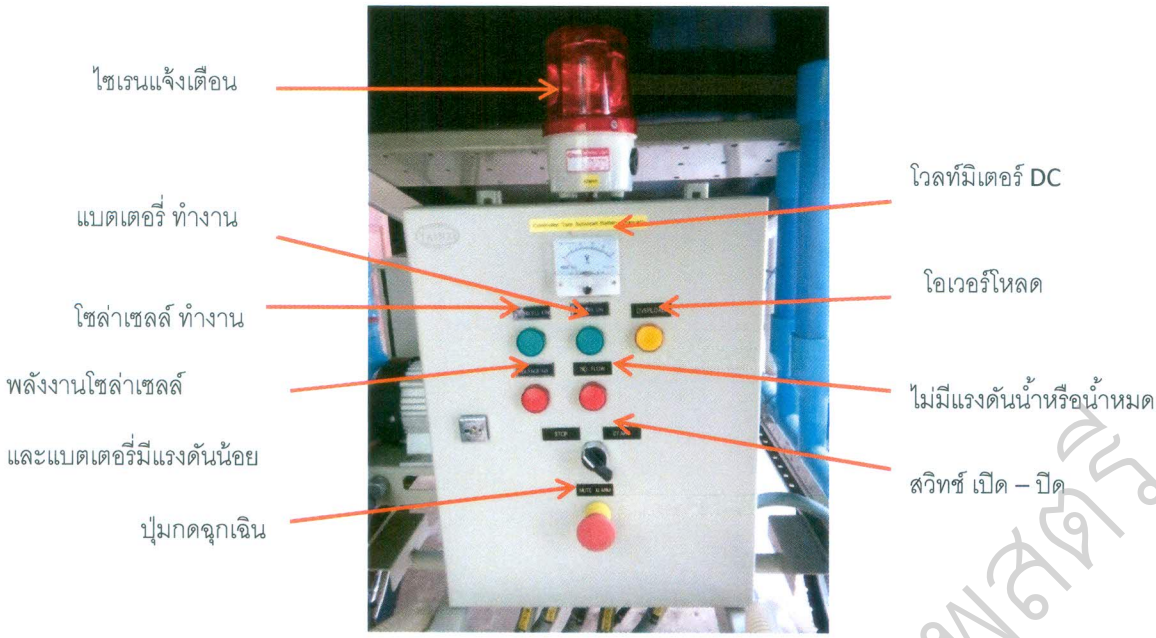
หมายเลขที่ 9 : ไซเรนแจ้งเตือน ผู้วิจัยเลือกแรงดันไฟ 24 VDC สีแดง ทำหน้าที่ ส่งเสียงเตือน Alarm ต่างๆ ดังหัวข้อต่อไปนี้

- เมื่อกระแสเกินโอเวอร์โหลด มอเตอร์จะหยุดการทำงานแล้วส่งเสียงเตือน
- หากแรงดัน ด้านโซล่าเซลล์ และแรงดันแบตเตอรี่มีพลังงานน้อยทั้งสองระบบมอเตอร์จะหยุด การทำงานแล้วส่งเสียงเตือน
- ระบบแรงดันของปั๊มน้ำหากกรณีน้ำในบ่อสูบแห้ง หรือมีขยะอุดตันที่ปลายท่อสูบน้ำ ระบบจะตัดการทำงานแล้วส่งเสียงเตือน

3.3.6 การออกแบบเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ เมื่อได้อุปกรณ์ที่กำหนด ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้าง และประกอบตู้ควบคุมขึ้นมา ดังแสดงในรูปที่ 3.19

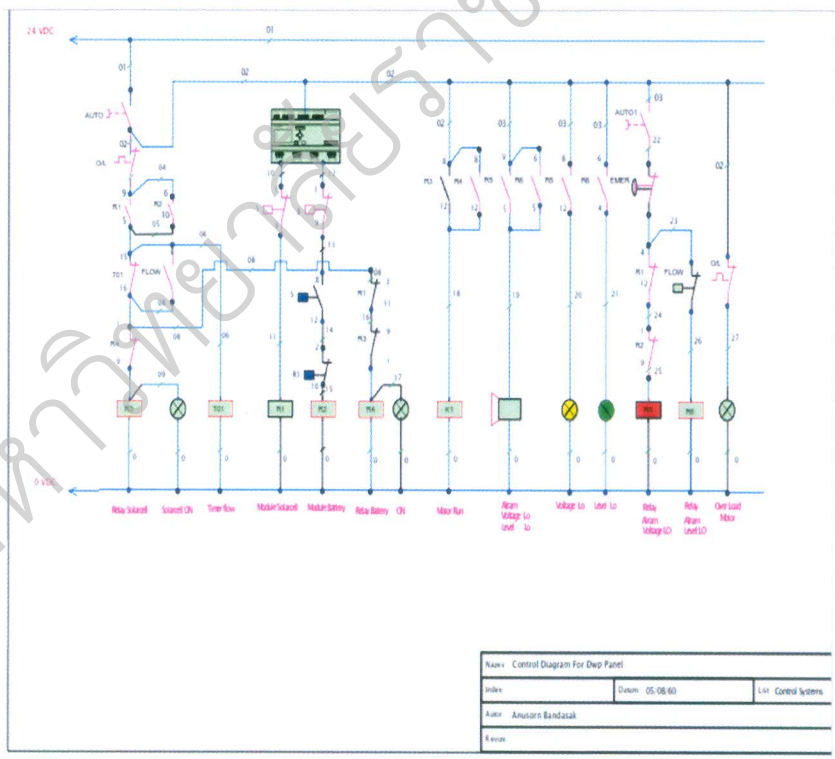
รูปที่ 3.19 แสดงการติดตั้งและประกอบหน้าตู้ ระบบควบคุม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี




รูปที่ 3.20 แสดงหน้าที่และหลักการทำงานหน้าตู้ ระบบควบคุมของผู้วิจัย

3.3.7 ขั้นตอนการออกแบบ วงจรควบคุมในตู้ ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบระบบ ควบคุมการทำงานอัตโนมัติ ดังแสดงในรูป 3.21



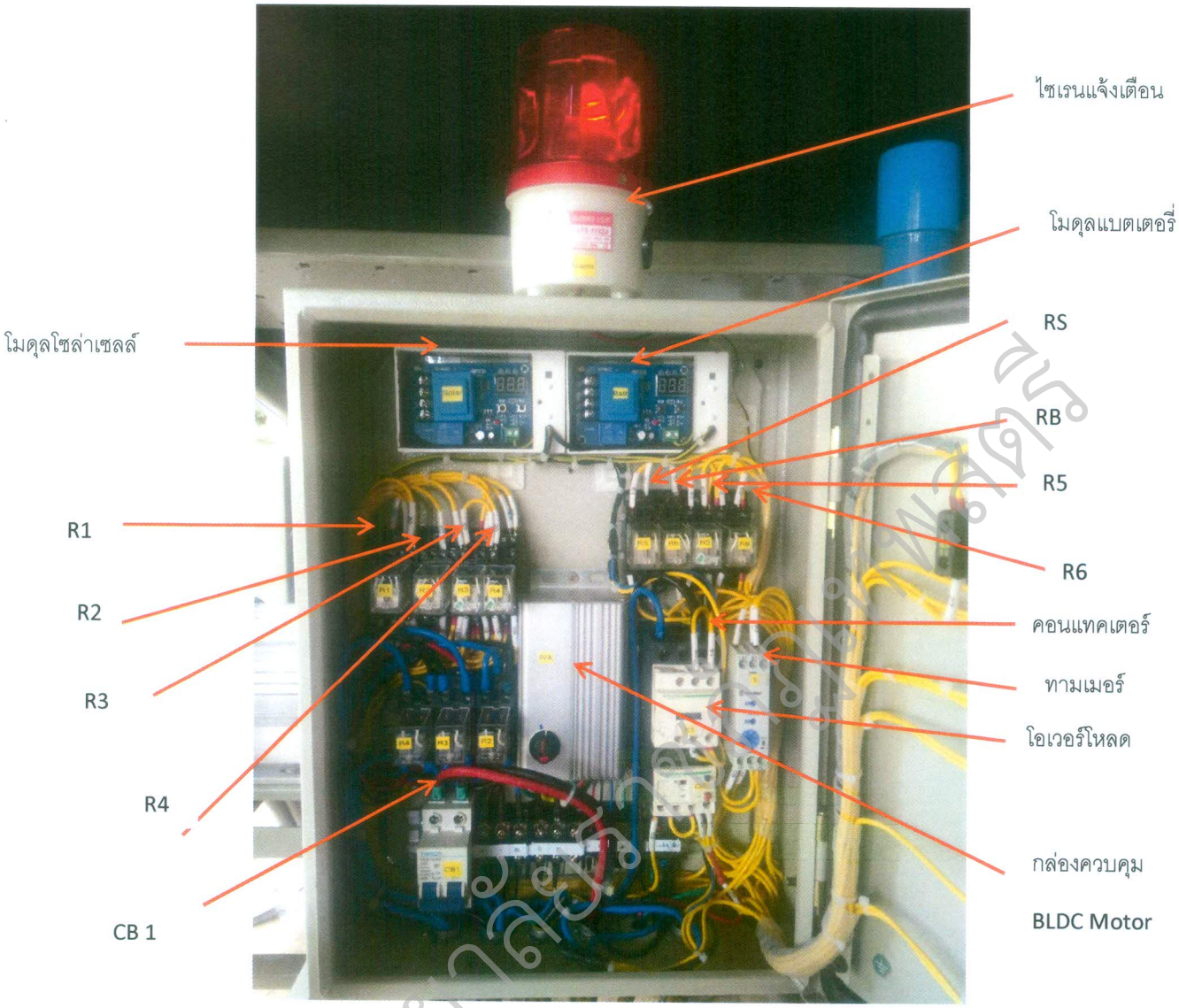

รูปที่ 3.21 วงจรควบคุมในตู้ ( Control ) ระบบอัตโนมัติ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

3.3.8 การออกแบบเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ เมื่อได้อุปกรณ์ที่กำหนด ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้าง และประกอบตู้ควบคุมขึ้นมา ดังแสดงในรูปที่ 3.22

รูปที่ 3.22 การติดตั้ง และประกอบตู้ควบคุม ระบบอัตโนมัต

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี




รูปที่ 3.23 แสดงตำแหน่งและชื่ออุปกรณ์การทำงานในตู้ ระบบควบคุม

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

3.3.9 หน้าที่และหลักการทำงานของระบบในตู้ Contorl ทั้งหมด มีดังต่อไปนี้

โมดุล DC โซล่าเซลล์ : มีหน้าที่แสดงแรงดันของโซล่าเซลล์ หากแรงดันของระบบโซล่าต่ำตามที่ SET ค่าแรงดันไว้ก็จะตัดวงจรการทำงานของ โซล่าเซลล์

โมดุล DC แบตเตอรี่ : มีหน้าที่แสดงแรงดันของ แบตเตอรี่ หากแรงดันของแบตเตอรี่ต่ำตามที่ SET ค่าแรงดันไว้ก็จะตัดวงจรการทำงานของ แบตเตอรี่

รีเลย์ R1 24 VDC : ควบคุมวงจร การทำงานของระบบ โซล่าเซลล์อัตโนมัติคำสั่งจากโมดุล

รีเลย์ R2 24 VDC : ควบคุมวงจร การทำงานของระบบ แบตเตอรี่อัตโนมัติคำสั่งจากโมดุล

รีเลย์ R3 24 VDC : ควบคุมวงจร การทำงานของระบบ โซล่าเซลล์และสั่งให้มอเตอร์ทำงาน

รีเลย์ R4 24 VDC : ควบคุมวงจร การทำงานของระบบแบตเตอรี่และสั่งให้มอเตอร์ทำงาน

รีเลย์ R5 24 VDC : ควบคุมวงจร การทำงานของระบบ Alarm ต่างๆ

รีเลย์ R6 24 VDC : ควบคุมวงจร การทำงานของระบบ แรงดันของน้ำและตัดการทำงานของมอเตอร์

รีเลย์ RS 24 VDC : รีเลย์ เอ้าพุท จากโมดุล DC โซล่าเซลล์ ตัดการทำงานของระบบโซล่าเซลล์

รีเลย์ RB 24 VDC : รีเลย์ เอ้าพุท จากโมดุล DC แบตเตอรี่ ตัดการทำงานของระบบ แบตเตอรี่

คอนแทคเตอร์ D38 24 VDC : สวิทช์ตัดต่อวงจรไฟฟ้าเพื่อการ เปิด – ปิด มอเตอร์

โอเวอร์โหลด LRD 14 10 A : ป้องกันโหลดเกินของมอเตอร์ ผู้วิจัยเลือกใช้กระแส 10 A

ทามเมอร์ 24 VDC : หน่วงเวลาการทำงานให้กับอุปกรณ์ โฟลสวิทช์ ขนาด ½ นิ้ว

เบรกเกอร์ CB 1 63 A : ป้องกันโหลดเกิน ของแผงโซล่าเซลล์ ผู้วิจัยเลือกใช้กระแส 6.3 A

ไซเรน 24 VDC สีแดง : แจ้งเหตุการณ์ Alarm ต่าง ๆ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

3.3.10 เครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ที่กลุ่มผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาแล้ว

รูปที่ 3.24 แสดงโครงสร้างและระบบการทำงานที่พัฒนาแล้วของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานแบตเตอรี่

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

# บทที่ 4

## การทดสอบการทำงานของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทำงานของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ โดยจะมีการทำการทดสอบแผงโซล่าเซลล์ก่อนการพัฒนาเครื่อง การทดสอบปริมาณแรงดันไฟฟ้า ณ จุดต่าง ๆ ระหว่างทดสอบการสูบน้ำในขณะใช้ Solar Cell เปรียบเทียบกับการใช้ Battery การเปรียบเทียบปริมาณน้ำที่สูบได้จากระบบ Solar Cell กับ Battery การทดสอบการทำงานของแบตเตอรี่ (ช่วงแสงน้อยหรือเวลากลางคืน) การทดสอบชาร์จแบตเตอรี่ และการคำนวณจุดคุ้มทุนก่อนที่จะออกแบบเพื่อพัฒนาการทำงานของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ และได้ทดสอบเครื่องก่อนที่จะนำมาพัฒนา และนำผลที่ได้มาทำการออกแบบเครื่องให้มีประสิทธิภาพดังนี้

4.1 การทดสอบการทำงานของแผงโซล่าเซลล์และกระแสการชาร์จของแบตเตอรี่

4.2 การทดสอบปริมาณแรงดันไฟฟ้าและวัดรอบ ( RPM ) ณ จุดต่างๆ ระหว่างทดสอบการสูบน้ำในขณะใช้พลังงาน **( โซล่าเซลล์ )**

4.3 การทดสอบปริมาณแรงดันไฟฟ้าและวัดรอบ ( RPM ) ณ จุดต่างๆ ระหว่างทดสอบการสูบน้ำในขณะใช้พลังงาน **( แบตเตอรี่ )**

4.4 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำที่สูบได้จากระบบ โซล่าเซลล์ และ แบตเตอรี่

4.5 การทดสอบการทำงานของแบตเตอรี่ (ช่วงแสงน้อยหรือกลางคืน)

4.6 การทดสอบอุณหภูมิอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆขณะทำงานด้วยเครื่องเทอร์โมสแกน

4.7 ตารางการเปรียบเทียบข้อมูลค่าใช้จ่าย

### 4.1 การทดสอบการทำงานของแผงโซล่าเซลล์และกระแสชาร์จของแบตเตอรี่

ก่อนที่จะออกแบบเพื่อพัฒนาการทำงานของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ทางกลุ่มผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการทำงานของแผงโซล่าเซลล์และกระแสชาร์จของแบตเตอรี่ ได้นำแผงโซล่าเซลล์ไปรับแสงอาทิตย์ที่เวลาแตกต่างกัน จากช่วงเช้าตั้งแต่เวลา เวลา 09.40 น. จนกระทั่งเย็นเวลา 15.00 น. ในขณะไม่มีโหลด โดยในแต่ละช่วงเวลาจะทำการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ออกมาจากแผงโซล่าเซลล์และกระแสชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่ ซึ่งได้ผลการทดลองตามตารางที่ 4.1

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ตารางที่ 4.1 การทดสอบการทำงานของแผงโซล่าเซลล์และกระแสชาร์จของแบตเตอรี่

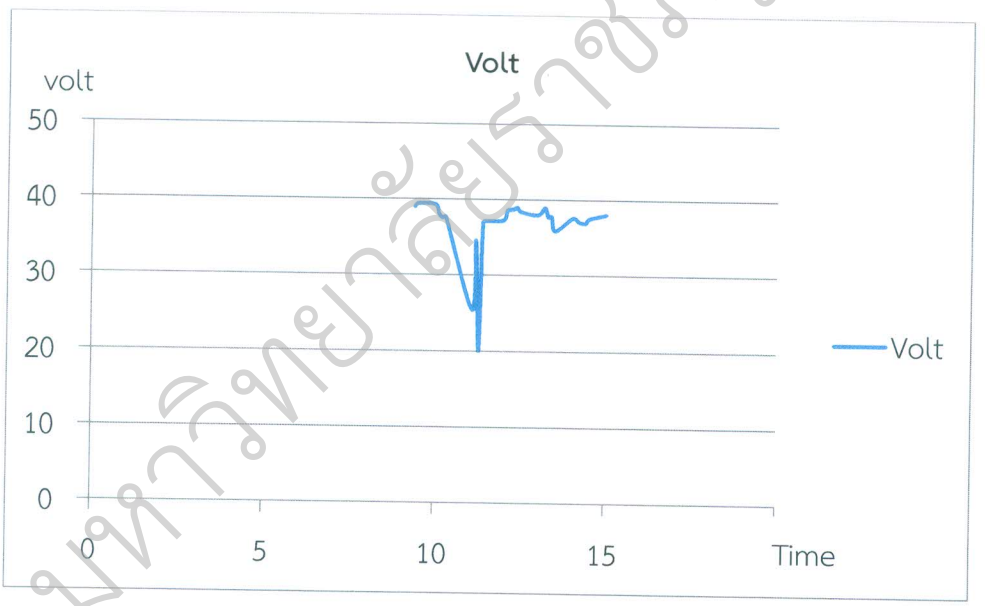
| เวลาการทดลอง | เอาท์พุตของแผงโซล่าเซลล์ V (DC) | กระแสชาร์จของแบตเตอรี่ A (DC) |
|---|---|---|
| 09.40 น. | 39.16V | 2.5 |
| 09.50 น. | 39.62V | 2.4 |
| 10.00 น. | 39.46V | 2.5 |
| 10.10 น. | 38.27V | 3.0 |
| 10.20 น. | 37.76V | 4.2 |
| 10.30 น. | 37.90V | 4.0 |
| 11.10 น. | 25.61V | 4.5 |
| 11.20 น. | 34.66V | 4.8 |
| 11.30 น. | 20.21V | 5.4 |
| 11.40 น. | 37.18V | 5.6 |
| 11.50 น. | 37.33V | 6.0 |
| 12.00 น. | 37.47V | 6.4 |
| 12.10 น. | 38.75V | 6.5 |
| 12.20 น. | 38.87V | 7.0 |
| 12.30 น. | 38.95V | 7.5 |
| 12.40 น. | 39.15V | 7.2 |
| 12.50 น. | 38.60V | 6.4 |
| 13.00 น. | 38.19V | 7.4 |
| 13.10 น. | 38.56V | 7.2 |
| 13.20 น. | 39.14V | 6.4 |
| 13.30 น. | 37.92V | 6.2 |
| 13.40 น. | 37.99V | 5.8 |
| 13.50 น. | 36.07V | 6.0 |
| 14.00 น. | 37.18V | 6.2 |

