โครงงานวิศวกรรมชลประทาน

(02207499)

ที่ 8/2554

เรื่อง

การพัฒนาเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

The development of solar pumps

โดย

นายสิริชัย ทองเสงี่ยม

นายอรรถพร พวงผิว

เสนอ

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมโยธา- ชลประทาน)

พุทธศักราช 2554

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมชลประทาน

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรื่อง : การพัฒนาเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

นามผู้ทำโครงงาน : นายสิริชัย ทองเสงี่ยม
นายอรรถพร พวงผิว

ได้รับพิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานโครงการ .....

(อ.ดร.สมชาย ดอนเจดีย์)

...../...../.....

ประธานกรรมการ .....

(อ.วรพจน์ ศตเดชากุล)

...../...../.....

หัวหน้าภาควิชา .....

(รศ.สันติ ทองพำนัก)

...../...../.....

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การพัฒนาเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

โดย : นายสิริชัย ทองเสงี่ยม

นายอรรถพร พวงผิว

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน :

.....

(อ.ดร.สมชาย ดอนเจดีย์)

..... /...../.....

การวิจัยนี้ใช้ศึกษาและพัฒนาเครื่องสูบน้ำพลังแสงอาทิตย์โดย การนำ เซลล์แสงอาทิตย์ที่ชำรุดแล้ว รวมถึงแบตเตอรี่เก่ามาซ่อมเพื่อให้ใช้งานได้อีกครั้ง จากการพัฒนาสามารถทำให้ ประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ และแบตเตอรี่อยู่ที่ 80-90% เมื่อเปรียบเทียบกับของใหม่ ขนาดปั๊มน้ำที่เหมาะสมนำมาใช้คือ ปั๊มน้ำ DC-24V แบบจุ่ม เครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ที่พัฒนาขึ้นสามารถสูบน้ำได้ในอัตราสูงสุด 3.15 ลิตรต่อวินาที โดยที่อัตราการไหลจะแปรผกผันตามเวลา และมีระยะเวลาในการสูบเพียง 4 ชั่วโมง อย่างไรก็ตาม หากชาร์ตไฟจากเซลล์แสงอาทิตย์พร้อมกับสูบน้ำสามารถสูบน้ำได้ตลอดเวลาโดยปริมาณน้ำที่ได้จากการสูบจะคงที่ที่ 1.5 ลิตรต่อวินาที

ABSTRACT

Title : The development of solar pumps

By : Mr.Sirichai Tongsangiem

Mr.Autthaporn Puangpiw

Project Advisor :

.....

(Dr. Somchai Donjadee)

...../...../.....

This research studied and developed a solar pump. A defective solar cell and wasting battery were repaired and use for this solar pump. The efficiency of repaired solar cell and battery are 80-90% when compared with the new one. A submerged pump with DC-24V type is suitable for this solar pump. However, this solar pomp gives a maximum discharge about 3.15 liters/second. The discharge reduces with time and can use only 4 hours. However, when use the solar pump during charged the battery form solar cell, it can use un-limited with discharge 1.5 3.15 liters/second.

คำนิยม

โครงงานวิศวกรรมชลประทานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่ายเป็นอย่างดี ผู้ทำโครงงานขอขอบคุณ อ .ดร.สมชาย ดอนเจดีย์ ประธานที่ปรึกษาโครงงาน และ อ.วรพจน์ ศตเดชากุล กรรมการที่ปรึกษาโครงงาน ที่ได้ดูแลช่วยเหลือ และให้คำแนะนำชี้แนวทางในการดำเนินงาน และยังให้คำแนะนำในการเรียบเรียงโครงงานฉบับนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ นายสุรพล เจริญชีพ บุคลากรภาควิชาวิศวกรรมชลประทานและนายพรลิขิต ทองรอด นิสิตปริญญาโทภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ตลอดจนเพื่อนทุกคน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ และให้ความช่วยเหลือ ในการจัดทำโครงงานให้เป็นผลสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และสามารถจัดรูปเล่มที่สมบูรณ์ได้

ในนามของผู้จัดทำโครงงานจึงขอขอบพระคุณทุกท่านที่กล่าวมาไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

เมษายน 2555

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ก

ABSTRACT ข

คำนิยม ค

สารบัญ ง

สารบัญรูป ฉ

สารบัญตาราง ซ

บทที่1 บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 1

1.3 ขอบเขตในการศึกษา 1

บทที่ 2 การตรวจเอกสาร

2.1 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) 2

2.2 แบตเตอรี่ (Battery) 9

2.3 ปั๊ม (Pump) 13

2.4 ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ลดโลกร้อน 25

บทที่ 3 อุปกรณ์ และวิธีการทำ

3.1 อุปกรณ์ 29

3.2 วิธีการสร้างชุดเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ 29

3.3 วิธีการทดลอง 39

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลอง 41

4.2 ตารางเปรียบเทียบการประมาณค่าใช้จ่ายในการประดิษฐ์ชุดพลังงานแสงอาทิตย์ 43

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง 44

5.2 ข้อเสนอแนะ 44

เอกสารอ้างอิง 45

ภาคผนวก 46

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ 3
รูปที่ 2.2 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ 3
รูปที่ 2.3 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอน 4
รูปที่ 2.4 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกโพลีซิลิคอน 4
รูปที่ 2.5 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน 5
รูปที่ 2.6 ต่อแบบขนานเพื่อให้กระแสมากขึ้น 11
รูปที่ 2.7 ต่อแบบอนุกรมเพื่อต้องการกระแสมากขึ้น 12
รูปที่ 2.8 ต่อแบบอนุกรมผสมกับแบบขนานต้องการแรงดันและกระแสมากขึ้น 12
รูปที่ 2.9 เครื่องควบคุมประจุไฟฟ้า 13
รูปที่ 2.10 การจำแนกประเภทของปั๊ม 14
รูปที่ 2.11 ทิศทางการไหลของของเหลวขณะผ่านออกจากใบพัด (Impeller) ของปั๊มแบบเซนตริฟูกอล 15
รูปที่ 2.12 ลักษณะทั่วไปของเรือนปั๊ม (Casing) ของปั๊มแบบเซนตริฟูกอล 15
รูปที่ 2.13 ปั๊มเซนตริฟูกอลแบบหอยโข่ง (Volute) ที่เรือนปั๊มมีช่องทางเดินของของเหลว
เพียงช่องเดียว (a) และสองช่อง (b) 16
รูปที่ 2.14 ปั๊มเซนตริฟูกอลแบบมีครีบผันน้ำ (Diffuser Type)
ซึ่งมีครีบช่วยให้การเปลี่ยนทิศทางการไหลของของเหลวในห้องสูบสม่ำเสมอดีขึ้น 17
รูปที่ 2.15 ปั๊มเซนตริฟูกอลแบบเทอร์ไบน์ (Regenerative Turbine) 17
รูปที่ 2.16 ทิศทางของของเหลวออกจากใบพัด 18
รูปที่ 2.17 ลักษณะใบพัดของปั๊มแบบเซนตริฟูกอล 20
รูปที่ 2.18 ปั๊มโรตารี่แบบเฟือง (Gear Pump) 21
รูปที่ 2.19 ปั๊มโรตารี่แบบลอน 21
รูปที่ 2.20 ปั๊มโรตารี่แบบลอน 21
รูปที่ 2.21 ปั๊มโรตารี่แบบสว่าน 22
รูปที่ 2.22 ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ 28
รูปที่ 3.1 แสดงการเทน้ำกรดออกให้หมด 30
รูปที่ 3.2 แสดงการเทน้ำเดือดลงแบตเตอรี่ 30
รูปที่ 3.3 แสดงการเขย่าแบตเตอรี่ 31
รูปที่ 3.4 แสดงการเทน้ำยาล้างห้องน้ำลงแบตเตอรี่ 31
รูปที่ 3.5 แสดงการเทน้ำกรดเก่าลงแบตเตอรี่ 32
รูปที่ 3.6 แสดงการวัดกระแสไฟฟ้าด้วยโวลต์มิเตอร์ 33

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.7 แสดงการเจียรกระจก 33
รูปที่ 3.8 แสดงการกีดพลาสติก EVA 33
รูปที่ 3.9 แสดงขั้วเซลล์แสงอาทิตย์ 34
รูปที่ 3.10 แสดงรอยแตกของเซลล์แสงอาทิตย์ 34
รูปที่ 3.11 แสดงการเจียรกระจก 34
รูปที่ 3.12 แสดงการใช้ลมร้อนเป่าพลาสติก EVA 35
รูปที่ 3.13 แสดงการใช้ลูกกลิ้งไฟแช็ก กลิ้งไปบนแผ่นอลูมิเนียมฟรอยด์ 35
รูปที่ 3.14 แสดงรอยแตกบนเซลล์แสงอาทิตย์ 35
รูปที่ 3.15 แสดงการออกแบบแพลอยน้ำ 36
รูปที่ 3.16 แสดงการเชื่อมแพลอยน้ำ 37
รูปที่ 3.17 แสดงโครงสร้างที่ว่างเซลล์แสงอาทิตย์ 37
รูปที่ 3.18 แสดงการทาสีกันสนิม 37
รูปที่ 3.19 แสดงอุปกรณ์ทั้งหมดพร้อมใช้งาน 38
รูปที่ 3.20 แสดงการต่อวงจร 38
รูปที่ 3.21 แสดงการต่ออุปกรณ์ 39
รูปที่ 3.22 แสดงการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า 39
รูปที่ 3.23 แสดงการวัดอัตราการไหล 40
รูปที่ 4.1 แสดงอุปกรณ์ทั้งหมดพร้อมใช้งาน 41
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับกระแสไฟฟ้า 42

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 4.1 แสดงค่าใช้จ่ายการประดิษฐ์ชุดพลังงานแสงอาทิตย์ (จากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ชำรุด และแบตเตอรี่เก่า) 43
ตาราง 4.2 แสดงค่าใช้จ่ายการประดิษฐ์ชุดพลังงานแสงอาทิตย์ 43

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มา

ปัจจุบันโลกของเราประสบปัญหาเรื่องพลังงานอย่างมาก ทั้งพลังงานน้ำมัน พลังงานไฟฟ้า การใช้พลังงานทดแทนจึงเป็นทางเลือกที่จำเป็น โดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์(Solar Energy) นับว่าเป็นพลังงานทดแทนที่มีศักยภาพสูง ปราศจากมลพิษ อีกทั้งเกิดขึ้นใหม่ได้ไม่สิ้นสุด เราสามารถนำแสงแดดมาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยผ่านอุปกรณ์ที่เรียกว่า เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)

การนำพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์(Solar Cell) มาประยุกต์ใช้กับปั๊มสูบน้ำกระแสตรง มาสูบน้ำเข้าสวนไร่นา ทำให้ประหยัดน้ำมันเชื่อเพลิง และไฟฟ้าที่ใช้กับปั๊มน้ำแบบเดิมที่ใช่กันอยู่ทั่วไป แต่เนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์มีราคาสูง เกินกำลังการซื้อของเกษตรกรที่จะลงทุนนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้เป็นแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นการนำเซลล์แสงอาทิตย์ที่ชำรุดมาซ่อม เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ เป็นการลดค่าใช้จ่าย จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง สำหรับเกษตรกรที่อยู่ในพื้นที่ชนบท หรือระบบไฟฟ้าเข้าไม่ถึง

โครงงานวิศวกรรมนี้ จึงเป็นการทำชุดปั๊มน้ำ สมบูรณ์แบบที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ โดยสามารถนำไปใช้ที่ใดก็ได้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการซ่อมเซลล์แสงอาทิตย์ที่ชำรุด และวิธีล้างแบตเตอรี่เก่า เพื่อนำมาใช้ใหม่
2. เพื่อพัฒนาเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

1.3 ขอบเขตในการศึกษา

ผลิตชุดปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 24V โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์เก่า

บทที่ 2

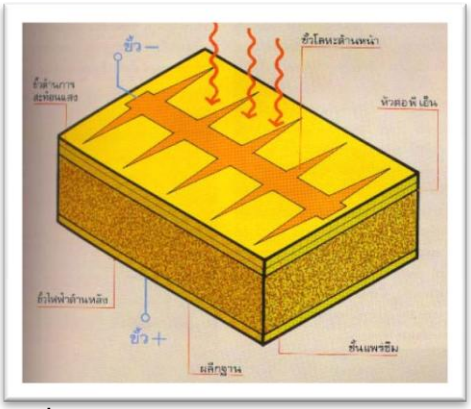
ตรวจเอกสาร

2.1 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) (สมศักดิ์, 2538)

เซลล์แสงอาทิตย์ หรือโซลาร์เซลล์ (Solar Cells) เป็นสิ่งประดิษฐ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง เซลแสงอาทิตย์ทำจาก สารกึ่งตัวนำ ซึ่งดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์แล้วเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้า พาหะนำไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากพลังงานแสงอาทิตย์นี้จะถูกแยกเป็นประจุไฟฟ้าบวกและประจุไฟฟ้าลบด้วยโครง สร้างหัวต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำเพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสองของเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อต่อขั้วไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์กับโหลด เช่น หลอดไฟฟ้าหรือมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าจะไหลสู่โหลดเหล่านั้น และทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าเหล่านั้นทำงานได้

2.1.1 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ (สมศักดิ์, 2538)

โครงสร้างหลักโดยทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์ดังรูปที่ 2.1 ได้แก่ หัวต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Si) เมื่อมีการเติมสารเจือฟอสฟอรัส (P) จะมีสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น เพราะนำไฟฟ้าด้วยอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบ และเมื่อซิลิคอนเติมด้วยสารเจือโบรอน (B) จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดพี เพราะนำไฟฟ้าด้วยโฮล ซึ่งมีประจุบวก ดังนั้นเมื่อนำสารกึ่งตัวนำชนิดพีและชนิดเอ็นมาต่อกัน ก็จะเกิดหัวต่อพีเอ็นขึ้น โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอน จึงทำจากผลึกซิลิคอนเป็นฐานหนาประมาณ 300 ไมครอน (หรือประมาณ 0.3 มิลลิเมตร) ด้านรับแสงจะมีชั้นแพร่ซึม (Diffused Layer) ที่มีการนำไฟฟ้าตรงข้ามกับฐานซึ่งหนาเพียง 0.5 ไมครอน การออกแบบให้หัวต่อพีเอ็นตื้นนี้เป็นสิ่งจำเป็น เพราะต้องการให้แสงที่ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ทะลุทะลวงถึงหัวต่อให้ได้มากที่สุด หากหัวต่อพีเอ็นอยู่ลึกเกินไป จะทำให้จำนวนพาหะไฟฟ้าที่เกิดจากการดูดกลืนแสงแพร่ซึมถึงหัวต่อพีเอ็นได้น้อยลง ส่งผลให้ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ได้มีจำนวนน้อยลงไปด้วยขั้วไฟฟ้าที่อยู่ด้านรับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์จะมีลักษณะเป็นก้างปลา หรือรูปแบบอื่นๆ เพื่อให้ได้พื้นที่รับแสงมากที่สุด ในขณะเดียวกันสามารถรวบรวมพาหะนำไฟฟ้าที่เกิดขึ้นได้มากที่สุดด้วยส่วนขั้วไฟฟ้าด้านหลังของเซลล์แสงอาทิตย์จะเป็นขั้วโลหะเต็มหน้า ผิวด้านรับแสงที่นอกเหนือจากขั้วไฟฟ้าแบบก้างปลาแล้ว ยังมีชั้นต้านการสะท้อนแสง (AR : Anti Reflection Coating) ปิดทับเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดูดกลืนแสงให้มากขึ้น โดยมิให้แสงสะท้อนกลับ เราจึงเห็นเซลล์แสงอาทิตย์เป็นสีน้ำเงินเข้ม เพราะมีชั้นโลหะออกไซด์เป็นชั้นต้านการสะท้อนแสงนั่นเอง

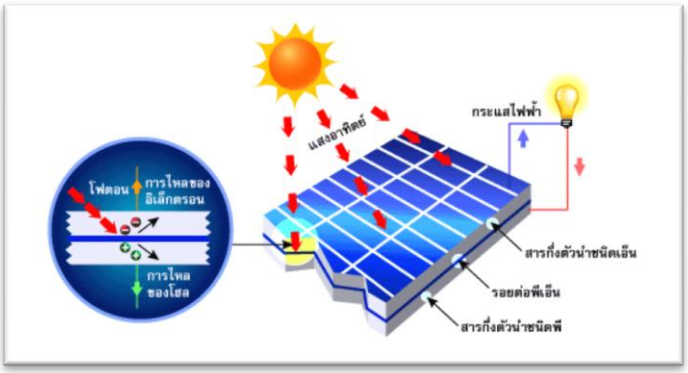


รูปที่ 2.1 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์

2.1.2 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ (สมศักดิ์,2538)

เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าประจุลบและบวกขึ้น ได้แก่ อิเล็กตรอน และโฮล โครงสร้างรอยต่อพีเอ็นจะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์ เพื่อแยกพาหะนำไฟฟ้าชนิดอิเล็กตรอนไปที่ขั้วลบ และพาหะนำไฟฟ้าชนิดโฮลไปที่ขั้วบวก (ปกติที่ฐานจะใช้สารกึ่งตัวนำชนิดมีขั้วไฟฟ้าด้านหลังจึงเป็นขั้วบวก ส่วนด้านรับแสงใช้สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ขั้วไฟฟ้าจึงเป็นขั้วลบ) ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสตรงที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง เมื่อต่อให้ครบวงจรไฟฟ้าจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลขึ้น

- การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบขนาน จะทำให้ได้กระแสไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น
- การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรม จะทำให้ได้แรงดันไฟฟ้าสูงขึ้น



รูปที่ 2.2 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

2.1.3 ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์ (สมศักดิ์, 2538)

2.1.3.1 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอน (Single Crystalline Silicon Solar Cell หรือ c-Si) ดังรูปที่ 2.3

ซิลิคอนเป็นวัสดุสารกึ่งตัวนำที่มีราคาถูกที่สุด เนื่องจากซิลิคอนเป็นธาตุชนิดหนึ่งที่มีมากที่สุดในโลกสามารถสกัดได้จากหินและทราย เรานิยมใช้ธาตุซิลิคอนในงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

เช่น ใช้ทำทรานซิสเตอร์ ไอซี และเซลล์แสงอาทิตย์เทคโนโลยีc-Si ซึ่งได้รับความนิยมและใช้งานอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะพื้นที่ชนบท**ห่**างไกลความเจริญที่ไม่มีไฟฟ้าใช้

รูปที่ 2.3 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอน

2.1.3.2 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกโพลีซิลิคอน (Polycrystalline Silicon Solar Cell หรือ pc-Si) ดังรูปที่ 2.4

จากความพยายามในการที่จะลดต้นทุนการผลิตของ c-Si จึงทำให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยี pc-Si ขึ้นส่งผลให้ต้นทุนการผลิต pc-Si ต่ำกว่า c-Si ร้อยละ10 อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยี pc-Si ก็ได้รับความนิยมและใช้งานกันอย่างแพร่หลายเช่นกัน

รูปที่ 2.4 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกโพลีซิลิคอน

2.1.3.3 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell หรือ a-Si) ดังรูปที่ 2.5

เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ธาตุซิลิคอนเช่นกัน แต่ไม่เป็นผลึก ผลของสารอะมอร์ฟัสจะทำให้เกิดเป็นฟิล์มบาง ของซิลิคอน ซึ่งมีความบางประมาณ 300 นาโนเมตร ทำให้ไม่สิ้นเปลืองเนื้อวัสดุ น้ำหนักเบา การผลิต ทำได้ง่าย และข้อดีของ a-Si ไม่เกิดมลพิษกับสิ่งแวดล้อม จึงนำมาประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่กินไฟฟ้าน้อย เช่น เครื่องคิดเลข นาฬิกาข้อมือ วิทยุทรานซิสเตอร์ เป็นต้น

รูปที่ 2.5 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน

นอกจากซิลิคอนแล้ว วัสดุสารกึ่งตัวนำอื่นๆ ก็ใช้ทำเซลล์แสงอาทิตย์ได้เช่นเดียวกัน เช่น แกลเลียมอาร์เซไนด์ (GaAs : Gallium Arsenide)แคดเมียมซัลไฟด์ (CdS : Cadmium Sulphide) ทองแดงอินเดียมไดเซเลไนด์ ($CuInSe_2$) : Copper Indium Diselenide) ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นสารประกอบกึ่งตัวนำทั้งสิ้น เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากวัสดุแกลเลียมอาร์เซไนด์จะเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูง20-25% ใช้งานกับแสงความเข้มสูงได้ดี ทนทานกับรังสีอนุภาคที่มีพลังงานสูง จึงเหมาะกับงานด้านอวกาศ แม้จะมีราคาแพงกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนถึง 50 เท่า

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแคดเมียมซัลไฟด์ และทองแดงอินเดียมไดเซเลไนด์นั้น จะมีราคาถูกพอๆ กับซิลิคอน เพราะมีลักษณะเป็นฟิล์มบาง และเตรียมได้ง่าย

วัสดุสารกึ่งตัวนำที่ใช้ทำเซลล์แสงอาทิตย์ได้ดี ต้องมีความสามารถในการดูดกลืนแสงจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีขนาดของแถบพลังงานที่เหมาะสมกับสเปกตรัมของแสงอาทิตย์ และสามารถประดิษฐ์โครงสร้างหัวต่อพีเอ็น เพื่อใช้ในการแยกพาหะที่มีประจุไฟฟ้าต่างกันออกไปยังขั้วไฟฟ้าบวกและลบได้

2.1.4 คุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์ (สุนันท์กุล, 2553)

ตัวแปรที่สำคัญที่มีส่วนทำให้เซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพการทำงานในแต่ละพื้นที่ต่างกัน และมีความสำคัญในการพิจารณานำไปใช้ในแต่ละพื้นที่ ตลอดจนการนำไปคำนวณระบบหรือคำนวณจำนวนแผงแสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ในแต่ละพื้นที่ มีดังนี้

2.1.4.1 ความเข้มของแสง

กระแสไฟ (Current) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง หมายความว่าเมื่อความเข้มของแสงสูง กระแสที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะสูงขึ้น ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าหรือโวลต์แทบจะไม่แปรไปตามความเข้มของแสงมากนัก ความเข้มของแสงที่ใช้วัดเป็นมาตรฐานคือ ความเข้มของแสงที่วัดบนพื้นโลกในสภาพอากาศปลอดโปร่ง ปราศจากเมฆหมอกและวัดที่ระดับน้ำทะเลในสภาพที่แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นโลก ซึ่งความเข้มของแสงจะมีค่าเท่ากับ 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

2.1.4.2 อุณหภูมิ

กระแสไฟ(Current) จะไม่แปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่แรงดันไฟฟ้า (โวลท์) จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วทุกๆ 1 องศาที่เพิ่มขึ้น จะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง 0.5% และในกรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาตรฐานที่ใช้กำหนดประสิทธิภาพของแผงแสงอาทิตย์คือ ณ อุณหภูมิ 25°c เช่น กำหนดไว้ว่าแผงแสงอาทิตย์มีแรงดันไฟฟ้าที่วงจรเปิด (Open Circuit Voltage หรือ V oc) ที่ 21 V ณ อุณหภูมิ 25°c ก็จะหมายความว่า แรงดันไฟฟ้าที่จะได้จากแผงแสงอาทิตย์ เมื่อยังไม่ได้ต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้า ณ อุณหภูมิ 25°c จะเท่ากับ 21 V ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 25°c เช่น อุณหภูมิ 30°c จะทำให้แรงดันไฟฟ้าของแผงแสงอาทิตย์ลดลง 2.5% (0.5% x 5°c) นั่นคือ แรงดันของแผงแสงอาทิตย์ที่ V oc จะลดลง 0.525 V(21 V x 2.5%) เหลือเพียง 20.475 V (21V – 0.525V) สรุปได้ว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แรงดันไฟฟ้าก็จะลดลง ซึ่งมีผลทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงแสงอาทิตย์ลดลงด้วย จากข้อกำหนดดังกล่าวข้างต้น ก่อนที่ผู้ใช้จะเลือกใช้แผงแสงอาทิตย์จะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของแผงที่ระบุไว้ในแผงแต่ละชนิดด้วยว่า ใช้มาตรฐานอะไร หรือมาตรฐานที่ใช้วัดแตกต่างกันหรือไม่ เช่นแผงชนิดหนึ่งระบุว่า ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ 80 วัตต์ ที่ความเข้มแสง 1,200 W ต่อ ดร.เมตร ณ อุณหภูมิ 20°c ขณะที่อีกชนิดหนึ่งระบุว่า ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ 75 วัตต์ ที่ความเข้มแสง 1,000 W ต่อ ดร.เมตร และอุณหภูมิมาตรฐาน 25°c แล้ว จะพบว่าแผงที่ระบุว่าให้กำลังไฟฟ้า 80 W จะให้กำลังไฟฟ้าต่ำกว่า จากสาเหตุดังกล่าว ผู้ที่จะใช้แผงจึงต้องคำนึงถึงข้อกำหนดเหล่านี้ในการเลือกใช้แผงแต่ละชนิดด้วย

2.1.5 ลักษณะเด่นของเซลล์แสงอาทิตย์

1. ใช้พลังงานจากธรรมชาติ คือ แสงอาทิตย์ ซึ่งสะอาดและบริสุทธิ์ ไม่ก่อปฏิกิริยาที่จะทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ
2. เป็นการนำพลังงานจากแหล่งธรรมชาติมาใช้อย่างคุ้มค่า และไม่มีวันหมดไปจากโลกนี้
3. สามารถนำไปใช้เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ทุกพื้นที่บนโลกและได้พลังงานไฟฟ้าใช้โดยตรง
4. ไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงอื่นใดนอกจากแสงอาทิตย์ รวมถึงไม่มีการเผาไหม้ จึงไม่ก่อให้เกิดมลภาวะด้านอากาศและน้ำ
5. ไม่เกิดของเสียขณะใช้งาน จึงไม่มีการปล่อยมลพิษทำลายสิ่งแวดล้อม
6. ไม่เกิดเสียงและไม่มีการเคลื่อนไหวขณะใช้งาน จึงไม่เกิดมลภาวะด้านเสียง
7. เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ และไม่มีชิ้นส่วนใดที่มีการเคลื่อนไหวขณะทำงาน จึงไม่เกิดการสึกหรอ
8. ต้องการการบำรุงรักษาน้อยมาก
9. อายุการใช้งานยืนยาวและประสิทธิภาพคงที่
10. มีน้ำหนักเบา ติดตั้งง่าย เคลื่อนย้ายสะดวกและรวดเร็ว
11. เนื่องจากมีลักษณะเป็นโมดูล จึงสามารถประกอบได้ตามขนาดที่ต้องการ
12. ช่วยลดปัญหาการสะสมของก๊าซต่างๆ ในบรรยากาศ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์,ซัลเฟอร์ไดออกไซด์, ไฮโดรคาร์บอน และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ฯลฯ ซึ่งเป็นผลจากการเผาไหม้ของ

เชื้อเพลิงจำพวกน้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ ล้วนแล้วแต่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เกิดปฏิกิริยาเรือนกระจก ทำให้โลกร้อนขึ้น เกิดฝนกรด และอากาศเป็นพิษ ฯลฯ

2.1.6 การประยุกต์เซลล์แสงอาทิตย์ (สมศักดิ์, 2538)

หลังจากเกิดวิกฤติด้านพลังงานในปี พ.ศ. 2516 เป็นต้นมา เซลล์แสงอาทิตย์ได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง เพื่อเป็นพลังงานทดแทนแหล่งพลังงาน ที่ผลิตด้วยน้ำมันเชื้อเพลิง ในปี พ.ศ. 2537 ประเทศไทยมีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อใช้งาน แล้วทั้งสิ้นกว่า 1.4 เมกะวัตต์ทั่วประเทศ แม้จะเป็นตัวเลขที่น้อยมากเมื่อเทียบกับการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดของประเทศ แต่ก็เป็นการใช้งานเฉพาะ และคุ้มค่า โดยเฉพาะการพัฒนาชนบท ได้แก่

1. การสูบน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นระบบขนาดเล็ก (300-500 วัตต์) และระบบขนาดกลาง (1-2 กิโลวัตต์) ติดตั้งกระจายอยู่ทั่วประเทศ โดยเฉพาะในภาคอีสานของประเทศไทย

2. การอัดแบตเตอรี่ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งเป็นระบบขนาดตั้งแต่ 1-10 กิโลวัตต์ เพื่อใช้เป็นศูนย์อัดประจุแก่แบตเตอรี่ประจำหมู่บ้านในชนบท ที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ เพื่อให้ชาวบ้านได้ใช้ไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ เพื่อเป็นไฟแสงสว่าง ฟังวิทยุ และดูโทรทัศน์ในยามกลางคืน

3. แหล่งกำเนิดไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับสถานีทวนสัญญาณไมโครเวฟขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย ซึ่งติดตั้งใช้งานทั่วประเทศกว่า 100 สถานี ทั้งบนภูเขา บนเกาะ และท้องถิ่นทุรกันดาร ซึ่งเป็นระบบขนาด 1-2กิโลวัตต์

4. แหล่งกำเนิดไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับอุปกรณ์สื่อสารที่เคลื่อนที่ได้ เช่น วิทยุสนามของหน่วยงานบริการ และวิทยุสนามของทหาร เป็นต้น แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้งานนี้ จะเป็นแบบพับได้ และกางออกใช้งาน เมื่อต้องการ เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย มีขนาดเล็กและเบา ให้กำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 10-100 วัตต์

5. แหล่งกำเนิดไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับไฟสัญญาณต่างๆ เช่น ไฟสัญญาณสนามบิน รางรถไฟ ประภาคารในทะเล ฯลฯ

6. เซลล์แสงอาทิตย์สำหรับตู้เย็นสนาม เพื่อเก็บวัคซีนสำหรับหน่วยอนามัย และหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ในท้องถิ่นทุรกันดาร

7. สถานีผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยเป็นสถานีที่แยกอิสระ (Stand Alone) และสถานีผลิตร่วม (Hybrid System) ที่เชื่อมโยงกับระบบผลิตกระแสไฟฟ้า ด้วยพลังงานน้ำ และกังหันลม

8. ระบบเติมออกซิเจนในน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับบ่อกุ้งและบ่อปลา เป็นการประยุกต์เซลล์แสงอาทิตย์ ในด้านอุตสาหกรรมการเกษตร ซึ่งเป็นผลงานวิจัยที่จดสิทธิบัตรของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

9. ชุดปิดเปิดประตูบ้านด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นการออกแบบระบบ เพื่อใช้งานกับบ้านที่อยู่ในเมือง หรือใช้กับการปิดเปิดประตูของคอกปศุสัตว์ ซึ่งเป็นผลงานที่จดสิทธิบัตรของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.7 อายุการใช้งาน และราคาต้นทุนของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ทำจากสารกึ่งตัวนำ และเป็นอุปกรณ์ที่ทำงานได้ โดยไม่มีการเคลื่อนไหวใดๆ เซลล์แสงอาทิตย์จะถูกปิดผนึกอย่างดี เพื่อ ป้องกันความชื้นจากบรรยากาศ ดังนั้นอายุการใช้งานของเซลล์แสงอาทิตย์จึงยืนยาว โดยเฉพาะเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากผลึกซิลิคอน ซึ่งจะมีอายุการใช้งานกว่า 25 ปี ส่วนเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน จะมีอายุการใช้งานสั้นกว่า เนื่องจากวัสดุอะมอร์ฟัสยังไม่มีเสถียรภาพดี พอต้องการการพัฒนาคุณภาพอีกระยะหนึ่ง จึงมีอายุอยู่ระหว่าง 3-5 ปี ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งานกับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วๆ ไป เช่น เครื่องคิดเลข และนาฬิกาข้อมือ ส่วนเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกลเลียมอาร์เซไนด์ จะมีอายุการใช้งานยืนยาวพอๆ หรือมากกว่าซิลิคอน เพราะทนต่อการแผ่รังสีอวกาศได้ดีกว่า จึงเหมาะสำหรับใช้กับดาวเทียม และยานอวกาศ

ราคาต้นทุนการผลิตของเซลล์แสงอาทิตย์ แบบผลึกซิลิคอนในปี พ.ศ. 2537 อยู่ที่ 5 ดอลลาร์ (หรือประมาณ 125 บาท) ต่อวัตต์ หรือเป็นราคาต้นทุนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ที่มี เส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว 1 ชิ้น ปกติแผงเซลล์ แสงอาทิตย์มาตรฐานทั่วไป จะมีเซลล์แสงอาทิตย์ต่ออนุกรมอยู่ 30-40 ตัว จึงมีราคาต้นทุนการผลิต ประมาณ 5000 บาทต่อแผง ในขณะที่ราคาขายในท้องตลาดจะสูงกว่า 10000 บาทต่อแผง ที่ให้กำลังไฟฟ้า 40วัตต์

สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัสซิลิคอน จะมีราคาต้นทุนการผลิต ที่ถูกกว่าผลึกซิลิคอน แต่มักจะผลิตจำหน่ายเป็นเซลล์ขนาดพื้นที่เล็กๆ และใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ที่กินไฟฟ้าน้อยๆ เพราะมีประสิทธิภาพต่ำ และไม่คงทนต่อการทำงาน

การใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์จะคุ้มทุน เมื่อใช้งานไปนานๆ เพราะเป็นการลงทุนครั้งเดียว เนื่องจากไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิง และการบำรุงรักษา นอกจากนี้ยังเป็นพลังงานที่ สะอาดอีกด้วย

2.2 แบตเตอรี่ (Battery) (วรพล, 2550)

แบตเตอรี่ เป็นอุปกรณ์จัดเก็บ และจ่ายกระแสไฟฟ้า โดยมีลักษณะเป็นทรงสี่เหลี่ยม ที่มีการทำปฏิกิริยาภายใน ทำให้เกิดไฟฟ้า ซึ่งเป็นแหล่งรวมพลังงานไฟฟ้าของรถ แบตเตอรี่ให้กระแสไฟฟ้าแก่รถในการสตาร์ทเครื่องโดยการจ่ายไฟฟ้าให้แก่ ไดร์สตาร์ทเพื่อให้เครื่องยนต์ติด จากนั้นระบบไฟฟ้าที่ใช้ในรถจะมาจากไดชาร์จ ยกเว้นกรณีการใช้อุปกรณ์บางอย่างเช่นใบปัดน้ำฝน ไฟหน้ารถ ไฟเลี้ยว ฯลฯ จะมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ช่วยในการทำงาน แบตเตอรี่ที่ติดรถเรียบร้อยแล้วจะได้รับการเติมไฟฟ้าจากไดร์ชาร์จเมื่อกระแสไฟฟ้าในแบตเตอรี่ลดลงเนื่องจากการนำกระแสไฟฟ้าไปใช้ (โดยกระบวนการชาร์จไฟนี้จะทำงานในขณะที่เครื่องยนต์ติด)

2.2.1 ประเภทของแบตเตอรี่ (วรพล, 2550)

2.2.1.1 แบบธรรมดา (Conventional) หรือแบตเตอรี่ชนิดน้ำ เป็นแบตเตอรี่ ที่ใช้โลหะตะกั่วผสมพลวงเหมาะกับการใช้งานทั่วไป ราคาถูก เหมาะกับรถยนต์ที่ใช้งานทั่วไป

2.2.1.2 แบตเตอรี่แบบไฮบริด (HYBRID) หรือ ชนิดกึ่งแห้ง ใช้ตะกั่วผสมแคลเซียมในโครงแผ่นธาตุลบเป็นเทคโนโลยีของญี่ปุ่น มีข้อดีคือ อายุการใช้งานทนทานกว่าแบตเตอรี่ธรรมดา และไม่ต้องกังวลเรื่องเติมน้ำกลั่น การใช้งานจริงจึงสามารถเติมน้ำกลั่นทุกๆ 5,000 หรือ 10,000 กม. พร้อมกับการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่อง นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติที่ทนทานกว่า Ca-MF ในภาวะที่ใช้งานหนัก (Deep Cycle –Heaty Duty) เช่น รถบรรทุก,รถโดยสาร และรถรับจ้าง

2.2.1.3 แบบแคลเซียม แมนเทนแนนซ์ฟรี (Calcium-Maintenance Free) หรือแบตเตอรี่ชนิดแห้งใช้ตะกั่วผสมแคลเซียมทั้งในโครงแผ่นธาตุบวกและลบ มีคุณสมบัติดีกว่า HYBRID คือไม่ต้องเติมน้ำกลั่นตลอดอายุการใช้งาน(แต่ในเมืองไทยที่มีอากาศร้อน ดังนั้นอาจต้องมีการเติมน้ำกลั่นบ้าง)ในเมืองไทยรถยนต์ที่ประกอบตั้งแต่ปี 2545 จะใช้แบตเตอรี่ชนิด Ca-MF ทั้งหมด สะดวกต่อการใช้งาน และไม่ต้องบำรุงรักษา

2.2.2 การชาร์จแบตเตอรี่ (นัดดา, 2552)

1. การชาร์จแบบปกติ ชาร์จไฟด้วยกระแสไฟฟ้า 8% ของความจุ (Ah) ของแบตเตอรี่

เช่น แบตเตอรี่ที่มีความจุ 50 Ah ต้องชาร์จไฟ = 50Ah×0.08

= 4 A

เกณฑ์การพิจารณาว่าไฟเต็มหรือไม่ คือ

1.1 เกิดฟองก๊าซละเอียดมากในทุกช่องจนดูขาวขุ่น

1.2 วัดโวลต์ของแบตเตอรี่ขณะไม่ปิดเครื่องได้ 14.5-15.5โวลต์

1.3 วัดความถ่วงจำเพาะของน้ำกรดแต่ละช่องได้ค่าสูงสุดคงที่ (1.250)

2. การชาร์จแบบเร็ว ชาร์จด้วยกระแสไฟฟ้า 50% ของความจุแบตเตอรี่

เช่น แบตเตอรี่ที่มีความจุ 50 Ah ต้องชาร์จไฟ = 50Ah×0.5

= 25 A

วิธีการนี้ แนะนำให้ใช้เฉพาะกรณีเร่งด่วนเท่านั้น เพราะอาจมีผลทำให้แบตเตอรี่เสีย หรืออายุแบตเตอรี่สั้นลง โดยอุณหภูมิแบตเตอรี่ ต้องไม่เกิน 50°c และชาร์จไม่เกิน 1ชั่วโมง ห้ามอัดด้วยกระแสไฟฟ้าแรงสูง

2.2.3 วิธีการเติมกรดแบตเตอรี่ใหม่ก่อนชาร์จไฟ (นัดดา, 2552)

1. แกะอลูมิเนียมเทปที่ปิดบนช่องเติมกรดออก
2. อุณหภูมิของกรดที่ใช่เติมควรต่ำกว่า 35°c
3. ระวังอย่าให้ฝุ่นผงลงไปในแบตเตอรี่
4. เติมกรดให้ได้ระดับที่กำหนดไว้ ถ้าเป็นเปลือกหม้อพลาสติกจะมีขีดบอกระดับ Upper Level และ Lower Level แต่ถ้าเปลือกหม้อที่ไม่มีขีดบอกระดับให้เติมจนท่วมแผ่นธาตุประมาณ 10-15มิลลิเมตร หรือเติมจนถึงระดับกระบอกช่องเติมกรด หลังจากเติมจนได้ระดับแล้วทิ้งไว้ครู่หนึ่งระดับกรดจะต่ำลงไปอีก เนื่องจากแผ่นธาตุ และแผ่นกั้นค่อยๆ ดูดซึมกรดไว้จึงต้องเติมกรดลงไปอีกจนได้ระดับเดิม

ข้อควรระวัง

1. ห้ามใช้น้ำหลั่นในครั้งแรก
2. ห้ามใช้น้ำกรดที่มีความถ่วงจำเพาะสูงกว่ากำหนด ทำให้อายุงานจะสั้น
3. ห้ามใช้น้ำกรดที่มีความถ่วงจำเพาะต่ำกว่ากำหนด ทำให้แรงสตาร์ท
4. ห้ามใช่น้ำกรดชนิดอื่น เช่น กรดเกลือ กรดน้ำส้มฯ
5. ห้ามเติมน้ำกรดต่ำกว่าระดับ Lower Level เพราะทำให้น้ำกรดไม่พอ
6. ห้ามเติมน้ำกรดเกินระดับสูงสุด Upper Level เพราะทำให้น้ำกรดล้นกัดกร่อนห้อง เครื่องยนต์
7. อย่าให้น้ำกรดเข้าตา ถูกผิวหนัง หรือเสื้อผ้า ถ้าถูกน้ำกรด รีบล้างด้วยน้ำสะอาดทันที กรณีเข้าตาล้างน้ำสะอาดมากๆ แล้วรีบไปพบแพทย์โดยเร็ว

2.2.4 การบำรุงดูแลรักษาแบตเตอรี่ (นัดดา, 2552)

1. ทำความสะอาดสายไฟ ทั้งบวกลบ และแบตเตอรี่ด้วยน้ำอุ่น และเช็ดให้แห้งอยู่เสมอ
2. ตรวจเช็คทำความสะอาดขั้วแบตเตอรี่ และทาด้วยวาสลิน เพื่อป้องกับคราบขี้เกลือ
3. ตรวจเช็คน้ำกลั่นสม่ำเสมอ ไม่ปล่อยให้น้ำแห้ง
4. ไม่เติมน้ำกลั่นให้เกินกว่าขีดสูงสุด และต่ำกว่าขีดต่ำสุด

5. ตรวจวัดระดับกระแสไฟแบตเตอรี่อย่างสม่ำเสมอ

6. ตรวจเช็คไดร์ชาร์จ เมื่อระบบไฟอ่อน

7. ตรวจสอบความมั่นคงของการติดตั้ง

8. ห้ามเติมน้ำกรด และน้ำกลั่นที่มีสีหรือสารเคมีโดยเด็ดขาด

9. ห้ามสูบบุหรี่ ขณะตรวจเช็คน้ำในแบตเตอรี่ เพราะอาจจะระเบิดได้

10. ตาแมวของแบตเตอรี่แห้งใช้ดูกำลังไฟโดย (สีน้ำเงิน=ไฟดีอยู่ / สีส้มแดง=แบตเตอรี่มีปัญหาจะต้องชาร์ตไฟหรือเติมน้ำกลั่น / สีขาว=แบตเตอรี่เสียหรือเสื่อมคุณภาพ ต้องเปลี่ยนลูกใหม่

2.2.5 วิธีสังเกตแบตเตอรี่เสื่ยม (นัดดา, 2552)

1. ใช้งานมานานกว่า 1.5 - 2 ปี

2. ไฟหน้าไม่สว่างเหมือนเช่นเคย

3. กระจกไฟฟ้าทำงานไม่เหมือนเดิม (ช้าลง)