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

**ตารางที่ 4.2** การทดสอบการทำงานของแผงโซล่าเซลล์และกระแสชาร์จของแบตเตอรี่ (ต่อ)

| เวลาการทดลอง | เอาท์พุตของแผงโซล่าเซลล์ V (DC) | กระแสชาร์จของแบตเตอรี่ A (DC) |
|---|---|---|
| 14.10 น. | 37.72V | 6.8 |
| 14.20 น. | 37.31V | 5.6 |
| 14.30 น. | 37.15V | 6.4 |
| 14.40 น. | 37.17V | 5.4 |
| 14.50 น. | 37.72V | 5.2 |
| 15.00 น. | 38.27V | 4.8 |

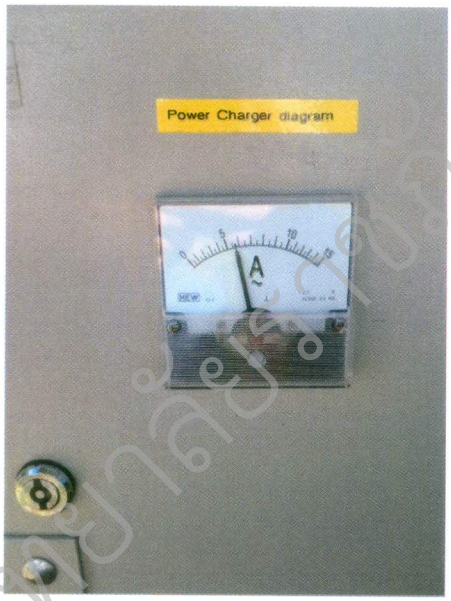
จากตารางทดสอบค่าแรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจากแผงโซล่าเซลล์ ในขณะที่ยังไม่ได้ต่อชาร์จเจอร์ และแบตเตอรี่ ในขณะที่ทำการทดลองนั้นมีสภาพอากาศมีแดดน้อย มีดครึ้ม ฝนตก เป็นบางช่วง ช่วงเดือนพฤศจิกายน จะแสดงผลได้ดังกราฟ 4.1




**รูปที่ 4.1** กราฟแสดงการทดสอบการทำงานของแผงโซล่าเซลล์ในขณะที่ยังไม่ได้ต่อชาร์จเจอร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

รูปที่ 4.2 แสดงการวัดแรงดันขณะแผงโซล่าเซลล์ทำงาน ขณะยังไม่มีโหลด




รูปที่ 4.3 แสดงการชาร์จกระแส ของแบตเตอรี่ด้วยชาร์จเจอร์ คอลโทรลเลอร์

หลังจากการพัฒนาเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ในการทดสอบการทำงานของชาร์จคอนโทรลเลอร์และแผงโซล่าเซลล์ ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการวัดค่าแรงดันเอาท์พุตที่ออกจากแหล่งจ่ายไฟเพื่อเข้าอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ เพื่อวัดสมรรถนะของมอเตอร์ไร้แปลงถ่านในขณะที่งานโดยใช้แหล่งจ่ายไฟจาก โซล่าเซลล์และแบตเตอรี่ จากนั้นทางกลุ่มก็ได้ทำการวัดค่าความเร็วรอบของมอเตอร์เพื่อทดสอบว่าในขณะที่มีการจ่ายแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายที่ต่างกันผลของความเร็วรอบจะเป็นเช่นไร โดยมอเตอร์ที่ใช้นั้นเป็นมอเตอร์ไร้แปลงถ่านแบบ 3 เฟส มีการรับไฟฟ้าแบบกระแสสลับ จึงได้ทำการวัดแบบ Phase to Phase, Phase to LINE โดยปริมาณแรงดันไฟฟ้า ณ จุดต่างๆ และได้ผลการทดลองดังนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ตารางที่ 4.3 การทดสอบปริมาณแรงดันไฟฟ้าและวัดรอบ ( RPM ) ณ จุดต่างๆ ระหว่างทดสอบการสูบน้ำในขณะใช้พลังงาน ( โซล่าเซลล์ )

| สถานะ | เวลา (Time) (นาฬิกา) | | แรงดันของแหล่งจ่าย (V) | วัดค่า RPM | BL-G (V) | G-Y (V) | Y-BL (V) | -,BL (V) | -,G (V) | -,Y (V) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Solarcell | No load | 09.00 | 35.05 | 513.1 | 17.090 | 17.140 | 17.100 | 12.810 | 12.060 | 12.730 |
| | On load | 09.10 | 28.04v | 425.3 | 16.810 | 16.380 | 16.100 | 12.610 | 12.000 | 12.690 |
| Solarcell | No load | 09.30 | 36.71 | 522.5 | 17.690 | 17.910 | 17.520 | 13.180 | 13.310 | 13.250 |
| | On load | 09.40 | 29.16 | 438.1 | 17.190 | 16.110 | 17.410 | 12.810 | 12.030 | 12.660 |
| No load | No load | 10.00 | 36.41 | 554.7 | 17.360 | 17.450 | 17.600 | 13.270 | 13.400 | 13.160 |
| | On load | 10.10 | 26.47 | 460.3 | 17.090 | 17.130v | 17.500 | 16.960 | 13.160 | 13.180 |

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

**ตารางที่ 4.4** การทดสอบปริมาณแรงดันไฟฟ้าและวัดรอบ ( RPM ) ณ จุดต่างๆ ระหว่างทดสอบการสูบน้ำในขณะใช้พลังงาน ( โซล่าเซลล์ ) (ต่อ)

| สถานะ | เวลา (Time) (นาฬิกา) | | แรงดันของแหล่งจ่าย (V) | วัดค่า RPM | BL-G (V) | G-Y (V) | Y-BL (V) | -,BL (V) | -,G (V | -,Y (V) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Solarcell | No load | 10.40 | 38.53 | 558.3 | 0.288 | 0.295 | 0.195 | 0.136 | 0.379 | 0.250 |
| | On load | 11.00 | 26.74 | 463.2 | 0.124 | 0.185 | 0.526 | 0.199 | 0.225 | 0.188 |
| Solarcell | No load | 11.10 | 37.63 | 475.0 | 12.440 | 12.220 | 12.050 | 4.562 | 5.430 | 5.811 |
| | On load | 11.30 | 28.12 | 378.6 | 11.910 | 11.820 | 11.740 | 5.850 | 5.613 | 5.505 |
| Solarcell | No load | 11.40 | 39.94 | 535.0 | 18.940 | 17.930 | 18.910 | 13.94 | 13.76 | 13.630 |
| | On load | 12.00 | 27.02 | 353.3 | 14.500 | 16.570 | 17.580 | 14.33 | 14.26 | 14.160 |
| Solarcell | No load | 12.10 | 36.31 | 575.9 | 13.040 | 13.120 | 13.190 | 9.770 | 9.900 | 9.840 |
| | On load | 12.30 | 26.48 | 428.5 | 12.020 | 12.730 | 12.140 | 5.618 | 5.724 | 5.668 |

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ตารางที่ 4.5 การทดสอบปริมาณแรงดันไฟฟ้าและวัดรอบ ( RPM ) ณ จุดต่างๆ ระหว่างทดสอบการสูบน้ำในขณะใช้พลังงาน ( โซล่าเซลล์ ) (ต่อ)

| สถานะ | เวลา (Time) (นาฬิกา) | | แรงดันของแหล่งจ่าย (V) | วัดค่า RPM | BL-G (V) | G-Y (V | Y-BL (V | -,BL (V | -,G (V) | -,Y (V) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Solarcell | No load | 12.40 | 34.07 | 515.9 | 17.94 | 18.14 | 17.66 | 11.89 | 11.680 | 11.430 |
| | On load | 13.00 | 27.17 | 343.4 | 0.142 | 0.144 | 0.175 | 0.119 | 0.126 | 0.154 |
| Solarcell | No load | 13.10 | 35.17 | 456.7 | 11.76 | 11.120 | 11.65 | 5.554 | 5.536 | 5.539 |
| | On load | 13.30 | 25.25 | 351.6 | 11.57 | 11.590 | 11.51 | 5.400 | 5.494 | 5.481 |
| Solarcell | No load | 13.40 | 25.80 | 0 | 0.024 | 0.312 | 0.166 | 0.263 | 0.272 | 0.296 |
| | On load | 14.00 | 36.70 | 0 | 0.378 | 0.599 | 0.699 | 0.386 | 0.211 | 0.218 |
| Solarcell | No load | 14.10 | 25.06 | 430.6 | 11.72 | 11.680 | 11.59 | 5.542 | 5.578 | 5.548 |
| | On load | 14.30 | 25.99 | 332.1 | 11.48 | 11.470 | 11.44 | 5.347 | 5.482 | 5.474 |
| Solarcell | No load | 14.40 | 40.83 | 454 | 0.234 | 0.372 | 0.249 | 0.262 | 0.258 | 0.399 |
| | On load | 15.00 | 27.10 | 390 | 0.194 | 0.279 | 0.350 | 0.246 | 0.481 | 0.167 |

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

**ตารางที่ 4.6** การทดสอบปริมาณแรงดันไฟฟ้าและวัดรอบ ( RPM ) ณ จุดต่างๆ ระหว่างทดสอบการสูบน้ำในขณะใช้พลังงาน ( โซล่าเซลล์ ) (ต่อ)

| สถานะ | เวลา (Time) (นาฬิกา) | | แรงดันของแหล่งจ่าย (V) | วัดค่า RPM | BL-G (V) | G-Y (V) | Y-BL (V | -,BL (V) | -,G (V | -,Y (V) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Solarcell | No load | 15.10 | 35.06 | 455.4 | 11.63 | 11.52 | 11.71 | 5.502 | 5.619 | 5.615 |
| | On load | 15.30 | 25.99 | 422.3 | 11.54 | 11.50 | 11.25 | 5.398 | 5.422 | 5.455 |
| Solarcell | No load | 15.40 | 40.83 | 454 | 11.72 | 11.680 | 11.59 | 5.542 | 5.578 | 5.548 |
| | On load | 16.00 | 27.11 | 390 | 11.48 | 11.470 | 11.44 | 5.347 | 5.482 | 5.474 |

หมายเหตุ BL - G หมายถึง แรงดันที่ตกคร่อมขดลวด A-B ของมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน

G - Y หมายถึง แรงดันที่ตกคร่อมขดลวด B-C ของมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน

Y - BL หมายถึง แรงดันที่ตกคร่อมขดลวด C-A ของมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน

-,BL หมายถึง แรงดันที่ตกคร่อมขดลวด A ของมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน

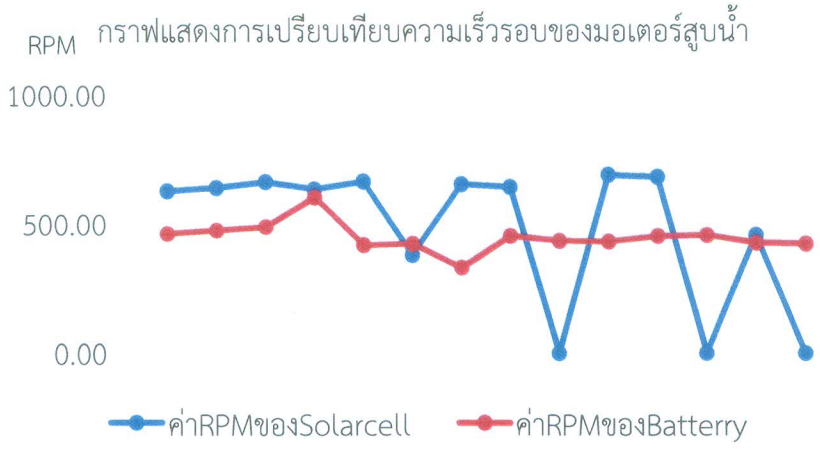
-,G หมายถึง แรงดันที่ตกคร่อมขดลวด B ของมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน

-,Y หมายถึง แรงดันที่ตกคร่อมขอลวด C ของมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน

A = น้ำเงิน , B = สีเขียว , C = เหลือง

จากตารางที่ 4.2 จากการวัดแรงดัน Output จากมอเตอร์ไร้แปรงถ่านความเร็วรอบมอเตอร์ ทดสอบตั้งแต่เวลา 9.00 น.-16.00 น. และในขณะที่ On load จะเห็นได้ว่าค่าของ No load จะมีค่ามากกว่า On load เพราะขณะที่ On load จะมีแรงดันตกคร่อมที่มอเตอร์และแผงโซล่าเซลล์กับแบตเตอรี่ ดังรูปที่ 4.2

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี




**รูปที่ 4.4** กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเร็วรอบของมอเตอร์สูบน้ำ

จากกราฟที่ 4.2 เป็นการเปรียบเทียบความเร็วรอบของมอเตอร์สูบน้ำนั้นมีผลกับปริมาณการไหลของน้ำระหว่าง แผงโซล่าเซลล์กับแบตเตอรี่จะเห็นได้ว่า เส้นกราฟของแผงโซล่าเซลล์มีความสวิง ขึ้นอยู่กับปริมาณของแสงพระอาทิตย์จะเห็นว่ามีบางจุดมีค่าเป็นศูนย์ เพราะในขณะที่ทดลองสภาพอากาศในตอนนั้นมีแสงอาทิตย์น้อย แต่ของแบตเตอรี่มีเส้นที่ไม่ค่อยสวิงมีความคงที่ ดังนั้น การใช้แผงโซล่าเซลล์นั้นจะมีประสิทธิภาพมากแต่ต้องขึ้นอยู่กับสภาพอากาศของแต่ฤดูกาล แต่แบตเตอรี่สามารถใช้งานได้ทุกฤดูกาล และค่าแรงดัน Output ระหว่างแผงโซล่าเซลล์

รูปที่ 4.5 แสดงการวัดรอบมอเตอร์ BLDC ขณะเครื่องสูบน้ำทำงานโดยใช้พลังงาน ( โซล่าเซลล์ )

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

รูปที่ 4.6 แสดงการวัดแรงดันขณะเครื่องสูบน้ำทำงานโดยใช้พลังงาน ( โซล่าเซลล์ )

**ตารางที่ 4.7 การทดสอบปริมาณแรงดันไฟฟ้าและวัดรอบ ( RPM ) ณ จุดต่างๆ ระหว่างทดสอบการสูบน้ำในขณะใช้พลังงาน ( แบตเตอรี่**

| สถานะ | เวลา (Time) (นาฬิกา) | | แรงดันของแหล่งจ่าย (V) | วัดค่า RPM | BL-G (V) | G-Y (V | Y-BL (V) | -,BL (V) | -,G (V) | -,Y (V) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| attery | No load | 09.00 | 25.23 | 451.4 | 12.000 | 12.110 | 12.160 | 5.706 | 5.803 | 5.763 |
| | On load | 09.10 | 25.14 | 359.1 | 12.230 | 12.410 | 12.550 | 5.534 | 5.634 | 5.584 |
| attery | No load | 09.30 | 26.50 | 461.9 | 12.100 | 12.420 | 12.290 | 5.977 | 0.964 | 9.660 |
| | On load | 09.40 | 25.36 | 371.5 | 12.030 | 12.350 | 12.200 | 5.660 | 5.647 | 5.651 |
| Battery | No load | 10.00 | 25.81 | 446.2 | 12.230 | 12.290 | 12.050 | 5.662 | 5.708 | 5.638 |
| | On load | 10.10 | 25.01 | 385.3 | 12.200 | 12.060 | 12.200 | 5.653 | 5.720 | 5.681 |
| attery | No load | 10.30 | 26.36 | 498.6 | 13.030 | 11.860 | 11.400 | 5.399 | 5.389 | 5.640 |

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | On load | 10.40 | 26.12 | 388.5 | 17.43 | 13.090 | 13.170 | 5.571 | 5.670 | 5.624 |
| Battery | No load | 11.00 | 24.86 | 428.9 | 11.660 | 11.670 | 11.540 | 5.486 | 5.492 | 5.517 |
| | On load | 11.10 | 24.66 | 375.3 | 11.500 | 11.490 | 11.420 | 5.313 | 5.326 | 5.382 |

| สถานะ | เวลา (Time) (นาฬิกา) | | แรงดันของแหล่งจ่าย (V) | วัดค่า RPM | BL-G (V) | G-Y (V) | Y-BL (V) | -,BL (V) | -,G (V) | -,Y (V) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Battery | No load | 11.30 | 24.80 | 434.5 | 11.520 | 11.570 | 11.480 | 5.400 | 5.455 | 5.436 |
| | On load | 11.40 | 24.58 | 370.7 | 11.360 | 11.490 | 11.330 | 5.385 | 5.345 | 5.347 |
| Battery | No load | 12.00 | 26.31 | 475.9 | 13.040 | 13.120 | 13.190 | 9.770 | 9.900 | 9.840 |
| | On load | 12.10 | 24.48 | 378.5 | 12.020 | 12.730 | 12.140 | 5.618 | 5.724 | 5.668 |
| Battery | No load | 12.30 | 25.17 | 456.7 | 11.76 | 11.120 | 11.65 | 5.554 | 5.536 | 5.539 |
| | On load | 12.40 | 25.25 | 351.6 | 11.57 | 11.590 | 11.51 | 5.400 | 5.494 | 5.481 |
| Battery | No load | 13.00 | 25.06 | 430.6 | 11.72 | 11.680 | 11.59 | 5.542 | 5.578 | 5.548 |
| | On load | 13.10 | 24.99 | 332.1 | 11.48 | 11.470 | 11.44 | 5.347 | 5.482 | 5.474 |
| Battery | No load | 13.30 | 24.95 | 423 | 0.167 | 0.704 | 0.172 | 0.497 | 0.319 | 0.224 |
| | On load | 13.40 | 25.12 | 330 | 0.167 | 0.219 | 0.140 | 0.234 | 0.188 | 0.235 |