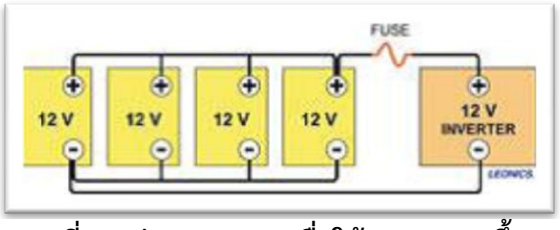
4. ในตอนเช้า เครื่องยนต์สตาร์ท ติดยาก (รอบของเครื่องยนต์ไม่พอเพียง)

5. ต้องเติมน้ำกลั่นบ่อยครั้ง (ตรวจ Checked Alternator for Voltage)

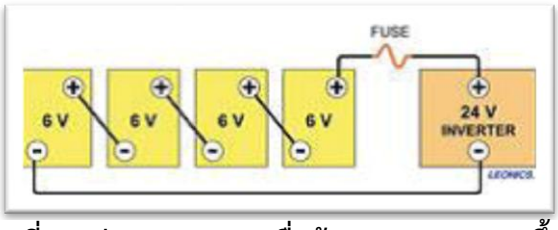
2.2.6 ชนิดของแบตเตอรี่ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (วิสิทธิ์, 2551)

ในทางปฏิบัติแล้วแบตเตอรี่ทุกชนิด สามารถนำมาใช้ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ได้ แต่ที่นิยมใช้มากที่สุดเป็นแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด (Lead-acid battery) ด้วยเหตุผลนานาประการไม่ว่าจะเป็นราคาที่ถูกกว่าและหาซื้อได้ง่ายในทุกๆที่

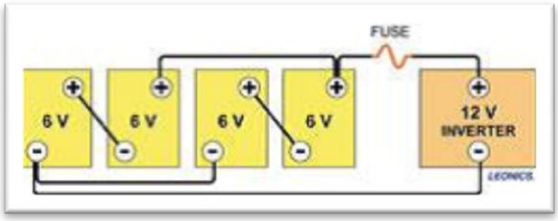
แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดมีส่วนประกอบสำคัญเป็นแผ่นตะกั่วที่เป็นขั้วบวกและลบจุ่มอยู่ในสารละลายกรดซัลฟุริกหรือเรียกว่าสารละลายอิเล็กโตรไลต์เมื่อเซลล์มีการจ่ายประจุ โมเลกุลของซัลเฟอร์จากสารละลายอิเล็กโตรไลต์จะติดอยู่กับแผ่นตะกั่ว และปล่อยอิเล็กตรอนออกมามากมาย เมื่อเซลล์มีการประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่อิเล็กตรอนจำนวนมากจะกลับเข้าไปในสารละลายอิเล็กโตรไลต์ แบตเตอรี่จึงเกิดแรงดันได้จากปฏิกิริยาเคมีนี้เอง และไฟฟ้าเกิดขึ้นได้จากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนภายในแต่ละเซลล์ของแบตเตอรี่ให้แรงดัน 2 โวลต์ แบตเตอรี่ 12 โวลต์จึงมี 6 เซลล์ต่อกัน แบบอนุกรม เซลล์ทั้งหมดอาจบรรจุอยู่ภายในกล่องเดียวหรือแยกกล่องก็ได้



รูปที่2.6 ต่อแบบขนานเพื่อให้กระแสมากขึ้น



รูปที่2.7 ต่อแบบอนุกรมเพื่อต้องการกระแสมากขึ้น



รูปที่2.8 ต่อแบบอนุกรมผสมกับแบบขนานต้องการแรงดันและกระแสมากขึ้น

แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดมีอยู่หลายแบบด้วยกัน แต่ที่เหมาะสำหรับใช้งานกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์มากที่สุดคือแบตเตอรี่แบบจ่ายประจุสูง (Deep discharge battery) เพราะถูกออกแบบให้สามารถจ่ายพลังงานปริมาณเล็กน้อยได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานๆ สามารถใช้ไฟฟ้าที่เก็บอยู่ในแบตเตอรี่นี้ได้อย่างต่อเนื่องถึง 80% โดยแบตเตอรี่ไม่ได้รับความเสียหาย (แบตเตอรี่ทั่วไปที่ใช้ในการติดเครื่องยนต์ ถูกออกแบบให้จ่ายพลังงานสูงในช่วงเวลาสั้นๆ ถ้าใช้ไฟฟ้ามากกว่า 20-30% ของพลังงานที่เก็บอยู่ จะทำให้อายุการใช้งานสั้นลงได้) ส่วนมากแบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์จะมีลักษณะที่ฝาครอบด้านบนเปิดออกได้ เพื่อให้สามารถตรวจสอบเซลล์และเติมน้ำในเวลาที่จำเป็นได้ เรียกว่าแบตเตอรี่แบบเซลล์เปิด (Open cell หรือ Unsealed หรือ Flooded cell battery) มีบางชนิดที่ถูกปิดแน่นและไม่ต้องการการซ่อมบำรุง เรียกว่าแบตเตอรี่แบบไม่ต้องดูแลรักษา (Maintenance free หรือ Sealed battery)

2.2.7 ความสามารถในการจัดเก็บพลังงาน (วิสิทธิ์, 2551)

ความจุของแบตเตอรี่ในการบรรจุพลังงานมีหน่วยเป็น แอมแปร์ -ชั่วโมง (Ampere-Hour;Ah) พลังงานในแบตเตอรี่ 12 V 100 Ah เท่ากับ 12V x 100Ah หรือ 12V x 100A x 3600s จะได้เท่ากับ 4.32 MJ ถ้าแบตเตอรี่ 100 Ah เท่ากับว่าแบตเตอรี่จะจ่ายกระแส 1 แอมแปร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 100 ชั่วโมง หรือแบตเตอรี่จ่ายกระแส 10 แอมแปร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 10 ชั่วโมง เช่นเดียวกับแบตเตอรี่จ่ายกระแส 5 แอมแปร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 20 ชั่วโมง ซึ่งทั้งหมดนี้จ่ายกระแสเท่ากับ 100 Ah ทั้งสิ้น จะเห็นได้ว่าแบตเตอรี่ที่มีความจุเท่ากันอาจมีความเร็วในการจ่ายกระแสต่างกันได้ดังนั้น การจะทราบความจุของแบตเตอรี่ต้องทราบถึงอัตราการจ่ายกระแสด้วย มักกำหนดเป็นจำนวนชั่วโมงของการจ่ายกระแสเต็มที่ การกำหนดขนาดของแบตเตอรี่สำหรับระบบเซลล์แสงอาทิตย์นั้นขึ้นอยู่กับความจุของแบตเตอรี่ในการจัดเก็บพลังงาน , อัตราการจ่ายประจุสูงสุด , อัตราการประจุสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดที่จะนำแบตเตอรี่ไปใช้งาน (อุณหภูมิที่ได้ผลดีที่สุดของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด คือ 77 F หรือประมาณ 60-80 F)

รูปที่ 2.9 เครื่องควบคุมประจุไฟฟ้า

2.3 ปั๊ม (Pump) (วิบูลย์, 2529)

ปั๊ม หรือเครื่องสูบ อาจให้คำจำกัดความได้ว่า เป็นเครื่องมือกลที่ทำหน้าที่เพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลว เพื่อให้ของเหลวนั้นไหลผ่านระบบท่อปิดจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้ตามความต้องการ พลังงานที่นำมาเพิ่มให้แก่ของเหลวนั้นอาจได้มาจากเครื่องยนต์ มอเตอร์ แรงลม แรงคน หรือพลังงานแหล่งอื่นๆ ก็ได้

กล่าวได้ว่า ปั๊มมีส่วนในการพัฒนาความเป็นอยู่ของมนุษยชาติมาตั้งแต่อดีต และจะมีมากยิ่งๆ ขึ้นต่อไปในอนาคต ในอดีตประชากรส่วนใหญ่ต้องอาศัยอยู่ใกล้ๆ กับแหล่งน้ำเพื่อความสะดวกในการใช้น้ำเพื่ออุปโภคบริโภค และทำการเกษตร แหล่งน้ำใดที่อยู่ต่ำกว่าผิวดินมากไม่สะดวกต่อการใช่ มนุษย์ก็ได้พยายามคิดค้นเครื่องมือซึ่งมีลักษณะเป็นปั๊มหรือเครื่องสูบชนิดต่างๆ เพื่อนำเอาน้ำมาใช้ให้สะดวกขึ้น เพื่อให้สามารถทำการเพาะปลูกได้มาก และห่างไกลจากแหล่งน้ำมากขึ้น ปั๊มหรือเครื่องมือที่คิดค้นขึ้นมาหลายร้อยปีแล้วบางชิ้นก็ยังคงมีใช้อยู่ในหลายๆ ประเทศในปัจจุบัน

ปั๊มสมัยใหม่ได้เริ่มมีวิวัฒนาการมาตั้งแต่ประมาณปี ค.ศ.1840 โดยเป็นแบบลูกสูบชัก (Reciprocating) ชนิดต่อตรงเข้ากับเครื่องจักรไอน้ำ นับตั้งแต่สมัยนั้นเป็นต้นมาก็ได้วิวัฒนาการมากขึ้นในทุกๆ ด้านจนอาจกล่าวได้ว่า ปั๊มเป็นเครื่องมือสำคัญที่จำเป็นต่อความอยู่ดีกินดีของมนุษยชาติทุกด้าน นับตั้งแต่งานจัดหาและส่งน้ำเพื่ออุปโภคบริโภค การเกษตร งานอุตสาหกรรม คมนาคม หรือแม้กระทั้งงานแพทย์ที่ใช้ปั๊มทำหน้าที่หัวใจเทียม เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ปั๊มที่จะกล่าวถึงในที่นี้จะเน้นเฉพาะแบบทั่วๆไปที่ใช้กันในงานจัดหาน้ำ ส่งน้ำ และระบายน้ำ หรือปั๊มน้ำเท่านั้น

2.3.1 ประเภทของปั๊ม (วิบูลย์, 2529)

ปัจจุบันได้มีการผลิตปั๊มออกจำหน่ายมากมายหลายชนิด และมีการเรียกชื่อแตกต่างกันออกไปจนบางครั้งทำให้เกิดการสับสน ดังนั้นจึงได้มีการจัดหมวดหมู่เพื่อให้สามารถแยกประเภทและเรียกชื่อได้ชัดเจนขึ้น การแยกประเภทอาจแบ่งออกได้เป็น 2แบบด้วยกัน คือ

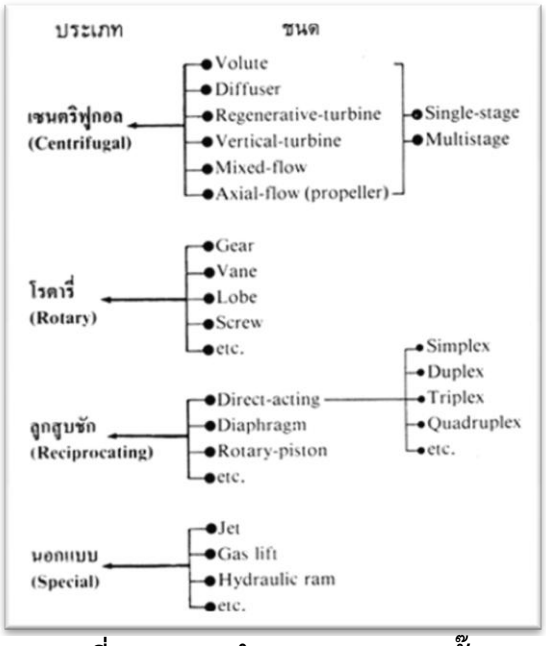
1. แยกตามลักษณะการเพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลว หรือการไหลของของเหลวในปั๊ม ซึ่งได้แก่

1.1ประเภทเซนตริฟูกอล (Centrifugal) เพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลวโดยอาศัยแรงเหวี่ยงหนีจุดศูนย์กลาง ปั๊มประเภทนี้บางครั้งเรียกว่าเป็นประเภท Roto-dynamic

1.2 ประเภทโรตารี่ (Rotary) เพิ่มพลังงานโดยอาศัยการหมุนของฟันเฟืองรอบแกนกลาง

1.3 ประเภทลูกสูบชัก (Reciprocation) เพิ่มพลังงานโดยอาศัยการอัดโดยตรงในกระบอกสูบ

1.4 นอกแบบ (Special) ซึ่งเป็นปั๊มที่มีลักษณะพิเศษไม่สามารถจัดอยู่ในสามประเภทข้างต้นได้ ในแต่ละประเภทตามที่กล่าวมานี้ยังมีการดัดแปลงออกไปเป็นแบบต่างๆ อีกหลายแบบและมีชื่อเรียกของแต่ละแบบแตกต่างกันออกไป ดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 การจำแนกประเภทของปั๊ม

2. แยกประเภทตามลักษณะการขับดันของเหลวในเครื่องสูบ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2ประเภทด้วยกัน คือ 2.1 ทำงานโดยไม่อาศัยหลักการแทนที่ของเหลว (Non-Positive Displacement) ปั๊มประเภทอาศัยแรงเหวี่ยงหนีจุดศูนย์กลางอาจจัดให้อยู่ในกลุ่มนี้ได้

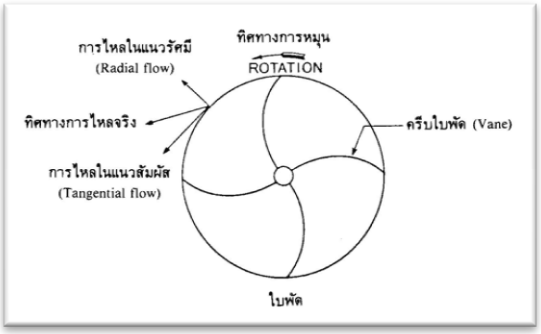
2.2 ทำงานโดยอาศัยหลักการแทนที่ของเหลวในห้องสูบด้วยการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนของเครื่องสูบ ปั๊มประเภทนี้รวมแบบโรตารี่ และลูกสูบชักเข้าอยู่ในกลุ่มเดียวกัน

นอกจากการแบ่งประเภทสองแบบตามที่กล่าวข้างต้นแล้ว ยังอาจแบ่งแยกปั๊มตามวัตถุประสงค์ ใช้งานของแต่ละแบบด้วย เช่น ปั๊มดับเพลิง ปั๊มลม ปั๊มสูญญากาศ ปั๊มบาดาล เป็นต้น ปั๊มเหล่านี้จะประกอบกันเป็นชุดโดยมีอุปกรณ์สำหรับใช้งานที่ออกแบบไว้โดยเฉพาะและไม่เหมาะที่จะนำไปใช้อย่างอื่น

2.3.2 การทำงานของปั๊มแบบเซนตริฟูกอล (วิบูลย์, 2529)

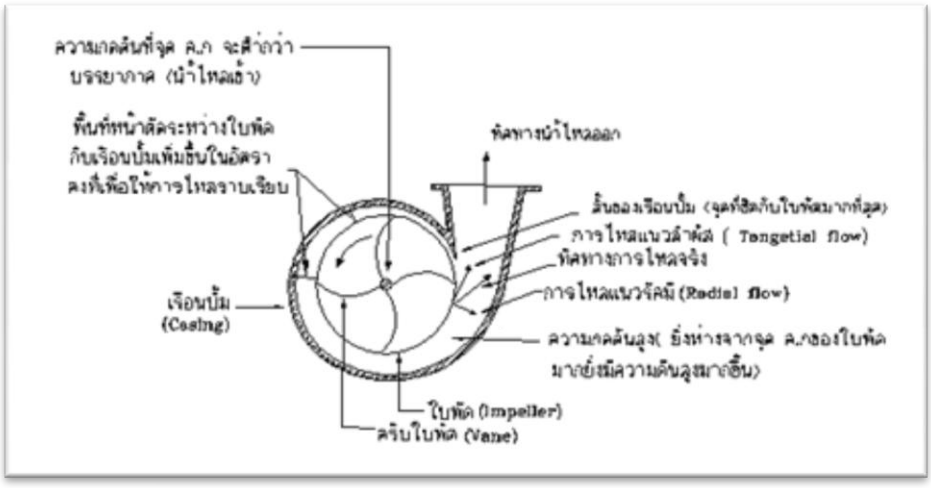
ปั๊มแบบนี้ทำงานโดยอาศัยการหมุนของใบพัด หรืออิมเพลเลอร์(Impeller)ที่ได้รับการถ่ายเทกำลังจากเครื่องยนต์ต้นกำลังหรือมอเตอร์ไฟฟ้า เมื่อใบพัดหมุนพลังงานจากเครื่องยนต์ก็จะถูกถ่ายเทโดยการผลักดันของครีบใบพัด (vane) ต่อของเหลวที่อยู่รอบๆทำให้เกิดการไหลในแนวสัมผัสกับเส้นรอบวง (Tangential flow) เมื่อมีการไหลในลักษณะดังกล่าวก็จะเกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal force) และเป็นผลให้มีการไหลจากจุดศูนย์กลางของใบพัดออกไปสู่แนวเส้นรอบวงทุกทิศทาง (Radial flow) ดังนั้นของเหลวที่ถูกใบพัดผลักดันออกมาก็จะมีทิศทางการไหลที่เป็นผลรวมของแนวทั้งสอง ดังรูปที่ 2.11 โดยหลักชลศาสตร์เมื่อของเหลวถูกหมุนให้เกิดแรงหนีศูนย์กลางความกดดันของของเหลวจะมีค่ามากขึ้นเมื่ออยู่ห่างจาก

ศูนย์กลางของใบพัดมากขึ้น เมื่อความเร็วของใบพัดซึ่งหมุนอยู่ในภาชนะปิดมากพอ ความกดดันที่จุดศูนย์กลางก็จะต่ำกว่าความกดดันของบรรยากาศ ดังนั้นปั๊มแบบอาศัยแรงเหวี่ยงหนีจุดศูนย์กลางที่แท้จริงจึงมีทางให้ของเหลวไหลเข้าหรือทางดูด (Suction Opening) อยู่ที่ศูนย์กลางใบพัด



รูปที่ 2.11 ทิศทางการไหลของของเหลวขณะผ่านออกจากใบพัด (Impeller) ของปั๊มแบบเซนตริฟูกอล

ของเหลวที่ถูกดูดเข้าทางศูนย์กลาง เมื่อถูกผลักดันออกไปด้วยแรงผลักดันของครีบใบพัดและแรงเหวี่ยงหนีจุดศูนย์กลาง ก็จะไหลออกมาตลอดแนวเส้นรอบวง ดังนั้นใบพัดจึงจำเป็นต้องอยู่ในเรือนปั๊ม (Casing) เพื่อทำหน้าที่รวบรวมและผันของเหลวเหล่านี้ไปสู่ทางจ่าย (Discharge Opening) เพื่อต่อเข้ากับท่อส่งหรือระบบใช้งานต่อไป ในการรวบรวมของเหลวที่ถูกผลักดันออกมานี้จำเป็นจะต้องเริ่มต้นที่จุดใดจุดหนึ่งบนเส้นรอบวงของใบพัด ดังนั้นจะมีจุดหนึ่งซึ่งผนังภายในของเรือนปั๊มเข้ามาชิดกับขอบของใบพัดมากจุดดังกล่าวนี้เรียกว่า ลิ้นของเรือนปั๊ม (Tongue of the easing) ลักษณะโดยทั่วไปของเรือนปั๊มจะดูได้จาก รูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 ลักษณะทั่วไปของเรือนปั๊ม (Casing) ของปั๊มแบบเซนตริฟูกอล

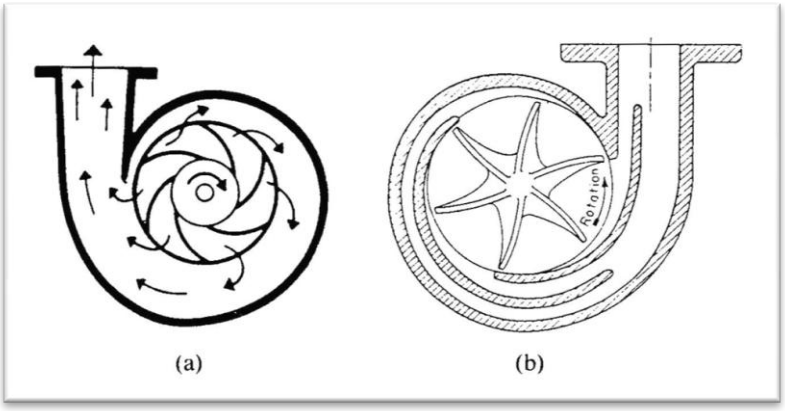
จากลิ้นของเรือนปั๊มไปตามทิศทางการหมุนของใบพัด จะมีของเหลวไหลออกมามากขึ้นตามความยาวของเส้นรอบวงของใบพัดที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นช่องว่างซึ่งเป็นทางเดินของของเหลวระหว่างผนังของเรือนปั๊มกับใบพัดก็

จะต้องเพิ่มขนาดขึ้นด้วย โดยหลักการแล้วอัตราการเพิ่มพื้นที่หน้าตัดจะคงที่เพื่อให้ความเร็วของการไหลสม่ำเสมอซึ่งจะเป็นผลให้มีการสูญเสียพลังงานน้อยลงนั่นเอง อย่างไรก็ตาม ความเร็วของการไหลจะลดลงเนื่องจากพลังงานบางส่วนถูกเปลี่ยนมาเป็นพลังงานศักย์ (Potential Energy) ในรูปของความดัน (Pressure head) แทน

2.3.3 แบบต่างๆของปั๊มประเภทเซนตริฟูกอล (วิบูลย์, 2529)

ตามรูปที่ 2.10 ปั๊มประเภทเซนตริฟูกอล สามารถแบ่งแยกออกไปได้อีกหลายแบบ คือ

1.แบบหอยโข่ง (Volute Type รูปที่ 4) เป็นแบบพื้นฐานของปั๊มประเภทนี้ กล่าวคือเป็นแบบที่ของเหลวที่ไหลเข้ามาสู่ศูนย์กลางของใบพัดที่ทิศทางขนานกับแกนของเพลา แล้วไหลออกทำมุม 90 องศากับทิศทางที่ไหลเข้า ช่องทางเดินของของเหลวจากลิ้นของเรือนปั๊มมีพื้นที่หน้าตัดเพิ่มขึ้นตามความยาวของเส้นรอบวงในทิศทางการหมุนของใบพัด บางแบบมีการเพิ่มช่องทางเดินให้มากขึ้นเช่นในรูป 4 (b) การดัดแปลงดังกล่าวนี้จะช่วยให้แรงกดบนเพลาของปั๊มมีความสมดุลย์ดีขึ้น

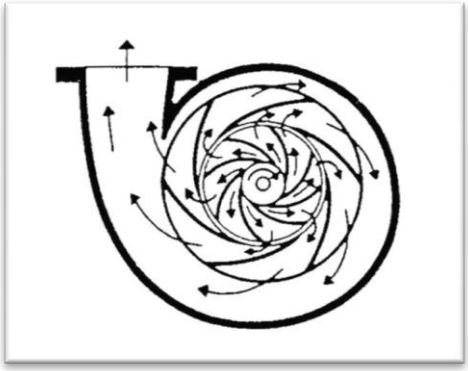


รูปที่ 2.13 ปั๊มเซนตริฟูกอลแบบหอยโข่ง (Volute) ที่เรือนปั๊มมีช่องทางเดินของของเหลว เพียงช่องเดียว (a) และสองช่อง (b)

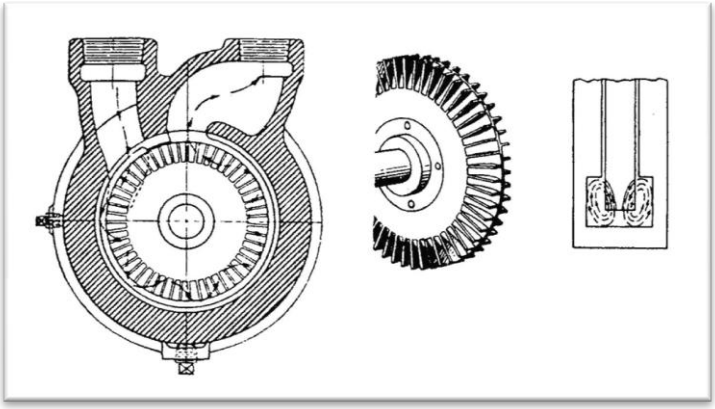
2.แบบมีครีบผันน้ำ (Diffuser Type ดังรูปที่ 2.14) ปั๊มแบบนี้มีลักษณะของใบพัดและรูปร่างภายนอกของเรือนปั๊ม (Casing) เหมือนกับแบบแรกทุกประการ จะผิดกันก็เพียงแต่ว่าภายในจะมีครีบผันน้ำ (Guide Vanes) เพิ่มขึ้นมา ครีบดังกล่าวซึ่งติดอยู่กับเรือนปั๊มจะช่วยให้ของเหลวที่ถูกผลักดันออกมาค่อยๆเบนทิศทางไปสู่ช่องทางเดินซึ่งเป็นส่วนโค้งได้ดีขึ้น ทำให้มีการสูญเสียพลังงานน้อยลง และเป็นผลให้การเปลี่ยนพลังงานจลน์ (Kinetic Energy) มาเป็นพลังงานศักย์ในรูปของความดัน (Pressure head) มีประสิทธิภาพดีขึ้น

3. แบบเทอร์ไบน์ (Turbine Type ดังรูปที่ 2.15)ปั๊มแบบนี้บางครั้งเรียกว่าแบบ Vortex, Periphery หรือ Regenerative Turbine ลักษณะพิเศษของมัน คือ ใบพัดจะเป็นแผ่นแบนกลมมีความหนา ครีบของใบพัดเกิดจากการเซาะร่องบนขอบของแผ่นใบพัด ทำให้เกิดเป็นแผ่นครีบแคบๆและสั้นในแนวรัศมี (Radial Direction) ขณะที่ของเหลวไหลเข้ามาจากทางดูดสู่ช่องว่างระหว่างครีบของใบพัดมันจะถูกเหวี่ยงออกด้วยแรงหนีศูนย์กลาง แต่เนื่องจากผนังของเรือนปั๊มปิดกั้นอยู่ของเหลวดังกล่าวก็จะวิ่งย้อนกลับช่องว่างระหว่างใบพัดและถูกเหวี่ยงออกไปอีก ขบวนการดังกล่าวจะซ้ำกันอยู่เช่นนี้จนกว่าจะถึงช่องทางจ่าย (Discharge

Opening) พลังงานที่ของเหลวได้รับจะขึ้นอยู่กับจำนวนครั้งที่ขอเหลววิ่งเข้าสู่ช่องว่างระหว่างครีบของใบพัดและถูกเหวี่ยงออกไปมีค่าตั้งแต่ 2 ถึง 50 ครั้ง ถ้าจำนวนครั้งมากพลังงานศักย์ของของเหลวก็จะมากตามขึ้นไปด้วย



รูปที่ 2.14 ปั๊มเซนตริฟูกอลแบบมีครีบผันน้ำ (Diffuser Type) ซึ่งมีครีบช่วยให้การเปลี่ยนทิศทางการไหลของของเหลวในห้องสูบสม่ำเสมอดีขึ้น



รูปที่ 2.15 ปั๊มเซนตริฟูกอลแบบเทอร์ไบน์ (Regenerative Turbine)

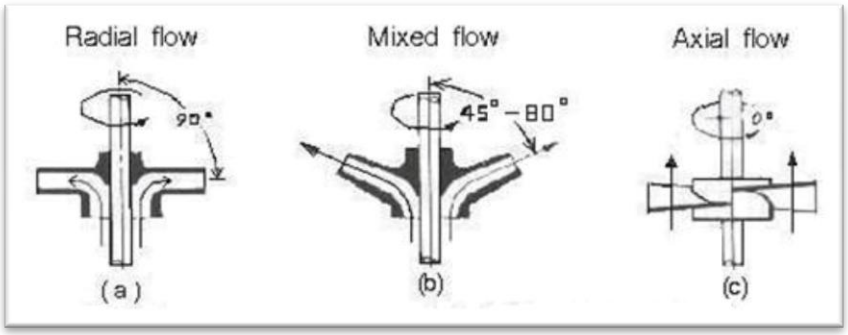
4. แบบ Vertical Turbine (Vertical Turbine Type รูปที่7) ปั๊มแบบนี้เดิมทีเดียวผลิตขึ้นมาสำหรับสูบน้ำจากบ่อบาดาล ดังนั้นบางครั้งจึงเรียกว่าปั๊มน้ำบาดาล (Deep Well หรือ Deep Well Turbine Pump)โดยแท้จริงแล้วใบพัดของปั๊มแบบนี้ไม่ใช่เป็นแบบเทอร์ไบน์ แต่เป็นแบบ Radial Flow หรือ Mixed Flow ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป เนื่องจากส่วนประกอบทั้งหมดของปั๊มจะต้องประกอบกันเป็นท่อนทรงกระบอกเพื่อให้สามารถบรรจุลงในท่อบ่อน้ำบาดาลได้ และบ่อน้ำบาดาลส่วนใหญ่มีระดับน้ำลึกมาก ปั๊มชุดเดียวอาจให้พลังงานศักย์ไม่พอ ปั๊มแบบนี้จึงต้องออกแบบให้ใบพัดและเรือนปั๊มหลายชุดต่อเข้าด้วยกันได้เป็นชั้นๆ โดยอาศัยเพลาหมุนใบพัดท่อนเดียวกัน เรือนปั๊ม(Casing)ก็ต้องดัดแปลงให้รับน้ำจากใบพัดแล้วส่งขึ้นไปสู่ทางดูดของใบพัดตัวบนได้ และเนื่องจากลักษณะของเรือนปั๊มแตกต่างจากแบบหอยโข่ง (Volute) ชื่อของส่วนนี้จึงเปลี่ยนไปเรียกว่าโบว์ล (Bowl) ภายในโบว์ลจะประกอบด้วยครีบผันน้ำซึ่งมีลักษณะของแบบมีครีบผันน้ำ (Diffuser) โบว์ลหนึ่งชุดจะเทียบได้กับปั๊ม 1 เครื่อง ปั๊มแบบแบบ Vertical Turbine โดยทั่วๆไปมีโบว์ลมากก

ว่าหนึ่งชั้น (Stage) ซ้อนกัน ในกรณีที่ว่านี้ก็อาจจำเป็นต้องบอกจำนวนชั้นควบคู่ไปกับการเรียกชื่อปั๊มด้วย เช่น Single -stage Vertical Turbine, Three – stage Deep well Turbine สำหรับปั๊มที่มีโบว์ลชั้นเดียวและสามชั้น เป็นต้น

5. Mixed Flow ปั๊มสองชั้นแรกที่กล่าวถึงข้างต้น คือแบบหอยโข่ง (Volute) และแบบมีครีบผันน้ำ (Diffuser) เป็นแบบที่เรียกชื่อตามลักษณะของเรือนปั๊มที่ทำหน้าที่รวบรวมหรือผันของเหลวที่ไหลออกจากใบพัดไปสู่ช่องทางจ่าย ใบพัดที่ใช้กับปั๊มทั้งสองแบบส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็น Radial Flow คือของเหลวไหลเข้าสู่ศูนย์กลางของใบพัดในแนวขนานกับเพลาแล้วไหลออกด้วยแรงเหวี่ยงหนีจุดศูนย์กลางเพียงอย่างเดียวทิศทางการไหลออกจะทำมุม 90 องศา กับทิศทางที่มันไหลเข้าดังรูปที่ 2.16

สำหรับปั๊มแบบ Mixed Flow นั้นเป็นชื่อที่เรียกตามลักษณะของใบพัด หรือทิศทางการไหลของของเหลวออกจากใบพัด ปั๊มหรือใบพัดแบบนี้จะเพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลวโดยอาศัยทั้งแรงเหวี่ยงหนีจุดศูนย์กลางและแรงผลักดันของแผ่นใบพัดในแนวขนานกับแกนของเพลา ของเหลวที่ไหลออกจะทำมุม 45 ถึง 80 องศากับแกนของเพลา (รูปที่ 2.16 b) ปั๊มแบบนี้ให้เฮด (Head) น้อยกว่าแบบ Radial Flow แต่จะให้อัตราการสูบสูงกว่า ใบพัดแบบ Mixed Flow ใช้กันแบบ Vertical Turbine

ปั๊มแบบ Mixed Flowนี้จะให้เฮด ตั้งแต่ 3 ถึง 50 เมตรต่อใบพัด 1 ชุด อัตราการสูบมากได้ถึง 7 ,000 ลูกบาศก์ต่อชั่วโมง ความเร็วปกติของใบพัด 1,450 รอบต่อนาทีหรือมากกว่า



รูปที่ 2.16 ทิศทางของของเหลวออกจากใบพัด (a) ในแนวรัศมี (Radial Flow)

(b) ในแนวทำมุมเอียงกับเพลา (Mix Flow) และ(c) ในแนวขนานกับเพลา (Axial Flow)

6. Axial Flow (รูปที่ 2.16 c) ในปั๊มแบบ Axial Flowของเหลวที่ไหลเข้าและออกจากใบพัดมีทิศทางขนานกับแกนของเพลา แรงที่เพิ่มพลังงานให้กับของเหลวเป็นแรงผลักดันในทิศทางการไหลเพียงอย่างเดียวไม่มีแรงเหวี่ยงหนีจุดศูนย์กลาง ปั๊มแบบนี้ให้เฮดตั้งแต่ประมาณ 50 เซนติเมตรถึง 7 เมตรต่อใบพัด1ชุด อัตราการสูบอาจได้มากถึง 100 ,000 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ความเร็วปกติของใบพัด 1 ,160 รอบต่อนาทีหรือมากกว่า

2.3.4 ลักษณะและการทำงานของปั๊ม (วิบูลย์, 2529)

2.3.4.1 ลักษณะใบพัดของปั๊มแบบเซนตริฟูกอล

เนื่องจากว่าใบพัดของปั๊มแบบเซนตริฟูกอลได้รับการออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งานมากมายหลายชนิด การจำแนกประเภทอาจจะพิจารณาได้จากลักษณะของแผ่นใบพัด จานประกับ (Shroud) ลักษณะการไหลของของเหลวเข้าและออกจากใบพัดหรือวัตถุประสงค์การใช้งานของมันใบพัดที่ได้รับการแยกประเภทตามหลักการข้างต้นมีดังนี้ คือ

1. ใบพัดเปิด (Open Impeller) โดยทั่วไปแล้วครีบของใบพัดจะยึดติดอยู่กับจานประกับ (Shroud) สำหรับใบพัดที่จัดอยู่ในประเภทนี้จะมีแผ่นครีบบางส่วนยื่นออกมาจากจาน คือรัศมีของจานจะเล็กกว่ารัศมีของใบพัด ดังรูปที่9a

2. ใบพัดกึ่งเปิด (Semi - open Impeller) เป็นแบบที่รัศมีของจานประกับเท่ากับรัศมีของใบพัด ใบพัดประเภทนี้มีจานประกับเพียงด้านเดียว อีกด้านหนึ่งของใบพัดจะไม่มีฝาปิด ดังรูปที่ 2.17 b

3. ใบพัดปิด(Closed Impeller) (รูปที่9 c และ d) เป็นแบบที่ใบพัดปิดอยู่ด้วยจานประกับ 2 แผ่นในรูป 2.17 c มีทางให้ของเหลวไหลเข้าหรือทางดูดเพียงด้านเดียว เรียกว่าเป็นแบบใบพัดปิดดูดด้านเดียว (Closed,single suction impeller)สำหรับรูป 2.17 d มีทางดูด 2ด้าน เรียกว่าเป็นแบบใบพัดปิดดูดสองด้าน (Closed,double suction impeller)

4. Paper-stock Impeller (รูปที่ 2.17 e) เป็นใบพัดที่ได้รับการออกแบบเป็นพิเศษให้ใช้กับของเหลวที่มีความข้นเหลว (Consistency) สูง เดิมทีเดียวใบพัดแบบนี้ออกแบบไว้ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ ต่อมานำมาใช้กับของเหลวอื่นด้วยแต่ก็ยังเรียกชื่อเดิมอยู่

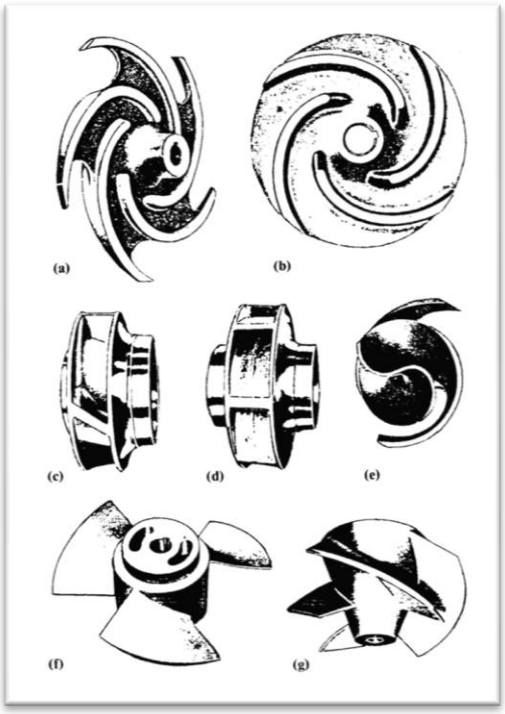
5. Propeller (รูปที่ 2.17 f) เป็นใบพัดที่เพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลวโดยการผลักดันในทิศทางเดียวกันกับทิศทางการไหลมาเข้าสู่ใบพัดเพียงอย่างเดียว ไม่มีแรงเหวี่ยงหนีจุดศูนย์กลาง ปั๊มที่มีใบพัดประเภทนี้เรียกว่า Axial Flow Pump

6. Mixed Flow (รูปที่ 2.17 g) เป็นแบบที่ของเหลวไหลเข้าสู่ใบพัดในแนวขนานกับแกนของเพลา แต่ตอนไหลออกจะทำมุม45องศา ถึง 80องศา กับทิศทางเดิม กล่าวคือการขับดันของเหลวมีทั้งแรงขับดันในทิศทางเดียวกันกับการไหลเข้าสู่ใบพัดและแรงเหวี่ยงหนีจุดศูนย์กลาง

7. Radial Flow เป็นใบพัดแบบที่ของเหลวถูกดันออกไปโดยอาศัยแรงเหวี่ยงหนีจุดศูนย์กลางเพียงอย่างเดียว ทิศทางการไหลออกทำมุมฉากกับการไหลเข้า

2.3.4.2 ลักษณะและการทำงานของปั๊มแบบโรตารี

ปั๊มโรตารี่ เป็นแบบที่ทำงานโดยของเหลวถูกดูดเข้าและอัดปล่อยออกโดยการหมุนรอบจุดศูนย์กลางของเครื่องมือกล ซึ่งมีช่องว่างให้ของเหลวไหลเข้าทางด้านดูดและเก็บอยู่ระหว่างผนังของห้องสูบกับด้านล่างที่หมุนหรือโรเตอร์ (Rotor) จนกว่าจะถึงด้านจ่าย การหมุนของโรเตอร์จะก่อให้เกิดการแทนที่ที่เป็นจะเพิ่มปริมาตรของของเหลว (Positive Displacement) ให้ทางด้านจ่าย



a) open Impeller
(b) Semi - open Impeller
(c) Closed , single suction
(d) Closed , double suction
(e) Paper Stock
(f) Propeller Axial flow Impeller
(g) Mixed flow Impeller

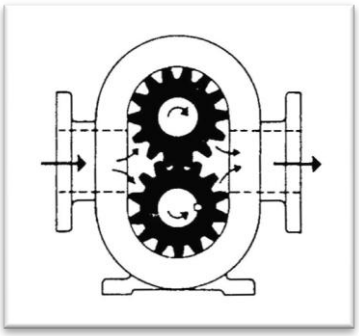
รูปที่ 2.17 ลักษณะใบพัดของปั๊มแบบเซนตริฟูกอล

อัตราการสูบของปั๊มแบบนี้ขึ้นอยู่กับอัตราการแทนที่ของเหลวของโรเตอร์ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะต่ำกว่าแบบอื่น ประสิทธิภาพของการทำงานขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น ช่องว่าง (Clearance) ระหว่างโรเตอร์กับผนังของห้องสูบ ความแตกต่างของความดันระหว่างด้านสูบกับด้านจ่าย ความข้นเหนียว (Viscosity) ของของเหลว และความเร็วของการหมุน เป็นต้น ปั๊มแบบนี้จะให้ประสิทธิภาพสูงได้ถึง 80 – 85 % ถ้าใช้กับของเหลวที่มีความข้นเหนียวสูง

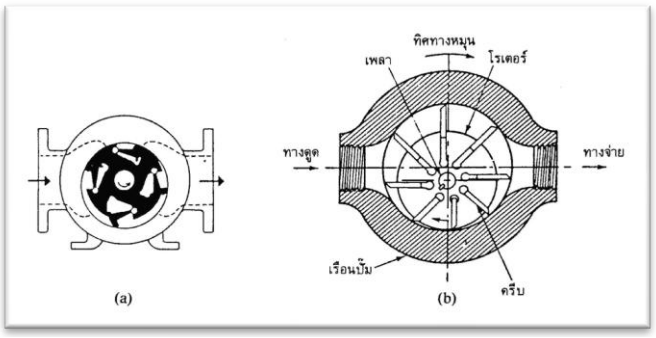
ผู้ผลิตได้ออกแบบปั๊มประเภทนี้ต่างๆกันมากมายหลายแบบ ลักษณะการทำงานของทุกแบบคล้ายคลึงกัน จะผิดกันก็คือชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่หมุนเพื่อก่อให้เกิดการแทนที่ของเหลว การเรียกชื่อจึงเรียกตามลักษณะรูปร่างของส่วนนี้เป็นหลัก ตัวอย่างของปั๊มประเภทนี้ได้แก่

1.ปั๊มโรตารี่แบบเฟือง (Gear Pump รูปที่ 2.18) เป็นแบบที่ใช้กันแพร่หลายมากที่สุด ปั๊มแบบนี้ประกอบด้วยฟันเฟืองหรือเกียร์สองตัวหมุนขบกันในห้องสูบของเหลวจากทางดูดจะไหลเข้าไปอยู่ในร่องฟันซึ่งจะหมุนและพาของเหลวเข้าไปสู่ทางจ่าย ซี่ของฟันเฟืองซึ่งอยู่ชิดกับผนังของห้องสูบป้องกันไม่ให้ของเหลวไหลย้อนมาสู่ทางดูดได้ เมื่อมาถึงทางจ่ายแล้วร่องฟันเฟืองซึ่งมีของเหลวบรรจุอยู่ก็จะถูกแทนที่ด้วยฟันจากเฟืองอีกตัวหนึ่งซึ่งขบกันสนิทจนของเหลวไม่สามารถไหลผ่านฟันเฟืองไปสู่ทางดูดได้