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ตารางที่ 4.8 การทดสอบปริมาณแรงดันไฟฟ้าและวัดรอบ ( RPM ) ณ จุดต่างๆ ระหว่าง ทดสอบการสูบน้ำในขณะใช้พลังงาน ( แบตเตอรี่ ) (ต่อ)

| สถานะ | เวลา (Time) (นาฬิกา) | | แรงดันของแหล่งจ่าย (V) | วัดค่า RPM | BL-G (V) | G-Y (V) | Y-BL (V) | -,BL (V) | -,G (V) | -,Y (V) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Battery | No load | 14.00 | 24.50 | 455.4 | 11.63 | 11.52 | 11.71 | 5.502 | 5.619 | 5.615 |
| | On load | 14.10 | 25.53 | 362.3 | 11.54 | 11.50 | 11.25 | 5.398 | 5.422 | 5.455 |
| Battery | No load | 14.30 | 25.06 | 430.6 | 11.72 | 11.680 | 11.59 | 5.542 | 5.578 | 5.548 |
| | On load | 14.40 | 24.99 | 362.1 | 11.48 | 11.470 | 11.44 | 5.347 | 5.482 | 5.474 |
| Battery | No load | 15.00 | 24.95 | 410 | 0.167 | 0.704 | 0.172 | 0.497 | 0.319 | 0.224 |
| | On load | 15.10 | 25.12 | 320 | 0.167 | 0.219 | 0.140 | 0.234 | 0.188 | 0.235 |
| Battery | No load | 15.30 | 24.80 | 414.5 | 11.520 | 11.570 | 11.480 | 5.400 | 5.455 | 5.436 |
| | On load | 15.40 | 24.58 | 320.7 | 11.360 | 11.490 | 11.330 | 5.385 | 5.345 | 5.347 |
| Battery | No load | 16.00 | 24.31 | 415.9 | 13.040 | 13.120 | 13.190 | 9.770 | 9.900 | 9.840 |
| | On load | 16.10 | 24.48 | 308.5 | 12.020 | 12.730 | 12.140 | 5.618 | 5.724 | 5.668 |

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

รูปที่ 4.7 แสดงการวัดรอบมอเตอร์ BLDC ขณะเครื่องสูบน้ำทำงานโดยใช้พลังงาน (แบตเตอรี่)

รูปที่ 4.8 แสดงการวัดแรงดันขณะเครื่องสูบน้ำทำงานโดยใช้พลังงาน (แบตเตอรี่)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ตารางที่ 4.9 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำที่สูบได้จากระบบ โซล่าเซลล์ และ แบตเตอรี่

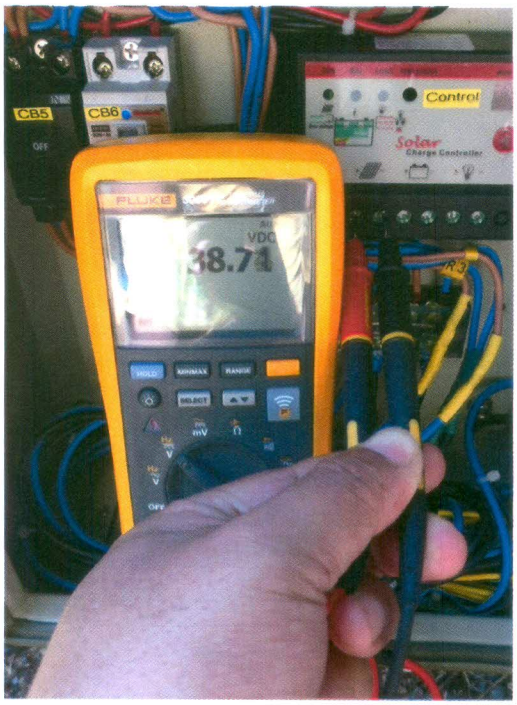
| สถานะ | Status | Time | วัดค่าแรงดัน Output | ปริมาณน้ำ ลิตร/นาที | วัดRPM |
|---|---|---|---|---|---|
| Solar Cell | On load | 9.00 น.<br>9.10 น. | 28.04v | 38ลิตร/นาที | 425.30 |
| Battery | On load | 9.15 น.<br>9.25 น. | 25.14v | 38ลิตร/นาที | 359.10 |
| Solar Cell | On load | 9.30 น.<br>9.40 น. | 35.16v | 38ลิตร/นาที | 438.10 |
| Battery | On load | 9.45 น.<br>9.50 น. | 25.36v | 37ลิตร/นาที | 361.90 |
| Solar Cell | On load | 10.00 น.<br>10.10 น. | 35.47v | 45ลิตร/นาที | 460.30 |
| Battery | On load | 10.15 น.<br>10.25 น. | 25.01v | 38ลิตร/นาที | 385.30 |
| Solar Cell | On load | 10.30 น.<br>10.40 น. | 35.10v | 38ลิตร/นาที | 432.90 |
| Battery | On load | 10.45 น.<br>10.50 น. | 26.12v | 35ลิตร/นาที | 341.50 |
| Solar Cell | On load | 11.00 น.<br>11.10 น. | 36.74v | 37ลิตร/นาที | 463.20 |
| Battery | On load | 11.15 น.<br>11.25 น. | 24.66v | 37ลิตร/นาที | 345.30 |
| Solar Cell | On load | 11.30 น.<br>11.40 น. | 38.12v | 35ลิตร/นาที | 378.60 |
| Battery | On load | 11.45 น.<br>12.00 น. | 24.58v | 37ลิตร/นาที | 320.70 |
| Solar Cell | On load | 12.10 น.<br>12.15 น. | 39.02v | 58ลิตร/นาที | 473.30 |
| Battery | On load | 12.25 น.<br>12.30 น. | 24.48v | 38ลิตร/นาที | 378.50 |

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำที่สูบได้จากระบบ โซล่าเซลล์ และ แบตเตอรี่ (ต่อ)

| สถานะ | Status | Time | วัดค่าแรงดัน Output | ปริมาณน้ำ ลิตร/นาที | วัดRPM |
|---|---|---|---|---|---|
| Solar Cell | On load | 12.40 น.<br>12.45 น. | 28.04v | 38ลิตร/นาที | 525.30 |
| Battery | On load | 13.00 น.<br>13.10 น. | 25.14v | 38ลิตร/นาที | 394.10 |
| Solar Cell | On load | 13.15 น.<br>13.25 น. | 35.16v | 38ลิตร/นาที | 538.10 |
| Battery | On load | 13.30 น.<br>13.40 น. | 25.36v | 37ลิตร/นาที | 391.90 |
| Solar Cell | On load | 13.45 น.<br>14.00 น. | 35.47v | 45ลิตร/นาที | 460.30 |
| Battery | On load | 14.10 น.<br>14.15 น. | 25.01v | 38ลิตร/นาที | 335.30 |
| Solar Cell | On load | 14.25 น.<br>14.30 น. | 35.10v | 38ลิตร/นาที | 432.90 |
| Battery | On load | 14.40 น.<br>14.45 น. | 26.12v | 35ลิตร/นาที | 347.50 |
| Solar Cell | On load | 15.00 น.<br>15.10 น. | 36.74v | 37ลิตร/นาที | 463.20 |
| Battery | On load | 15.15 น.<br>15.25 น. | 24.66v | 37ลิตร/นาที | 415.30 |
| Solar Cell | On load | 15.30 น.<br>15.40 น. | 38.12v | 35ลิตร/นาที | 418.60 |
| Battery | On load | 15.45 น.<br>16.00 น. | 24.58v | 37ลิตร/นาที | 310.70 |

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี




รูปที่ 4.9 แสดงการวัดแรงดันโซล่าเซลล์ด้านอินพุท ของชาร์จเจอร์คอลโทรลเลอร์

รูปที่ 4.10 แสดงการวัดแรงดันโซล่าเซลล์ด้านเอ้าพุท ของชาร์จเจอร์คอลโทรลเลอร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ตารางที่ 4.11 การทดสอบการทำงานของแบตเตอรี่ ช่วงกลางคืน

| Time | วัดค่า RPM | วัดแรงดัน Output มอเตอร์ | วัดแรงดันแบตเตอรี่ |
|---|---|---|---|
| 16.30 น. | 396.3 | 25.52v | 26.26v |
| 16.40 น. | 393.4 | 25.19v | 25.52v |
| 16.50 น. | 396.3 | 25.14v | 25.47v |
| 17.00 น. | 384.9 | 25.11v | 25.44v |
| 17.10 น. | 382.5 | 25.07v | 25.40v |
| 17.20 น. | 378.5 | 25.04v | 25.36v |
| 17.30 น. | 375.5 | 25.02v | 25.32v |
| 17.40 น. | 365.7 | 24.89v | 25.28v |
| 17.50 น. | 360.5 | 24.87v | 25.26v |
| 18.00 น. | 356.2 | 24.89v | 25.22v |
| 18.10 น. | 350.7 | 24.87v | 22.21v |
| 18.20 น. | 347.9 | 24.89v | 25.19v |
| 18.30 น. | 342.0 | 24.82v | 25.15v |
| 18.40 น. | 340.8 | 24.87v | 25.13v |
| 18.50 น. | 347.6 | 24.76v | 25.09v |
| 19.00 น. | 340.6 | 24.72v | 25.05v |
| 19.10 น. | 332.4 | 24.67v | 25.02v |
| 19.20 น. | 330.7 | 24.64v | 24.99v |
| 19.30 น. | 328.3 | 24.60v | 24.93v |
| 19.40 น. | 325.3 | 24.63v | 24.89v |
| 19.50 น. | 323.5 | 24.52v | 24.82v |
| 20.00 น. | 320.0 | 24.50v | 24.74v |
| 20.10 น. | 318.0 | 22.72v | 22.90v |

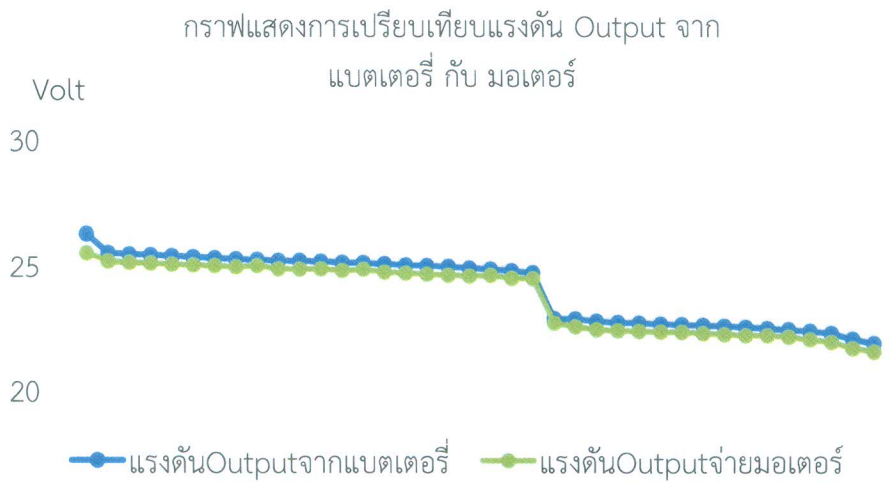
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

**ตารางที่ 4.12 การทดสอบการทำงานของแบตเตอรี่ ( ช่วงกลางคืน ) ต่อ**

| Time | วัดค่า RPM | วัดแรงดัน Output มอเตอร์ | วัดแรงดันแบตเตอรี่ |
|---|---|---|---|
| 20.20 น. | 315.3 | 22.57v | 22.89v |
| 20.30 น. | 317.3 | 22.46v | 22.79v |
| 20.40 น. | 317.4 | 22.41v | 22.75v |
| 20.50 น. | 310.4 | 22.39v | 22.72v |
| 21.00 น. | 313.8 | 22.36v | 22.68v |
| 21.10 น. | 311.5 | 22.36v | 22.65v |
| 21.20 น. | 310.0 | 22.3ov | 22.62v |
| 21.30 น. | 310.9 | 22.26v | 22.59v |
| 21.40 น. | 300.7 | 22.22v | 22.55v |
| 21.50 น. | 300.2 | 22.22v | 22.50v |
| 22.00 น. | 280.8 | 22.17v | 22.45v |
| 22.10 น. | 278.9 | 22.06v | 22.39v |
| 22.20 น. | 240.6 | 21.96v | 22.31v |
| 22.30 น. | 210.5 | 21.71v | 22.07v |
| 22.40 น. | 0 | 20.58v | 21.90v |
| | | | |

จากตางรางที่ 4.5 เป็นผลการทดลองของการใช้แบตเตอรี่ ที่มีแสงน้อยหรือตอนกลางคืน โดยวัดค่าความเร็วรอบของมอเตอร์ค่าแรงดัน Output จากมอเตอร์ และค่าแรงดันจากแบตเตอรี่ เพื่อจะให้รู้ว่าถ้าใช้แบตเตอรี่ขนาด 24 V 90 Ah จำนวน 2 ลูก ต่ออนุกรมจะใช้เวลา 6 ชั่วโมงแบตเตอรี่ถึงจะหมดและค่าแรงดันจากมอเตอร์ และแบตเตอรี่จะมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงได้ดังรูปที่ 4.5

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

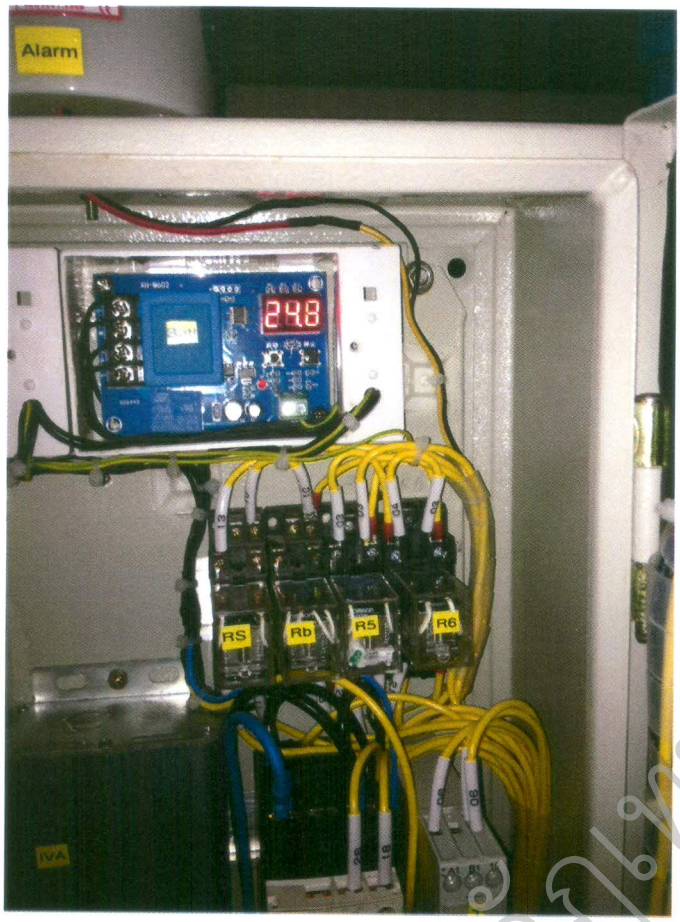



**รูปที่ 4.11** กราฟแสดงการเปรียบเทียบแรงดัน Output แบตเตอรี่ กับ มอเตอร์

จากรูปที่ 4.11 จะเห็นว่า ค่า Output ที่ได้จากแบตเตอรี่ กับ มอเตอร์ นั้นมีค่าใกล้เคียงกันต่างกันเล็กน้อยเนื่องจากกลุ่มผู้วิจัยได้ใช้แบตเตอรี่ในการสูบน้ำเท่านั้น ( ผลจากการทดลองมาจากการทดลองใช้แบตเตอรี่ในตอนกลางคืน )

รูปที่ 4.12 แสดงการวัดแรงดันขณะเครื่องสูบน้ำทำงานโดยใช้พลังงานแบตเตอรี่ ช่วงเวลากลางคืน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม




รูปที่ 4.13 แสดงการทำงานของโมดูลดีแทคเตอร์แสดงสถานะแรงดันแบตเตอรี่ เวลากลางคืน

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

4.6 การทดสอบอุณหภูมิอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆขณะทำงานด้วยเครื่องเทอร์โมสแกน

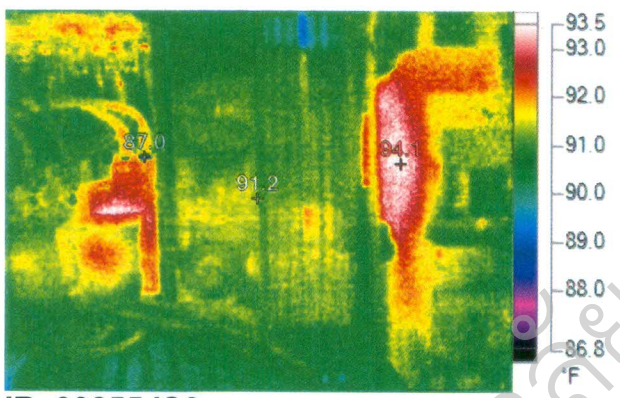
ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบอุณหภูมิอุปกรณ์ไฟฟ้าขณะทำงาน โดยมีหัวข้อดังต่อไปนี้

***โครงงานเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์***

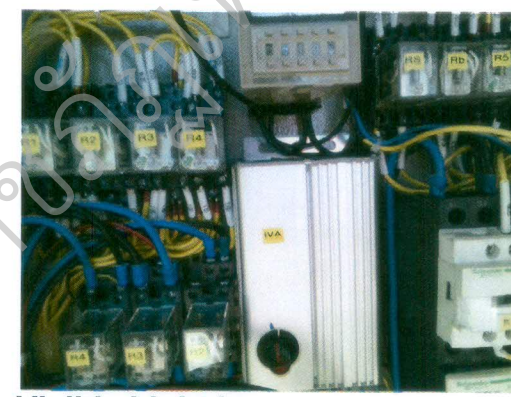
***กล่องควบคุมมอเตอร์*** BLDC

*มหาวิทยาลัยราชพัฏลพบุรี คณะเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม*

*Anusorn Bandasak 081 - 6319102*




**IR_00255.IS2**
11/26/2017 11:34:48 AM



**Visible Light Image**

**Main Image Markers**

| Name | Temperature | Emissivity | Background |
|---|---|---|---|
| Centerpoint | 91.2°F | 0.95 | 91.4°F |
| Hot | 94.1°F | 0.95 | 91.4°F |
| Cold | 87.0°F | 0.95 | 91.4°F |

รูปที่ 4.14 แสดงการทดสอบอุณหภูมิขณะทำงาน อุปกรณ์กล่องควบคุมมอเตอร์ BLDC

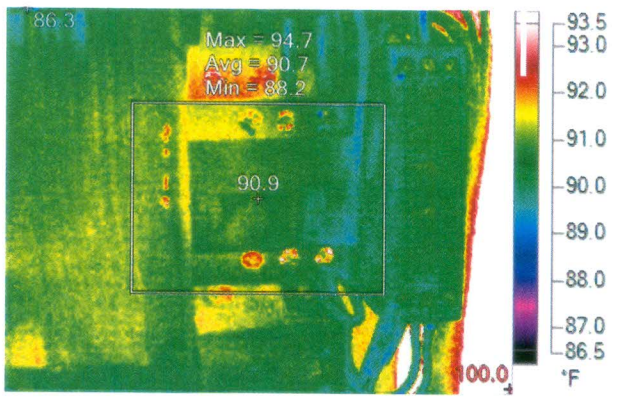
มหาวิทยาลัยราชภัฏลพบุรี

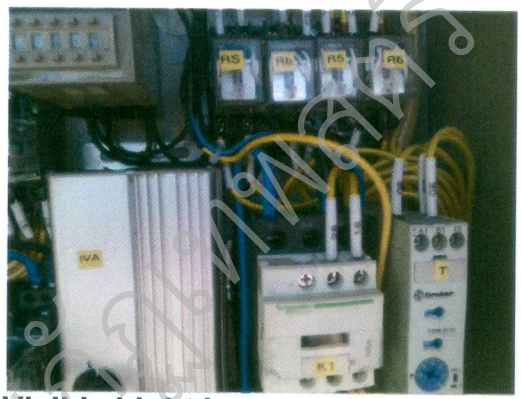
*โครงงานเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์*

*คอนแทคเตอร์*

*มหาวิทยาลัยราชภัฏลพบุรี คณะเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม*

*Anusorn Bandasak 081 - 6319102*



**Visible Light Image**

**IR_00258.IS2**
11/26/2017 11:39:17 AM

**Main Image Markers**

| Name | Avg | Min | Max | Emissivity | Background | St. Dev. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Centerbox | 90.7°F | 88.2°F | 94.7°F | 0.95 | 91.4°F | 0.56 |

| Name | Temperature | Emissivity | Background |
|---|---|---|---|
| Centerpoint | 90.9°F | 0.95 | 91.4°F |
| Hot | 100.0°F | 0.95 | 91.4°F |
| Cold | 86.3°F | 0.95 | 91.4°F |

รูปที่ 4.15 แสดงการทดสอบอุณหภูมิขณะทำงาน อุปกรณ์คอนแทคเตอร์

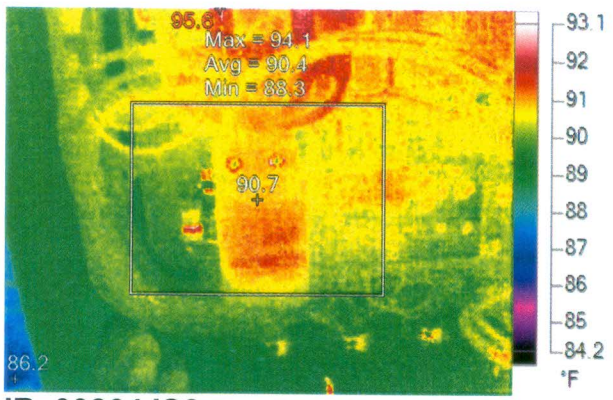
มหาวิทยาลัยราชภัฏลพบุรี

*โครงงานเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์*

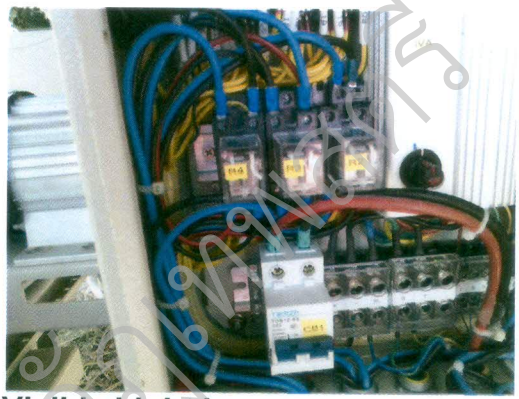
*Main เบรคเกอร์ โซล่าเซลล์*

*มหาวิทยาลัยราชพัฏลพบุรี คณะเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม*

*Anusorn Bandasak 081 - 6319102*




**IR_00264.IS2**



**Visible Light Image**

11/26/2017 11:42:30 AM

**Main Image Markers**

| Name | Avg | Min | Max | Emissivity | Background | St. Dev. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Centerbox | 90.4°F | 88.3°F | 94.1°F | 0.95 | 91.4°F | 0.52 |

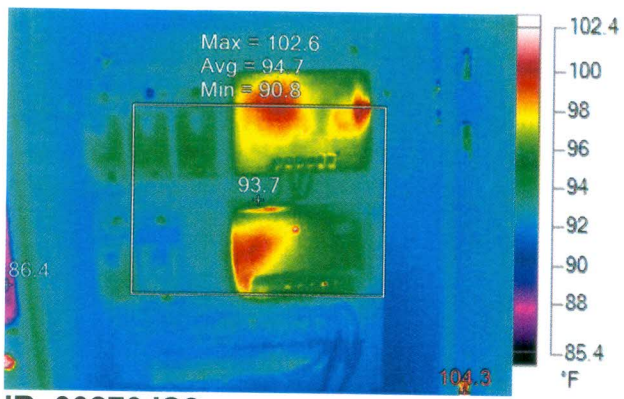
| Name | Temperature | Emissivity | Background |
|---|---|---|---|
| Centerpoint | 90.7°F | 0.95 | 91.4°F |
| Hot | 95.6°F | 0.95 | 91.4°F |
| Cold | 86.2°F | 0.95 | 91.4°F |

มหาวิทยาลัยราชภัฏลพบุรี

รูปที่ 4.16 แสดงการทดสอบอุณหภูมิขณะทำงาน อุปกรณ์ Main เบรคเกอร์โซล่าเซลล์

ชาร์จเจอร์คอลโทรลเลอร์
มหาวิทยาลัยราชพัฏลพบุรี คณะเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม

Anusorn Bandasak 081 - 6319102




**IR_00270.IS2**
11/26/2017 11:46:26 AM

**Visible Light Image**

**Main Image Markers**

| Name | Avg | Min | Max | Emissivity | Background | St. Dev. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Centerbox | 94.7°F | 90.8°F | 102.6°F | 0.95 | 91.4°F | 2.06 |

| Name | Temperature | Emissivity | Background |
|---|---|---|---|
| Centerpoint | 93.7°F | 0.95 | 91.4°F |
| Hot | 104.3°F | 0.95 | 91.4°F |
| Cold | 86.4°F | 0.95 | 91.4°F |

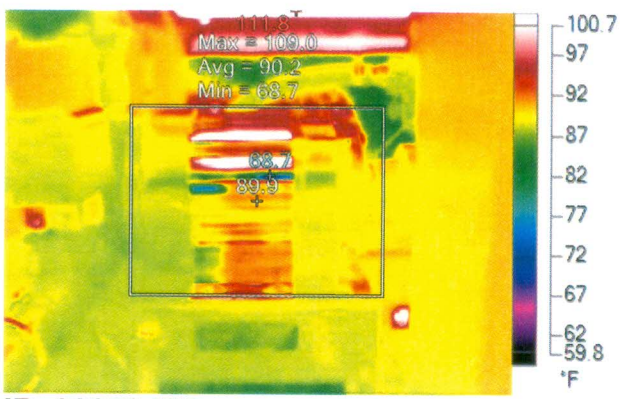
รูปที่ 4.17 แสดงการทดสอบอุณหภูมิขณะทำงาน อุปกรณ์ ชาร์จเจอร์คอลโทรลเลอร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏลพบุรี

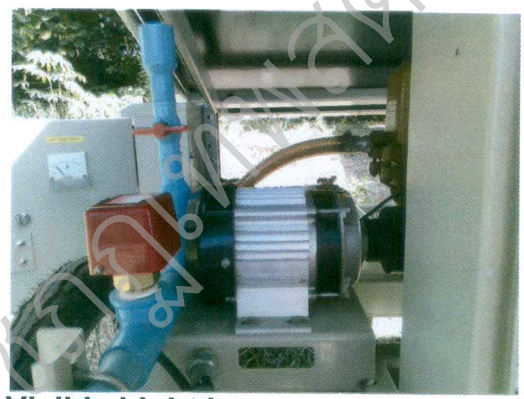
มอเตอร์ BLDC 350 W

มหาวิทยาลัยราชภัฏลพบุรี คณะเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม

Anusorn Bandasak 081 - 6319102




**IR_00259.IS2**
11/26/2017 11:40:03 AM



**Visible Light Image**

**Main Image Markers**

| Name | Avg | Min | Max | Emissivity | Background | St. Dev. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Centerbox | 90.2°F | 68.7°F | 109.0°F | 0.95 | 91.4°F | 3.73 |

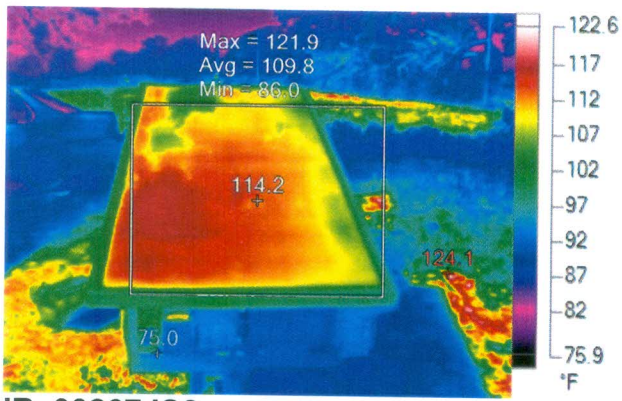
| Name | Temperature | Emissivity | Background |
|---|---|---|---|
| Centerpoint | 89.9°F | 0.95 | 91.4°F |
| Hot | 111.8°F | 0.95 | 91.4°F |
| Cold | 68.7°F | 0.95 | 91.4°F |

รูปที่ 4.18 แสดงการทดสอบอุณหภูมิขณะทำงาน อุปกรณ์ มอเตอร์ BLDC 350 W

*แผงโซล่าเซลล์ 300 W*

*มหาวิทยาลัยราชพัฏลพบุรี คณะเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม*

*Anusorn Bandasak 081 - 6319102*




**IR_00267.IS2**
11/26/2017 11:45:17 AM

**Visible Light Image**

**Main Image Markers**

| Name | Avg | Min | Max | Emissivity | Background | St. Dev. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Centerbox | 109.8°F | 86.0°F | 121.9°F | 0.95 | 91.4°F | 7.27 |

| Name | Temperature | Emissivity | Background |
|---|---|---|---|
| Centerpoint | 114.2°F | 0.95 | 91.4°F |
| Hot | 124.1°F | 0.95 | 91.4°F |
| Cold | 75.0°F | 0.95 | 91.4°F |

รูปที่ 4.19 แสดงการทดสอบอุณหภูมิขณะทำงาน อุปกรณ์แผงโซล่าเซลล์ 300 W

4.7 ตารางการเปรียบเทียบข้อมูลค่าใช้จ่าย

| ตารางเปรียบเทียบข้อมูล |
|---|

| ลำดับ | วัสดุ,อุปกรณ์/คุณสมบัติ | บริษัท Danco | บริษัท Techtron | ปั๊มน้ำใช้ปัจจุบัน |
|---|---|---|---|---|
| 1 | ปั๊มน้ำ | DC.Motor 350 watt 24 V. | - | AC.Motor 2 Hp (1500 watt) 220 V. |
| 2 | ระยะส่งสูงสุด | ไม่ต่ำกว่า 12 เมตร | - | 13.2 - 26.4 เมตร |
| 3 | อัตราการไหล | เฉลี่ย 35 ลิตร/นาที | - | สูงสุด 550 ลิตร/นาที |
| 4 | แผงโซลาเซลล์ | Mono Type ขนาด 150 วัตต์ จำนวน 2 แผง | Polycrystalline Type ขนาด 250 วัตต์ จำนวน 6 แผง | - |
| 5 | ค่าติดตั้งอุปกรณ์ ได้แก่ โครงสร้างรองรับแผง,สายไฟ อุปกรณ์ควบคุมการทำงาน งานติดตั้ง | ติดตั้งมาจากโรงงานพร้อมใช้ | มีค่าติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม | - |
| 7 | การใช้งาน | 09.00 - 15.00 น. หรือประมาณ 4 -5 ชั่วโมง (ขึ้นกับแสงแดด) | 09.00 - 15.00 น. หรือประมาณ 4 -5 ชั่วโมง (ขึ้นกับแสงแดด) | สามารถใช้ได้ตลอดเวลา |
| 8 | ระยะเวลาคืนทุน | 7.7 ปี | 26.8 ปี | - |
| 9 | ระยะเวลารับประกัน | 1 ปี | - | - |
| สรุปค่าใช้จ่ายในการลงทุน | | 39,500 บาท | 136,960 บาท | ไม่มีค่าลงทุนแต่มีค่าไฟฟ้าของปั๊ม |

**ข้อดี**

การติดตั้งปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลงได้เป็นอย่างดี เนื่องจากเป็นแหล่งพลังงานจากธรรมชาติที่ไม่มีวันหมด ทั้งยังเป็นพลังงานสะอาดซึ่งเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยแผงโซลาเซลล์มี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

อายุการใช้งานของแผงโซลาเซลล์ประมาณ 20-25 ปี ทั้งนี้ระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ของบริษัท Danco เป็นแบบ Complete Set สามารถเคลื่อนย้ายสำหรับไปใช้งานบริเวณอื่นๆ ที่มีความเหมาะสมต่อการใช้งานในโอกาสต่อไปได้

**ข้อเสีย**

ด้วยข้อจำกัดของการทำงานของโซลาเซลล์ เช่น รุ่งเช้า,พลบค่ำ, แดดไม่ออก, ไม่มีแดด โซลาเซลล์จะลดประสิทธิภาพในการทำงานลง จะต้องมีการทำงานร่วมกับปั๊มน้ำที่มีอยู่เดิม หรือต้องมีการสร้างถังสำหรับเก็บน้ำไว้ใช้ในช่วงเวลาดังกล่าวระบบปั๊มน้ำของบริษัท Danco มีสมรรถนะในการทำงานที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับปั๊มน้ำที่มีอยู่เดิมตัวอย่าง เช่น อัตราการไหลของน้ำ, ระยะส่งน้ำ, และถึงแม้ว่าบริษัท Techtron จะสามารถนำปั๊มน้ำที่มีอยู่เดิมมาใช้ร่วมกันได้ แต่ก็ยังพบว่ามีค่าใช้จ่ายในส่วนของอุปกรณ์ติดตั้งอื่นๆ ที่สูงมาก

สรุป

ในแง่ของการลงทุนเพื่อคำนึงถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐสาตร์ โดยการนำแผงโซลาเซลล์มาใช้รวมกับปั๊มน้ำปัจจุบันยังถือได้ว่าไม่คุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากใช้ระยะเวลาคืนทุนนานถึง 7.7 ปี แต่ในขณะเดียวกัน

หากมองถึงความเชื่อมโยงในการใช้พลังงานธรรมชาติที่สะอาดและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมแล้วนั้น การติดตั้งปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ถือเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ ในการลดการใช้พลังงานในปัจจุบัน อีกทั้งยังสามารถเผยแพร่องค์ความรู้แก่ผู้ที่เข้ามาเยี่ยมชมศูนย์เรียนรู้ ตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงได้เป็นอย่างดี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

# บทที่ 5
# บทสรุปและข้อเสนอแนะ

## 5.1 การทดลอง

จากผลการทดลอง จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้แผงโซล่าเซลล์ในขณะที่มีแสงแดดมากเครื่องจะทำงานได้เร็วขึ้น ค่าของแรงดันเอาท์พุตก็จะลดลง และเมื่อใช้งานแบตเตอรี่ไม่ว่าจะมีแดดหรือไม่มีแดดเครื่องก็จะทำงานได้เป็นปกติค่าแรงดันเอาท์พุตก็จะคงที่แต่ค่าแรงดันก็จะน้อยลงกว่าแผงโซล่าเซลล์ เมื่อวัด Phase to Phase, Phase to LINE แบบ On load และ No load ค่าของ No load จะมีค่ามาก On load เพราะว่าไม่มีโหลดในการทำงาน ดังกราฟที่ 4.1 และตารางการเปรียบเทียบประสิทธิระหว่าง Solar call กับ Battery ในขณะที่ On load จะเห็นได้ว่าค่าความเร็วรอบของมอเตอร์จะสัมพันธ์กับปริมาณน้ำและแรงดัน Output เมื่อค่าของ RPM มากขึ้นการสูบน้ำก็จะมีปริมาณที่มากขึ้นดังกราฟที่ 4.4

## 5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

จากการดำเนินการสร้างและทดสอบโครงงานพบว่ามีปัญหาเกิดขึ้นหลายอย่าง ซึ่งสรุปได้ดังนี้

5.2.1 แสงแดดในแต่ละวันและช่วงเวลามีความเข้มของแสงไม่เท่ากัน จึงทำให้แผงโซล่าเซลล์มีเอาท์พุตไม่คงที่

5.2.2 เมื่อเวลาแบตเตอรี่หมดต้องนำไปชาร์จที่ร้าน เพราะแบตเตอรี่มีน้ำหนักมาก ทำให้มีปัญหาในการเคลื่อนย้าย เวลาในการชาร์จแบตโดยเฉลี่ย 3 ชั่วโมง

5.2.3 เคลื่อนย้ายชิ้นงานไปที่สูงได้ยาก เพราะเครื่องสูบน้ำมีน้ำหนักมาก จึงทำให้เป็นอุปสรรคในการย้าย

## 5.3 แนวทางการพัฒนา

ในการพัฒนาเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ให้มีความสามารถในการทำงานได้ดีขึ้นสามารถพัฒนาโครงงานดังต่อไปนี้

5.3.1 สามารถเพิ่มชุดบำบัดน้ำเสียต่อเข้ากับเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ได้

5.3.2 ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจเช็คกระแสในระบบตู้ควบคุม กรณีที่เครื่องสูบน้ำทำงานและสั่งตัดการทำงานกรณีเกิดกระแสต่ำ เพื่อป้องกันมอเตอร์หยุดชั่วคราวเมื่อเดินเครื่องสูบน้ำ

5.3.3 พัฒนาให้เครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์มีขนาดเล็กลง และมีประสิทธิภาพในการใช้งานมากขึ้น

5.3.4 ติดตั้งสวิทช์แผงเพื่อให้แผงโซล่าเซลล์ เคลื่อนที่ตามการเคลื่อนที่ของแสงอาทิตย์โดยอัติโนมัติ