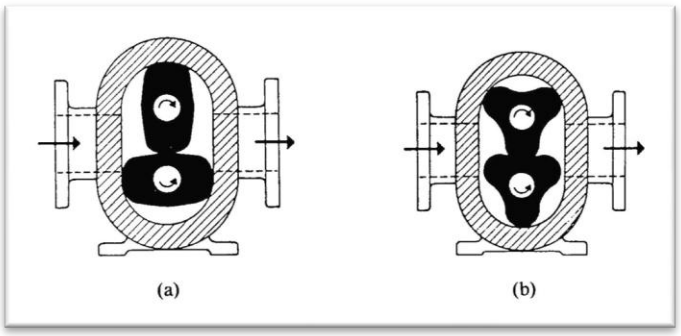
2.ปั๊มโรตารี่แบบครีบ (Vane Pump รูปที่ 2.19)ปั๊มแบบนี้มีห้องสูบเป็นรูปทรงกระบอกและมีโรเตอร์ซึ่งเป็นทรงกระบอกเหมือนกันวางเยื้องศูนย์ให้ผิวนอกของโรเตอร์สัมผัสกับผนังของห้องสูบที่กึ่งกลางทางดูดกับทางจ่าย รอบๆ โรเตอร์จะมีครีบซึ่งเลื่อนได้ในแนวเข้าออกจากจุดศูนย์กลางมาชนกับผนังห้องสูบ เมื่อโรเตอร์หมุนครีบเหล่านี้ก็จะกวาดเอาของเหลวซึ่งอยู่ระหว่างโรเตอร์กับห้องสูบไปสู่ทางจ่าย ปั๊มแบบนี้ได้เปรียบแบบเฟือง(Gear Pump)ตรงที่ว่า การสึกหรอของผนังห้องสูบหรือปลายครีบจะไม่มีผลต่อประสิทธิ์ภาพการทำงานมากเหมือนการสึกหรอของฟันเฟือง เพราะครีบสามารถเลื่อนออกมาชนกับผนังห้องสูบได้สนิท



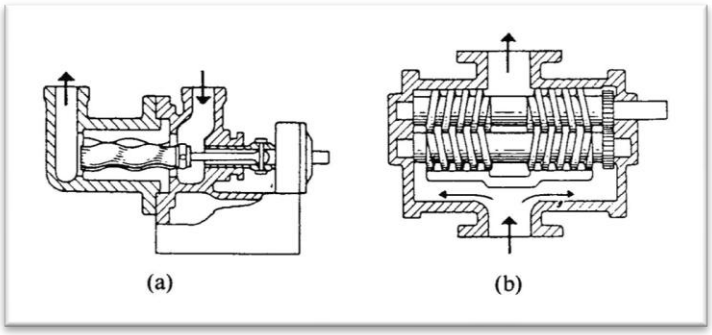
รูปที่ 2.18 ปั๊มโรตารี่แบบเฟือง (Gear Pump)



รูปที่ 2.19 ปั๊มโรตารี่แบบลอน (a) สองลอน (Two-Lobe) (b) สามลอน (Three-Lobe)



รูปที่ 2.20 ปั๊มโรตารี่แบบลอน (a) สองลอน (Two-Lobe) (b) สามลอน (Three-Lobe)



รูปที่ 2.21 ปั๊มโรตารี่แบบสว่าน (Screw Pump) (a) สว่านเดียว (Single - Screw) (b) สองสว่าน(Two - Screw)

3.ปั๊มโรตารี่แบบลอน(Lobe Pump รูปที่ 2.20) ปั๊มแบบนี้มีลักษณะเช่นเดียวกันกับแบบเฟือง(Gear Pump)แต่โรเตอร์มีลักษณะแบบเป็นลอนหรือพูสองถึงสี่ลอน ช่องว่างระหว่างลอนมีลักษณะแบนและกว้าง ดังนั้นอัตราการสูบจึงสูงกว่าแบบแรก แต่เนื่องจากการถ่ายทอดกำลังหมุนของโรเตอร์แบบนี้มีประสิทธิ์ภาพต่ำมาก จึงจำเป็นต้องมีเฟืองนอกห้องสูบอีกชุดหนึ่งเพื่อช่วยให้จังหวะการหมุนของโรเตอร์ทั้งสองเข้ากันได้พอดี

4.ปั๊มโรตารี่แบบสว่าน(Screw Pump รูปที่ 2.21) ปั๊มแบบนี้เพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลวโดยอาศัยโรเตอร์ซึ่งมีลักษณะเป็นสว่านที่หมุนในลักษณะขับดันให้ของเหลวเคลื่อนที่ไประหว่างร่องเกลียวสว่านกับผนังห้องสูบจากทางดูดไปสู่ทางจ่าย จำนวนสว่านหรือโรเตอร์อาจมีได้ตั้งแต่หนึ่งถึงสามตัว

2.3.5 การเลือกต้นกำลัง(วิบูลย์, 2529)

ต้นกำลังที่นิยมใช้ขับเคลื่อนปั๊มมีอยู่สองชนิด คือ มอเตอร์ ละเครื่องยนต์ การที่จะเลือกใช้ชนิดใดนั้นขึ้นอยู่กับสถานที่ที่จะติดตั้ง ค่าใช้จ่ายต่างๆ แหล่งพลังงานที่มีอยู่ ตลอดจนลักษณะความต้องการใช้งานของปั๊ม หัวข้อที่จะต้องพิจารณาในการเลือกต้นกำลังสำหรับปั๊มมีดังนี้ คือ

1. ลักษณะการใช้งาน เป็นการติดตั้งอยู่กับที่หรือต้องมีการเคลื่อนย้าย
2. จำนวนแรงม้าที่ต้องการ และชั่วโมงการทำงานของปั๊มตลอดปี
3. ราคาค่ากระแสไฟฟ้ารวมค่าขอติดตั้งครั้งแรก ราคาของน้ำมันเชื้อเพลิงและหล่อลื่น
4. ราคาเครื่องยนต์และมอเตอร์ ค่าเสื่อมราคา และค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงประจำปี
5. จำนวนเฟส (Phase) ของไฟฟ้าที่มีอยู่ในบริเวณนั้น เนื่องจากมอเตอร์ที่มีแรงม้าเกิน 10แรง ต้องใช้ไฟ 3เฟส ดังนั้นจะต้องทราบด้วยว่ามีไฟ 3เฟสในบริเวณที่ต้องการติดตั้งหรือไม่
6. ต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วของปั๊มเพื่อลดหรือเพิ่มอัตราการสูบหรือเฮดหรือไม่ ถ้ามีก็จำเป็นต้องใช้เครื่องยนต์เพราะมอเตอร์โดยทั่วไปมีความเร็วคงที่
7. ความเชื่อถือได้ของกระแสไฟฟ้า มีความขัดข้องในการใช้ไฟเนื่องจากไฟตก หรือไม่มีกระแสไฟบ่อยๆหรือไม่ ระยะเวลาสูงสุดที่ยอมให้ปั๊มหยุดทำงานเนื่องจากกระแสไฟฟ้าขัดข้อง หรือหยุดเดินเครื่องเพื่อซ่อมบำรุงเครื่องยนต์
8. โครงการขยายงาน หรือการใช้ปั๊มในอนาคต

2.3.6 การเลือกซื้อปั๊ม (รองผู้ว่าการแผนและวิชาการ, 2549)

1. รู้รายละเอียดการใช้น้ำ เช่น ถ้าจะติดตั้งสปริงเกลอร์ต้องรู้ปริมาณน้ำและแรงดันของสปริงเกลอร์

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

3. เลือกขนาดของปั๊ม ในการเลือกปั๊มต้องดูว่าปั๊มสามารถจ่ายปริมาณน้ำได้มากแค่ไหนเพียงพอกับการใช้งานหรือไม่ และที่แรงดันน้ำที่ต้องการ เช่น

- ปริมาณน้ำ 280 ลิตร/นาที หรือ 30 m^3 / h (ลูกบาศก์เมตร / ชั่วโมง)
- แรงดัน5บาร์(10 m=1bar)ระยะทางส่ง50เมตรเท่ากับ 5บาร์
- ขนาดมอเตอร์ 220 V.หรือ380 V (Volt แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายเข้ามอเตอร์)
- 50 Hz. (Hertz ความถี่ไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้)
- 400 W. (Watt กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้)
- 1.6 A. (Amp กระแสไฟฟ้า ที่มอเตอร์ใช้)

2.3.7 ป้ายรายละเอียดข้างปั๊ม (Name Plate) (รองผู้ว่าการแผนและวิชาการ, 2549)

ที่ด้านข้างของปั๊มส่วนใหญ่จะแสดงรายละเอียดต่างๆของปั๊มไว้คร่าวๆ

- 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

- ความสามารถของปั๊ม เช่น

Q 0.6 - 2.4 m^3 / h หมายถึงอัตราการจ่ายน้ำของปั๊ม ซึ่งสามารถจ่ายน้ำได้ปริมาณ 0.6 ถึง 2.4 ลูกบาศก์เมตร (m^3) 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 ดังนั้นที่ก๊อกน้ำชั้นบนน้ำจะไหลเบากว่าชั้นล่าง

ปั๊มราคาถูก บางยี่ห้อบอกรายละเอียดความสามารถของปั๊มไม่ครบถ้วน ทำให้เกิดความเข้าใจผิด คือ บอกเฉพาะค่าสูงสุดที่ปั๊มทำงานได้ เช่น

Q_{MAX} 3 m^3 / h

h_{MAX} 12 m

เมื่อเห็นรายละเอียดแบบนี้พาให้เข้าใจว่าปั๊มนี้สามารถจ่ายน้ำได้ในอัตราการไหล 3 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ที่ความสูง(แรงดัน) 12 เมตร อย่างนี้บ้านสี่ชั้นสูง 10 เมตร ก็ใช้ได้สบายสิ... เข้าใจผิดนะ (ไม่รู้ว่าคนทำปั๊มตั้งใจให้เข้าใจผิดหรือเปล่า)ที่จริงเป็นว่าปั๊มนี้สามารถจ่ายน้ำได้อัตราการไหลสูงสุด 3 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ซึ่งโดยทั่วไปจะเกิดที่ความสูงปลายท่อต่ำมากหรือที่หน้าปั๊มแค่นั้นเอง และสามารถส่งน้ำได้สูงสุด 12 เมตร โดยทั่วไปที่แรงดันสูงสุดอัตราการไหลต่ำมากแทบจะไม่ไหล พอเราเอาปั๊มนี้ไปติดตั้ง พอเปิดก๊อกที่ชั้นสี่ สูง 10 เมตร น้ำก็ไหลน้อยมากพอให้รู้ว่ามีน้ำไหลแต่ไม่พอใช้งาน

- กราฟของปั๊ม

ปั๊มยี่ห้อดีๆ ส่วนใหญ่แสดงความสามารถในการทำงานของปั๊มด้วยกราฟ โดยแกนตั้งเป็นแรงดันน้ำ แกนนอนเป็นอัตราการจ่ายน้ำ หรือกลับกันก็ได้ และมีเส้นโค้งบนกราฟ แสดงว่าที่ตำแหน่งความสูงต่างๆ นั้น ปั๊มจะสามารถจ่ายน้ำได้ในอัตราการไหลเท่าไหร่ ซึ่งจะเลือกได้ละเอียด เหมาะสมมากขึ้น ถ้าเป็นปั๊มน้ำสำหรับอุตสาหกรรมจะมีเส้นประสิทธิภาพอยู่ในกราฟด้วย เพื่อจะเลือกใช้งานปั๊มในช่วงที่ประสิทธิภาพสูงสุด

การเลือกใช้ปั๊มนั้นควรเลือกใช้ในช่วงกลางๆของความสามารถของปั๊ม ไม่ควรเลือกใช้ที่ความสามารถสูงสุดที่ปั๊มทำได้ ซึ่งจะให้ประสิทธิภาพดีกว่าช่วงปลาย และถ้าคนทำปั๊มให้ข้อมูลเกินจริง ปั๊มก็ยังรองรับความต้องการของเราได้อยู่

- หน่วยของค่าตัวเลขต่างๆ ที่ใช้ในปั๊มน้ำ

-- แรงดัน โดยปกติหน่วยของแรงดันจะบอกเป็นขนาดของแรงที่กระทำต่อหนึ่งหน่วยของพื้นที่ เช่น

แรงดันลมที่เราเติมยางรถยนต์ แรงดัน 30 ปอนด์/ตารางนิ้ว (lbs/in^2) หมายถึง แรงดันที่มีขนาดแรงกด 30ปอนด์บนพื้นที่ขนาด 1 ตารางนิ้ว (หน่วยวัดแบบอังกฤษ)

แรงดัน 2 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร (kg/cm^2) หมายถึง แรงดันที่มีขนาดแรงกด 2 กิโลกรัมบนพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตร (หน่วยวัดแบบเมตริก)

ที่หน่วยมีหลายแบบเนื่องจากในโลกมีมาตราของหน่วยต่างๆหลายมาตรฐาน อย่างของไทยก็มีหน่วยวัดความยาว และน้ำหนักของไทย แต่ไม่นิยมใช้

ในการบอกขนาดแรงดันของปั๊ม นิยมบอกขนาดแรงดันเป็นความสูงของน้ำ โดยสามารถประมาณค่าได้ดังตารางข้างล่าง

ความสูงน้ำ	แรงดันประมาณ
10เมตร	1 kg/cm^2
	14.7 lb/in^2
	1 bar

-- อัตราการไหล หรือปริมาณการจ่ายน้ำ โดยปกติจะบอกเป็นหน่วยของปริมาตรต่อหนึ่งหน่วยเวลา เช่น

อัตราการไหล 1 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง (m^3/h) หมายถึงน้ำไหลได้ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตรในเวลา 1ชั่วโมง

อัตราการไหล 50 ลิตรต่อนาที (l/min) หมายถึงน้ำไหลได้ปริมาตร 50 ลิตรในเวลา 1 นาที

2.4 ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ลดโลกร้อน (เดชนิยม ,2551)

ผมได้ติดตามท่าทีของกระทรวงพลังงานในการผลักดันการใช้พลังงานทดแทนแล้วค่อนข้างเห็นใจและขอบคุณต่อความเหนื่อยยากในเรื่องเหล่านี้ที่เป็นเรื่องค่อนข้างใหม่สำหรับคนไทย แต่กลายเป็นเรื่องจำเป็นและเร่งด่วนฉุกเฉินแบบตั้งตัวไม่ทันเอาเลยทีเดียว

พลังงานที่มีบทบาทสูงและกระทบความเป็นอยู่หรือปากท้องของประชาชนและเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศหรือที่จริงน่าจะเป็นทั้งโลกด้วยซ้ำไปในปัจจุบันคือพลังงานในภาคเชื้อเพลิงและขนส่งหรือว่ากันอย่างเจาะจงไปเลยก็คือ “น้ำมัน” ความจริงน้ำมันไม่ได้ส่งผลกระทบต่อภาคขนส่งเท่านั้น แต่ยังมีผลกระทบต่อภาคเกษตรที่เป็นรากเหง้าในการดำรงชีวิตของคนส่วนใหญ่ของประเทศด้วยเหมือนกัน เพราะการเกษตรสมัยใหม่ใช้เครื่องจักรกลมากขึ้นและเครื่องจักรกลเหล่านั้นใช้น้ำมันเป็นหลัก น้ำมันแพง ต้นทุนผลิตพืชพันธุ์ธัญญาหารก็แพงขึ้นเป็นเงาตามตัว ใช้น้ำมันมากเท่าไร ก็สร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นก๊าซเรือนกระจกที่ทำให้โลกร้อนมากขึ้นด้วยเท่านั้น

ในบรรดาเครื่องมือเครื่องไม้ในการทำการเกษตรนอกจากจะเป็นเครื่องจักรกลเกษตรเช่น รถเพื่อการไถพรวน รถเพื่อการหว่าน โรยหรือหยอดเมล็ด รถเพื่อการเก็บเกี่ยว เป็นต้นแล้ว ยังมีเครื่องมืออีกอย่างหนึ่งซึ่งสำคัญยิ่งชนิดที่แทบจะขาดไม่ได้เลยคือ “เครื่องสูบน้ำ” หรือ“ปั๊มน้ำ”

นั่นเองเครื่องจักรกลต่างๆที่ยกตัวอย่างมาใช้เครื่องยนต์ที่เป็นต้นกำลังซึ่งมีแรงม้าสูงและเป็นการยากที่จะหาเครื่องมือชนิดอื่นที่ไม่ใช้น้ำมันในการขับเคลื่อนมาทดแทนได้ เว้นแต่เครื่องสูบน้ำ

ปัจจุบันการพัฒนาเครื่องสูบน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าเป็นต้นกำลังเพื่อเดินเครื่องสูบน้ำได้ก้าวหน้าไปมาก คือ มีอินเวอร์เตอร์ที่ทำหน้าที่ควบคุมมอเตอร์อย่างซ๊อฟท์สตาร์ท คือให้มีกระแสกระโชกขณะสตาร์ทที่ต่ำอย่างหนึ่งและแปลงไฟกระแสตรงที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ไปเป็นไฟฟ้ากระแสสลับตามชนิดและความต้องการของมอเตอร์อีกหน้าที่หนึ่งพร้อมๆกับที่พัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการสูบน้ำได้ใน

ปริมาณมากๆในระยะเวลาหนึ่งๆ(Flow Rate)โดยใช้แผงเซลล์ให้น้อยลงควบคู่ไปด้วย อย่างไรก็ตามในด้านปริมาณน้ำที่จะสูบได้ต่อวันจะไม่อาจเทียบได้กับเครื่องสูบน้ำชนิดใช้น้ำมันที่มีอัตราไหลต่อวินาทีต่อพื้นที่หน้าตัดท่อที่เท่ากันสูงกว่า ทั้งยังสามารถสูบได้ต่อเนื่องตลอดเวลาที่มีน้ำมันเดินเครื่อง แต่เมื่อมองต้นทุนที่เป็นค่าสูบน้ำต่อลูกบาศก์เมตรภายใต้เงื่อนไขราคาน้ำมันที่เป็นอยู่ปัจจุบันคือที่ราวๆ 40 บาทต่อลิตรแล้ว ต้นทุนสูบน้ำโดยการใช้ Solar Pump ถูกกว่า

แปลกแต่จริงที่ตัวเลขความสิ้นเปลืองน้ำมันต่อปริมาณน้ำที่สูบได้เป็นเรื่องที่หาได้ยากเย็น ไม่ปรากฏในคุณลักษณะ(Specification)ของผลิตภัณฑ์ทั้งชนิดที่นำเข้าหรือที่ผลิตในประเทศ และหาแทบไม่ได้แม้แต่ในสถาบันการศึกษาทั้งด้านการเกษตรหรือด้านวิศวกรรมเครื่องกล ทั้งผู้ผลิต ผู้นำเข้าหรือสถานศึกษาพูดคล้ายๆกันว่าเป็นเรื่องยาก เพราะมีหลายปัจจัยที่จะทำให้อัตราความสิ้นเปลืองนี้แตกต่างกันไป เช่น การเร่งความเร็วรอบเพื่อให้สูบน้ำได้มากหรือเร็วขึ้น หรือระดับการยกน้ำตลอดจนระยะทางในการส่งน้ำ เป็นต้น

ภายใต้ราคาน้ำมันที่นับวันจะแพงขึ้น ตัวเลขนี้มีความสำคัญมากขึ้นทุกที เพราะเป็นข้อมูลที่ควรรู้ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องน่าจะกำหนดหรือสร้างสมมุติฐานที่เป็นตัวแปรสำคัญแล้วให้ผู้ผลิตระบุอัตราสิ้นเปลืองนี้ออกมาตามสมมุติฐานที่กำหนดนั้นให้ได้ ที่ผ่านมาอาศัยการสังเกตจากการใช้งานเป็นหลัก ผมเองก็พึ่งเจ้าของบ่อกุ้งบ่อปลาที่มีประสบการณ์ใช้เครื่องสูบน้ำเป็นประจำหลายรายในการเก็บข้อมูล หลายรายไม่รู้วิธีคำนวณปริมาณน้ำ บอกผมเหมือนๆกันว่าบ่อที่อยู่ตรงหน้าผมนั่นมีน้ำลึกเท่านั้นเท่านี้และสูบน้ำออกโดยใช้เครื่องสูบน้ำชนิดเครื่องยนต์เบนซินยี่ห้อดังๆยี่ห้อหนึ่งขนาดท่อดูดและส่งน้ำเท่าโน้น สูบน้ำออกได้หมดในเวลาเท่านู้นชั่วโมง โดยหมดน้ำมันไปทั้งถังน้ำมันของเครื่องที่พอดี

ต้องเริ่มต้นคำนวณปริมาตรบ่อหรือปริมาตรน้ำ และไล่หาสเป็คเครื่องสูบน้ำมาดูค่าต่างๆ เช่น อัตราการไหลที่ระดับยกน้ำต่างๆ แรงม้าที่ความเร็วรอบต่างๆ ขนาดความจุถังน้ำมัน เพื่อหาข้อมูลความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงหรือน้ำมันเพื่อหาต้นทุนในการสูบน้ำ ผลที่พอรวบรวมได้จากเครื่องสูบน้ำชนิดเครื่องยนต์เบนซินขนาดท่อ 3 นิ้วยี่ห้อหนึ่งซึ่งผลิตในประเทศ อายุใช้งานไม่เกิน 1 ปี มีอัตราการไหลที่ระดับยกน้ำไม่เกิน 2 เมตร ที่ 1,100 ลิตร ต่อนาที ขนาด 5.5 แรงม้าที่ความเร็วรอบ 3,600 รอบต่อนาที สามารถสูบน้ำในบ่อที่มีปริมาตรประมาณ 180 ลูกบาศก์เมตรได้ในเวลา 3 ชั่วโมง และน้ำมันจากถังความจุ 3.6ลิตรหมดพอดี

ตรวจสอบจากการใช้งานของเจ้าของบ่อกุ้งบ่อปลาที่ว่า หลายรายแล้วใกล้เคียงกับสเป็ค ของเครื่องพอใช้ได้ โดยส่วนที่ได้เพิ่มมานอกเหนือสเป็คคือน้ำมันที่ใช้ไป 3.6 ลิตร

คิดเป็นเงิน 144 บาทที่ค่าน้ำมันเบนซิน 40 บาทต่อลิตร

คิดเป็นปริมาณน้ำที่สูบได้ 50 ลูกบาศก์เมตร ต่อ น้ำมัน 1 ลิตร

คิดเป็นค่าสูบน้ำต่อลูกบาศก์เมตรที่ 0.80 บาท หรือ 80 สตางค์ต่อ 1 ลบ.ม.