5.3.5 ติดตั้งวงจรขยายแรงดัน ป้องกันไม่ให้กระแสของแผงโซล่าเซลล์ต่ำชั่วขณะ

5.3.6 เพิ่มระบบ Alarm ในส่วนของกระแสต่ำจากแผงโซล่าเซลล์สั่งตัดการทำงานทันที

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

5.3.6 เพิ่มแบตเตอรี่อีก 2 ตัว เพื่อสามารถใช้งานได้ 12 ชั่วโมง

5.3.7 ติดตั้งระบบแสงสว่างแบบอัตโนมัติบริเวณตัวเครื่อง ใช้ในเวลาเครื่องทำงานตอนกลางคืน

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

# บรรณานุกรม

บริษัท ทีดับบลิว เซอร์วิส แอนด์ ซับพลาย จำกัด กรกฎาคม 12, 2560,Email:gift@twssthai.com
บริษัทเดนโก้, (2557) Products Catalog 2014 ตู้สวิทช์บอร์ด กรกฎาคม 12, 2559,
www.denco.co.th

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

# ภาคผนวก ก

# รายการอุปกรณ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

**ตารางที่ ก.1** รายการอุปกรณ์เครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

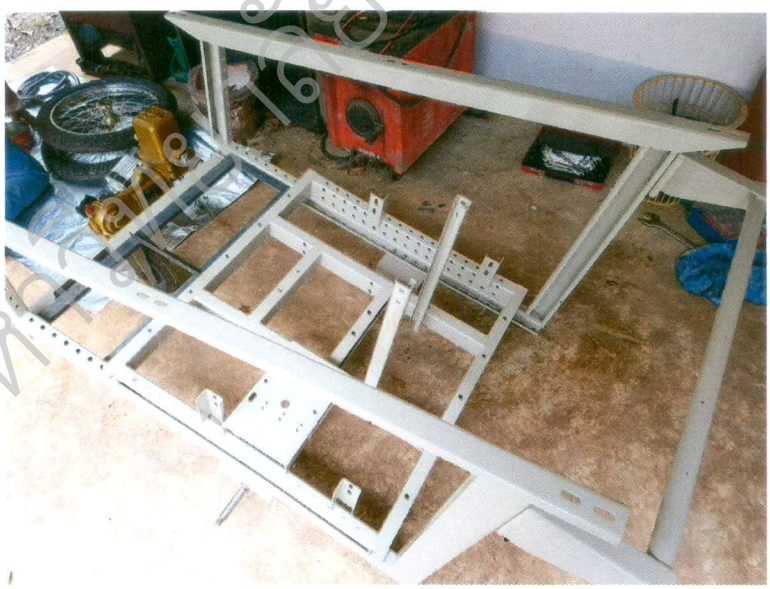
| ลำดับ | ชื่ออุปกรณ์ | รายละเอียด | จำนวน |
|---|---|---|---|
| 1 | โครงสร้างเครื่องสูบน้ำ | เหล็กกล่องขนาด1x1นิ้วและเหล็กตัวซี2นิ้ว | 1 ชุด |
| 2 | ล้อรถ | ขนาด 17 นิ้วและ 6 นิ้ว | 3 วง |
| 3 | มอเตอร์ | DC-motor 350 W 24vdc | 1 ตัว |
| 4 | ปั๊มน้ำ | ปั๊มน้ำแบบชักน้ำสึก ขนาดปลอก 49mm. | 1 ตัว |
| 5 | ตู้คอนโทรลเหล็ก | ขนาด 350x450x150 mm. | 1 ใบ |
| 6 | ตู้คอนโทรลเหล็ก | ขนาด 300x450x200 mm. | 1 ใบ |
| 7 | ตู้คอนโทรลพลาสติก | ขนาด 8x12 นิ้ว | 1 ใบ |
| 8 | แผงโซล่าเซลล์ | แผงละ 150w 2แผง | 2 แผง |
| 9 | ชาร์จเจอร์ | charge controller ขนาด 30A,10A | 2 ตัว |
| 10 | อินเวอร์เตอร์ | 1200 W | 1 ตัว |
| 11 | มอดูล | Type XH-M602 | 2 ตัว |
| 12 | แบตเตอรี่ | ขนาด 12 VDC 90A | 2 ตัว |
| 13 | แบตเตอรี่ | ขนาด 12 VDC 7.2A | 2 ตัว |
| 14 | ขั้วแบตเตอรี่ | แคล้มรัดขั้วแบตอรี่ทองเหลือง | 4 ตัว |
| 15 | ตัวสำรองไฟ UPS | 1200W | 1 ตัว |
| 16 | ท่อร้อยสายไฟกันน้ำ | ชนิดกันน้ำขนาด ½ นิ้ว (เหล็กหุ้มฉนวน) | 6 เมตร |
| 17 | ท่อร้อยสายไฟ | ขนาด 30 mm. (ท่ออ่อน PVC) | 1 เมตร |
| 18 | คอนเน็ตเตอร์ | แบบเหล็กขนาด ½ นิ้ว | 6 ตัว |
| 19 | คอนเน็ตเตอร์ | แบบPVCขนาด 30 mm. | 2 ตัว |
| 20 | เคเบิ้ลไทร์ | สีดำขนาด 10 นิ้วและขาวขนาด 4 นิ้ว | 2 ถุง |
| 21 | ไส้ไก่ | รัดสายไฟ | |
| 22 | หางปลา | แบบชุบดีบุกอย่างหนาขนาด 10 mm. รู 10 mm. | 4 ตัว |

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

| ลำดับ | ชื่ออุปกรณ์ | รายละเอียด | จำนวน |
|---|---|---|---|
| 23 | หางปลา | แบบแฉกหุ้มฉนวนขนาด 2.5 mm. | 2 ถุง |
| 24 | หางปลา | แบบก้านไม้ขีดขนาด 1.5 mm. | 1 ถุง |
| 25 | หางปลา | แบบแบน(ตัวผู้-ตัวเมีย) | 1 ถุง |
| 26 | ท่อหด | ท่อหดขนาด 8mm. | 2 เส้น |
| 27 | ท่อหด | ท่อหดขนาด 3mm. | 2 เส้น |
| 28 | สายไฟ | สายVCT สีดำ ขนาด2.5 $mm^2$ | 1 ม้วน |
| 29 | สายไฟ | สายVCT สีน้ำเงิน ขนาด2.5 $mm^2$ | 1 ม้วน |
| 30 | สายไฟ | สายVCT สีเหลือง ขนาด1.5 $mm^2$ | 1 ม้วน |
| 31 | เทอร์มินัลต่อสายไฟ | แบบ 12 ช่อง | 1 ตัว |
| 32 | เทอร์มินัลต่อสายไฟ | แบบ 3 ช่อง | 5ตัว |
| 33 | รางอลูมิเนียม | รางยึดอุปกรณ์ไฟฟ้า | 2 เส้น |
| 34 | ไฟไซเรนพร้อมเสียง | P ten type LTE-11024 coil 24vdc | 1 ตัว |
| 35 | เบรคเกอร์ | แบบชนิด 2 โพล TOB1Z-16 | 1 ตัว |
| 36 | รีเลย์ | Omron รุ่น MY4 coil 24vdc | 8 ตัว |
| 37 | ซ็อกเก็ต | Omron รุ่น PYF08-E | 8 ตัว |
| 38 | รีเลย์ | Omron รุ่น MY2N coil 24vdc | 3 ตัว |
| 39 | ซ็อกเก็ต | Omron รุ่น PYF14A-E | 5 ตัว |
| 40 | รีเลย์ | Omron รุ่น MY4N coil 220vac | 2 ตัว |
| 41 | แม็กเนติก | Schneider รุ่น LC1 D38 BD coil 24vdc | 1 ตัว |
| 42 | โอเวอร์โหลดรีเลย์ | Schneider รุ่น LRD 14 (7-10A) | 1 ตัว |
| 43 | ทามเมอร์รีเลย์ | Finder type 87.01 coil 24vdc | 2 ตัว |
| 44 | อิเมอเจนซี่สวิตซ์ | Schneider รุ่น XB7-NS8442 | 1 ตัว |
| 45 | ซีเลค์เตอร์สวิตซ์ | Schneider รุ่น ZB4-BJ2 | 1 ตัว |
| 46 | คอนเน๊กเตอร์สวิตซ์ | Schneider รุ่น ZB4-BZ101 | 1 ตัว |

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

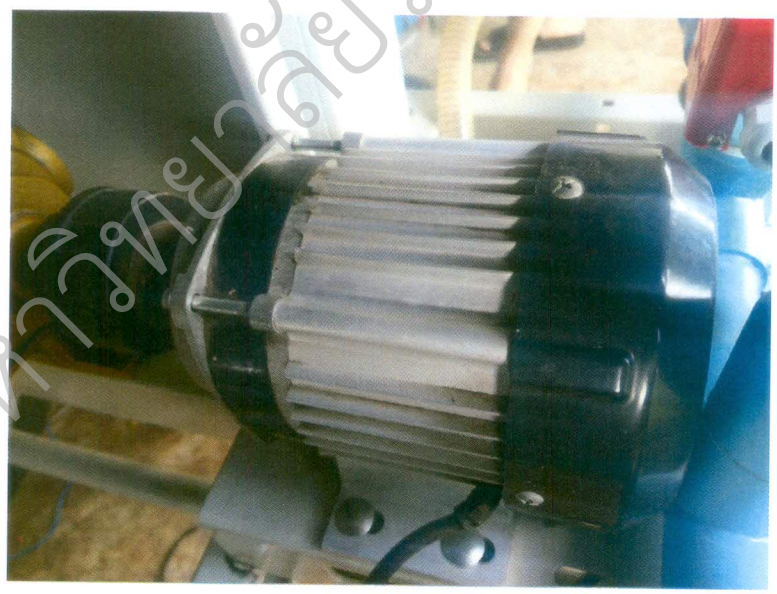
| ลำดับ | ชื่ออุปกรณ์ | รายละเอียด | จำนวน |
|---|---|---|---|
| 47 | ไฟล็อทแลมป์ | Schneider รุ่น XB4BVB3 coil 24vdc (สีเขียว) | 2 ตัว |
| 48 | ไฟล็อทแลมป์ | Schneider รุ่น XB4BVB4 coil 24vdc (สีแดง) | 2 ตัว |
| 49 | ไฟล็อทแลมป์ | Schneider รุ่น XB4BVB5 coil 24vdc (สีเหลือง) | 1 ตัว |
| 50 | โวลต์มิเตอร์ | HUA type 85C1 (0-50V) | 1 ตัว |
| 51 | แอมป์มิเตอร์ | HEW type SA.8 (0-15A) | 1 ตัว |
| 52 | เบรคเกอร์ | แบบชนิด 2 โพล TOB1Z-16 (16A) | 1 ตัว |
| 53 | เบรคเกอร์ | แบบชนิด 2 โพล (30A) | 3 ตัว |
| 54 | โฟลว์สวิตซ์ | Honey well type WFS-1001-H | 1 ตัว |
| 55 | ชุดท่อแรงดันน้ำ | อุปกรณ์ท่อแรงดันน้ำ (ติดมากับโครงสร้างเครื่อง) | 1 ชุด |
| 56 | ถังรองน้ำ | รองน้ำทำการทดลอง | 1 ใบ |
| 57 | โฟโต้สวิตซ์ | HACO รุ่น AS-10-220-10A | 1 ตัว |



**รูป ก.1** โครงสร้างเครื่องสูบน้ำ

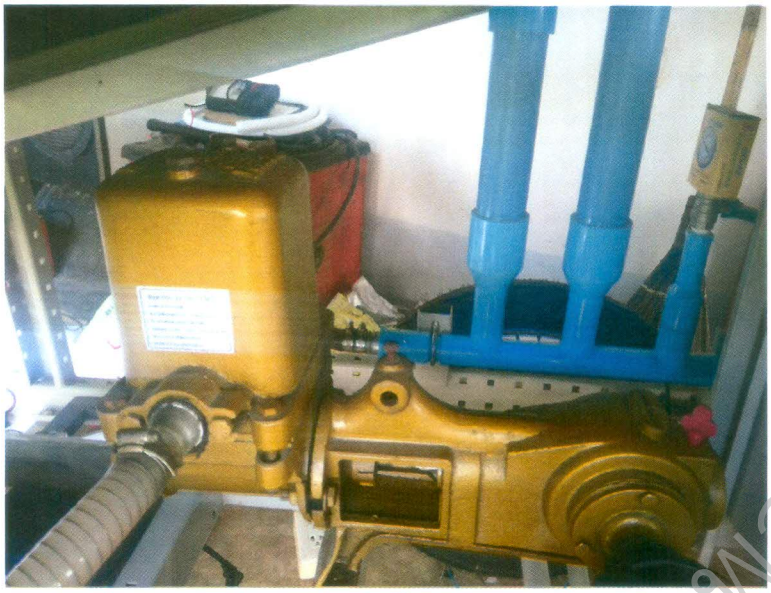
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

รูปที่ ก.2 ล้อรถขนาด 17นิ้วและ6นิ้ว

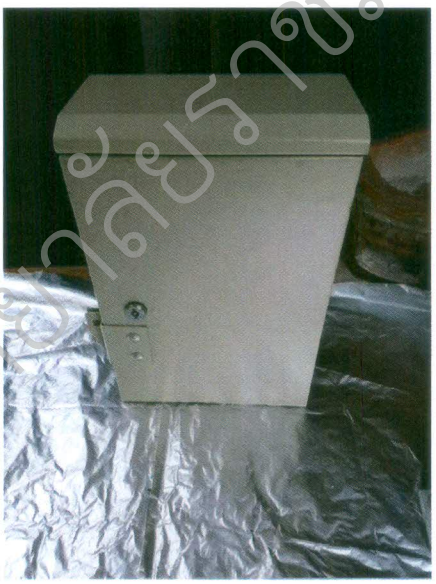


รูปที่ ก.3 มอเตอร์ DC-motor 350 W

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี



**รูป ก.4** ปั๊มน้ำแบบชักน้ำสึก



**รูปที่ ก.5** ตู้คอนโทรลเหล็กขนาด 350x450x150 mm.

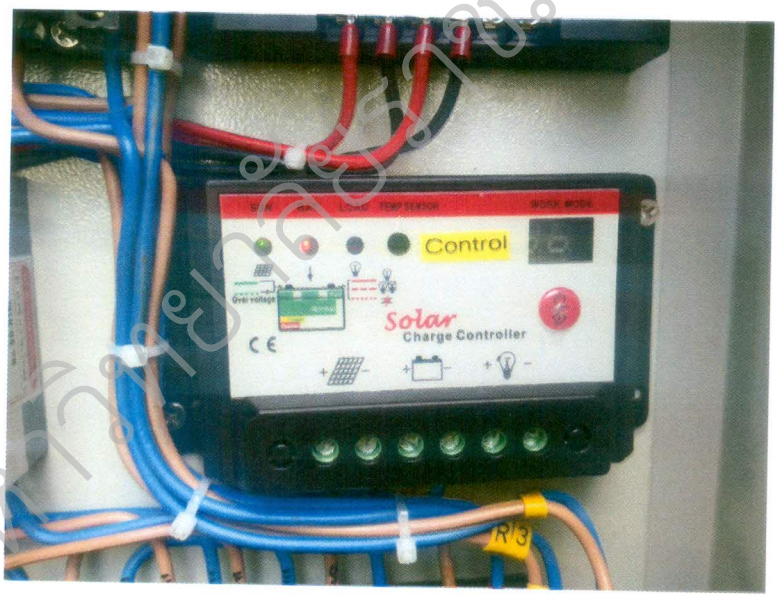
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