นี่ว่ากันถึงเครื่องสูบน้ำค่อนข้างใหม่ ซึ่งจะกินน้ำมันน้อยกว่าเครื่องที่เก่าค่อนข้างมาก และไม่นับรวมค่าตัวเครื่องสูบน้ำที่อยู่ราวๆ 12,000-15,000บาทที่หากจะนำไปเปรียบเทียบกับระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีอายุการสูบน้ำราว 25 ปี แล้วน่าจะต้องเปลี่ยนเครื่องสูบน้ำทั่วไปไม่น้อยกว่าสองรอบ และค่าใช้จ่ายสิ้นเปลืองน้ำมันเครื่องที่ควรเปลี่ยนถ่ายทุกๆ 100-150 ชั่วโมงใช้งานคราวละประมาณ 1.5 ลิตร ถ้าเป็นเกรดดีถังบรรจุ 5 ลิตรราคาอยู่ที่ประมาณ 1,800 บาท (คิดเป็น 9 สตางค์ต่อน้ำ 1 ลบ.ม.)

เมื่อรวมกับความสิ้นเปลืองที่จะสูงขึ้นเมื่อเครื่องเก่าลงแล้ว น่าจะทำให้ต้นทุนสูบน้ำน่าจะอยู่ที่ราวๆ 1.00 บาทต่อลิตรที่ราคาน้ำมัน 40 บาทต่อลิตร

คราวนี้ลองมาเปรียบเทียบกับต้นทุนสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ Solar Pump ชนิดสูบน้ำผิวดิน (ที่ต่างไปจากชนิดสูบน้ำบาดาล) รุ่นที่มีขนาดท่อดูดและส่งน้ำ 3 นิ้วเท่ากันที่มีอัตราการไหลดีที่สุดในระดับยกน้ำไม่เกิน 6 เมตร เพื่อให้เทียบเคียงสมรรถนะได้ด้วย

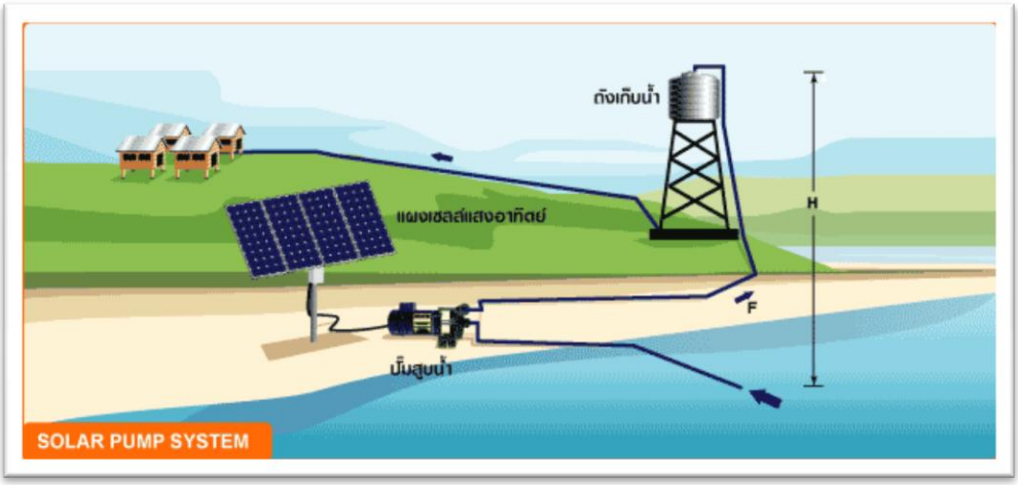
เครื่องสูบน้ำที่นำมาเปรียบเทียบใช้แผงเซลล์ขนาด 120 วัตต์จำนวน 8 แผงเป็นต้นกำลังไฟฟ้าเดินเครื่องสูบน้ำที่มีอัตราการไหล 260 ลิตรต่อนาที ซึ่งอัตราการไหลระดับนี้จะอยู่ในช่วงความยาวช่วงคลื่นแสง(Wave Length) ที่เหมาะสมเท่านั้นซึ่งจะมีค่าเฉลี่ยชั่วโมงรับแสงในย่านดังกล่าวต่อปี ราววันละ 4.5 ชั่วโมง ดังนั้นจึงคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำที่สูบได้ต่อวัน 70 ลูกบาศก์เมตร หรือปีละ 25,200 ลบ.ม.และหากคำนวณตลอดอายุใช้งานแผงเซลล์ที่ไม่น้อยกว่า 25 ปี จะสูบน้ำได้ถึง630,000ลบ.ม. ซึ่งระบบสูบน้ำนี้ จะมีราคาขายที่เปรียบเหมือนต้นทุนที่ประมาณ 280,000บาท คิดเป็นต้นทุนในการสูบน้ำที่ 0.44บาท หรือ 44 สตางค์ต่อลูกบาศก์เมตร เท่านั้น หรือหากเป็นรุ่นที่สามารถส่งน้ำขึ้นสูงได้ดีกว่า คือยกน้ำได้ถึงระดับ 90เมตรซึ่งมีราคาขายใกล้เคียงกัน แต่จะมีอัตราการไหลต่ำลงคือที่ระดับยกน้ำสูงไม่เกิน 2เมตรจะมีอัตราการไหล 210 ลิตรต่อนาทีที่จะสูบน้ำได้ตลอดอายุการใช้งานที่ 495,000ลบ.ม. คิดเป็นต้นทุนในการสูบน้ำที่ 0.57บาท หรือ 57สตางค์ต่อลูกบาศก์เมตร และระบบนี้แทบไม่มี หรือค่าใช้จ่ายในระหว่างใช้งานและการบำรุงรักษาเลย ถัวเฉลี่ยค่าใช้จ่ายส่วนนี้น่าจะไม่เกิน 6 และ 8สตางค์ต่อลูกบาศก์เมตร ก็จะทำให้มีต้นทุน 50 สตางค์ และ65 สตางค์ตามลำดับต่อการสูบน้ำ 1ลบ.ม. เท่านั้น

และหากมองในด้านสิ่งแวดล้อม แม้จะไม่มีตัวเลขการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของการสูบน้ำโดยตรง แต่หากเทียบเคียงกับการสร้างก๊าซนี้ในการผลิตไฟฟ้าโดยใช้น้ำมัน ที่จะสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง ประมาณ 720กรัมต่อการผลิตไฟฟ้า 1หน่วย หรือ 1 kWh และการผลิตไฟฟ้าหนึ่งหน่วยดังกล่าวนั้นจะใช้น้ำมันระหว่าง 0.35-0.4 ลิตร หรือเฉลี่ย 0.39ลิตร ดังนั้นน้ำมัน 1ลิตรจะผลิตไฟฟ้าได้ประมาณ 2.5 หน่วย ซึ่งจะสร้างคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 1,800กรัม หรือ 1.8กิโลกรัม ซึ่งหากนำมาเทียบต่อว่าน้ำมัน 1ลิตรสูบน้ำได้ 50 ลบ.ม.ก็หมายความว่าทุกๆการสูบน้ำ 1ลบ.ม.จะสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 36 กรัม และหากนำจำนวนน้ำที่จะสูบได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ที่เป็นตัวต่ำคือ 495,000ลบ.ม.แล้ว จะเห็นว่าลดการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้แก่โลกได้ถึง 17,820,000กรัมหรือราว 17.8ตัน ที่อาจจะเกิดขึ้นจากการสูบน้ำด้วยเครื่องสูบน้ำชนิดใช้น้ำมันให้ได้น้ำจำนวนเดียวกันในเวลา 25ปี หรือปีละ 712.80กิโลกรัม เลยทีเดียว

แต่เนื่องจากปริมาณน้ำที่สูบได้ในแต่ละวัน มีจำนวนไม่มากนัก ในการใช้น้ำในปริมาณที่มากจึงต้องวางแผนอย่างรอบคอบและได้ประโยชน์สูงสุด

ภายใต้ภาวะราคาน้ำมันที่สูงลิ่วและนับวันจะแพงขึ้นไปเรื่อยๆประกอบกับความต้องการลดภาวะโลกร้อนด้วยการช่วยกันลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในขณะที่การปลูกพืชเพื่อเป็นพลังงานทางเลือกจะมากขึ้นและจะใช้น้ำก็จะมากขึ้นเป็นเงาตามตัว(โดยเฉพาะการปลูกปาล์มน้ำมันที่เป็นพืชซึ่งต้องการน้ำมากในระยะเริ่มต้นเสียด้วย) กระทรวงพลังงาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์กับกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติที่มีส่วนเกี่ยวข้องในเรื่องนี้ จึงควรรับทราบข้อมูลและเรื่องราวเหล่านี้ไว้ เพื่อหาทางช่วยเหลือเกษตรกรและ

ช่วยเหลือโลกไปพร้อมๆกัน โดยจะต้องตื่นตัว เช่นหาทางติดตั้งเพื่อการศึกษาและสาธิตเป็นการนำร่อง หาทางเพิ่มอำนาจซื้อของแพงๆเหล่านี้ด้วยการเจรจาหาสถาบันการเงินมารองรับเป็นสินเชื่อระยะยาวดอกเบี้ยต่ำ หรือ การหนุนช่วยทางการเงิน(Subsidy) อื่นๆ เช่นเดียวกับที่กระทรวงพลังงานอุดหนุนโดยการจ่ายเงินเพิ่มในการรับซื้อไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานหมุนเวียนจากผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กรายน้อยนั้นก็ได้



รูปที่ 2.22 ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

บทที่ 3

อุปกรณ์ และวิธีการ

การสร้างชุดเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ที่ชำรุดและแบตเตอรี่เก่ามาซ่อมแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ มีอุปกรณ์ และวิธีการสร้างขุดเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ดังนี้

3.1 อุปกรณ์

1. เซลล์แสงอาทิตย์ที่ชำรุดนำมาซ่อม
2. แบตเตอรี่เก่านำมาล้างใหม่
3. ปั๊มน้ำ รุ่น Z 3000 24V-8A ,Head 5 m
4. ถังน้ำขนาด 200 ลิตร
5. เหล็ก

3.2 วิธีการสร้างชุดเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

3.2.1 ทำการล้างแบตเตอรี่เก่า

เป็นการนำแบตเตอรี่เก่ามาล้างเพื่อนำกลับไปใช้ใหม่ โดยมีอุปกรณ์ และวิธีการล้างแบตเตอรี่ดังนี้

อุปกรณ์ (ล้างแบตเตอรี่)

1. แบตเตอรี่ขนาด 12โวลต์ เก่า
2. น้ำกรดแบตเตอรี่ ถพ.1250-1280ดีกรี
3. น้ำยาล้างห้องน้ำ
4. โวลต์มิเตอร์
5. ถุงมือยาง
6. หม้อ
7. เตาปิกนิก
8. กะละมัง

วิธีการ (ล้างแบตเตอรี่)

การคัดแบตเตอรี่ที่จะมาทำสาว

1. แผ่นธาตุต้องไม่กรอบ เขย่าแล้วไม่ดังก๊อกแก๊ก
2. วัดแรงดันไฟต้องไม่ต่ำกว่า 5โวลต์ ถ้าไม่มีโวลต์แสดงว่าขั้วภายในอาจขาด
3. ช่องภายในต้องไม่ทะลุถึงกัน ดูได้จากเวลาเติมน้ำกลั่นช่องใดแล้ว ช่องข้าง ๆ น้ำขึ้นด้วย ถ้าแผ่นกั้นทะลุ เรียกว่า ชอร์ตตูด ไม่ได้

การล้างแบตเตอรี่ครั้งที่ 1

1. เปิดจุก เก็บไว้
2. เทน้ำกรดออกให้หมด ใส่กะละมัง ในน้ำกรดจะมีฝุ่นตะกั่ว จะต้องทิ้งให้ตกตะกอน (ตะกั่วจะทิ้งตามพื้นดินไม่ได้ จะเกิดอันตราย)

รูปที่ 3.1 แสดงการเทน้ำกรดออกให้หมด

3. เทน้ำเดือด ๆ ทุกช่องจนท่วมแผ่นธาตุที่อยู่ข้างใน

รูปที่ 3.2 แสดงการเทน้ำเดือดลงแบตเตอรี่

4. ปิดจุก เขย่าแรง ๆ ในทุกด้าน เพื่อให้ตะกอนปนออกมากับน้ำ
5. คว่ำเขย่าแรง ๆ เพื่อเทน้ำออกจากแบตเตอรี่ จะเห็นสิ่งสกปรกออกมากับน้ำเป็นสีดำ

รูปที่ 3.3 แสดงการเขย่าแบตเตอรี่

การล้างแบตเตอรี่ครั้งที่ 2

1. เติมน้ำร้อนเดือด ๆ ทุกช่องจนท่วมแผ่นธาตุ
2. เติมน้ำยาล้างห้องน้ำ 1 ฝา ต่อ 1 ช่อง

น้ำยาล้างห้องน้ำ ประกอบด้วยกรดเกลือ 20 % กรดเกลือเป็นกรดที่ใช้ล้างทำความสะอาดผิวโลหะการชุบอยู่แล้ว น้ำยาล้างห้องน้ำจะไม่กัดผิวตะกั่ว แต่จะกัดสิ่งสกปรก คราบที่ทำให้แผ่นธาตุบอด จ่ายกระแสไฟไม่ได้ หรือชาร์จไฟไม่เข้า และไม่ทำให้ไฟฟ้าที่ชาร์จไว้แล้วสูญหาย พบว่าก่อนล้างมีแรงดัน 5 โวลต์ หลังล้างมีแรงดัน 12 โวลต์

รูปที่ 3.4 แสดงการเทน้ำยาล้างห้องน้ำลงแบตเตอรี่

3. ปิดฝา เขย่าแรงๆ ให้น้ำยาผสมกับน้ำร้อน ทิ้งไว้ 45นาที เพื่อให้น้ำยาทำปฏิกิริยากับคราบสกปรกที่ติดอยู่ตามแผ่นธาตุ
4. เทน้ำยาล้างห้องน้ำที่ขั้วแบตเตอรี่ทั้ง 2ข้าง แล้วเอาน้ำเดือดล้างออก
5. เมื่อครบ 45 นาที เขย่าแรง ๆ ทุก ๆ ด้าน ให้ตะกอนและคราบออก
6. เปิดฝา คว่ำแบตเตอรี่ลงเพื่อเทน้ำทิ้ง ลงในกะละมัง เขย่าตลอดเวลาที่เทน้ำที่ออก จะมีน้ำสีดำ มีกลิ่นฉุนและมีตะกอนออกมา
7. ล้างน้ำเดือดอีกอย่างน้อย 4ครั้ง หรือจนกว่าน้ำจะสะอาด เป็นการล้างคราบสกปรก และน้ำยาล้าง

ห้องน้ำ ให้ดมกลิ่นน้ำยาล้างห้องน้ำว่าหมดกลิ่นหรือยัง ดูผงตะกอนสีดำที่ปนออกมากับน้ำว่าหมดหรือยัง

8. นำน้ำกรดเก่าที่ทิ้งไว้ให้ตกตะกอนใสแล้ว มาเป็นน้ำยาบ้วนปากขั้นสุดท้าย เพื่อซับน้ำที่ชุ่มอยู่กับแผ่นธาตุออกก่อนที่จะเติมน้ำกรดใหม่ มิฉะนั้นน้ำกรดใหม่ที่เติมไปจะปนกับน้ำที่ชุ่มแผ่นธาตุอยู่ทำให้กลายเป็นกรดอ่อนและแบตเตอรี่จะเก็บไฟไม่ได้

รูปที่ 3.5 แสดงการเทน้ำกรดเก่าลงแบตเตอรี่

9. ตากแดด ทิ้งไว้ 7 วัน แล้วเติมน้ำกรดใหม่ วัดแรงดันไฟดู

*** หมายเหตุ**: การทำงานทุกขั้นตอนควรทำงานด้วยความระมัดระวัง

3.2.2 ซ่อมเซลล์แสงอาทิตย์เก่า

เป็นการนำเอาเซลล์แสงอาทิตย์ที่ชำรุด แล้วนำกลับมาซ่อมแล้วกลับมาใหม่ โดยมมีอุปกรณ์ และซิธีการซ่อมดังนี้

อุปกรณ์

1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์	2. อลูมิเนียมฟรอยด์
3. ซิลิโคน	4. ไดโอด (ตัวต้านทานกระแสไฟฟ้า)
5.เครื่องเจียร	6.มีดคัตเตอร์
7.มิเตอร์วัดไฟฟ้า	8.เทอร์มินอล
9.สกรูไลปากแบน/สิ่ว	10.เครื่องเป่าลมร้อน
11.คีมปากจิ้งจก	12.ลูกกลิ้งไฟแช็ค

วิธีการ(ซ่อมเซลล์แสงอาทิตย์)

1. ใช้มิเตอร์ปรับย่านโวลต์ (V) และแอมแปร์ (A) โหมดไฟกระแสตรง (DC) วัดค่าแล้วจดบันทึก ถ้าไฟไม่ขึ้นหรือขึ้นน้อยมากให้ทำการซ่อมขั้วก่อน

2. ให้ดูที่ขั้ว บวกและลบ ว่ามีรอยขาดหรือไดโอดขาดจากนั้นทำการซ่อมขั้ว

รูปที่ 3.6 แสดงการวัดกระแสไฟฟ้าด้วยโวลต์มิเตอร์

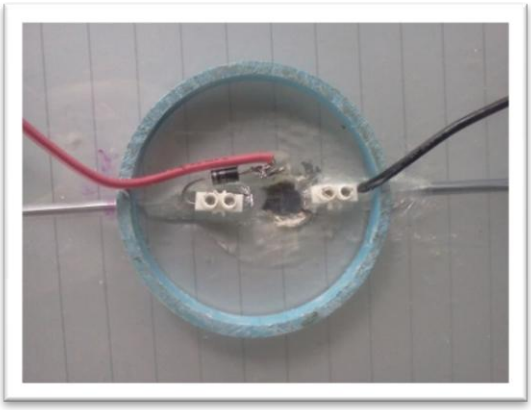
2.1 ใช้เครื่องเจียร เจียรกระจกลงไปให้ถึงชั้นพลาสติก EVA (ขนาดช่องให้ใหญ่กว่าเส้นขั้วเล็กน้อย)

รูปที่ 3.7 แสดงการเจียรกระจก

2.2 ใช้มีดคัตเตอร์กีดลงชั้นพลาสติก EVA ให้ทะลุถึงเซลล์

รูปที่ 3.8 แสดงการกีดพลาสติก EVA

2.3 นำคีมปากจิ้งจกค่อยๆงัดขั้วขึ้นมา (ระวังอย่าให้ขาด) แล้วจึงนำเทอร์มินอลมาใส่เพื่อเชื่อมขั้วให้ใช้ได้เหมือนเดิมจากนั้นเช็คไฟก่อนแล้วทาซิลิโคน



รูปที่ 3.9 แสดงขั้วเซลล์แสงอาทิตย์

วิธีการผ่าเซลล์ที่แผง

1. สังเกตรอยแตกที่แผงว่าอยู่ในลักษณะแบบใด
2. ทำเครื่องหมายเพื่อง่ายต่อการซ่อม

รูปที่ 3.10 แสดงรอยแตกของเซลล์แสงอาทิตย์

3. ใช้เครื่องเจียรเจาะกระจกให้ถึงชั้นพลาสติก EVA

รูปที่ 3.11 แสดงการเจียรกระจก

4. ใช้ลมร้อนเป่า และใช้สกรูไล/สิ่ว ค่อยๆขูดพลาสติกEVA ออกให้หมด

รูปที่ 3.12 แสดงการใช้ลมร้อนเป่าพลาสติก EVA

5. นำแผ่นอลูมิเนียมฟรอยด์มาตัดให้เล็กกว่าช่องเซลล์เพื่อกันกระแสไฟช็อต จากนั้นใช้ลูกกลิ้งไฟแช็กกลิ้งเบาๆบนแผ่นอลูมิเนียมฟรอยด์เพื่อให้ติดแน่นขึ้น

รูปที่ 3.13 แสดงการใช้ลูกกลิ้งไฟแช็ก กลิ้งไปบนแผ่นอลูมิเนียมฟรอยด์

6. ทาซิลิโคนที่รอยซ่อมเพื่อป้องกันความชื้นทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วนำแผงมาให้งานได้

วิธีการดูแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์

รูปที่ 3.14 แสดงรอยแตกบนเซลล์แสงอาทิตย์

1. สังเกตรอยแตก ของกระจกโดยหันแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์เข้าหาแสง

2. สังเกตที่เซลล์แต่ละเซลล์มีการชำรุดทำให้กระแสไฟไม่สามารถวิ่งเข้าหาขั้วได้

3. ให้เลือกซ่อมเซลล์ที่จำเป็นเท่านั้น

หมายเหตุ : การซ่อมเซลล์แสงอาทิตย์มากเกิน เมื่อขนย้ายไปติดตั้ง อาจทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์แตกเพิ่มได้

3.2.3 สร้างโครงสร้างวางเซลล์แสงอาทิตย์ โดยทำเป็นแพลอยน้ำ

โดยการสร้างที่ว่างเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นการป้องกันการแตกหักของเซลล์แสงอาทิตย์ที่แล้วแล้ว และเป็นที่ว่างอุปกรณ์ต่างๆเช่น แบตเตอรี่ เป็นต้น ซึ่งมีอุปกรณ์ และวิธีการซ่อมดังนี้

อุปกรณ์

1. เหล็กกล่อง ขนาด 2 นิ้ว จำนวน 2 เส้น
2. เหล็กกล่อง ขนาด 1 ½ นิ้ว จำนวน 1 เส้น
3. ท่อเหล็ก ขนาด 4 หุน จำนวน 2 เส้น
4. ท่อเหล็ก ขนาด 6 หุน จำนวน 1 เส้น
5. เหล็กฉาก ขนาด 1 นิ้ว จำนวน 3 เส้น
6. ถังน้ำ ขนาด 200 ลิตร จำนวน 4 ใบ
7. ไม้อัด หนา 10 มิลลิเมตร จำนวน 1 แผ่น

วิธีการสร้าง

1. ออกแบบโครงสร้างด้านล่างที่จะเป็นตัวรับน้ำหนัก มีลักษณะเป็นกากบาท เพื่อทำให้แพไม่คว่ำ ขนาดแพด้านซ้าย-ขวา กว้าง 1.30 เมตร ยาว 3.00 เมตรใช้เหล็กกล่องขนาด 2 นิ้ว

รูปที่ 3.15 แสดงการออกแบบแพลอยน้ำ

2. ทำการเชื่อมขาเหล็กเพื่อไว้สำหรับยึดถังน้ำ

รูปที่ 3.16 แสดงการเชื่อมแพลอยน้ำ

3. ตัดเหล็กกล่องขนาด 1 ½นิ้ว ยาว 1.50เมตร นำมาเชื่อมแนวขวางเพื่อเป็นฐานไว้วางแบตเตอรี่

4. ออกแบบที่วางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ตัดเหล็กฉากขนาด 1นิ้ว กว้าง 1.30เมตร ยาว 2.60เมตร โดยเผื่อความยาวเจาะรูเพื่อระบายน้ำเวลาฝนตก

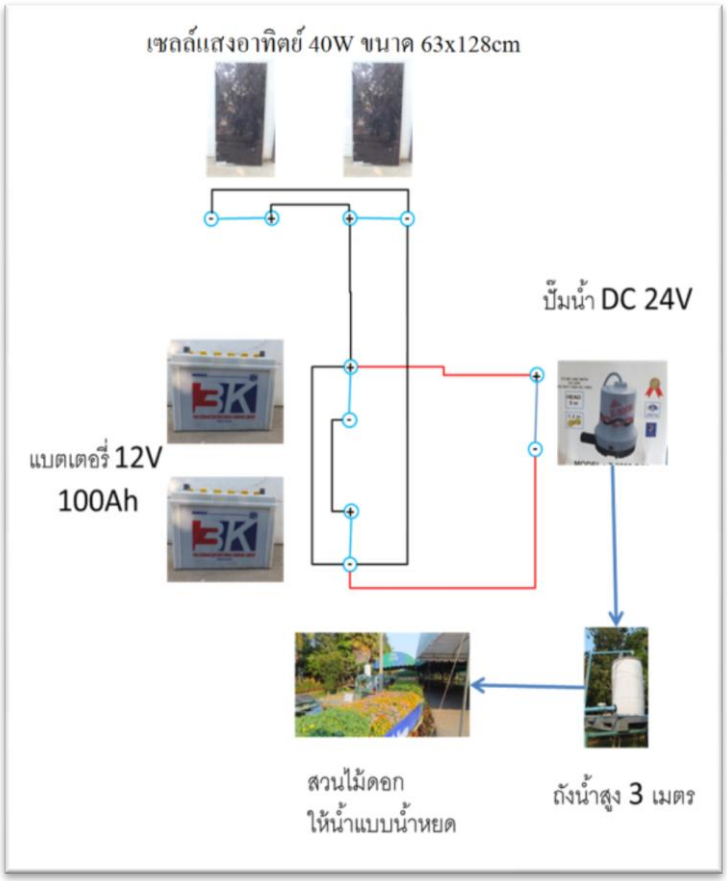
รูปที่ 3.17 แสดงโครงสร้างที่ว่างเซลล์แสงอาทิตย์

5. ทาสีกันสนิมและปูพื้นแพด้วยไม้อัด

รูปที่ 3.18 แสดงการทาสีกันสนิม

รูปที่ 3.19 แสดงอุปกรณ์ทั้งหมดพร้อมใช้งาน

6. นำเซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอรี่และปั๊มน้ำมาติดตั้ง โดยต่อเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแบบขนานกันได้แอมแปร์ (A) เพิ่มขึ้นแต่โวลต์ (V) เท่าเดิม ส่วนแบตเตอรี่ให้ต่ออนุกรมกันเพื่อให้ได้โวลต์ (V) เพิ่มขึ้นแต่แอมแปร์ (A) เท่าเดิม ทำสวิตซ์เปิด- ปิด เพื่อง่ายต่อการใช้งาน ดังรูปที่3.20



รูปที่ 3.20 แสดงการต่อวงจร

3.3 วิธีการทดลอง

การทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อหาค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า และอัตราการไหล ของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีวิธีการทดลองดังนี้

1. ต่อแบตเตอรี่เข้ากับปั๊มน้ำแบบขนาน

รูปที่ 3.21 แสดงการต่ออุปกรณ์

2. วัดค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้าโดยใช้โวลต์มิเตอร์ วัดทุกๆ 15นาที แล้วจดบันทึก

รูปที่ 3.22 แสดงการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า และค่ากระแสไฟฟ้า

3. วัดอัตราการไหล โดยปล่อยน้ำใส่ถังที่รู้ปริมาตร และมีความสูงจากพื้นดิน(Head) 1เมตร แล้วจับเวลา 3นาที วัดทุกๆ 15นาที แล้วจดบันทึก

รูปที่ 3.23 แสดงการวัดอัตราการไหล

4. ทำตามข้อ 2-3 จนกระทั้งน้ำไม่ไหลลงถังในระดับ 1เมตร

5. นำแบตเตอรี่มาชาร์ตไฟใหม่ให้เต็ม แล้วทำตามข้อ 2-4

6. ทำตามข้อ 2-5 ซ้ำกัน 3ครั้ง

บทที่ 4

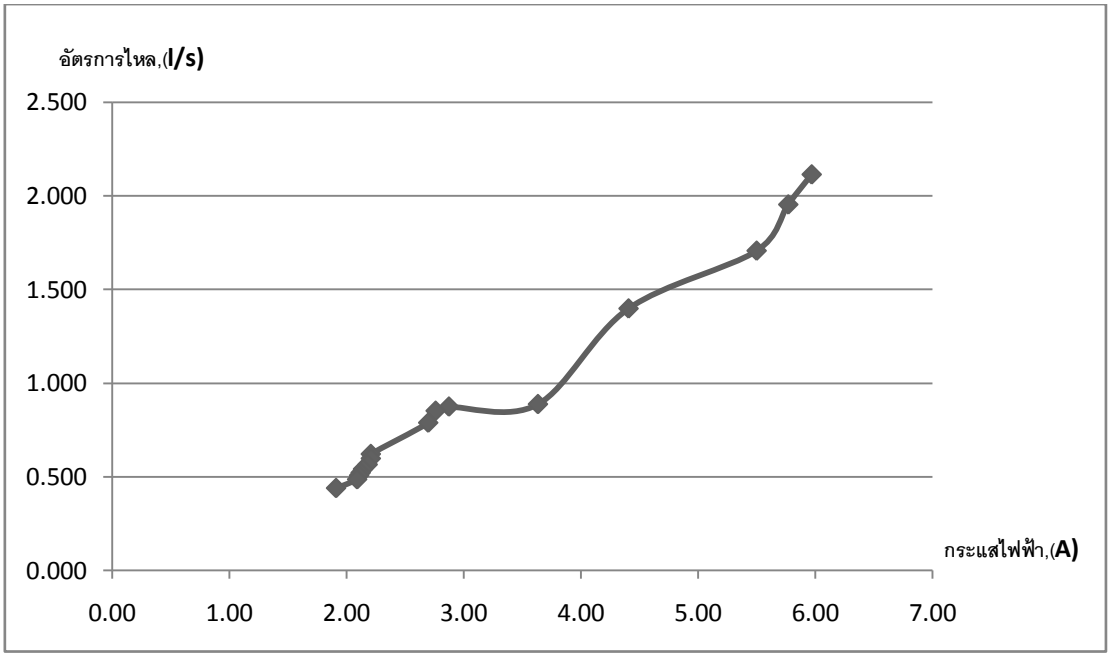
ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลอง

จากการศึกษาวิธีการซ่อมเซลล์แสงอาทิตย์ที่ชำรุด และวิธีล้างแบตเตอรี่เก่า แล้วนำมาปฏิบัติจริงกับอุปกรณ์ที่มีอยู่ หลังจากที่ทำการซ่อมเซลล์แสงอาทิตย์เก่า หรือมีตำหนิ ที่วัดกระแสไฟฟ้าก่อนทำการซ่อมได้ 40W เมื่อซ่อมเสร็จแล้ว แล้ววัดกระแสไฟฟ้าอีกครั้งได้กระแสไฟฟ้าประมาณ 50W ซึ่งประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ที่80-90%เมื่อเทียบกับของใหม่ ส่วนแบตเตอรี่รถยนต์ 12 โวลต์ ที่ใช้งานมาเป็นเวลา 3 ปี เก็บไฟได้เพียง 6 โวลต์ เมื่อนำมาล้างใหม่โดยที่ยังไม่ได้ชาร์ตวัดกระแสไฟได้ถึง 11โวลต์ ซึ่งมีประสิทธิภาพการทำงานอยู่ที่80-90%เมื่อเทียบกับของใหม่ ซึ่งแบตเตอรี่ที่นำมาล้างแล้วนำไปชาร์ตกับเซลล์แสงอาทิตย์ที่ซ่อมใช่เวลาประมาณ 10ชม. ถึงแบตเตอรี่จะเต็มแล้วนำไปใช้งาน

การนำเซลล์แสงอาทิตย์ที่เสียแล้วรวมถึงแบตเตอรี่เก่ามาซ่อมเพื่อให้ใช้งานได้อีกครั้ง โดยสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับปั๊มน้ำ โดยที่เซลล์แสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นกระแสไฟฟ้าแล้วทำการประจุ(ชาร์ต)เข้าไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่เพื่อรอจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ปั๊มน้ำ โดยมีตัว Controller เป็นตัวควบคุมการชาร์ต และใช้กระแสไฟฟ้าทั้งหมดในระบบ ปริมาณน้ำที่ได้ในการสูบแต่ละครั้งขึ้นอยู่กับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่มีในแบตเตอรี่ ปริมาณกระแสไฟฟ้าในแบตเตอรี่จะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณแสงแดดและกำลังวัตต์(W)ของเซลล์แสงอาทิตย์ ทั้งนี้ปริมาณน้ำที่ได้ในการสูบแต่ละครั้งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของปั๊มน้ำของแต่ละรุ่นในระบบด้วย โดยเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 2แผง ที่นำมาซ่อมแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ สามารถนำมาใช่ได้กับปั๊มน้ำ DC 24V สูบน้ำได้อัตราสูงสุด 3000 แกลลอน.ต่อชั่วโมง และสามารถสูบน้ำได้นานต่อเนื่อง 4ชม. โดยปริมาณน้ำที่ได้จะในช่วงแรกจะสูง และลดลงเรื่อยๆตามปริมาณกระแสไฟฟ้าที่มีอยู่ในแบตเตอรี่ที่ลดลงตามเวลาที่ใช่งานดังกราฟที่4.1 แต่ถ้าทำการสูบน้ำพร้อมกับชาร์ตแบตเตอรี่ไปด้วย จะได้ปริมาณน้ำที่สูบคงที่

รูปที่ 4.1 แสดงอุปกรณ์ทั้งหมดพร้อมใช้งาน



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับกระแสไฟฟ้า

จากการทดลองแล้วนำมาเขียนกราฟ จะเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณกระแสไฟฟ้าลดลง ปริมาณน้ำที่สูบได้ก็จะมีปริมาณลดลงตามด้วย ซึ่งสามารถสูบน้ำได้ประมาณ 4ชั่วโมง โดยปริมาณกระแสไฟฟ้าที่จะสามารถสูบน้ำได้อยู่ในช่วงระหว่าง 1.2-6A ในระดับความสูงจากพื้นดิน 1เมตร

4.2 ตารางเปรียบเทียบการประมาณค่าใช้จ่ายในการประดิษฐ์ชุดพลังงานแสงอาทิตย์

ตาราง 4.1 แสดงค่าใช้จ่ายการประดิษฐ์ชุดพลังงานแสงอาทิตย์ (จากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ชำรุด และแบตเตอรี่เก่า)

รายการ	ราคา (บาท)
1. เซลล์แสงอาทิตย์ 50 W จำนวน 2แผ่น	3000
2. แบตเตอรี่ 12V 100A จำนวน 2ลูก	1000
3. น้ำกรดแบตเตอรี่ ถพ.1250-1280ดีกรี จำนวน 4ขวด	35
4. ซิลิโคน จำนวน 1ขวด	40
5. อลูมิเนียมฟลอยล์ จำนวน 1ม้วน	80
6. ตัวต้านทานกระไฟฟ้า จำนวน 2ตัว	5
7. ปั๊มน้ำ DC 24V จำนวน 1เครื่อง	1500
8. ค่าแรง จำนวน 1คน	500
9. อื่นๆ	100
รวม	**6260**

ตาราง 4.2 แสดงค่าใช้จ่ายการประดิษฐ์ชุดพลังงานแสงอาทิตย์

รายการ	ราคา (บาท)
1. เซลล์แสงอาทิตย์ 50W จำนวน 2แผ่น	8000
2. แบตเตอรี่ 12V 100A จำนวน 2ลูก	5000
3. ปั๊มน้ำ DC 24V จำนวน 1เครื่อง	1500
4. ค่าแรง จำนวน 1คน	500
5. อื่นๆ	100
รวม	**15100**

เมื่อนำราคาค่าใช้จ่ายทั้ง 2ตาราง มาเปรียบเทียบกันจะเห็นว่า การใช้เซลล์แสงอาทิตย์ที่ชำรุด และแบตเตอรี่เก่ามาซ่อม แล้วนำกลับมาใช้ใหม่จะมีราคาถูกกว่ากว่าชุดพลังงานแสงอาทิตย์(ใหม่)อยู่ที่ 8840บาท และมีประสิทธิภาพการทำงานอยู่ที่ 80-90%เมื่อเทียบกับของใหม่

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การพัฒนาเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์โดยดำเนินการซ่อมเซลล์แสงอาทิตย์ที่ชำรุด และการล้างแบตเตอรี่เก่า เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่อีกครั้งโดยประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ และแบตเตอรี่อยู่ที่ 80-90% เมื่อเปรียบเทียบกับของใหม่ โดยที่เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกระแสไฟฟ้า แล้วมาประจุ (ชาร์ต) ไว้ที่แบตเตอรี่ ดังนั้น ขนาดปั๊มน้ำที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ คือปั๊มน้ำ DC-24V แบบจุ่ม ขนาดท่อน้ำออก $1\frac{1}{4}$นิ้ว เมื่อ นำเซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอรี่และปั๊มน้ำมาต่อวงจรเข้าด้วยกัน จะได้ชุดสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ที่สามารถสูบน้ำได้ในอัตราสูงสุด 3000 แกลลอนต่อชั่วโมง ส่งน้ำได้สูงสุด 5เมตรจากตัวปั๊ม หรือทางราบได้ไกลกว่า 20 เมตร และเมื่อแบตเตอรี่เต็มสามารถสูบน้ำได้ประมาณ 4ชม.โดยช่วงแรกจะได้ปริมาณที่สูง แล้วจะลดลงเรื่อยๆตามปริมาณกระแสไฟฟ้าในแบตเตอรี่ที่จะลดลงเมื่อถูกใช้งาน แต่ถ้าชาร์ตไปพร้อมกับสูบน้ำสามารถสูบน้ำได้ โดยปริมาณน้ำที่ได้จากการสูบจะคงที่

5.2 ข้อเสนอแนะ

หลังจากที่ได้ทำการศึกษา และทดลองตามวัตถุประสงค์ของโครงงานนี้แล้ว ได้เกิดปัญหาและจุดน่าสังเกตหลายประการ เพื่อให้การทำโครงงานลักษณะนี้ในภายภาคหน้าเป็นไปอย่างราบรื่น ทางผู้จัดทำจึงใคร่ควรเสนอแนะความคิดเห็นบางประการไว้ดังนี้

1. การล้างแบตเตอรี่ควรทำด้วยความระมัดระวังทุกขั้นตอน
2. หลังจากซ่อมเซลล์แสงอาทิตย์แล้ว ควรมีฐานตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่แข็งแรงและมั่นคง เพื่อไม่ให้เกิดการแตกหักอีก เพราะเซลล์แสงอาทิตย์ที่ซ่อมแล้วไม่ค่อยมีความแข็งแรง
3. ต้องใส่ซิลิโคนให้เต็มช่องกระจกที่ตัดออก เพื่อกันน้ำ และความชื่นเข้าไปภายในเซลล์แสงอาทิตย์
4. ควรแปะอลูมิเนียมฟรอยล์ให้แนบสนิทกับสารกึ่งตัวนำ ถ้าแปะไม่สนิทจะทำให้ได้กระแสไฟฟ้าน้อย

เอกสารอ้างอิง

เอกสารประกอบการฝึกอบรม พลังงานทดแทน โดย อาจารย์นันท์ ภักดี ผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงานทดแทนที่ไม่ต้องพึ่งพาน้ำมัน

วิบูลย์ บุญยธโรกุล .(2529). ปั๊มและระบบสูบน้ำ.ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว .(2539).เซลล์แสงอาทิตย์.สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯเล่มที่ 20

วิสิทธิ์ อุรุแก้วกาญ. แบตเตอรี่.เอกสารเผยแพร่เรื่อง เซลล์แสงอาทิตย์. ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย, กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน

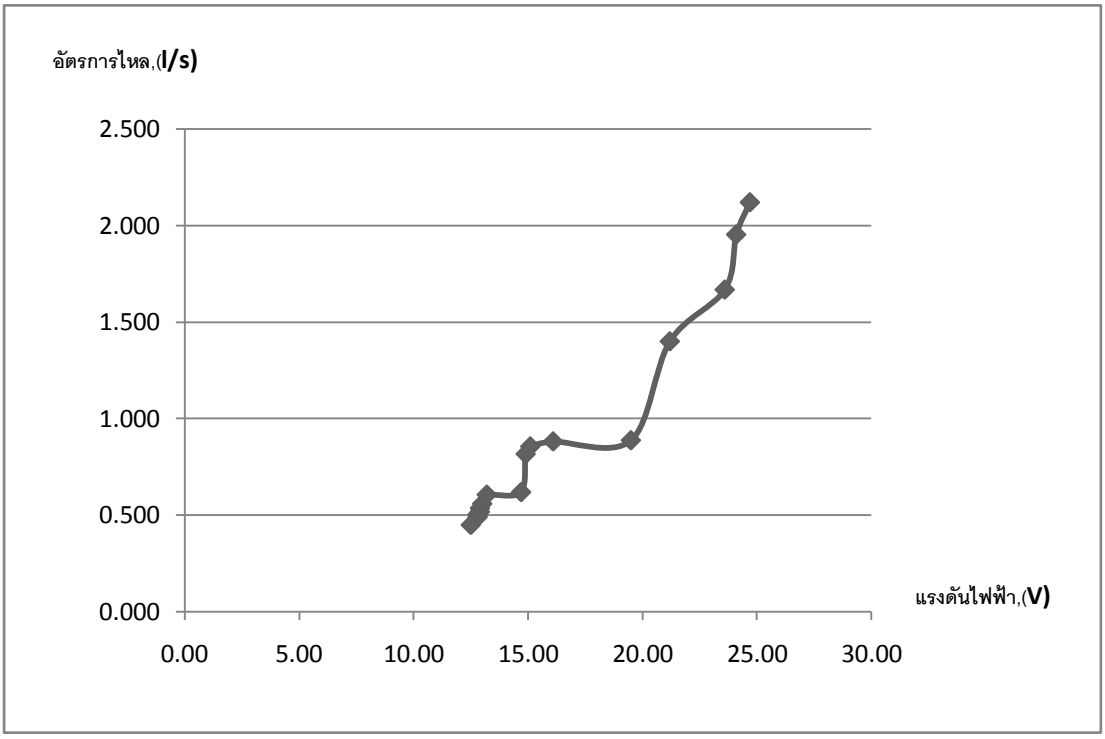
วรพล สิงห์เขียวพงศ์ .(2550).ความรู้เกี่ยวกับแบตเตอรี่รถยนต์. http://www.klangbattery.com/how_to.html

ภาคผนวก

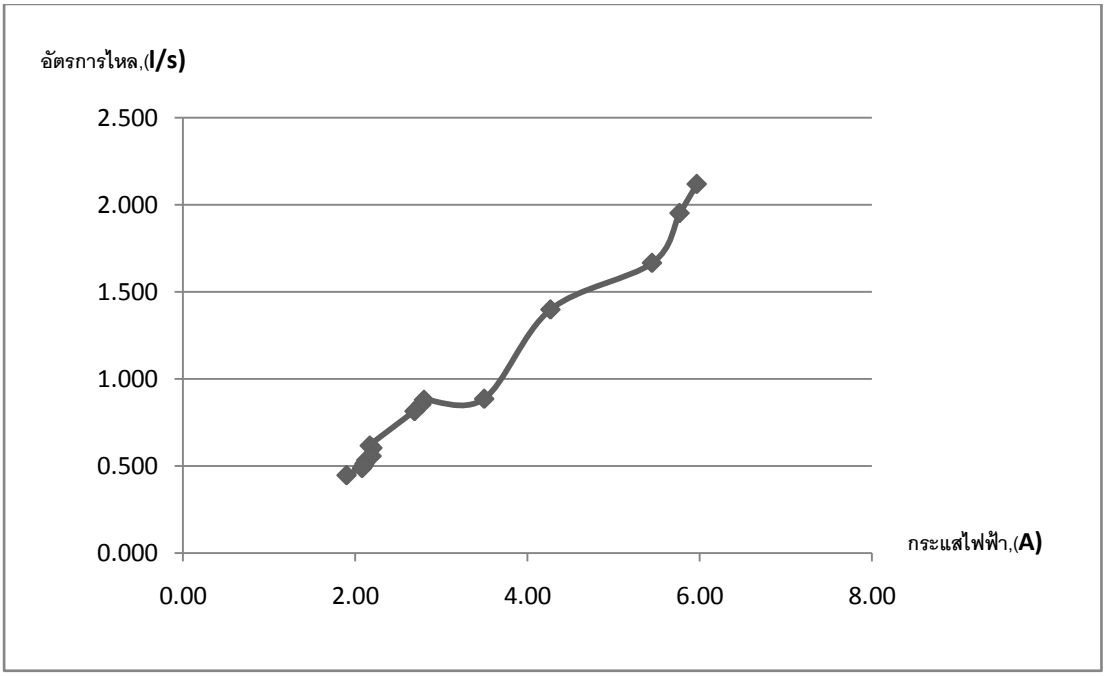
การทดลองหาค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และอัตราการไหล มีผลการทดลองดังนี้

ผลการทดลองครั้งที่ 1 (31 มีนาคม 2555)

เวลา ,(min)	**แรงดันไฟฟ้า,(V)**	**กระแสไฟฟ้า,(A)**	**อัตราการไหล ,(l/s)**
0.00	24.70	5.97	2.120
15.00	24.10	5.77	1.953
30.00	23.60	5.45	1.667
45.00	21.20	4.27	1.399
60.00	19.50	3.50	0.886
75.00	16.10	2.80	0.880
90.00	15.10	2.77	0.854
105.00	14.90	2.69	0.815
120.00	14.70	2.17	0.617
135.00	13.20	2.20	0.604
150.00	13.00	2.19	0.557
165.00	12.90	2.13	0.534
180.00	12.90	2.11	0.515
195.00	12.80	2.10	0.502
210.00	12.80	2.08	0.488
225.00	12.50	1.90	0.447



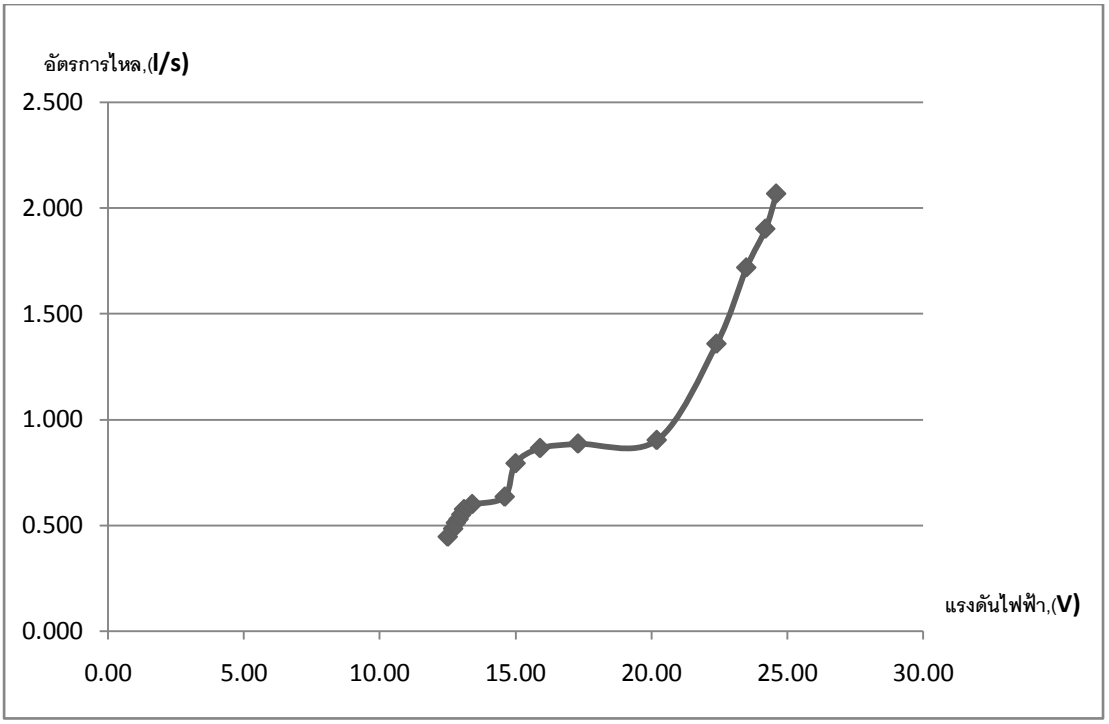
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับแรงดันไฟฟ้า



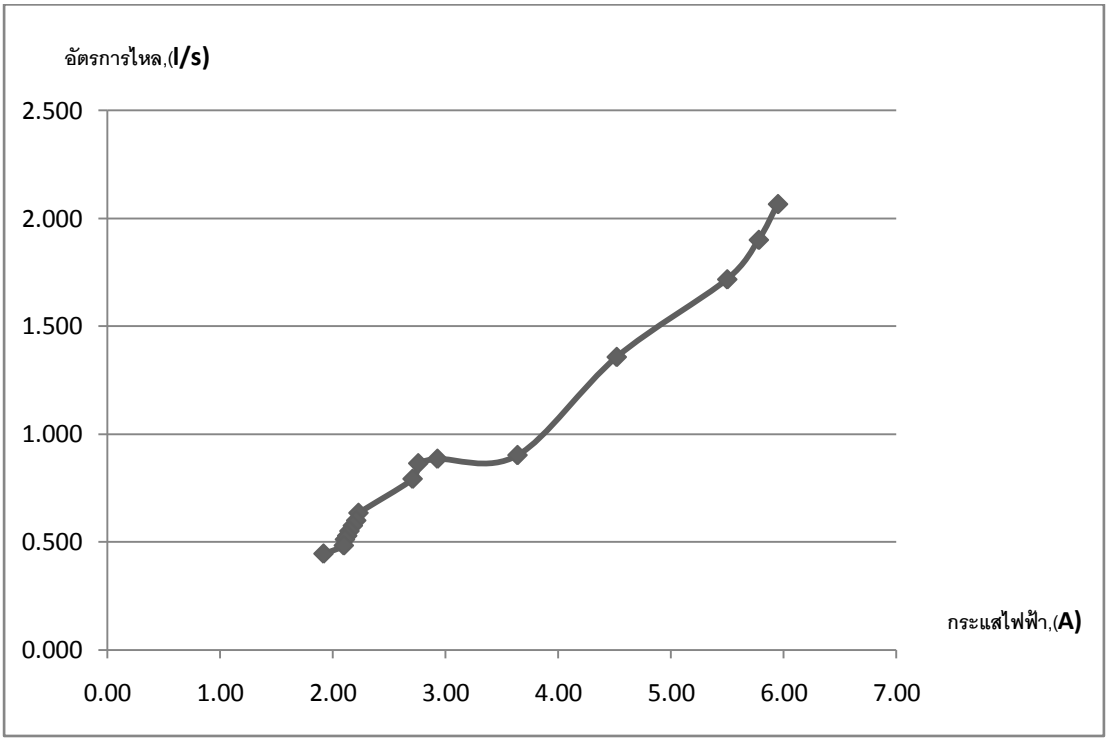
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับกระแสไฟฟ้า

ผลการทดลองครั้งที่ 2 (1 เมษายน 2555)

เวลา ,(min)	แรงดันไฟฟ้า ,(V)	กระแสไฟฟ้า,(A)	อัตราการไหล ,(l/s)
0.00	24.60	5.95	2.066
15.00	24.20	5.78	1.900
30.00	23.50	5.50	1.717
45.00	22.40	4.52	1.357
60.00	20.20	3.64	0.902
75.00	17.30	2.93	0.885
90.00	15.90	2.76	0.864
105.00	15.00	2.71	0.792
120.00	14.60	2.23	0.634
135.00	13.40	2.21	0.599
150.00	13.10	2.18	0.575
165.00	13.00	2.15	0.550
180.00	12.90	2.13	0.528
195.00	12.80	2.11	0.511
210.00	12.70	2.10	0.483
225.00	12.50	1.92	0.445



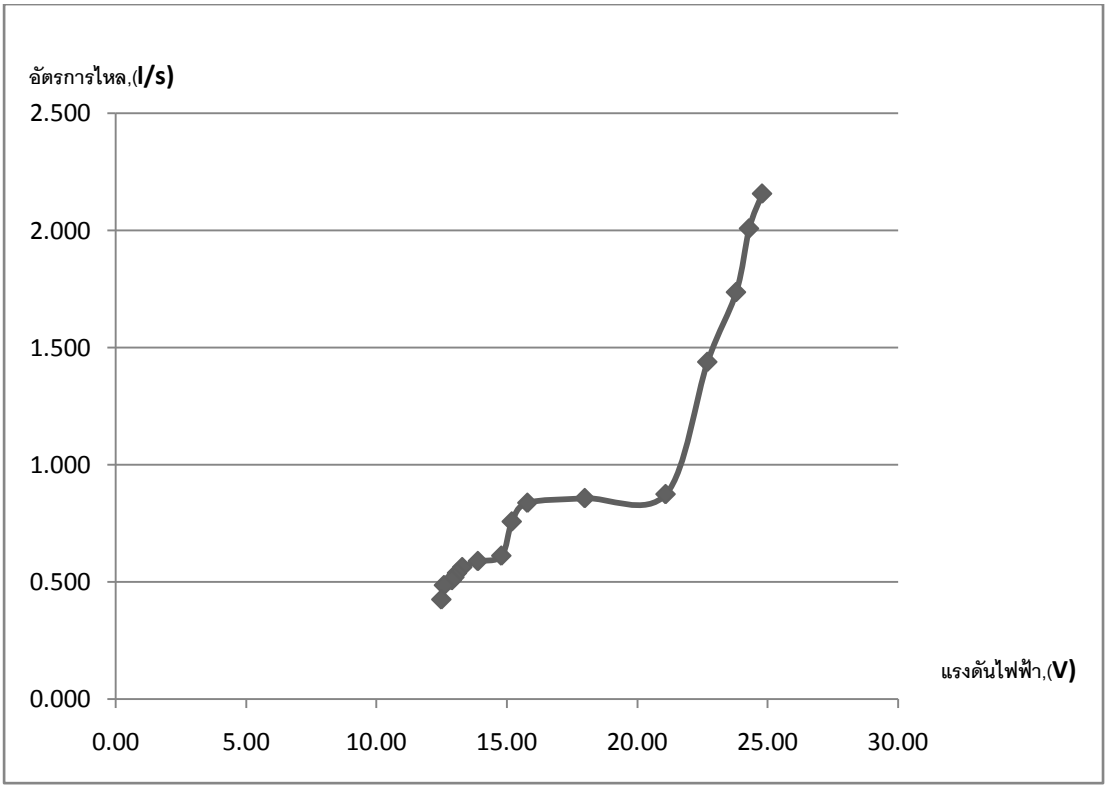
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับแรงดันไฟฟ้า



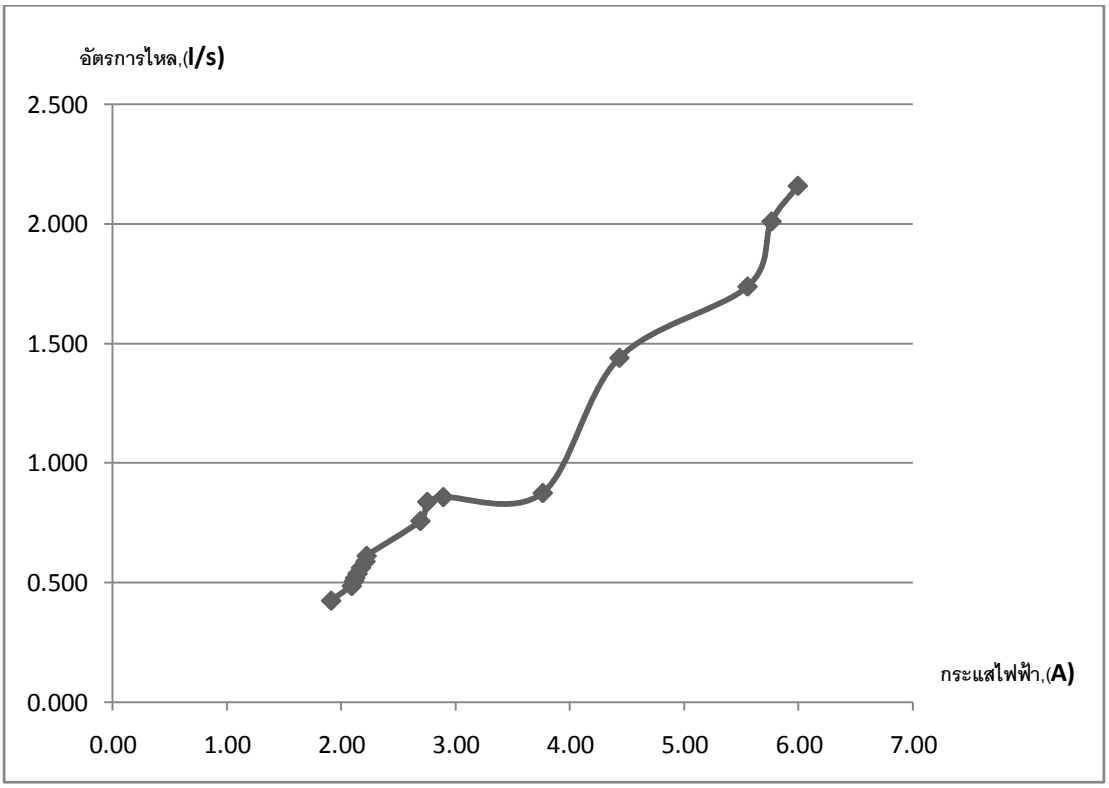
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับกระแสไฟฟ้า

ผลการทดลองครั้งที่ 3 (2 เมษายน 2555)

เวลา ,(min)	แรงดันไฟฟ้า ,(V)	กระแสไฟฟ้า,(A)	อัตราการไหล ,(l/s)
0.00	24.80	5.99	2.159
15.00	24.30	5.76	2.010
30.00	23.80	5.55	1.738
45.00	22.70	4.43	1.440
60.00	21.10	3.76	0.875
75.00	18.00	2.89	0.858
90.00	15.80	2.75	0.838
105.00	15.20	2.69	0.758
120.00	14.80	2.22	0.612
135.00	13.90	2.21	0.589
150.00	13.30	2.17	0.563
165.00	13.10	2.14	0.538
180.00	13.00	2.12	0.520
195.00	12.90	2.11	0.507
210.00	12.60	2.09	0.486
225.00	12.50	1.91	0.425



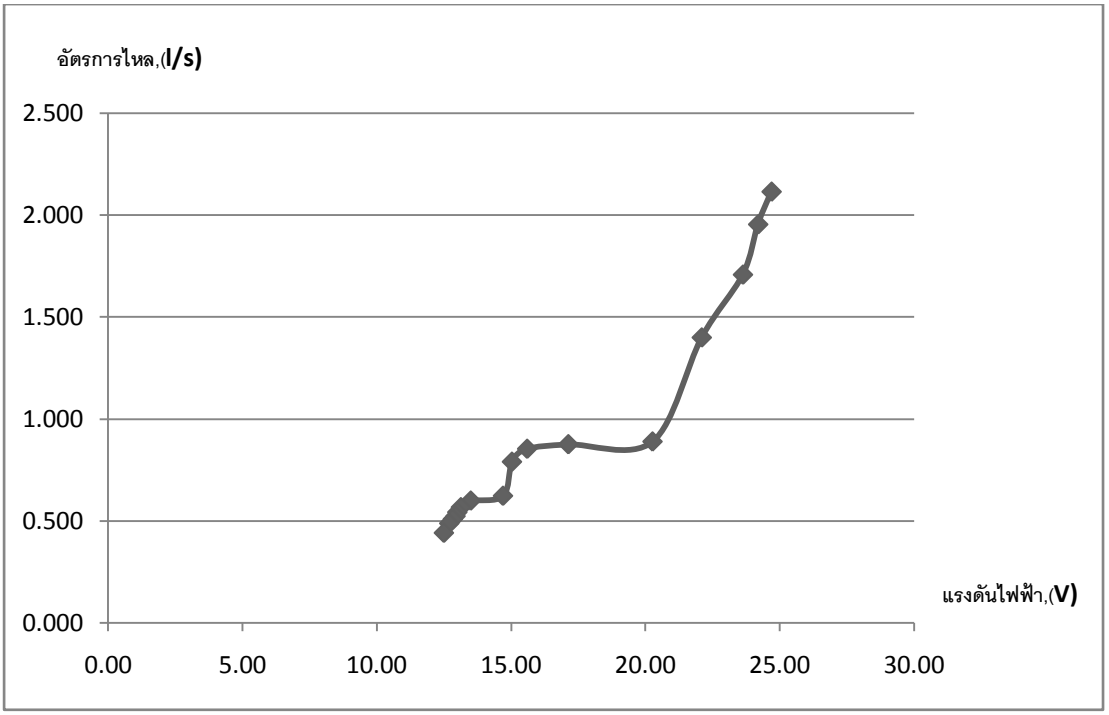
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับแรงดันไฟฟ้า



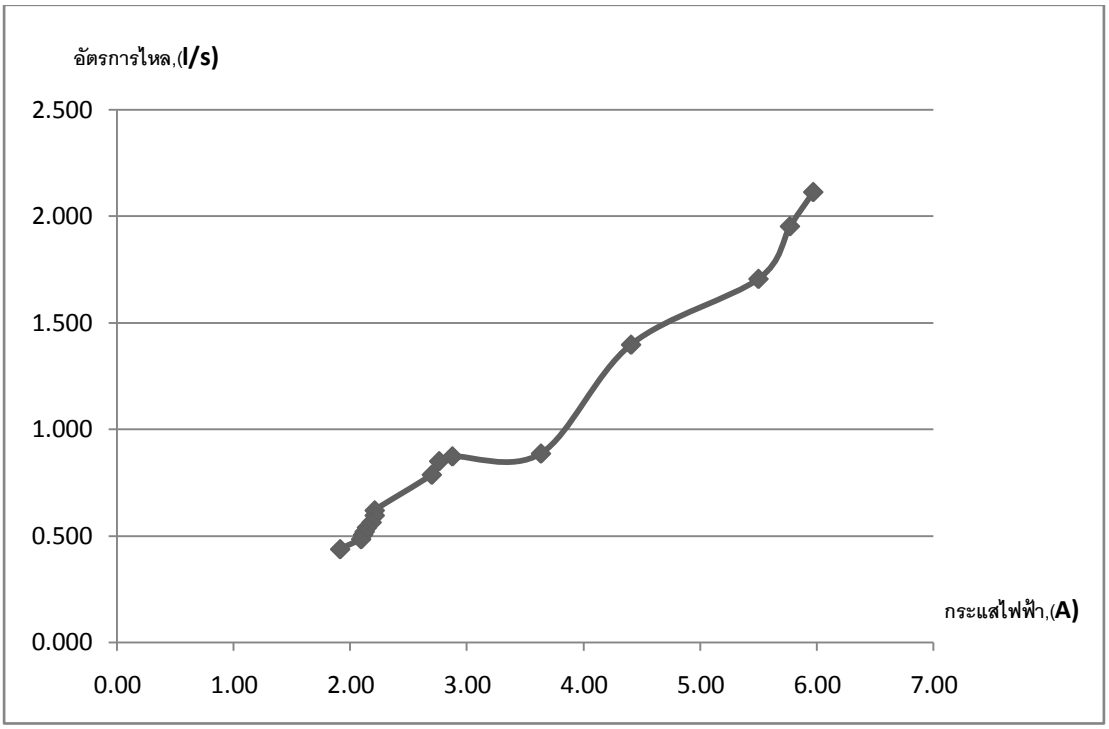
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับกระแสไฟฟ้า

ผลการทดลองเฉลี่ย

เวลา ,(min)	แรงดันไฟฟ้า ,(V)	กระแสไฟฟ้า,(A)	อัตรการไหล,(l/s)
0.00	24.70	5.97	2.115
15.00	24.20	5.77	1.954
30.00	23.63	5.50	1.707
45.00	22.10	4.41	1.399
60.00	20.27	3.63	0.888
75.00	17.13	2.87	0.874
90.00	15.60	2.76	0.852
105.00	15.03	2.70	0.788
120.00	14.70	2.21	0.621
135.00	13.50	2.21	0.597
150.00	13.13	2.18	0.565
165.00	13.00	2.14	0.541
180.00	12.93	2.12	0.521
195.00	12.83	2.11	0.507
210.00	12.70	2.09	0.486
225.00	12.50	1.91	0.439



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับแรงดันไฟฟ้า



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับกระแสไฟฟ้า