**รูปที่ ก.6** ตู้คอนโครลเหล็กขนาด 300x450x200 mm.

**รูปที่ ก.7** ตู้คอนโทรลพลาสติกขนาด 8x12 นิ้ว

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

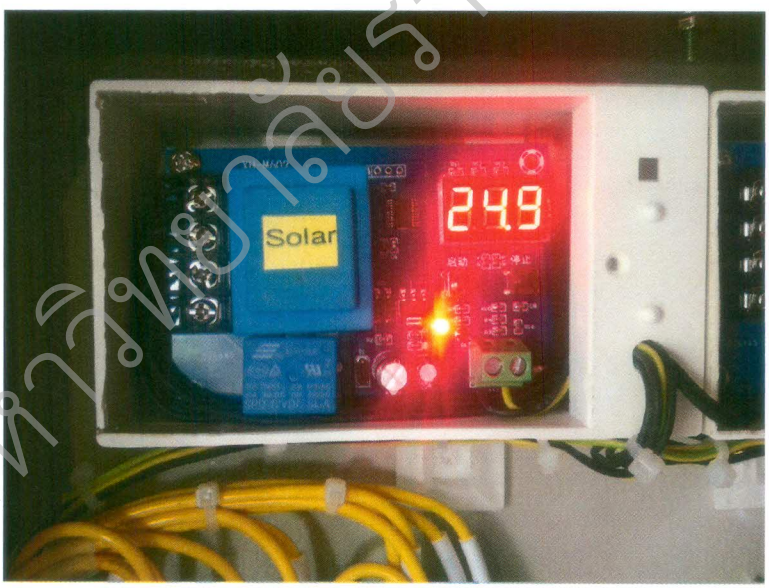
**รูปที่ ก.8** แผงโซล่าเซลล์




**รูปที่ ก.9** ชาร์จเจอร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

**รูปที่ ก.10** อินเวอร์เตอร์




**รูปที่ ก.11** มอดูล

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

**รูปที่ ก.12** แบตเตอรี่ 12V 90A

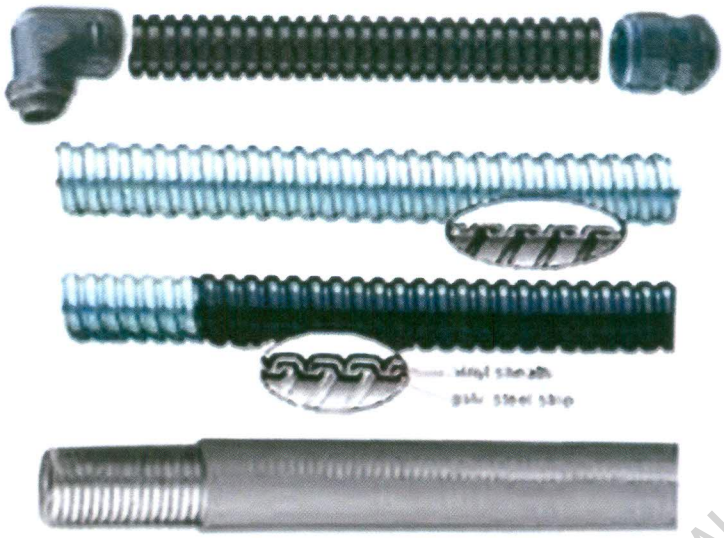
**รูปที่ ก.13** แบตเตอรี่ขนาด12V 7.2A

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

**รูปที่ ก.14** ขั้วแบตเตอรี่

**รูปที่ ก.15** ตัวสำรองไฟ UPS

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี



**รูปที่ ก.16** ท่อร้อยสายไฟกันน้ำ

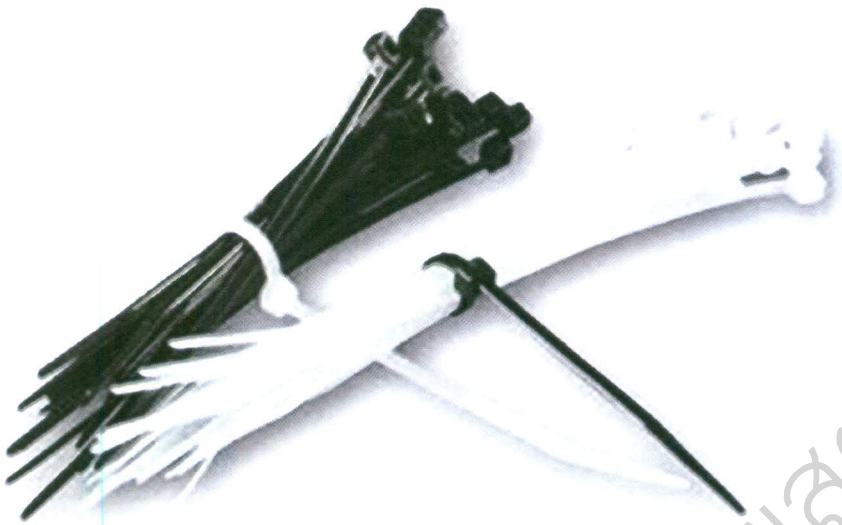
**รูปที่ ก.17** ท่อสายสายไฟ PVC

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

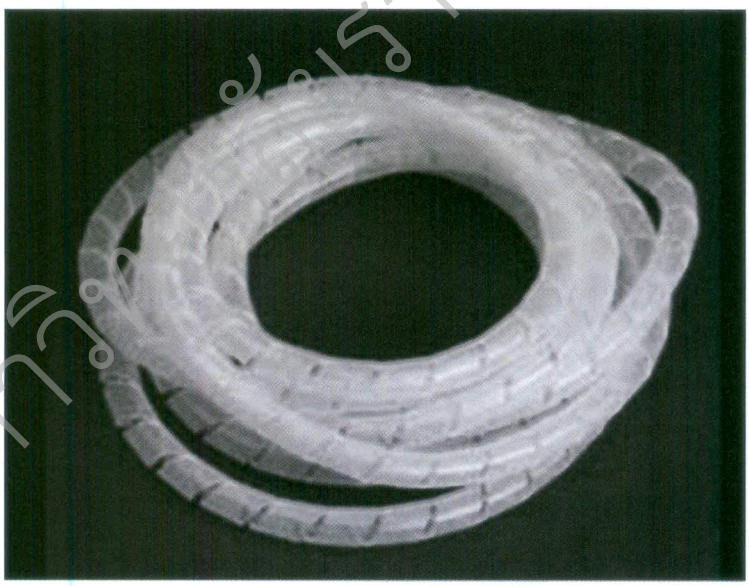
**รูปที่ ก.18** คอนเน็ตเตอร์ขนาด ½ นิ้ว

**รูปที่ ก.19** คอนเน็ตเตอร์ขนาด 30mm.

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี



**รูปที่ ก.20** เคเบิ้ลไทร์ขนาด 10 นิ้วและ6 นิ้ว



**รูปที่ ก.21** ไส้ไก่รัดสายไฟ

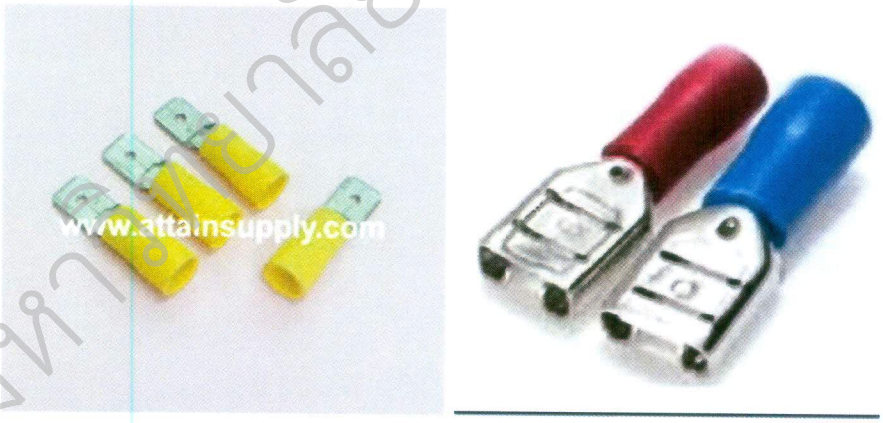
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

**รูปที่ ก.22** หางปลาชุบดีบุกอย่างหนา**ขนาด** 10mm.

**รูปที่ ก.23** หางปลาแฉกขนาด 2.5mm.

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

**รูปที่ ก.24** หางปลาก้านไม้ขีดขนาด 1.5mm.




**รูปที่ ก.25 หางปลาแบน(ตัวผู้-ตัวเมีย)**

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

รูปที่ ก.26 ท่อหดขนาด 8mm.

รูปที่ ก.27 ท่อหดขนาด 3mm.

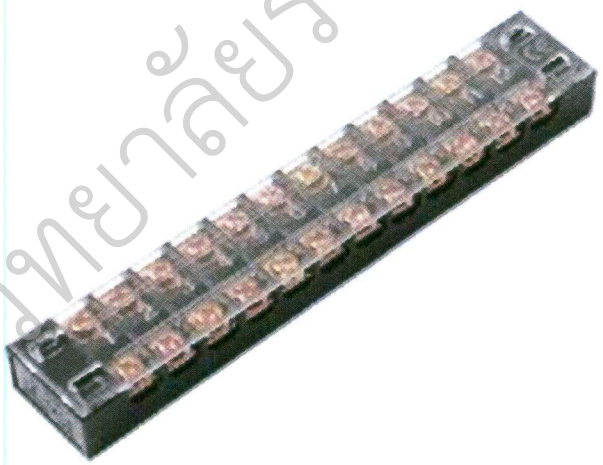
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

รูปที่ ก.28 สายไฟVCT สีดำขนาด 2.5mm²

รูปที่ ก.29 สายไฟVCT สีน้ำเงินขนาด 2.5mm²

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

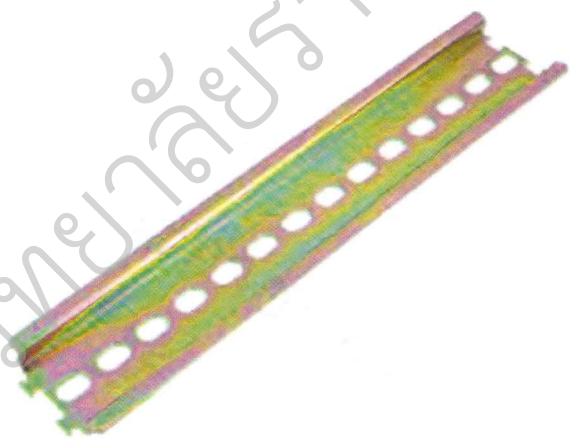
รูปที่ ก.30 สายไฟVCT สีเหลืองขนาด 1.5mm²



รูปที่ ก.30 เทอร์มินัลต่อสายไฟแบบ12ช่อง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

รูปที่ ก.32 เทอร์มินัลต่อสายไฟแบบ3ช่อง



รูปที่ ก.33 รางยึดอุปกรณ์ไฟฟ้า

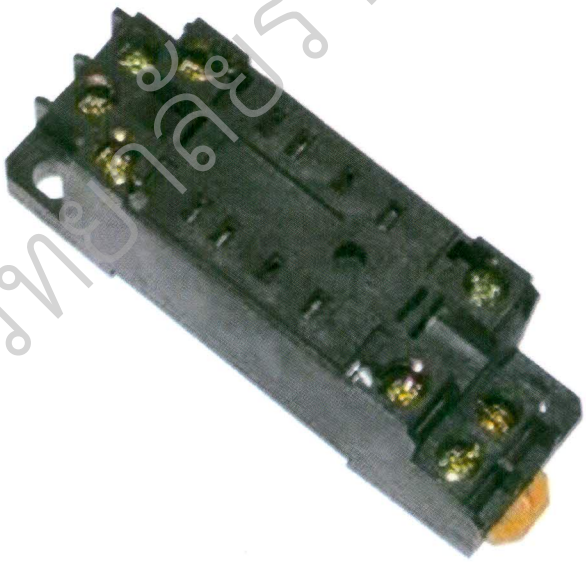
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

รูปที่ ก.34 ไฟไซเรนพร้อมเสียง

รูปที่ ก.35 เบรกเกอร์2โพล

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

รูปที่ ก.36 omron MY4 coil24vdc



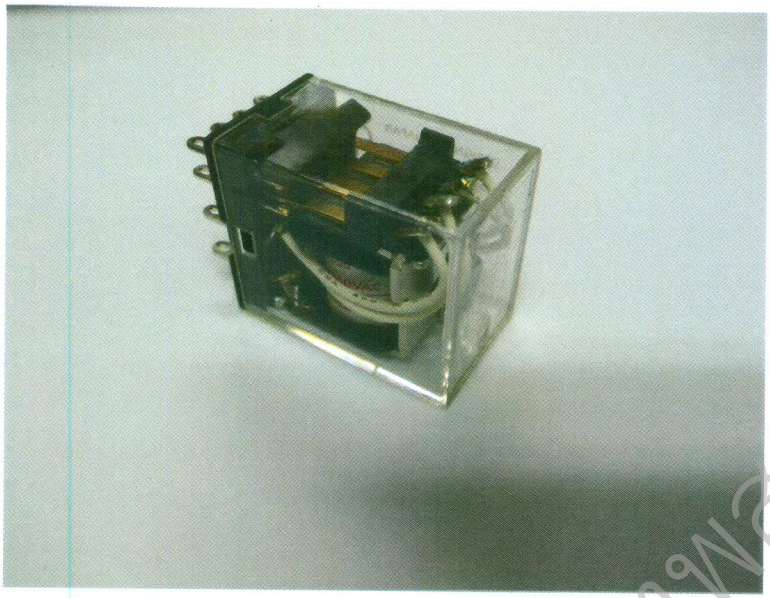
รูปที่ ก.37 ซ็อกเก็ตรีเลย์PYF08-E

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

รูปที่ ก.38 omron MY2N coil24vdc

รูปที่ ก.39 ซ็อกเก็ตรีเลย์PYF14A-E

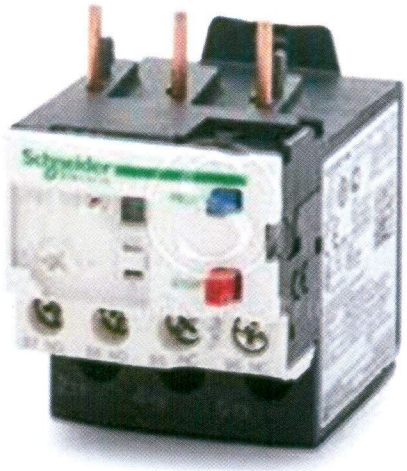
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี



รูปที่ ก.40 รีเลย์ coil220vac

รูปที่ ก.41 แม็กเนติก coil24vdc

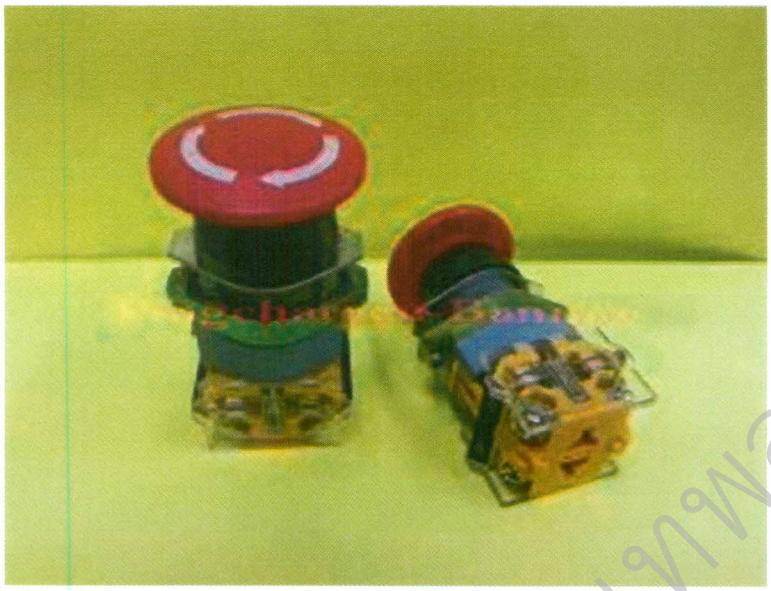
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี



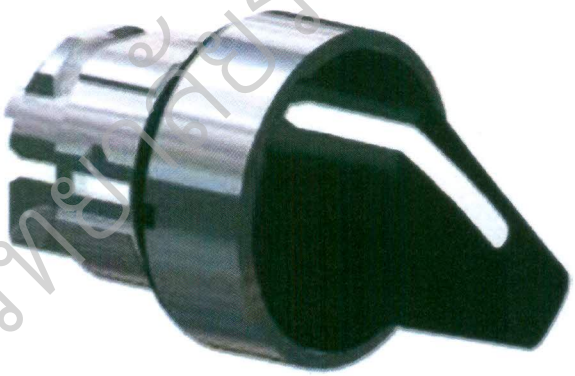
รูปที่ ก.42 โอเวอร์โหลดรีเลย์

รูปที่ ก.43 ทามเมอร์รีเลย์ coil24vdc

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

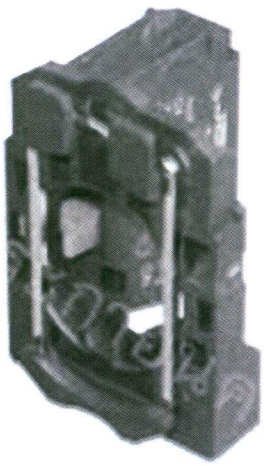


รูปที่ ก.44 อีเมอร์เจนซี่สวิตซ์



รูปที่ ก.45 ซีเล็คเตอร์สวิตซ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี



รูปที่ ก.46 คอนเน็ตเตอร์

รูปที่ ก.47 ไฟล็อทแลมป์(สีเขียว)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

รูปที่ ก.48 ไฟล็อทแลมป์(สีแดง)

รูปที่ ก.49 ไฟล็อทแลมป์(สีเหลือง)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

รูปที่ ก.50 โวลท์มิเตอร์

รูปที่ ก.51 แอมป์มิเตอร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

รูปที่ ก.52 เบรกเกอร์2โพลขนาด16A

รูปที่ ก.53 เบรกเกอร์2โพลขนาด30A

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

รูปที่ ก.54 โฟลว์สวิตช์

รูปที่ ก.55 ชุดท่อแรงดันน้ำ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

รูปที่ ก.56 ถังรองน้ำ

รูปที่ ก.57 โฟโต้สวิตซ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

# ภาคผนวก ข

# ขั้นตอนและวิธีการสร้าง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

## การพัฒนาประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

ในการดำเนินการสร้างในส่วนของโครงสร้างของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิต ทางกลุ่มของผู้จัดทำโครงงานนี้ได้แบ่งการดำเนินการสร้างเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

### ข.1 ตรวจเช็คชิ้นส่วนที่ทำการสั่งซื้อเข้ามา

**ข.1.1** ตรวจสอบโครงสร้างชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้า

**รูปที่ ข1.1.1 ตรวจเช็คโครงสร้างที่สั่งซื้อมา**

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

รูปที่ ข1.1.2 คัดแยกชิ้นส่วนอะไหล่

รูปที่ ข1.1.3 เช็คน้ำมันเครื่องปั๊มน้ำและลมยางล้อรถ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

**ข.2 การติดตั้งอุปกรณ์** ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

**ข.2.1** ดำเนินการประกอบโครงสร้าง

รูปที่ ข 2.1.1 ประกอบโครงสร้างจากส่วนล่าง

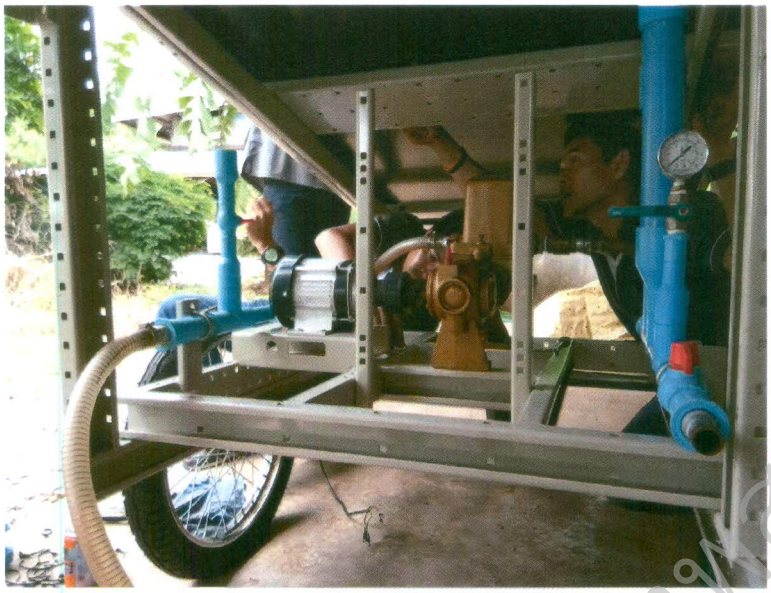
รูปที่ ข 2.1.2 ใส่ล้อรถเพื่อรองรับการเคลื่อนย้าย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

รูปที่ ข 2.1.3 ประกอบปั๊มน้ำเข้าโครงเครื่อง

รูปที่ ข 2.1.4 ติดตั้งแผงโซ่ล่าเซลล์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

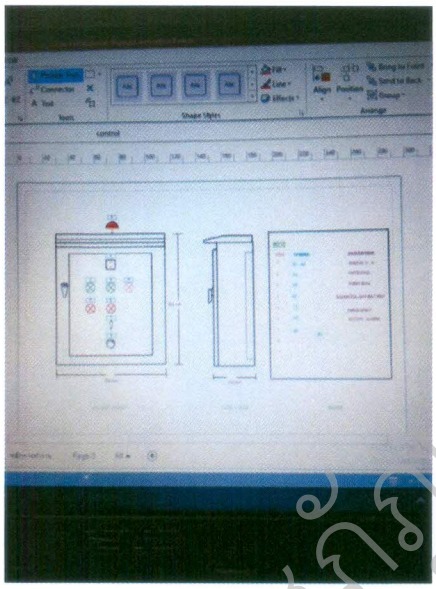


รูปที่ ข 2.1.5 ประกอบมอเตอร์ไฟฟ้าและท่อน้ำอัดแรง

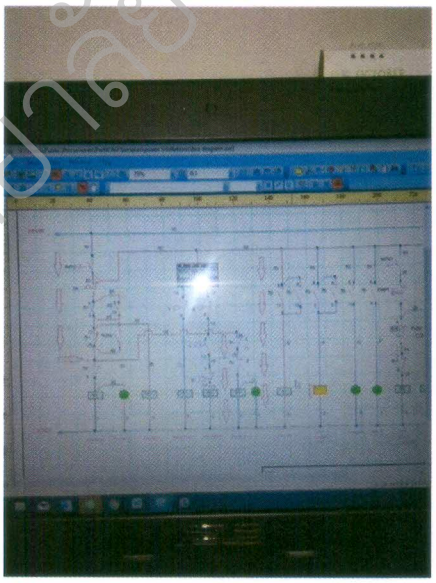
รูปที่ ข 2.1.6 ประกอบตู้คอนโทรลเพื่อทดลองระบบการทำงาน

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ข.2.2 ดำเนินการแก้ไขระบบไฟฟ้าและระบบแจ้งเตือนอร่ามและระบบตัดน้ำ



**รูปที่ ข.2.2.1** ออกแบบการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับวงจรใหม่



**รูปที่ ข.2.2.2 ออกแบบวงจรไฟฟ้าสำหรับวงจรใหม่**

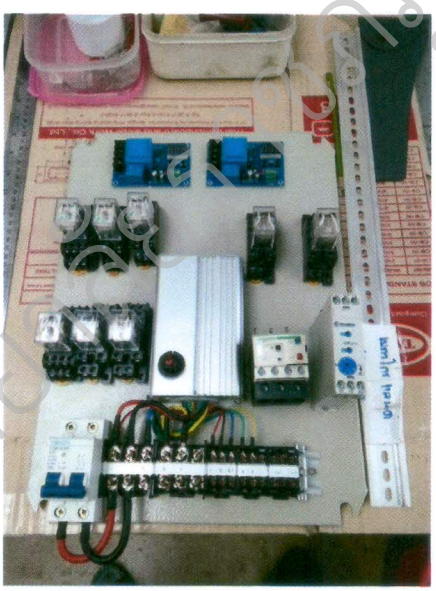
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

รูปที่ ข.2.2.3 จัดวางอุปกรณ์ฟ้าตู้ชาร์จเจอร์

รูปที่ ข.2.2.4 พร้อมเจาะยึดใส่ตู้คอนโทรลตู้ชาร์จเจอร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

รูปที่ ข.2.2.5 เดินสายไฟตู้คอนโทรลตู้ชาร์จเจอร์



รูปที่ ข.2.2.6 จัดวางอุปกรณ์ไฟฟ้าชุดคอนโทรลหลัก

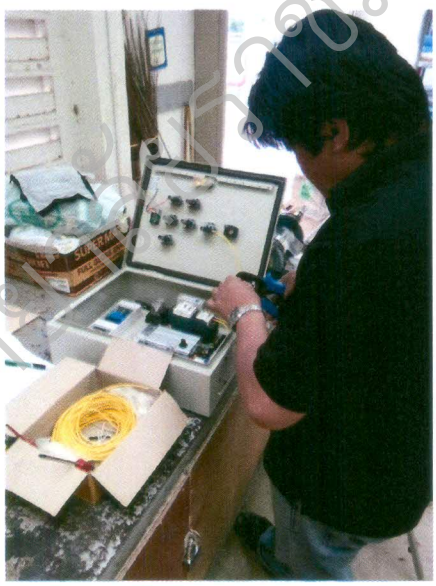
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

รูปที่ ข.2.2.7 จัดวางอุปกรณ์ไฟฟ้าชุดคอนโทรลหลัก(ท่อร้อยสายไฟฟ้า)

รูปที่ ข.2.2.8 จัดวางอุปกรณ์ไฟฟ้าชุดคอนโทรลหลัก(ท่อร้อยสายไฟฟ้า)

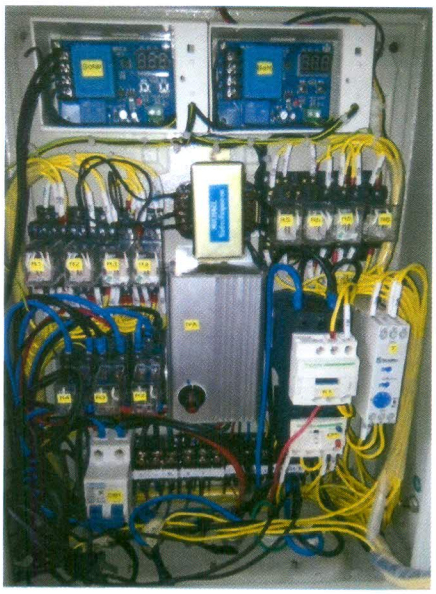
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

รูปที่ ข.2.2.9 เจาะรูใส่อุปกรณ์ไฟฟ้าชุดคอนโทรลหลัก

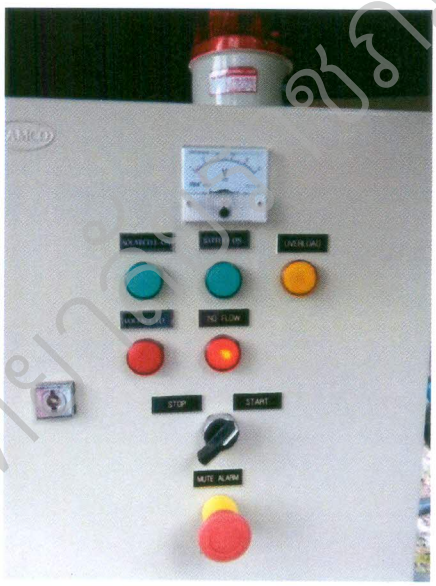


รูปที่ ข.2.2.10 เดินสายไฟฟ้าชุดคอนโทรลหลัก

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี



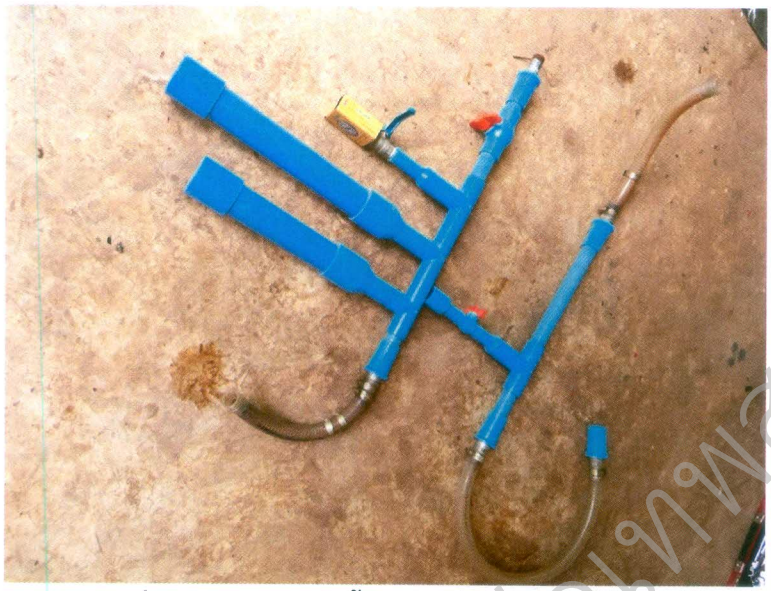
รูปที่ ข.2.2.11 เดินสายไฟฟ้าชุดคอนโทรลหลัก



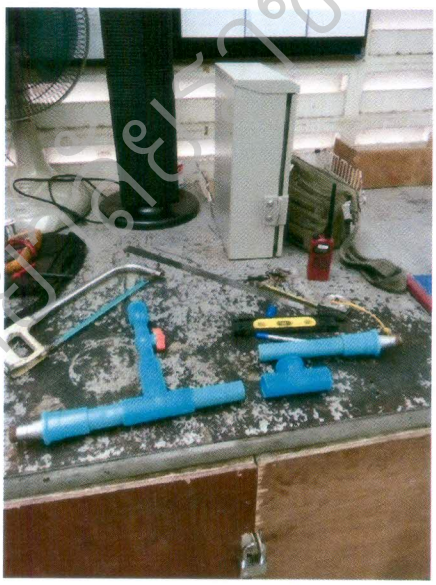

รูปที่ ข.2.2.11 ตู้คอนโทรลหลัก

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ข. 2.3 ดำเนินการแก้ไขท่าน้ำอัดแรง



รูปที่ ข. 2.3.1 ชุดท่อน้ำอัดแรงที่ติดมากับเครื่องเดิม



รูปที่ ข. 2.3.2 ตัดท่อระบบเดิมออกเพื่อทำการใส่ โฟลว์สวิตซ์

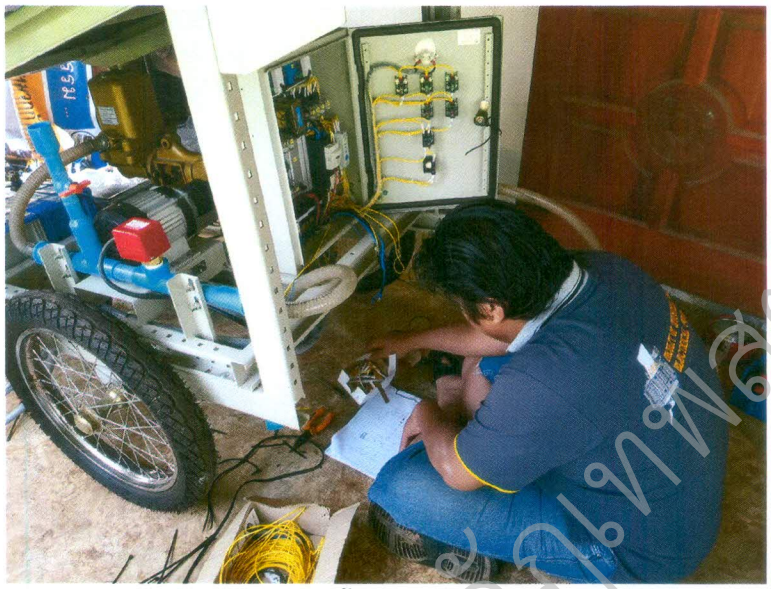
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

รูปที่ ข2.3.3 ประกอบโฟลว์สวิตซ์

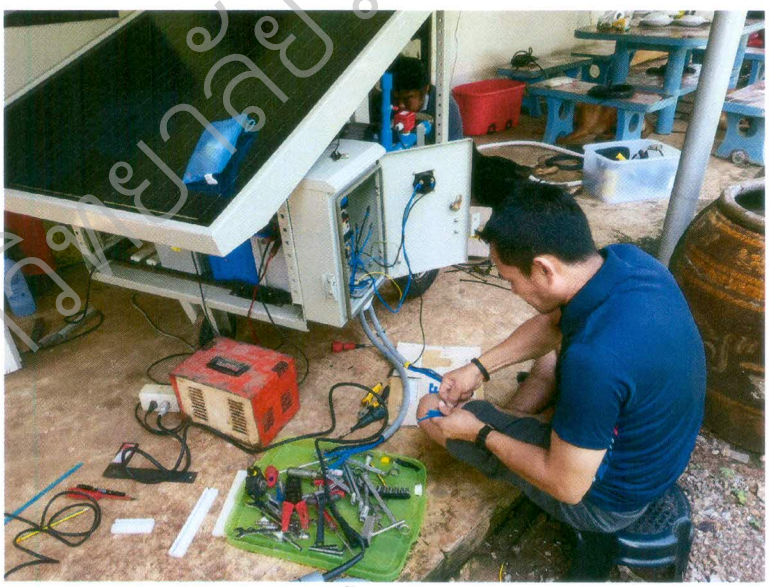
รูปที่ ข2.3.4 ติดตั้งที่เครื่องสูบน้ำ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ข.2.4 การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เข้ากลับโครงสร้างของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์อย่างสมบูรณ์



รูปที่ ข.2.4.1 ติดตั้งตู้คอนโทรลหลักเข้าเครื่อง



รูปที่ ข.2.4.2 ติดตั้งตู้คอนโทรลชุดชาร์จเจอร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

รูปที่ ข.2.4.3 ติดตั้งแตเตอรี่และตัวสำรองไฟ

รูปที่ ข.2.4.4 ทดลองการทำงาน

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

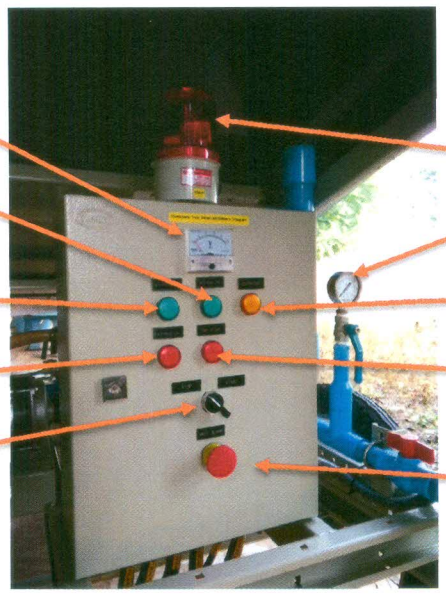
**รูปที่ ข.2.5** การพัฒนาประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

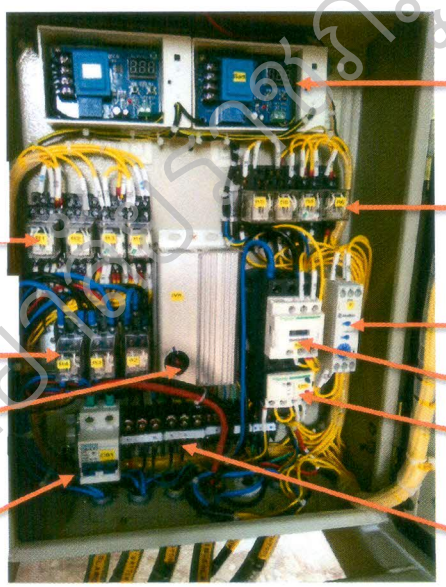
# ภาคผนวก ค

# คู่มือการใช้งาน

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

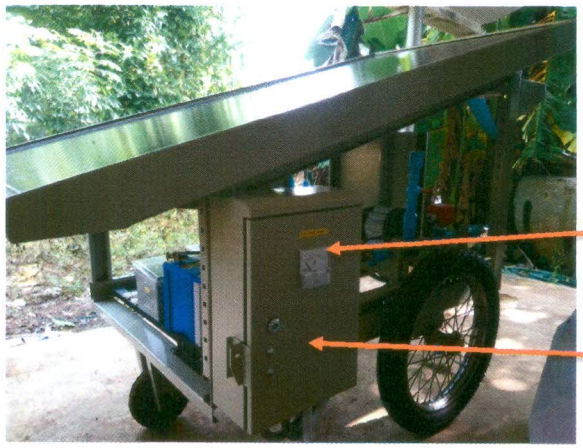



**รูปที่ ค.2.2** ส่วนประกอบของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

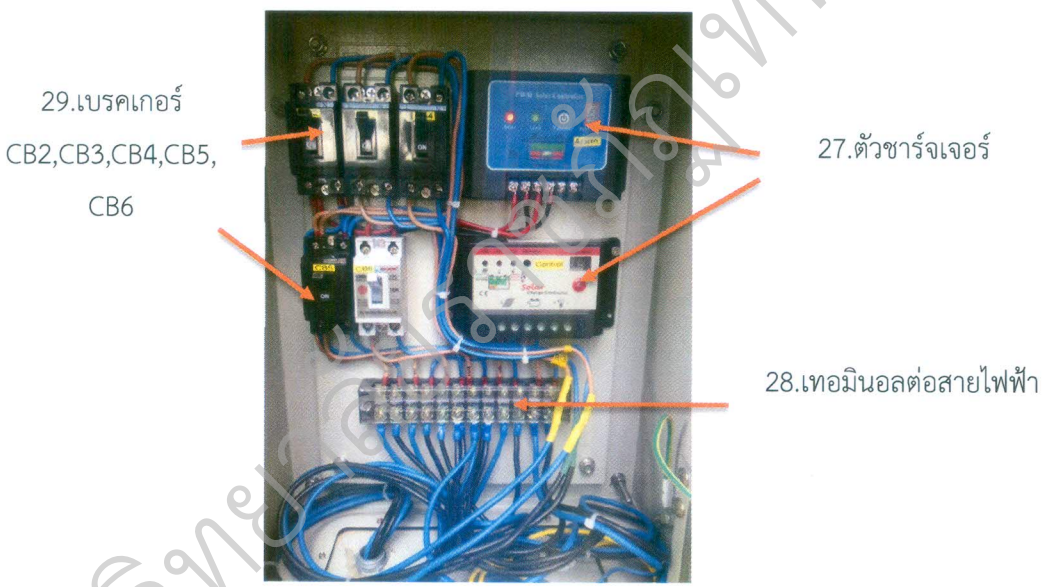



**รูปที่ ค.2.3** ส่วนประกอบของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน




**รูปที่ ค.2.4** ส่วนประกอบของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์



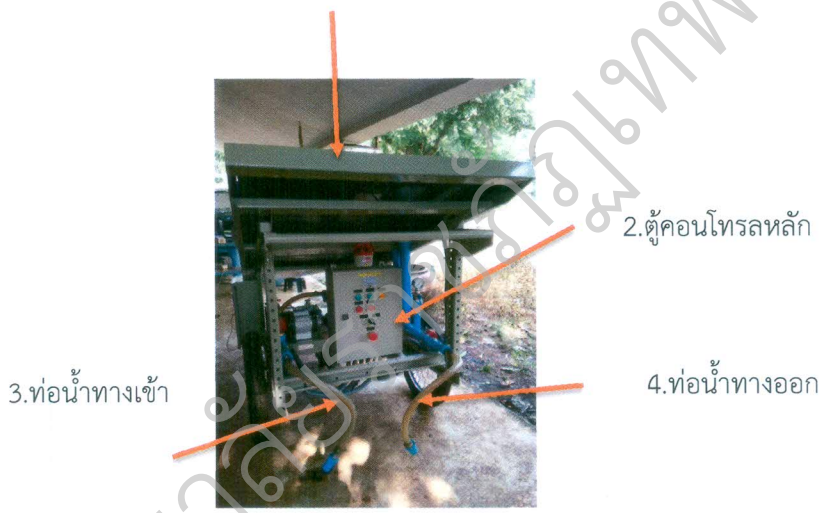

**รูปที่ ค.2.5** ส่วนประกอบของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

1. คำแนะนำเบื้องต้น

ก่อนที่จะใช้งานเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ควรทำการศึกษาการใช้งานจากคู่มือการใช้งานให้เข้าใจเพื่อให้การใช้งานเป็นไปอย่างถูกต้องเต็มประสิทธิภาพ และเป็นการป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ และผู้ใช้งาน

2. ส่วนประกอบและสวิตช์ควบคุมการใช้งานต่างๆ ของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์




**รูปที่ ค.2.1** ส่วนประกอบของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

# คู่มือการใช้งาน

# การพัฒนาเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

**รูปที่ ค.2.6** ส่วนประกอบของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

**รูปที่ ค.2.7** ส่วนประกอบของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

จากรูป ค.1-7 มีรายละเอียดต่างๆดังนี้

1. แผงโซล่าเซลล์
2. อินเวอร์เตอร์
3. ท่อน้ำทางเข้า
4. ท่อน้ำทางออก
5. ไฟอร่าม
6. เกจวัดแรงดันน้ำ
7. ไฟแจ้งเตือนโอเวอร์โหลด
8. ไฟแจ้งเตือนน้ำหมด
9. สวิตซ์ตัดไฟอร่าม
10. โวล์ทมิเตอร์
11. ไฟแจ้งเตือนใช้แหล่งจ่ายแบตเตอรี่
12. ไฟแจ้งเตือนใช้แหล่งจ่ายแผงโซล่าเซล์ล
13. ไฟแจ้งเตือนแรงดันต่ำ
14. สวิตซ์เปิด-ปิดเครื่อง
15. มอดูล
16. รีเลย์ RS,RB,R5,R6(ชุดอร่าม)
17. ทามเมอร์รีเลย์
18. แม๊กเนติก
19. โอเวอร์โหลดรีเลย์
20. รีรีเลย์ R1,R2,R3,R4 (ชุดคอนโทรล)
21. รีเลย์ R4,R3,R2 (ชุดเพาเวอร์)
22. อินเวอร์เตอร์
23. เบรกเกอร์ CB1
24. เทอมินอลต่อสายไฟฟ้า
25. แอมป์มิเตอร์
26. ตู้คอนโทรลรอง(ชุดชาร์จเจอร์)
27. ตัวชาร์จเจอร์
28. เทอมินอลต่อสายไฟฟ้า
29. เบรกเกอร์ CB2,CB3,CB4,CB5,CB6
30. โฟร์ลสวิตซ์
31. มอเตอร์ DC : 350W
32. ปั๊มน้ำ (แบบปั๊มชัก)
33. แบตเตอรี่ 12VDC :90A
34. แบตเตอรี่ 12VDC :7.2A
35. ตัวสำรองไฟฟ้า 300 W (UPS)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

**3.** การติดตั้งและการใช้งาน

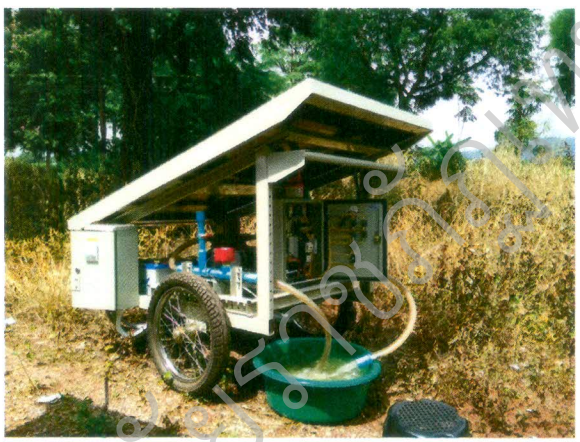
3.1 การใช้งานเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ มี 3 ระบบ คือ

3.1.1 ระบบการสูบน้ำในเวลากลางวันแบบใช้งานแสงอาทิตย์และชาร์ตแบตเตอรี่

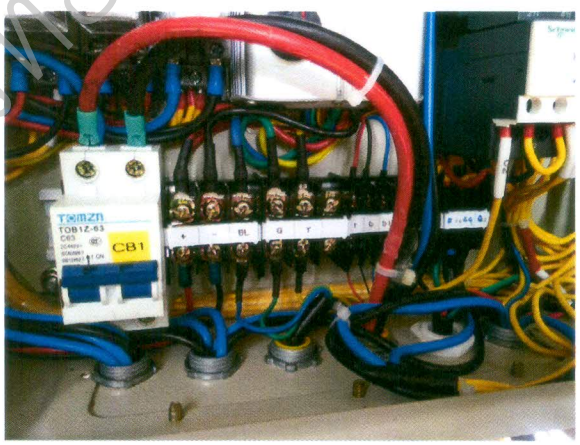
3.1.2 ระบบการสูบน้ำในเวลากลางคืนโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่

3.1.1 ระบบการสูบน้ำในเวลากลางวันแบบใช้งานแสงอาทิตย์และชาร์ตแบตเตอรี่

3.1.1.1 การเคลื่อนย้ายเครื่องสูบน้ำไปในบริเวณกลางแจ้งหรือบริเวณที่ผู้ใช้งาน ต้องการใช้งาน



3.1.1.2 ยกเมนสวิตช์เบรกเกอร์CB1 มาตำแหน่ง ON (ตู้คอนโทรลหลัก)




มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

3.1.1.3 ทำการยกเบรกเกอร์ ( CB2,CB3,CB4,CB5,CB6 ) ตำแหน่ง ON (ตู้คอนโทรลรอง)

3.1.1.4 ทำการกดสวิตซ์ที่ตัวสำรองไฟฟ้า (UPS) ไฟหน้าจอแสดงผลการทำงาน

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

3.1.1.4 ทำการบิดสวิตซ์เปิดเครื่องมาที่ตำแหน่ง START เพื่อทำการเดินเครื่องปั๊มน้ำใช้งาน

3.1.2 ระบบการสูบน้ำในเวลากลางคืนโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่

3.1.2.1 ขั้นตอนการใช้งานทำเหมือนการเปิดเครื่องแบบกลางวันทุกข้อ กรณีใช้งานในตอนกลางคืนระบบออโต้จะทำงานเองทั้งหมด

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

4) การแจ้งเตือนสถานการณ์ทำงานของระบบไฟอร่ามต่างๆ

4.1 ไฟอร่าม (ไฟไซเรนสีแดงจะหมุนและมีเสียงดัง)

วิธีการแก้ไข : กดสวิตซ์เพื่อทำการปิดไฟอร่าม และเสียง“ดับ”

รูป 4.1.1

4.2 ไฟแสดง SOLARCELL ON สีเขียวแสดงว่าใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์

รูป 4.2.1

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

4.3 ไฟแสดง BATTERY ON สีเขียวแสดงว่าใช้พลังงานจากแบตเตอรี่

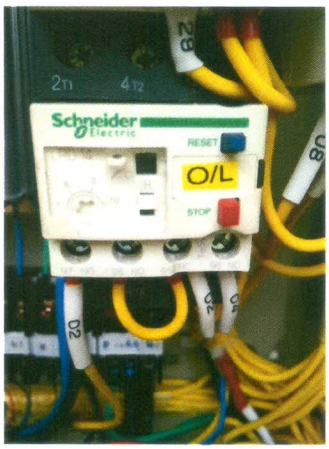
รูป 4.3.1

4.4 ไฟแสดง OVERLOAT สีเหลืองแสดงสถานะมอเตอร์กินกระแสสูง และไซเรนติดมีเสียงดัง

วิธีการแก้ไข : บิดสวิตซ์ทำการปิดเครื่องปั๊มน้ำให้ไฟอร่าม “ดับ” และทำการกดปุ่มรีเซ็ตที่อุปกรณ์ไฟฟ้าโอเวอร์โหลด ( ปุ่มสีน้ำเงินดังรูป 4.3.2)

รูป 4.3.1

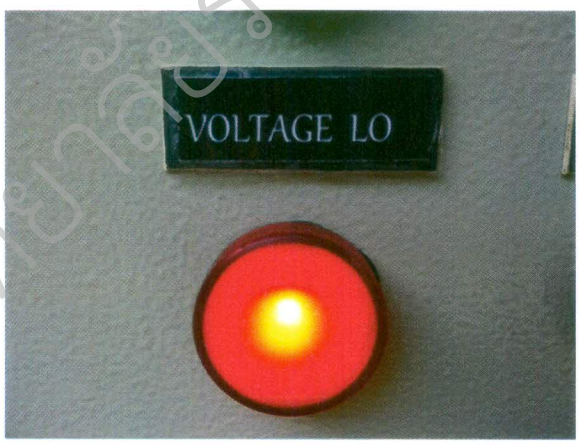
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี




รูป 4.3.2

4.5 ไฟแสดง VOLTAGE LO สีแดงแสดงสถานะแรงดันต่ำทั้งแผงโซล่าเซล์ลและแบตเตอรี่และไซเรนติดมีเสียงดัง

วิธีการแก้ไข : บิดสวิตซ์ทำการปิดเครื่องปั๊มน้ำให้ไฟอร่าม “ดับ” รอการชาร์จแบตเตอรี่หรือรอแสงแดดในเวลากลางวัน




รูปที่ 4.5.1

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

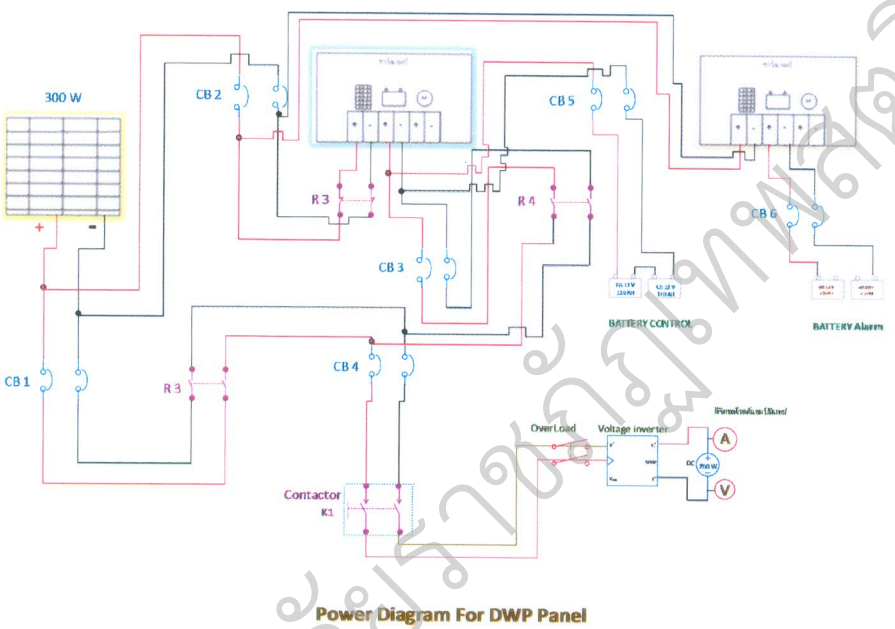
4.6 ไฟแสดง NO FLOW สีแดงแสดงสถานะน้ำหมด และไซเรนติดมีเสียงดัง

วิธีการแก้ไข : บิดสวิตซ์ทำการปิดเครื่องปั๊มน้ำให้ไฟอร่าม “ดับ” เช็คแหล่งน้ำ

รูป 4.5.1

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

5. หลักการทำงานของโปรแกรมเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ และบล็อกไดอะแกรมวงจรควบคุมต่างๆ และชุดขับมอเตอร์




รูปที่ 5.1 บล็อกไดอะแกรมวงจรควบคุม

การต่อสายไฟเข้าเบรกเกอร์ ชาร์จเจอร์ และแบตเตอรี่และอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ

1. ต่อสายไฟออกจากแผงโซล่าเซล์ลจั๊มสายไฟที่หัวเบรกเกอร์ (CB1)
2. จั๊มสายไฟจากหลังเบรกเกอร์ (CB1) ไปเข้าหน้าคอนแทคที่รีเลย์ (R3: ขา1,2)
3. จั๊มสายไฟจากหน้าคอนแทคที่รีเลย์ (R3: ขา3,4)ไปเข้าหัวเบรกเกอร์ (CB4)
4. จั๊มสายไฟจากหลังเบรกเกอร์ (CB4)ไปเข้าแม๊กเนติก (K1: ขา1,5)
5. ต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า(โอเวอร์โหลดรีเลย์)เข้าที่แม๊กเนติก (K1: ขา2,6)
6. จั๊มสายไฟจากโอเวอร์โหลดรีเลย์(ขา2,6)ไปเข้าอินเวอร์เตอร์ (ขั้ว V+,Vout)
7. จั๊มสายไฟจากอินเวอร์เตอร์ (ขั้ว C+,C-)ไปเข้ามอเตอร์DC(ขั้ว +ขั้ว-)
8. จั๊มสายไฟจากแอมมิเตอร์และโวล์ทมิเตอร์เข้าวงจรขนานกับมอเตอร์DC
9. จั๊มหัวเบรกเกอร์ (CB1)ไปเข้าหัวเบรกเกอร์ (CB2)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

10. จั๊มสายไฟจากหลังเบรกเกอร์ (CB2) ไปเข้ารีเลย์ (R3: ขา1,2)
11. จั๊มสายไฟจากรีเลย์ (R3: ขา3,4)ไปเข้าชาร์ทเจอร์SOLAL(ขั้ว +ขั้ว-)รูปแผงโซล่า
12. จั๊มสายไฟจากชาร์ทเจอร์SOLAL (ขั้ว +ขั้ว-)รูปแบตเตอรี่ไปเข้าหัวเบรกเกอร์(CB3)
13. จั๊มสายไฟจากหลังเบรกเกอร์ (CB3)ไปเข้าหน้าคอนแทคที่รีเลย์ (R4: ขา1,2)
14. จั๊มสายไฟจากหน้าคอนแทคที่รีเลย์ (R4: ขา3,4)ไปเข้าหัวเบรกเกอร์ (CB4)
15. จั๊มสายไฟจากชาร์ทเจอร์SOLAL (ขั้ว +ขั้ว-)รูปแบตเตอรี่ไปเข้าหัวเบรกเกอร์ (CB5)
16. จั๊มสายไฟจากหลังเบรกเกอร์ (CB5)ไปเข้าแบตเตอรี่ 12VDC:120A
17. จั๊มสายไฟจากหลังเบรกเกอร์ (CB2) ไปเข้าชาร์ทเจอร์BAT(ขั้ว +ขั้ว-)รูปแผงโซล่า
18. จั๊มสายไฟจากชาร์ทเจอร์BAT (ขั้ว +ขั้ว-)รูปแบตเตอรี่ไปเข้าหัวเบรกเกอร์ (CB6)
19. จั๊มสายไฟจากหลังเบรกเกอร์ (CB6)ไปเข้าแบตเตอรี่ 12VDC:7.2A

**6.** คู่มือการใช้ชาร์จเจอร์

**รูปที่ 6.1** ชาร์จเจอร์

6.1 คุณสมบัติของ เครื่องควบคุมการชาร์จ หรือ คอนโทรลชาร์จแผงโซลาเซลล์

มีระบบป้องกัน over-charge ,over-discharge และ over-load หน้าจอแสดงตัวเลข digital 2 หลัก และปุ่ม Setting เพื่อตั้งค่าเวลาและรูปแบบการทำงานต่างๆ ของอุปกรณ์ต่อพ่วง

6.1.1 ระบบไฟแสดงสถานะแผงโซล่าเซลล์

ไฟ SUN แสดงติดค้างเมื่อมีแสงแดดแสดงถึงสามารถชาร์จไฟเข้าแบตเตอรี่ได้

ไฟ SUN แสดงกระพริบเมื่อแสงแดดอ่อน แรงดันไฟฟ้ามีน้อย ซึ่งทำให้ชาร์จไฟเข้าแบตเตอรี่ได้น้อย

ไฟ SUN ไม่แสดงหรือดับอาจเกิดจากการที่ไม่มีแสงแดดหรืออาจมีการถอดสายไฟจากแผงโซล่าเซลล์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

6.1.2 ระบบไฟแสดงสถานะแบตเตอรี่และการชาร์จ

ไฟ BAT แสดงสีเขียวติดค้าง เมื่อมีการชาร์จไฟเข้าแบตเตอรี่และมีพลังงานเพียงพอ

ไฟ BAT แสดงสีเขียวกระพริบ เมื่อมีการประจุไฟไปยังแบตเตอรี่หรือกำลังชาร์จ

ไฟ BAT แสดงสีแดงติดค้าง เมื่อแบตเตอรี่มีประจุเหลือปานกลางหรือค่อนข้างน้อย

ไฟ BAT แสดงสีแดงกระพริบช้าๆ พลังงานจากแบตเตอรี่ไม่เพียงพอหรืออาจถูกชาร์จด้วยแรงดันไฟฟ้าที่มากเกินไป

อุปกรณ์ต่อพ่วง(Load) จะถูกตัดการทำงาน

6.1.3 ระบบไฟแสดงสถานะอุปกรณ์ต่อพ่วง

ไฟ LOAD แสดงสีเขียวติดค้าง อุปกรณ์ต่อพ่วงทำงานปกติ

ไฟ LOAD ไม่แสดงหรือดับเมื่ออุปกรณ์ต่อพ่วงปิดการทำงาน

ไฟ LOAD แสดงกระพริบ เมื่อมีกระแสเกินหรือเกิดการลัดวงจร อุปกรณ์ต่อพ่วงถูกปิดการทำงานทันที

กรณีนี้ Solar Charge Controller จะรีสตาร์ทเครื่องเองภายใน 30 วินาที

7. ข้อมูลจำเพาะ

**ตารางที่ ค.1** คุณสมบัติ รายละเอียด

| คุณสมบัติ | รายละเอียด |
|---|---|
| แบตเตอร์รี่ | ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ 90 แอมป์ 2 ลูก |
| แบตเตอร์รี่ | ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ 7.2 แอมป์ 2 ลูก |
| ตัวสำรองไฟ | 300 วัตต์ |
| กระแสไฟจากแผงโซล่าเซลล์ | 300 วัตต์ |
| การชาร์จแบตเตอร์รี่ | 3-6ชั่วโมง หรือ ขึ้นอยู่กับปริมานแสงแดดในแต่ละวัน |
| อินเวอร์เตอร์ | 1,000 วัตต์ |
| ชาร์จเจอร์ | 30 แอมป์ ; 10 แอมป์ |
| ปั๊มชัก(Piston Pump) | ปริมาณน้ำ 30-60 ลิตร/นาที ส่งสูง 12 เมตร ดูลึก 8 เมตร |

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี