หัวข้อโครงงาน	การวิเคราะห์เพื่อหาขนาดและรูปแบบของแผงโซล่าเซลล์ที่เหมาะสมสำหรับการสูบน้ำเพื่อการเกษตร	
โดย	นาย เอกรัตน์	ศรีไทย
	นาย อนุรัญช์	วรรธนะเลิศวาณิช
	นาย ณัฐพงศ์	พุ่มมี
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิชิต	เครือสุข

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม อนุมัติให้นับโครงงานวิศวกรรมฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

..... หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์

(ดร.ภรรชัย จูอนุวัฒนกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิชิต เครือสุข)

(วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....)

รหัสโครงงาน 56EE123

การวิเคราะห์เพื่อหาขนาดและรูปแบบของแผงโซล่าเซลล์ที่เหมาะสมสำหรับการสูบน้ำเพื่อการเกษตร

ANALYSIS TO OBTAIN THE OPTIMUM SIZING AND TYPING FOR AGRICULTURE SOLAR WATER PUMP

บทคัดย่อ (Abstract)

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้กล่าวถึงการหารูปแบบและขนาดแผงโซล่าเซลล์ที่เหมาะสมสำหรับการสูบน้ำเพื่อการเกษตรโดยขอบเขตของโครงงานจะใช้พื้นที่ขนาด100ตารางวา มีการใช้น้ำอยู่2000ลิตรต่อวันและทำการทดสอบหาการสูบน้ำที่เหมาะสมโดยจะแยกการทดสอบออกเป็น2ระบบเพื่อเปรียบเทียบหาปริมาณน้ำที่ได้ต่อวัน ทั้ง2ระบบนี้จะใช้อุปกรณ์แผงโซล่าเซลล์ขนาด 12VDC 100W มาทำการทดสอบ โดยระบบที่1 เป็นระบบแผงโซล่าเซลล์ต่อใช้งานกับเครื่องสูบน้ำโดยตรง ระบบที่2 เป็นระบบแผงโซล่าเซลล์ต่อเข้ากับแบตเตอร์รี่ขนาด 12VDC 35AHและนำแบตเตอร์รี่มาต่อใช้งานกับเครื่องสูบน้ำ จากการทดสอบระบบที่1 ทำการทดสอบ3วันเพื่อหาค่าเฉลี่ยการสูบน้ำวันที่1ได้ 4470ลิตร วันที่2ได้ 2953ลิตร วันที่3ได้ 4915ลิตร เฉลี่ยทั้ง3วันได้ 4112.6 ลิตรต่อวัน ส่วนระบบที่2 สามารถสูบน้ำโดยใช้พลังงานจากแบตเตอร์รี่ได้ปริมาณน้ำในเวลา 1ชั่วโมง 912ลิตรแต่แบตเตอร์รี่ใช้งานได้เพียง4ชั่วโมงจึงหมดทำให้ได้น้ำจากระบบที่2 3610ลิตร จากการทดสอบทั้ง2ระบบสามารถนำไปใช้งานได้เพียงพอตามขอบเขตของโครงงานทางคณะผู้จัดทำจึงได้ทำการพิจารณาเพื่อเปรียบเทียบความเหมาะสมในการนำไปใช้งานและความต้องการของผู้ใช้งานทั้ง2ระบบ ระบบที่1เหมาะสมกับงานที่มีพื้นที่ไกลจากแหล่งน้ำต้องทำการกักเก็บน้ำเพื่อนำมาใช้ ระบบที่2เหมาะสมกับงานที่ต้องการใช้น้ำในทันทีและปริมาณน้ำที่ได้สม่ำเสมอ

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานการหารูปแบบและขนาดแผงโซล่าเซลล์ที่เหมาะสมสำหรับการสูบน้ำเพื่อการเกษตร สามารถลุล่วงไปด้วยดีโดยได้รับคำปรึกษาแนะนำจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิชิต เครือสุข คณะกรรมการสอบโครงงานที่กรุณาให้คำแนะนำและขอขอบคุณเพื่อนๆทุกท่านและ ขอขอบคุณพระคุณพ่อแม่ที่ค่อยให้โอกาสในการศึกษาแก่คณะผู้จัดทำให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ที่เป็นกำลังใจและให้คำปรึกษาจนโครงงานนี้ประสบความสำเร็จด้วยดีสิ่งใดในโครงงานนี้มีความผิดพลาดประการใด คณะผู้จัดทำ ต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
1. บทนำ	
1.1 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.2 โครงสร้างของโครงงาน	2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ประโยชน์ของโครงงาน	2
1.5 แผนการดำเนินการ	3
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 น้ำและการปลูกพืช	4
2.2 โซล่าเซลล์	11
2.3 แบตเตอร์รี่	16
2.4 เครื่องควบคุมการประจุ	19
2.5 ตัวเก็บข้อมูล	22
3. การคำนวณและการออกแบบ	
3.1 ระบบสูบน้ำจากแผงโซล่าเซลล์มีแบตเตอร์รี่	25

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.1 ระบบสูบน้ำจากแผงโซล่าเซลล์แบบใช้แทงค์เก็บน้ำ 27

3.2 ออกแบบโครงสร้างรถสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ 27

3.3 ขั้นตอนการประกอบรถสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์และวิธีใช้งาน 28

4. การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองการรับพลังงานแสงอาทิตย์ของแผงโซล่าเซลล์ในขณะต่อโหลดแบบระบบต่อโดยตรง 32

4.2 การทดลองการใช้แบตเตอร์รี่เป็นตัวให้พลังงานในการปั๊มน้ำ 38

4.3 การทดลองอัดประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอร์รี่โดยใช้แผงโซล่าเซลล์ 40

4.4 การเปรียบเทียบความคุ้มทุนสำหรับการสูบน้ำเพื่อการเกษตร 41

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล 45

เอกสารอ้างอิง 46

ภาคผนวก ก. ข้อมูลการผลิตน้ำที่ได้จากโซล่าเซลล์ใน3วัน 47

ภาคผนวก ข. ข้อมูลการทดลองที่ได้จาก Data Logger 49

ภาคผนวก ค. ตารางข้อมูลอุปกรณ์ต่างๆและราคา 57

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	ความต้องการน้ำของพืชชนิดต่างๆ โดยประมาณ	7
ตารางที่ 3.1	สรุปพิกัดและขนาดของอุปกรณ์ทั้ง 2 ระบบ	27
ตารางที่ 4.1	ผลการทดลองวัดแรงดันและกระแสจากแบตเตอร์รี่	39
ตารางที่ 4.2	ผลการทดลองหาปริมาณน้ำที่ได้จากแบตเตอร์รี่ใน 1 ลูก	39
ตารางที่ 4.3	ผลการทดลองการชาร์จประจุแบตเตอร์รี่	41
ตารางที่ 4.4	ราคาอุปกรณ์แบบไม่มีแบตเตอร์รี่	42
ตารางที่ 4.5	ราคาอุปกรณ์แบบมีแบตเตอร์รี่	42
ตารางที่ 4.6	เปรียบเทียบการลงทุน	43

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 ระบบการทำงานของโครงสร้าง 2
ภาพที่ 2.1 การให้น้ำกับพืช 5
ภาพที่ 2.2 การใช้น้ำของพืช 6
ภาพที่ 2.3 การกักเก็บน้ำฝนในท้องร่อง 8
ภาพที่ 2.4 การให้น้ำทางผิวดิน 9
ภาพที่ 2.5 การให้น้ำแบบสปริงเกอร์ 9
ภาพที่ 2.6 การให้น้ำแบบหยด 10
ภาพที่ 2.7 หลักการทำงานของโซล่าเซลล์ 12
ภาพที่ 2.8 โซล่าเซลล์ชนิดซิลิกอน 12
ภาพที่ 2.9 โซล่าเซลล์ชนิดโพลีซิลิกอน 13
ภาพที่ 2.10 โซล่าเซลล์ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิกอน 14
ภาพที่ 2.11 การใช้เซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตกำลังไฟฟ้า 15
ภาพที่ 2.12 เซลล์แสงอาทิตย์จ่ายพลังงานเพื่อการสูบน้ำไปกับไว้ในถังน้ำ 16
ภาพที่ 2.13 แบตเตอร์รี่ 17
ภาพที่ 2.14 แบตเตอร์รี่ชนิดเปียก 18
ภาพที่ 2.15 แบตเตอร์รี่ชนิดแห้ง 19
ภาพที่ 2.16 เครื่องโซล่าชาร์จ 20
ภาพที่ 2.17 การทำงานของเครื่องควบคุมประจุแบบอนุกรม 21
ภาพที่ 2.18 การทำงานของเครื่องควบคุมประจุแบบชันท์ 21
ภาพที่ 2.19 อุปกรณ์ตัวเก็บข้อมูล 22
ภาพที่ 2.20 การทำงานของตัวเก็บข้อมูล 23
ภาพที่ 3.1 การทำงานของระบบ 24
ภาพที่ 3.2 รถเข็นพลังงานแสงอาทิตย์ 28
ภาพที่ 3.3 การนำขาตั้งรถเข็นลง 29
ภาพที่ 3.4 ตั้งแผงโซล่าเซลล์ 29

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 3.5 ล็อคข้อต่อแผงโซล่าเซลล์ 30
ภาพที่ 3.6 ปรับระดับความสูงแผงโซล่าเซลล์ 30
ภาพที่ 3.7 นำรถเข็นที่ติดตั้งสมบูรณ์ไปใช้งานในด้านการสูบน้ำเพื่อการเกษตร 31
ภาพที่ 3.8 สภาพรถเข็นที่ติดตั้งสมบูรณ์พร้อมใช้งาน 31
ภาพที่ 4.1 วงจรการทดลองหาการจ่ายแรงดันและปริมาณน้ำที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์ 32
ภาพที่ 4.2 ข้อมูลแรงดันขณะต่อโหลดในช่วงเวลา3วัน 33
ภาพที่ 4.3 ข้อมูลความเข้มแสง 34
ภาพที่ 4.4 ข้อมูลการทดลองค่ากระแส 34
ภาพที่ 4.5 ข้อมูลกำลังของแผงโซล่าเซลล์ 35
ภาพที่ 4.6 ข้อมูลอุณหภูมิ T1 ที่วัดบนแผงโซล่าเซลล์ 35
ภาพที่ 4.7 ข้อมูลอุณหภูมิ T2 ใต้แผงโซล่าเซลล์ 36
ภาพที่ 4.8 ข้อมูลการเฉลี่ยน้ำในแต่ละชั่วโมง 36
ภาพที่ 4.9 การทดสอบระบบสูบน้ำ จากแผงโซล่าเซลล์ โดยตรงไม่ผ่านแบตเตอร์รี่ 37
ภาพที่ 4.10 แสดงการทดสอบการเก็บข้อมูลปริมาณน้ำที่ได้ภายใน 1 วันโดยใช้มิเตอรตัววัด 37
ภาพที่ 4.11 แสดงการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของแบตเตอร์รี่ 38
ภาพที่ 4.12 แสดงการวัดค่าแรงดันจากแบตเตอร์รี่ 39
ภาพที่ 4.13 แสดงวงจรการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของการประจุ 40
ภาพที่ 4.14 แสดงการเปรียบเทียบในการลงทุนภายในระยะเวลา 25 ปี 43

บทที่ 1

บทนำ

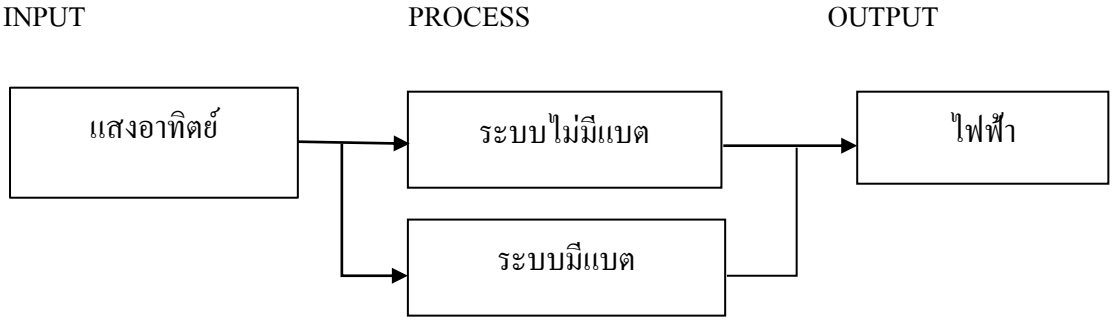
ระบบสูบน้ำจากโซล่าเซลล์ทางด้านการเกษตรมีหลายรูปแบบ ทำให้เราไม่สามารถตัดสินใจในการเลือกรูปแบบว่ารูปแบบไหนเหมาะสมและคุ้มค่าที่จะลงทุนเพราะไม่มีข้อมูลที่แน่ชัดว่าระบบไหนควรใช้ขนาดของแผงโซล่าเซลล์เท่าไหนและใช้งานได้เหมาะสมกับความจำเป็นหรือไม่เพราะในแต่ละระบบก็ย่อมมีค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกันทำให้เกิดความลังเลในการเลือกใช้และข้อมูลที่ได้มาจากการค้นคว้าจะสามารถนำมาใช้ได้จริงตามที่กล่าวไว้ข้างต้นต้องมีการทดสอบเพื่อให้ได้ค่าที่ต้องการใช้งานได้อย่างแท้จริงและเหมาะสม

โครงงานการหารูปแบบและขนาดแผงโซล่าเซลล์ที่เหมาะสมสำหรับการสูบน้ำเพื่อการเกษตรเป็นการใช้พลังงานทางเลือก สามารถใช้แผงโซล่าเซลล์ในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ไปเป็นพลังงานไฟฟ้า เพื่อนำมาขับเครื่องสูบน้ำแล้วนำน้ำมาใช้ในงานด้านการเกษตรและติดตั้งใช้งานง่าย สามารถนำไปติดตั้งตามสถานที่ต่างๆในงานด้านการเกษตรที่มีแสงแดดเพียงพอก็สามารถใช้งานได้

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาการทำงานของแผงโซล่าเซลล์ที่นำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านการเกษตร
2. เพื่อศึกษาหารูปแบบและขนาดของแผงโซล่าเซลล์ที่เหมาะสม
3. เพื่อวิเคราะห์หาความคุ้มค่าของการลงทุนในระบบสูบน้ำเพื่อการเกษตร
4. เพื่อให้เกิดทักษะและประสบณ์การทางด้านงานวิศวกรรม

1.2 โครงสร้างของโครงงาน



ภาพที่ 1.1 ระบบการทำงานของโครงสร้าง

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. สร้างและออกแบบอุปกรณ์ Data Logger เพื่อหาค่าของพลังงานและขนาดของโซล่าเซลล์จากข้อมูลจริง
2. หารูปแบบระบบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ความเหมาะสมสำหรับการสูบน้ำเพื่อการเกษตรมี2ระบบดังนี้แบบใช้แทงค์เก็บน้ำและแบบใช้แบตเตอร์รี่
3. เลือกใช้ขนาดของเครื่องสูบน้ำและคำนวณหาขนาดของแบตเตอร์รี่ในระบบใช้แบตเตอร์รี่ให้เหมาะสมกับพลังงานและพื้นที่
4. พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์และเลือกรูปแบบที่เหมาะสม

1.4 ประโยชน์ของโครงงาน

1. รู้ขนาดของแผงโซล่าเซลล์ในการเลือกใช้งานในพื้นที่นั้นๆ
2. ได้ระบบที่เหมาะสมที่เลือกใช้ในงานด้านการเกษตร
3. ข้อมูลเป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจในการลงทุนเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องสูบน้ำที่ใช้น้ำมัน
4. ประยุกต์ใช้งานทางวิศวกรรมเพื่อการเกษตร

1.5 แผนการดำเนินการ

1. ศึกษาระบบปั๊มน้ำและแผงโซล่าเซลล์และรวบรวมข้อมูลที่ต้องใช้ในโครงงาน
2. คำนวณและออกแบบระบบการทำงาน
3. สร้างและประกอบวงจรชุดโซล่าเซลล์และระบบปั๊มน้ำ
4. ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ
5. ทดสอบใช้งานจริงตามขอบเขตที่กำหนดไว้
6. ปรับแต่งอุปกรณ์ต่างๆให้เหมาะสมยิ่งขึ้น
7. สรุปผลและรวบรวมข้อมูลจากการทดสอบ

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การจัดทำโครงงานนี้ได้พิจารณาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการนำไปใช้ประกอบการจัดทำ การหารูปแบบและขนาดแผงโซล่าเซลล์ที่เหมาะสมสำหรับการสูบน้ำเพื่อการเกษตร จะต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับ น้ำและการปลูกพืชต่างๆและอุปกรณ์ที่มีเทคโนโลยีเข้ามาใช้งานในด้านการเกษตร อย่างเช่น แผงเซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอร์รี่ ตัวควบคุมการประจุ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 น้ำและการปลูกพืช[2],[3],[5]

ในการปลูกพืช น้ำถือว่าเป็นหัวใจหรือชีพจรทีเดียว พืชจะเจริญเติบโตหรือตาย จะดีหรือไม่ดีก็เพราะน้ำเป็นปัจจัยสำคัญ การให้น้ำมากเกินไปไม่ดี ให้น้อยเกินไปก็ไม่ดี ให้น้ำแก่พืชมากๆ นอกจากสูญเสียน้ำแล้ว รากพืช ยอมขาดอากาศเป็นปัจจัยไม่มีพลังงานที่จะนำน้ำและสารอาหารไปสู่ส่วนต่างๆของต้นพืช จึงทำให้ผลผลิตไม่ดีการให้น้ำแก่พืชได้พอดีกับที่พืชต้องการ เป็นการประหยัดน้ำ แต่ถ้าจะให้ประหยัด มากกว่านั้นและได้ผลผลิตดีด้วย บางช่วงเวลา อาจต้องงดการให้น้ำ ให้พืชขาดน้ำ เพื่อให้พืชสะสมอาหารในการสร้างผลผลิต การตามใจพืชเสมอไป จะทำให้พืชแตกแต่ใบอ่อน ต้นใหญ่ใบมาก แต่มีผลผลิตน้อย อีกทั้งการเก็บผลและดูแลก็ยุ่งยาก สู้การปลูกพืชให้ต้นเล็ก แต่ให้ได้ผลผลิตรวม แล้วมีปริมาณ มากๆไม่ได้ นอกจากนี้ พืชที่ต้นเล็กยังใช้น้ำ น้อยด้วยเหตุนี้จึงควร มีวิธีการให้น้ำแก่พืชที่เหมาะสม ยึดหลักความมีประสิทธิภาพสูงเสียค่าลงทุนที่คุ้มค่าเพื่อลดการสูญเสียน้ำและให้ได้ผลกำไรสูงสุด

ภาพที่ 2.1 การให้น้ำกับพืช[2]

2.1.1องค์ประกอบในการหาปริมาณการใช้น้ำของพืช

1.การคายน้ำของพืช (Transpiration; T) หมายถึงการระเหยของน้ำออกจากต้นพืชโดยผ่านทางปากใบและผิวใบมีหน่วยเป็นความลึกของน้ำหน่วยเวลาหรือปริมาตรของน้ำหน่วยเวลา/หน่วยพื้นที่ เช่นมิลลิเมตร/วัน

2.การระเหย (Evaporation; E)หมายถึง การระเหยของน้ำจากผิวน้ำและ/หรือผิวดินมี หน่วยเป็นความลึกของน้ำ/หน่วยเวลาหรือปริมาตรของน้ำ/หน่วยเวลา/หน่วยพื้นที่ เช่น มิลลิเมตร/วัน

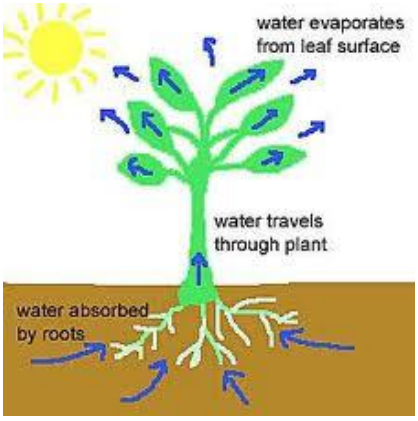
3.ปริมาณการใช้น้ำของพืช หรือการคายระเหยน้ำของพืช(Crop Evapotranspiration; ET) หมายถึง ปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้จริงๆ รวมถึงปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจากแปลงปลูกโดยขบวนการคาย น้ำของพืชและการระเหย มีหน่วยเป็นความลึกของน้ำ/หน่วยเวลา หรือปริมาตรของน้ำ/หน่วยเวลา/ หน่วยพื้นที่ เช่นมิลลิเมตร/วัน

4.ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration; ETo) หรืออาจจะหมายรวมถึงค่าPotential Evapotranspiration; ETpด้วยนั้น หมายถึงหลักการในการคำนวณหาปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจากพื้นที่เพาะปลูกที่มีพืชปกคลุมอยู่อย่างทั่วถึง โดยที่ดินจะต้องมีความชื้นอยู่ อย่างเพียงพอกับความต้องการของพืชตลอดเวลาและพื้นที่เพาะปลูกนั้นจะต้องมีบริเวณกว้างใหญ่ พอที่จะไม่ทำให้การระเหยและการคายน้ำของพืชต้องกระทบกระเทือนจากอิทธิพลภายนอกมากนัก เช่น การพัดผ่านของลมที่แห้งและร้อนทั้งนี้เพราะเพื่อต้องการให้ค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงนี้ขึ้นอยู่กับความเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศรอบข้างแต่เพียงอย่างเดียว เช่น อิทธิพลที่เกิดจากการแผรงสี ของดวงอาทิตย์ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ชั่วโมงแสงแดด

เป็นต้น การคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงจะเป็นการนำเอาข้อมูลของสภาพภูมิอากาศ ณ ช่วงเวลาและสถานที่ที่ใช้ทดลองนั้นหรือเป็นสถานที่ที่จะนำค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงไปใช้งาน ข้อมูลดังกล่าวจะต้องผ่านการ ตรวจสอบ วิเคราะห์ ปรับปรุงตลอดจนแบ่งช่วงให้ตรงกับช่วงการเจริญเติบโตหรืออายุพืชหรือช่วงเวลาที่ จะนำไปใช้

2.1.2 หลักการใช้น้ำของพืช

การใช้น้ำของพืชนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและระยะการเจริญเติบโตโดยปกติแล้วพืชมีการใช้น้ำน้อยที่สุดเมื่อเริ่มเพาะปลูกและจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนกระทั่งมากที่สุดเมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่ออกดอกออกผลและจะค่อยๆลดลงเมื่อผลแก่และถึงระยะเวลาเก็บเกี่ยวเราอาจจะแบ่งการเจริญเติบโตของพืชออกได้เป็น 3 ช่วงด้วยกันคือช่วงแตกใบช่วงออกดอกและช่วงออกผลสำหรับช่วงแตกใบยังแบ่งออกเป็น 2 ช่วงด้วยกันคือเมื่อพืชยังอ่อนอยู่ และเมื่อพืชมีการแตกกิ่งก้านอย่างเต็มที่แล้วส่วนช่วงออกผลก็อาจแบ่งออกเป็น 2 ช่วงได้เช่นเดียวกันคือช่วงที่ผลหรือเมล็ดยังสดอยู่และช่วงที่เมล็ดหรือผลเริ่มแห้งซึ่งพืชจะต้องการน้ำน้อยมากหรืออาจจะถูกเก็บเกี่ยวที่ช่วงการเจริญเติบโตระยะใดระยะหนึ่งก็ได้พวกผักต่างๆ เช่น ผักกาดขาว ผักคะน้า กะหล่ำปลี หน่อไม้ฝรั่ง หญ้าเลี้ยงสัตว์ จะเก็บเกี่ยวในช่วงแตกใบ พวกดอกไม้ต่างๆ และพวกผักที่ใช้ดอกเป็นอาหารเช่น กะหล่ำดอกจะเก็บเกี่ยวในช่วงออกดอก ส่วนพวก ที่ใช้ผลสดเป็นอาหาร เช่น มะเขือเทศข้าวโพด ส้ม กล้วย แตงโม ฯลฯ จะเก็บเกี่ยวในช่วงผลสด สำหรับ พืชพวกที่ต้องรอให้แห้งเสียก่อนจึงเก็บเกี่ยวก็มี ข้าว ฝ้าย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ถั่วที่ใช้เมล็ดเป็นอาหาร เช่น ถั่วเขียว ถั่วเหลือง เป็นต้น



ภาพที่ 2.2 การใช้น้ำของพืช [3]

2.1.3 ค่าเฉลี่ยการใช้น้ำของพืชผัก

โดยปกติการประเมินค่าเฉลี่ยการใช้น้ำของพืชทั่วๆไปประมาณ 70 ถึง75 % ของค่าการระเหยที่วัดได้จากถาดวัดการระเหยซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 3-7 มิลลิเมตรต่อวันหรือเฉลี่ยประมาณ 5 มิลลิเมตรต่อวันขึ้นอยู่กับพื้นที่และฤดูกาลหรือเทียบเป็นปริมาตรการใช้น้ำเฉลี่ยของพืชประมาณ 5 ลิตรต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตรต่อวันโดยคิดได้จาก (พื้นที่ x ค่าเฉลี่ยการระเหย)

ตัวอย่าง ต้องการหาค่าเฉลี่ยการใช้น้ำของมะเขือเทศขนาด 1 ตารางเมตร

1 ตารางเมตร = 1m x 1m

ค่าเฉลี่ยการระเหยของมะเขือเทศ 5 มิลลิเมตรต่อวัน

หาปริมาณการใช้น้ำ = (พื้นที่ x ค่าเฉลี่ยการระเหย)

= 1m x 1m x 0.005m = 0.005 ลูกบาศก์เมตร

เปรียบเทียบเทียบบัญญัติไตรยาง(1 ลูกบาศก์เมตร = 1000 ลิตร)

= 0.005 x 1000 = 5 ลิตร

2.1.4 ความต้องการน้ำของพืชชนิดต่างๆโดยประมาณ

ตารางที่ 2.1 ชนิดของพืชและปริมาณน้ำที่พืชต้องการ

ชนิดของพืช	ปริมาณน้ำ ลิตร/ตารางเมตร
แตง	3-5
กะหล่ำดอก	3-5
มะเขือเทศ	4-5
ถั่วลิสง	2-5
ข้าวฝ่าง	4-5
กะหล่ำปลี	3-5
ฝ้าย	6-9
อ้อย	6-9
ส้ม	3-4
ข้าวโพด	5-7

2.1.5 วิธีการให้น้ำแก่พืช

วิธีการให้น้ำแก่พืช กระทำได้หลายวิธี การที่จะเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งนั้น ต้องพิจารณาจากลักษณะภูมิประเทศคุณสมบัติของดิน ลักษณะของพื้นที่ที่ได้เตรียมไว้วิธีการเพาะปลูกเงินค่าลงทุนตลอดจนจำนวนน้ำที่จะหามาได้ในพื้นที่ของตน ฉะนั้นถ้าต้องการประหยัดน้ำ ในแต่ละวิธีต้องมีการกำหนดออกแบบให้ถูกต้องเหมาะสม วิธีการให้น้ำแก่พืชมักจะเรียกตามลักษณะอาการที่พืชได้รับน้ำ แบ่งออกเป็น4แบบใหญ่ๆคือ

1.การให้น้ำทางใต้ผิวดินเป็นการให้น้ำแบบท้องร่องลึกควบคุมระดับน้ำใต้ดินให้รากพืชใช้ได้สะดวกโดยการสูบหรือปล่อยน้ำเข้าออก เพื่อรักษาระดับน้ำ เหมาะสำหรับการปลูกพืชในพื้นที่ลุ่มและมีน้ำมากหรือกักเก็บน้ำฝนในท้องร่อง

ภาพที่ 2.3 การกักเก็บน้ำฝนในท้องร่อง [2]

2. การให้น้ำทางผิวดิน เป็นการให้น้ำไหลหรือขังบนผิวดินนิยมทำกัน3วิธีคือแบบอ่างน้ำขังเช่นปลูกข้าวแบบร่องปลูกพืชไร่และแบบปล่อยไหลเป็นผืนยาวเช่นที่ปลูกหญ้าขายเป็นต้นแต่ละวิธีต้องมีการกำหนดขนาดของแปลงความลาดเทของพื้นที่และอัตราการจ่ายน้ำที่เหมาะสมต้องมีการปรับระดับพื้นที่อย่างดีซึ่งจะประหยัดน้ำลงได้เช่นการให้น้ำแบบร่องด้วยท่อที่หัวแปลงหรือระบบการให้น้ำด้วยท่อกาลักน้ำที่หัวแปลงเป็นต้น

(ก) การให้น้ำแบบอ่างขัง

(ข) การให้น้ำแบบร่องด้วยท่อที่หัวแปลง

ภาพที่ 2.4 การให้น้ำทางผิวดิน

3. การให้น้ำแบบสปริงเกอร์เป็นการให้น้ำแก่พืชด้วยระบบท่อ ผ่านหัวฉีดที่ใช้ความดันสูง กระจายน้ำขึ้นในอากาศเหนือดินแล้วให้น้ำตกลงมาในแปลงคล้ายน้ำฝนแต่ต้องให้มีความสม่ำเสมอของน้ำที่ตกลงกระจายอย่างทั่วถึง จึงจะประหยัดน้ำลงได้ ฉะนั้นจะต้องมีการคำนวณออกแบบเลือกใช้อย่างเหมาะสม ปัจจุบันมีการใช้แบบโครงสร้างที่มีกลไกควบคุมให้เคลื่อนที่อย่างอัตโนมัติใช้ความดันต่ำจ่ายน้ำลงใกล้พื้นดินลดการสูญเสียน้ำการระเหยและแรงลมที่ทำให้น้ำกระจายไม่สม่ำเสมอลงได้ทำให้ประหยัดน้ำลงได้อย่างมาก เหมาะที่จะใช้กับพื้นที่ขนาดใหญ่ หรือการใช้ร่วมกันหลายๆ แปลงรวมกัน

ภาพที่ 2.5 การให้น้ำแบบสปริงเกอร์

4.การให้น้ำแบบจุลภาค (น้ำหยดและฉีดฝอยใต้ต้น) เป็นการให้น้ำแก่พืชที่จุดใดจุดหนึ่ง หรือหลายๆจุดบนผิวดิน เฉพาะในเขตรากพืชด้วยระบบท่อ โดยมีการควบคุมปริมาณน้ำที่ส่งให้แก่พืชครั้งละน้อยๆ อย่างสม่ำเสมอ ด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่าหัวปล่อยน้ำ ซึ่งจะติดไว้ตามแนวยาวของท่อแขนง น้ำที่ปล่อยจากหัวปล่อยน้ำสู่ดินบริเวณรากพืชโดยตรงนี้ อาจจะไหลออกมาเป็นหยดน้ำ หรืออยู่ในรูปของสายน้ำ หรือละอองเม็ดน้ำเล็กๆซึ่งฉีดจากหัวฉีดฝอยขนาดเล็ก ที่ต้องการความดันไม่มากนักก็ได้ ควบคุมให้มีปริมาณใกล้เคียงกับการใช้น้ำของพืช และพยายามรักษาระดับความชื้นของดินบริเวณรากพืช ให้อยู่ในระดับที่พืชสามารถดูดไปใช้ได้สะดวกตลอดเวลา ดังนั้นการให้น้ำแบบนี้สามารถลดการสูญเสียตามทางระหว่างส่งน้ำ ลดการสูญเสียเนื่องจากการ ไหลซึมเลยเขตรากตลอดจนการสูญเสียเนื่องจากการระเหยและการไหลนองบนผิวดิน

ภาพที่ 2.6 การให้น้ำแบบหยด

การให้น้ำทั้ง 4 แบบใหญ่ๆ ดังกล่าวนี้แต่ละวิธีมีข้อดีข้อเสียและข้อจำกัดแตกต่างกัน เช่นวิธีการให้น้ำทางผิวดิน ถ้าจะให้ประหยัดน้ำลงต้องพิถีพิถันในการปรับระดับพื้นที่อย่างมาก ต้องใช้น้ำและแรงงานมาก ส่วนวิธีการให้น้ำแบบสปริงเกอร์ จะใช้น้ำและแรงงานน้อยกว่า แต่ต้องลงทุนครั้งแรกสูง และแบบจุลภาคจะประหยัดน้ำมากที่สุด แต่ค่าลงทุนครั้งแรกสูงและค่าบำรุงรักษาระบบก็สูงตามไปด้วย ในบางท้องที่อาจให้น้ำด้วยแบบต่างๆ ผสมได้หลายแบบ ในบางท้องที่อาจใช้ได้เพียงแบบเดียว หรือในบางท้องที่เกษตรกรคุ้นเคยกับการให้น้ำแบบหนึ่งและปฏิบัติติดต่อเรื่อยมา แม้ว่าจะมีวิธีอื่นที่เหมาะสมกว่าประหยัดน้ำมากกว่าซึ่งบางครั้งระบบที่ใช้อยู่นั้นไม่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และพืชที่ปลูก หรือเป็นวิธีการให้น้ำที่มีประสิทธิภาพต่ำเปลืองน้ำมากก็ตามการที่จะเลือกใช้

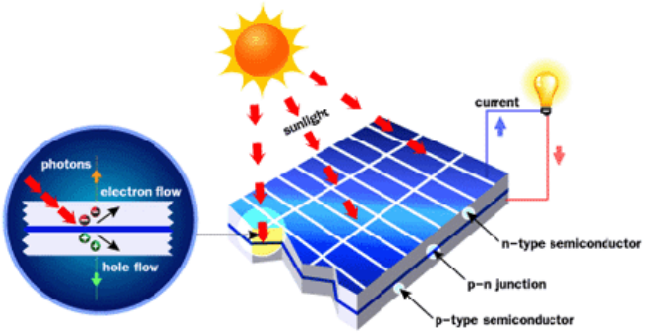
ระบบใดนั้นเกษตรกรควรพิจารณาถึงค่าลงทุนความสะดวกในการใช้งาน การบำรุงรักษา แรงงาน ความชำนาญที่ต้องใช้ในการดำเนินงานรวมไปถึงความเหมาะสมกับกิจการในส่วนที่ทำอยู่ เพื่อให้การใช้น้ำนั้นมีประสิทธิภาพดีที่สุด

2.2 โซล่าเซลล์ (Solar cell)[1]

เป็นสิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างจากสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) เมื่อได้รับแสงจากดวงอาทิตย์หรือแสงจากหลอดไฟเซลล์แสงอาทิตย์จะเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current : DC) ถือว่าพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากเซลล์แสงอาทิตย์นี้ เป็นพลังงานทดแทนชนิดหนึ่ง (Renewable Energy) ซึ่งเป็นพลังงานที่สะอาดและไม่สร้างมลภาวะใด ๆ ให้กับสิ่งแวดล้อมในขณะใช้งาน

2.2.1 หลักการทำงานของโซล่าเซลล์

หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์เริ่มจากแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าประจุลบ (เรียกว่า อิเล็กตรอน) และประจุบวก (เรียกว่าโฮล) ซึ่งอยู่ในภายในโครงสร้างรอยต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำโดยโครงสร้างรอยต่อพีเอ็นนี้จะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์ เพื่อแยกพาหะไฟฟ้าชนิดอิเล็กตรอนให้ไหลไปที่ขั้วลบ และทำให้พาหะนำไฟฟ้าชนิดโฮลไหลไปที่ขั้วบวกซึ่งทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสตรงขึ้นที่ขั้วทั้งสองเมื่อเราต่อเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า(เช่น หลอดไฟ มอเตอร์ เป็นต้น)ก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นชนิดกระแสตรงดังนั้นถ้าต้องการจ่ายไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับต้องต่อเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับแปลงไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC)



ภาพที่ 2.7 หลักการทำงานของโซล่าเซลล์[1]

2.2.2 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์

แบ่งตามวัสดุที่ใช้เป็น 3 ชนิดหลักๆ คือ

1.เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิกอน (Single Crystalline Silicon Solar Cell หรือ c-Si) ซิลิกอนเป็นวัสดุสารกึ่งตัวนำที่มีราคาถูกที่สุด เนื่องจากซิลิกอนเป็นธาตุที่มีมากที่สุดในโลกชนิดหนึ่ง สามารถถลุงได้จากหินและทราย เรานิยมใช้ธาตุซิลิกอนในงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ใช้ทำทรานซิสเตอร์และไอซี และเซลล์แสงอาทิตย์ เทคโนโลยีc-Si ที่ ได้รับความนิยมและใช้งานกันอย่างแพร่หลาย นิยมใช้งานในพื้นที่เฉพาะได้แก่ในชนบทที่ไม่มีไฟฟ้าใช้เป็นหลัก

ภาพที่ 2.8 โซล่าเซลล์ชนิดซิลิกอน [1]

2. เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกโพลีซิลิกอน (Polycrystalline Silicon Solar Cell หรือ pc-Si) จากความพยายามในการที่จะลดต้นทุนการผลิตของ c-Si จึงทำให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยี pc-Si ขึ้นเป็นผลให้ต้นทุนการผลิตของ pc-Si ต่ำกว่า c-Si ร้อยละ 10 อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยี pc-Si ก็ได้รับความนิยมและใช้งานกันอย่างแพร่หลายเช่นกัน

ภาพที่ 2.9 โซล่าเซลล์ชนิดโพลีซิลิกอน[1]

3.เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิกอน (Amorphous Silicon Solar Cell หรือ a-Si)เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ธาตุซิลิกอนเช่นกัน แต่จะไม่เป็นผลึก แต่ผลของสารอะมอร์ฟัสจะทำให้เกิดเป็นฟิล์มบางของซิลิกอน ซึ่งมีความบางประมาณ 300 นาโนเมตร ทำให้ไม่สิ้นเปลืองเนื้อวัสดุ น้ำหนักเบาการผลิตทำได้ง่าย และข้อดีของ a-Si ไม่เกิดมลพิษกับสิ่งแวดล้อม จึงเหมาะที่จะประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่กินไฟฟ้าน้อย เช่น เครื่องคิดเลข นาฬิกาข้อมือ วิทยุทรานซิสเตอร์ เป็นต้นนอกจากซิลิกอนแล้ว วัสดุสารกึ่งตัวนำอื่น ๆ ก็ใช้ผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ได้เช่นกัน ได้แก่ แกลเลียมอาร์เซไนด์ (GaAs : Gallium Arsenide) แคดเมียมเทลูไรด์(CdTe : Cadmium Telluride) คอปเปอร์อินเดียมไดเซเลไนด์ (CIS : Copper Indium Diselenide) โดยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจาก GaAsจะมีประสิทธิภาพการแปรพลังงานที่สูงที่สุด จึงเหมาะกับงานด้านอวกาศ ซึ่งราคาจะแพงมากเมื่อเทียบกับที่ผลิตจากซิลิกอน นอกจากนี้มีการคาดหมายกันว่า เซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจาก CISจะมีราคาถูกและมีประสิทธิภาพสูง

ภาพที่ 2.10 โซล่าเซลล์ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิกอน[1]

2.2.3 การบำรุงรักษาเซลล์แสงอาทิตย์และอายุการใช้งาน

อายุการใช้งาน เซลล์แสงอาทิตย์ โดยทั่วไปยาวนานกว่า 20 ปี และเนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ ไม่มีส่วนใดที่เคลื่อนไหว เป็นผลให้ลดการดูแลและบำรุงรักษาระบบดังกล่าว จะมีเพียงในส่วนของการทำความสะอาด แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่เกดจากฝุ่นละอองเท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบกับการดูแลระบบปรับอากาศขนาดเล็กตามบ้านพักอาศัยแล้วจะพบว่างานนี้ดูแลง่ายกว่า

2.2.4 การต่อใช้งานมีด้วยกัน 2 แนวทางหลัก

1.ใช้พลังงานจากเซลล์รับแสงอาทิตย์โดยตรงในแบบนี้จะเหมาะกับโหลดที่มีความต้องการกระแสไฟฟ้าไม่มากนักและต้องใช้งานในพื้นที่มีแสงอาทิตย์เพียงพอ

2.ใช้เซลล์รับแสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานโดยอ้อมในลักษณะนี้จะนำพลังงานที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ไปเข้าวงจรประจุแบตเตอร์รี่ เพื่อประจุแบตเตอร์รี่ในตลอกเวลาที่เซลล์ได้รับแสงอาทิตย์จากนั้นนำแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอร์รี่ไปใช้งานและจะต้องมีตัวควบคุมการเก็บประจุเพื่อป้องกันแบตเตอร์รี่เสียหายด้วย

2.2.5 สูตรคำนวณการออกแบบเซลล์แสงอาทิตย์

วิธีการคำนวณเพื่อออกแบบการกำหนดกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ควรติดตั้ง

$$P_{call} = \frac{P_L}{Q \times A \times B \times C/D} \tag{2.1}$$

P_{call} : ขนาดกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

P_L : ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในหนึ่งวัน

Q : พลังงานแสงอาทิตย์ในหนึ่งวัน (วัตต์-ชั่วโมง/ตารางเมตร) สำหรับประเทศไทย เท่ากับ 4,000 วัตต์-ชั่วโมง/ตารางเมตร โดยประมาณ

A : ค่าชดเชยการสูญเสียของเซลล์ โดยทั่วไปกำหนดค่าประมาณ 0.8

B : ค่าชดเชยความสูญเสียเชิงความร้อน โดยทั่วไปกำหนดค่าประมาณ 0.85

C : ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ โดยทั่วไปกำหนดค่าประมาณ 0.85 –0.9

D : ความเข้มแสงปกติ = 1,000 วัตต์-ชั่วโมง/ตารางเมตร

2.2.6 การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ในทางการเกษตร [3]

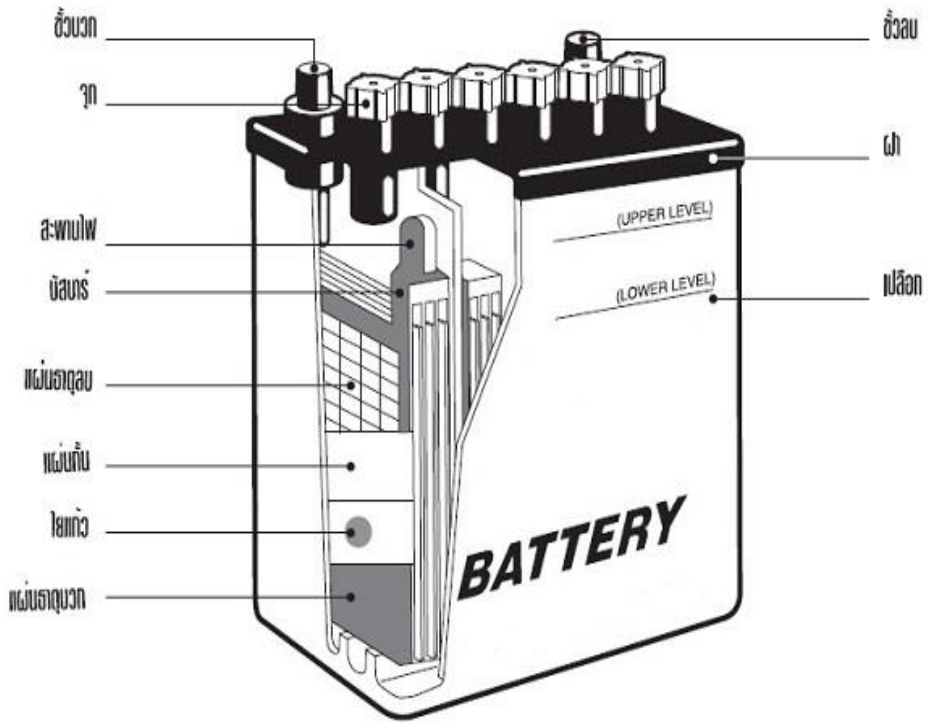
ในปัจจุบันมีการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ในงานด้านการเกษตรอยู่หลายวิธีและแต่ละวิธีก็มีความแตกต่างในการเลือกใช้และขนาดตามความเหมาะสมกับพื้นที่ของงานโดยงานส่วนใหญ่จะนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้เพื่อเป็นตัวผลิตกำลังไฟฟ้าหลักเพื่อจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์อื่นๆในระบบไปใช้งาน

ภาพที่ 2.11 การใช้เซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตกำลังไฟฟ้า

ภาพที่ 2.12 เซลล์แสงอาทิตย์จ่ายพลังงานเพื่อการสูบน้ำไปกับไว้ในถังน้ำ

2.3 แบตเตอรี่ (Battery)[4]

เป็นอุปกรณ์ที่เมื่อผ่านการใช้แล้วสามารถนำกลับมาชาร์จประจุเพื่อกลับมาใช้ใหม่ได้ เช่น แบตเตอรี่รถยนต์แบตเตอรี่มือถือและถ่านรุ่นใหม่ๆ เป็นต้นแบตเตอรี่ชนิดอัดกระแสไฟใหม่ได้หรือเซลล์ทุติยภูมิสามารถอัดกระแสไฟใหม่ได้หลังจากไฟหมดเนื่องจากสารเคมีที่ใช้ทำแบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถทำให้กลับไปอยู่ในสภาพเดิมได้โดยการอัดกระแสไฟเข้าไปใหม่ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้อัดไฟนี้เรียกว่าชาร์เจอร์หรือรีชาร์เจอร์แบตเตอรี่ชนิดอัดกระแสไฟใหม่ได้ที่เก่าแก่ที่สุดซึ่งใช้อยู่จนกระทั่งปัจจุบันคือ "เซลล์เปียก"แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด (lead-acid battery) แบตเตอรี่ชนิดนี้จะบรรจุในภาชนะที่ไม่ได้ปิดผนึก (unsealed container) ซึ่งแบตเตอรี่จะต้องอยู่ในตำแหน่งตั้งตลอดเวลาและต้องเป็นพื้นที่ที่ระบายอากาศได้เป็นอย่างดี เพื่อระบายก๊าซไอโดรเจนที่เกิดจากปฏิกิริยาและแบตเตอรี่ชนิดจะมีน้ำหนักมากรูปแบบสามัญของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด คือแบตเตอรี่รถยนต์ ซึ่งสามารถจะให้กระแสไฟฟ้าได้ถึงประมาณ 10,000วัตต์ในช่วงเวลาสั้นๆ และมีกระแสตั้งแต่ 450 ถึง 1100แอมแปร์สารละลายอิเล็กโตรไลต์ของแบตเตอรี่คือ กรดซัลฟิวริกซึ่งสามารถเป็นอันตรายต่อผิวหนังและตาได้ แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดที่มีราคาแพงมากเรียกว่า แบตเตอรี่เจล (หรือ "เจลเซลล์") ภายในจะบรรจุอิเล็กโตรไลต์ประเภทเซมิ-โซลิด (semi-solid electrolyte) ที่ป้องกันการหกได้ดี และแบตเตอรี่ชนิดอัดไฟใหม่ได้ที่เคลื่อนย้ายได้สะดวกกว่าคือประเภท"เซลล์แห้ง"ที่นิยมใช้กันในโทรศัพท์มือถือและแลปท๊อป (Notebook)



ภาพที่ 2.13 แบตเตอร์รี่

2.3.1 หลักการทำงานของแบตเตอร์รี่

แบตเตอร์รี่จะผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการทำปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างสารเคลือบแผ่นตะกั่วและน้ำยาอิเล็กโตรไลน์ เมื่อมีการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีพร้อมทั้งมีการต่อโหลด (Load) ครบวงจร แบตเตอร์รี่จะทำการคายประจุ หรือทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับโหลด เมื่อมีการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างกรดกำมะถันเจือจางกับแผ่นตะกั่ว มีการต่อโหลดเข้ากับแบตเตอร์รี่จะทำให้แบตเตอร์รี่มีการคายประจุหรือจ่ายพลังงานไฟฟ้า และการเกิดปฏิกิริยาเคมีเช่นนี้ไปเรื่อยๆ ตัวกรดกำมะถันจะค่อยๆเจือจางลงและกลายเป็นน้ำธรรมดา ซึ่งมีผลทำให้เกิดค่าความถ่วงจำเพาะของกรดกำมะถันลดลงแบตเตอร์รี่หลังจากการนำไปใช้งานในระยะหนึ่ง พลังงานไฟฟ้าภายในแบตเตอร์รี่จะลดลงจึงจำเป็นต้องประจุไฟฟ้าใหม่จากแหล่งจ่ายภายนอก ขณะการประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอร์รี่ เกลือกำมะถันที่เกาะอยู่กับแผ่นตะกั่ว จะแยกตัวออกและจะละลายปนไปกับน้ำทำให้น้ำกรดมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะเพิ่มขึ้น แบตเตอร์รี่เมื่อมีการใส่ประจุเข้าจากแหล่งจ่ายหรือแหล่งกำเนิดพลังงานภายนอก ก็สามารถที่จะทำการจ่ายพลังงานได้ในเวลาพร้อมกัน

2.3.2 แบตเตอร์รี่เปียก

แบบเปียก นิยมใช้กันเป็นส่วนใหญ่แบ่งย่อยออกได้อีกเป็น 2 แบบคือแบบที่ต้องเติม และดูแลน้ำกลั่นบ่อยๆ อย่างน้อยสัปดาห์ละครั้งกับแบบไม่ต้องดูแลบ่อย (Maintenance Free) ซึ่งจะกินน้ำกลั่นน้อยมากโดยทั้ง 2 แบบนี้จะมีฝาปิด-เปิดสำหรับเติมน้ำกลั่นในแบบแรกนี้จะมีอายุการใช้งานโดยประมาณ 1.5-2 ปีแต่ไม่ควรเกิน 3 ปีทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับสภาพการใช้งานและการดูแลรักษาถ้ามีการดูแลรักษาอยู่สม่ำเสมอก็จะทำให้แบตเตอรี่รถยนต์มีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้นอย่างไรก็ดีเมื่อถึงอายุการใช้งานของมันก็สมควรที่จะเปลี่ยนแบตเตอรี่ลูกใหม่ได้แล้ว

ภาพที่ 2.14 แบตเตอร์รี่ชนิดเปียก [4]

2.3.3 แบตเตอร์รี่แห้ง

แบบแห้ง ไม่ต้องเติมน้ำกลั่นมีความทนทานมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าและมีราคาแพงแบตเตอรี่รถยนต์แบบแห้งนี้จะมีอายุการใช้งานโดยประมาณ 5-10 ปีแบตเตอรี่แบบนี้ไม่มีฝาปิด-เปิดสำหรับเติมน้ำกลั่นหรือไม่ก็ถูกซีลทับฝาไปเลยแต่จะมีตาแมวไว้สำหรับไว้คอยตรวจเช็คระดับน้ำกรด และระดับไฟชาร์จ

ภาพที่ 2.15 แบตเตอร์รี่ชนิดแห้ง [4]

2.3.4 สูตรการคำนวณหาความจุแบตเตอร์รี่

การคำนวณหาความจุของแบตเตอรี่และระยะการใช้งานสามารถคำนวณหาความจุของแบตเตอรี่ที่ต้องใช้จากสูตร

ขนาดความจุแบตเตอร์รี่ (AH)

$$= \frac{\text{กำลังไฟฟ้าของโหลด}(\mathrm{W}) \times \text{ระยะเวลาที่ต้องการใช้งานโหลด } (\mathrm{hr})}{\text{แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอร์รี่}(\mathrm{V}) \times \text{ประสิทธิภาพของแบตเตอร์รี่} \times \text{ประสิทธิภาพของ } \mathrm{Inverter}} \qquad (2.2)$$

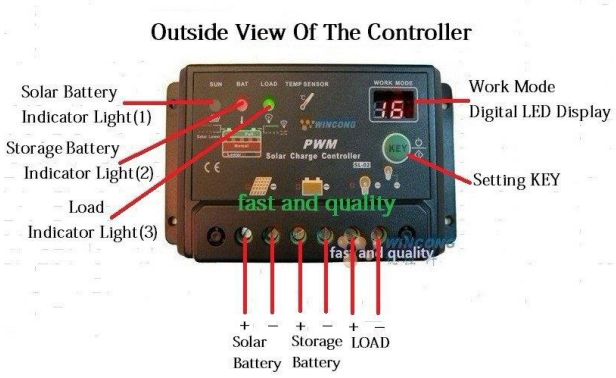
โดยที่ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ = 0.60 (สำหรับแบตเตอรี่ธรรมดา)

= 0.80 (สำหรับแบตเตอรี่ Deep Cycle)

โดยทั่วไปประสิทธิภาพของ Inverter = 0.85

2.4 เครื่องควบคุมการประจุ (Charge Controller)[4]

ทำหน้าที่ประจุกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าสู่แบตเตอรี่ และควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าให้มีปริมาณเหมาะสมกับแบตเตอรี่เพื่อยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่รวมถึงการจ่ายกระแสไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่ด้วย ดังนั้นการทำงานของเครื่องควบคุมการประจุ คือเมื่อประจุกระแสไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่จนเต็มแล้วจะหยุดหรือลดการประจุกระแสไฟฟ้า (และมักจะมีคุณสมบัติในการตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากรณีแรงดันของแบตเตอรี่ลดลงด้วย) ระบบพลังงานแสงอาทิตย์จะใช้เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าในกรณีที่มีการเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่



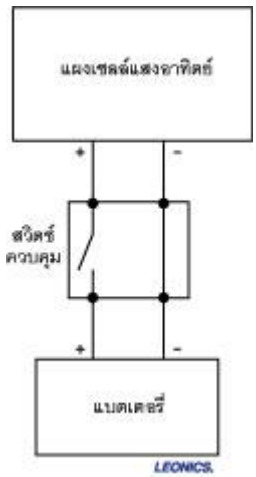
ภาพที่ 2.16 เครื่องโซล่าชาร์จ [4]

2.4.1 หลักการทำงานของเครื่องควบคุมการประจุ

หลักการทำงานของเครื่องควบคุมการประจุคือ มีวงจรสำหรับตรวจวัดแรงดันของแบตเตอรี่อย่าสม่ำเสมอซึ่งทำงานเป็นสวิตช์ที่เบี่ยงเบนไฟฟ้าจากแบตเตอรี่เมื่อประจุจนเต็ม วิธีเบี่ยงเบนการไหลของไฟฟ้าที่ไปยังแบตเตอรี่ใช้การลัดวงจรหรือเปิดวงจรโดยที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่เกิดความเสียหายเครื่องควบคุมการประจุจะตรวจวัดแรงดันของแบตเตอรี่เพื่อกำหนดสถานะการประจุของแบตเตอรี่ เมื่อแบตเตอรี่มีประจุอยู่เต็ม แรงดันจะสูงขึ้น ตัวอย่างเช่น แบตเตอรี่ 12 โวลต์ เครื่องควบคุมการประจุจะตัดการประจุไฟฟ้าเมื่อแรงดันสูงถึง 14.4 โวลต์และจะประจุไฟฟ้าใหม่อีกครั้งหลังจากแรงดันลดลงเหลือ 13.4 โวลต์

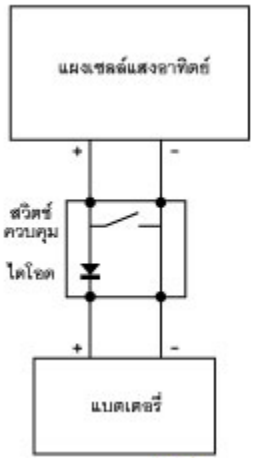
2.4.2 ชนิดของเครื่องควบคุมประจุ

1.เครื่องควบคุมการประจุแบบอนุกรม (Series charge controller)เป็นการต่อเครื่องควบคุมการประจุกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรม ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัดการไหลของไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังแบตเตอรี่เมื่อประจุไฟฟ้าเต็มหรือเป็นการเปิดวงจรระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับแบตเตอรี่เมื่อประจุแบตเตอรี่เต็มสวิตช์ควบคุมใช้สวิตช์แม่เหล็กที่เรียกว่ารีเลย์ (Relay) หรือสวิชชิ่งทรานซิสเตอร์ (Switching transistor) ก็ได้



ภาพที่ 2.17 การทำงานของเครื่องควบคุมประจุแบบอนุกรม [4]

2. เครื่องควบคุมการประจุแบบชันท์ (Shunt charge controller)เป็นการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับสายไฟขาออกแบบขนาน จะทำการเชื่อมวงจรกับสายไฟของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทำให้ไม่มีไฟฟ้าไหลจากแผงไปยังแบตเตอรี่เมื่อประจุไฟฟ้าเต็ม แม้ว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะไม่ได้รับความเสียหายจากการลัดวงจรแต่แบตเตอรี่จะได้รับความเสียหาย จึงต้องมีไดโอด (Diode) ซึ่งเป็นวาล์วทางเดียวติดตั้งระหว่างเครื่องควบคุมการประจุกับแบตเตอรี่ เพื่อป้องกันการลัดวงจรทั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่สวิตช์ควบคุมใช้สวิตช์สารกึ่งตัวนำ



ภาพที่ 2.18 การทำงานของเครื่องควบคุมประจุแบบชันท์ [4]

โดยเครื่องควบคุมการประจุทั้งสองชนิดนี้ มีการควบคุมสวิตช์ได้ 2 แบบด้วยกันคือแบบ On-Off ที่จะทำหน้าที่เป็นสวิตช์เปิดและปิดธรรมดาๆเท่านั้นและแบบPWM(PulseWidthModulation) ที่ช่วยให้การประจุแบตเตอรี่มีประสิทธิภาพสูงและยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ซึ่งการควบคุมสวิตช์แบบ PWM มีข้อดีมากกว่าการควบคุมสวิตช์แบบ On-Off

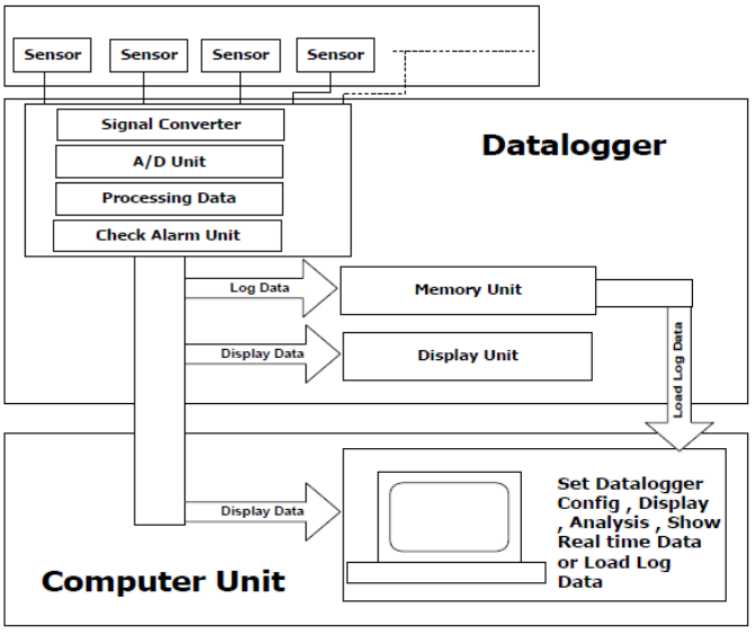
2.5 Data logger [6]

คือ อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเก็บบันทึกข้อมูลที่เป็นสัญญาณชนิดต่างๆ โดย Data logger จะมี Memory สำหรับเก็บค่าที่วัดได้ของสัญญาณตามช่วงเวลาการบันทึกที่กำหนดไว้โดยอัตโนมัติ สามารถใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในการอ่านข้อมูลจาก Memory ของ Dataloggerมานำเสนอบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ได้

ภาพที่ 2.19 อุปกรณ์ data logger [6]

2.5.1 การทำงานของ data logger

Data Logger จะรับค่าที่จะบันทึกจากตัว Sensor นำมาผ่าน Signal Convertor เพื่อทำการแปลงสัญญาณที่รับมาให้เป็นสัญญาณที่ A/D ของ Data Logger สามารถนำมาใช้ในการแปลงให้เป็นข้อมูล Digital ได้ หลังจากนั้น Data Logger อาจนำข้อมูล Digital นั้นมาประมวลผลหรือนำข้อมูลมาเช็คเพื่อทำการส่ง Alarm ไปเตือนผู้ใช้ว่าข้อมูลมีค่ามากไปหรือน้อยไปได้แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้ไปเก็บบันทึกใน Memory ของ Dataloggerหรือนำมาแสดงผลบนหน้าปัดของ Data Logger หรือบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ได้

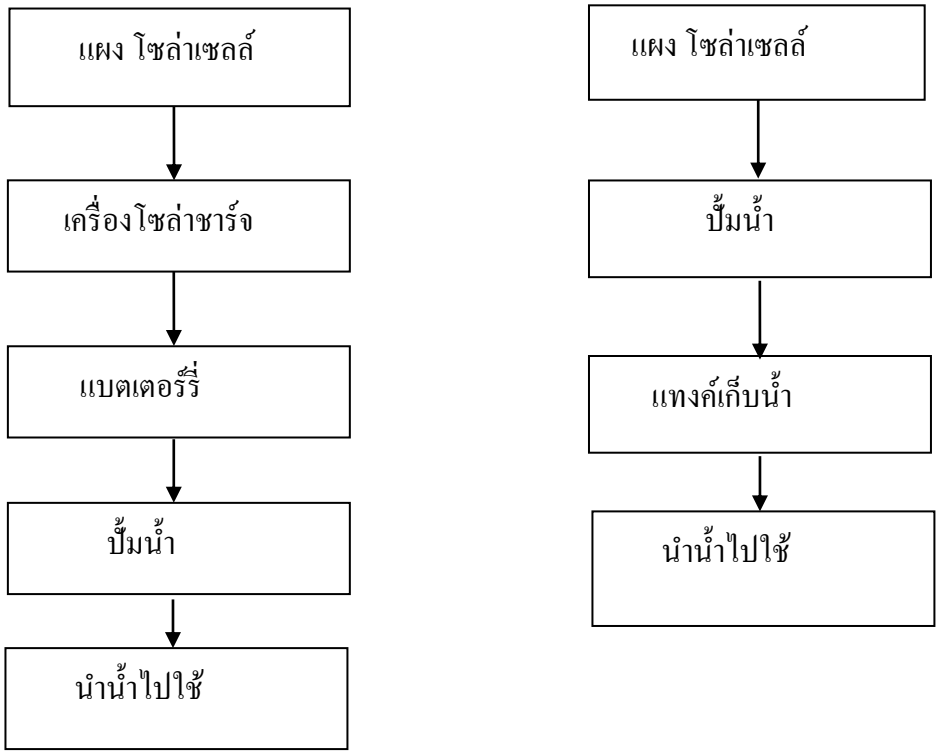


ภาพที่ 2.20 การทำงานของ data logger [6]

บทที่ 3

การคำนวณและการออกแบบ

การปลูกพืชนั้นสำคัญที่ต้องมีน้ำระบบการให้น้ำพืชในปัจจุบันก็มีหลายวิธีแต่ละวิธีก็มีข้อดีข้อเสียที่ต่างกันการพิจารณาเลือกระบบการให้น้ำต่อพืชผักสวนครัวให้เหมาะสมกับความต้องการของผู้ใช้งานนั้นเป็นเรื่องที่ยาก ดังนั้นทางผู้จัดทำโครงงานจึงเลือกระบบสูบน้ำเพื่อการเกษตรมาศึกษา 2 ระบบมาเพื่อทดสอบดังนี้



(ก) ระบบแบบมีแบตเตอร์รี่ (ข) ระบบแบบไม่มีแบตเตอร์รี่

ภาพที่ 3.1 การทำงานของระบบ

3.1 ระบบสูบน้ำจากแผงโซล่าเซลล์มีแบตเตอร์รี่

3.1.1 การคำนวณปริมาณการให้น้ำของพืชผักสวนครัวต่อพื้นที่

พืชผักสวนครัวที่นิยมปลูกกันมากจะเป็นกะหล่ำดอกและจะมีพื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่อยู่ที่1งานจะต้องให้น้ำวันละกี่ลิตรก็สามารถหาได้จากตาราง 2.1.4 พืชผักสวนครัวประเภทกะหล่ำดอกต้องการน้ำประมาณ3-5ลิตรต่อวันจึงได้ยกมาเป็นตัวอย่างเพื่อทำการคำนวณเพราะฉะนั้นถ้าปลูกกะหล่ำดอก1งานจะต้องให้น้ำวันละเท่าใดจากการคำนวณดังนี้

ปริมาณน้ำต่อวัน = ปริมาณน้ำที่พืชต้องการ x พื้นที่ (1งาน =100 ตารางวา = 400 ตารางเมตร)

= 5 ลิตร × 400 ตารางเมตร

=2000 ลิตรต่อวัน

3.1.2 คำนวณหาขนาดของเครื่องสูบน้ำ

การหาขนาดของปั๊มน้ำให้สามารถสูบน้ำได้พียงพอต่อปริมาณความต้องการน้ำต่อวันของพืชผักสวนครัวในโดย1วันคิดให้ทำงานวันละ5ชั่วโมง

$$\text{ปริมาณน้ำต่อชั่วโมง} = \frac{\text{ปริมาณน้ำลิตร}}{\text{ชั่วโมงการทำงาน}}$$

$$= \frac{2{,}000\text{ลิตร}}{5\text{ ชั่วโมง}}$$

$$= 400\text{ลิตร/ชั่วโมง}$$

ดังนั้นเราต้องหาเครื่องสูบน้ำที่สามารถสูบน้ำได้ 400 ลิตรต่อชั่วโมง ทางผู้จัดทำจึงเลือกเครื่องสูบน้ำ12V DC diaphragm รุ่น SEAFLO-40อัตราการสูบน้ำ 1000 ลิตรต่อชั่วโมงใช้แรงดันไฟฟ้า 12VDC กระแสไฟฟ้า 8A96W

3.1.3 คำนวณหาขนาดของแบตเตอร์รี่

เป็นอุปกรณ์เก็บประจุไฟฟ้าเพื่อไว้ใช้ในการขับปั๊มสูบน้ำเพื่อการเกษตรจากพิกัดโหลดของระบบที่ใช้แบตเตอร์รี่ใช้งานต่อวันใน1วันคิดให้ทำงานวันละ 5 ชั่วโมง

P_{load} / day = watt × hour

= 96W × 5 hr

= 480Whr

กำหนดพิกัดแรงดันที่ใช้คือ 12V ตามพิกัดแบตเตอร์รี่กำหนดค่า Dept of Discharge (DOD) คือการคายประจุสูงสุดที่ออกแบบไว้คือ60%ดังนั้นเราสามารถคำนวณหาขนาดของแบตเตอร์รี่ได้จาก

$$AH = \frac{p_{load/day}}{DOD \times V_{battery}}$$
$$= \frac{480Whr}{0.6 \times 12v}$$
$$= 66.6AH$$

จากการคำนวณเราจะได้ค่า AHซึ่งคือพิกัดAmp-Hourของแบตเตอร์รี่ที่ต้องการใช้คือ 66.6AHการเลือกขนาดแบตเตอร์รี่ ควรจะมีขนาดใหญ่กว่าที่คำนวณเล็กน้อยแต่ไม่ควรใหญ่เกินไป เพราะอาจจะเกิดปัญหาในการชาร์จไม่เต็มและแบตเตอร์รี่เสื่อมเร็วกว่ากำหนดทางผู้จัดทำจึงเลือกขนาดแบตเตอร์รี่แห้งขนาด70AHมาใช้งานสาเหตุที่เลือกแบตเตอรี่แห้งเพราะว่าไม่ต้องมีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเรื่องน้ำกลั่น

3.1.4 การคำนวณหาขนาดเครื่องชาร์จแบตเตอร์รี่จากแผงโซล่าเซลล์

จากข้อ3.1.3ได้คำนวณหาขนาดของแบตเตอร์รี่ได้ 70A ต้องการชาร์จภายในเวลา 5 ชั่วโมงมีการคำนวณดังนี้ 70A /5hr = 14AH ดังนั้นจากการคำนวณได้ขนาดพิกัดของเครื่องชาร์จแบตเตอร์รี่ที่กระแส 14AH

3.1.5 การคำนวณขนาดแผงโซล่าเซลล์ใช้กับเครื่องโซล่าชาร์จ

แบตเตอร์รี่เมื่อชาร์จไฟเต็มแล้วแรงดันจะอยู่ที่ 14โวลต์และการหาขนาดของโซล่าเซลล์เพื่อให้ได้พลังงานที่เพียงพอในการชาร์จแบตเตอร์รี่มีการคำนวณดังนี้

$$P_{solar\ cell} = \frac{AH}{hr} \times 14V$$
$$= \frac{70\ AH}{5\ hr} \times 14V$$
$$= 196\ W$$

พิกัดแผงโซลล่าที่คำนวณได้คือ196W เราสามารถเลือกแผงโซลล่าเซลล์ขนาด 200Wเพราะสามารถหาซื้อได้ตามร้านขายโซล่าเซลล์ทั่วไป

3.2 ระบบสูบน้ำจากแผงโซล่าเซลล์แบบใช้แทงค์เก็บน้ำ

3.2.1 คำนวณหาขนาดของเครื่องสูบน้ำ

จากข้อ3.1.1 จากการคำนวณได้ปริมาณน้ำที่ชาวสวนต้องการ 1วัน2,000 ลิตรต่อวันใน1วันคิดเวลาทำงาน5ชั่วโมง

$$\text{ปริมาณน้ำต่อชั่วโมง} = \frac{\text{ปริมาณน้ำลิตร}}{\text{ชั่วโมงการทำงาน}}$$

$$= \frac{2{,}000\text{ลิตร}}{5\text{ ชั่วโมง}}$$

$$= 400 \text{ ลิตร/ชั่วโมง}$$

ทางผู้จัดทำจึงเลือกใช้เครื่องสูบน้ำ12V DC diaphragm รุ่น SEAFLO-40กระแส 8 A 96W อัตราการไหลสูงสุด 1,000ลิตร/ชม

3.2.2 คำนวณหาขนาดของแผงโซล่าเซลล์

จากพิกัดโหลดของเครื่องสูบน้ำได้96Wดังนั้นการเลือกขนาดวัตต์ของโซล่าเซลล์ต้องมีขนาดมากกว่าพิกัดโหลดของเครื่องสูบน้ำ ทางผู้จัดทำจึงเลือกโซล่าเซลล์ขนาด 100 W มาใช้กับระบบนี้

3.3 สรุปพิกัดและขนาดของอุปกรณ์ทั้ง 2 ระบบ

ตารางที่ 3.1 พิกัดและขนาดอุปกรณ์

ระบบ	ขนาดเครื่องสูบน้ำ	ขนาดแบตเตอร์รี่	ขนาดเครื่องชาร์จ	ขนาดแผงโซล่าเซลล์	ชนิดพืชการใช้น้ำ ลิตร/ต่อวัน
ระบบมีแบตเตอร์รี่	1,000ลิตร/ชม. 12VDC8 A96W	70AH	14AH	200W	2,000
ระบบแบบใช้แทงค์เก็บน้ำ	1,000ลิตร/ชม 12VDC 8A 96 W	ไม่มี	ไม่มี	160W	2,000

จากข้อมูลที่ได้มาทั้งหมดเพื่อจะนำไปใช้ทดสอบจริงจำเป็นต้องมีการวัดค่ากระแสและแรงดันจากแผงโซล่าเซลล์เพื่อที่จะได้รู้ว่าแผงโซล่าเซลล์จากการคำนวณมีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงค่าจริงที่วัดได้เพื่อที่จะสามารถปรับแก้ไขและตรวจสอบว่าในระบบมีค่ากำลังสูญเสียหรือไม่อย่างไร เพราะฉะนั้นเราจึงต้องทำการออกแบบตัวอุปกรณ์ในการวัดค่าเพื่อเก็บข้อมูลกระแสและแรงดันของแผงโซล่าเซลล์

3.4 ออกแบบโครงสร้างรถสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

การออกแบบโครงสร้างรถสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ได้แนวคิดมาจากการที่ชาวเกษตรต้องเข้าไปยังพื้นที่แล้วมีความลำบากในการขนย้ายอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการสูบน้ำทางคณะผู้จัดทำจึงได้คิดค้นละออกแบบรถสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์มาจากรถเข็นทั่วไปโดยจากภาพ(ก)เป็นสภาพรถที่ยังไม่ได้ใช้งานจะอยู่ในรูปแบบรถเข็นปกติส่วนภาพ(ข)เป็นสภาพรถเข็นที่พร้อมใช้งานจะสามารถปรับระดับความสูงของแผงและระดับองศาของแผงโซล่าเซลล์เพื่อใช้ในความเหมาะสมตามพื้นที่

(ก) สภาพรถเข็นยังไม่ได้ต่อใช้งาน

(ข) สภาพรถเข็นพร้อมใช้งาน

ภาพที่ 3.2 รถเข็นพลังงานแสงอาทิตย์

3.5 ขั้นตอนการประกอบรถสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์และวิธีใช้งาน

1. เมื่อถึงพื้นที่ที่ต้องการแล้วทำการหยุดรถเข็นแล้วนำขาตั้งก้านหลังลงและล็อคการไหลของรถเข็น ดังแสดงในภาพ (ก)และ(ข)

(ก) จับขาตั้งรถเข็นแล้วลดระดับลงมา

(ข) ล็อคขาตั้งรถเข็นด้วยตัวหมุนยึด

ภาพที่ 3.3 การนำขาตั้งรถเข็นลง

2. เมื่อล็อคขาตั้งแล้วทำการยกแผงโซล่าเซลล์ขึ้นตามภาพ(ข)

(ก) จับแผงเพื่อทำการตั้งแผงโซล่าเซลล์

(ข) ตั้งแผงเพื่อทำการใช้งาน

ภาพที่ 3.4 ตั้งแผงโซล่าเซลล์

3. ทำการใส่ตัวล็อคข้อต่อแผงเพื่อป้องกันการล้มของแผงโซล่าเซลล์ดังภาพ (ก)และ(ข)

(ก) ตัวล็อคข้อต่อแผงโซล่าเซลล์

(ข) ใส่ตัวล็อคข้อต่อลงในรูที่ไว้สำหรับล็อคแผง

ภาพที่ 3.5 ล็อคข้อต่อแผงโซล่าเซลล์

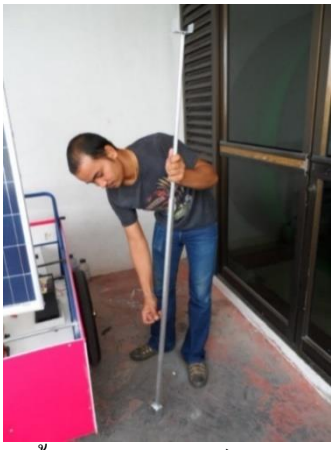
4. ยกแผงโซล่าเซลล์ขึ้นจะมีจุดล็อค 3 ระดับเพื่อสามารถปรับระดับความสูงของแผงโซล่าเซลล์ได้ดังภาพ (ข)

(ก) ยกแผงโซล่าเซลล์ขึ้นเพื่อทำการใช้งาน

(ข) จุดล็อคมี3ระดับเพื่อสามารถปรับความสูงของแผงโซล่าเซลล์

ภาพที่ 3.6 ปรับระดับความสูงแผงโซล่าเซลล์

5. เตรียมขาค้ำแผงโซล่าเซลล์และนำไปค้ำแผงโซลล่าเซลล์โดยสามารถปรับองศาของแผงโซล่าเซลล์ได้จากตัวค้ำแผงโวล่าเซลล์และพร้อมใช้งานดังภาพที่3.2(ข)



(ก) เตรียมขาค้ำแผงโซล่าเซลล์

(ข) นำขาค้ำแผงติดตั้งเพื่อสามารถปรับองศาของโซล่าเซลล์

ภาพที่ 3.7 ปรับองศาของแผงโซล่าเซลล์

6. นำรถเข็นที่ติดตั้งสมบูรณ์ไปใช้งานในด้านการสูบน้ำเพื่อการเกษตร

ภาพที่ 3.8 สภาพรถเข็นที่ติดตั้งสมบูรณ์พร้อมใช้งาน

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองการรับพลังงานแสงอาทิตย์ของแผงโซล่าเซลล์ในขณะต่อโหลดแบบระบบต่อโดยตรง

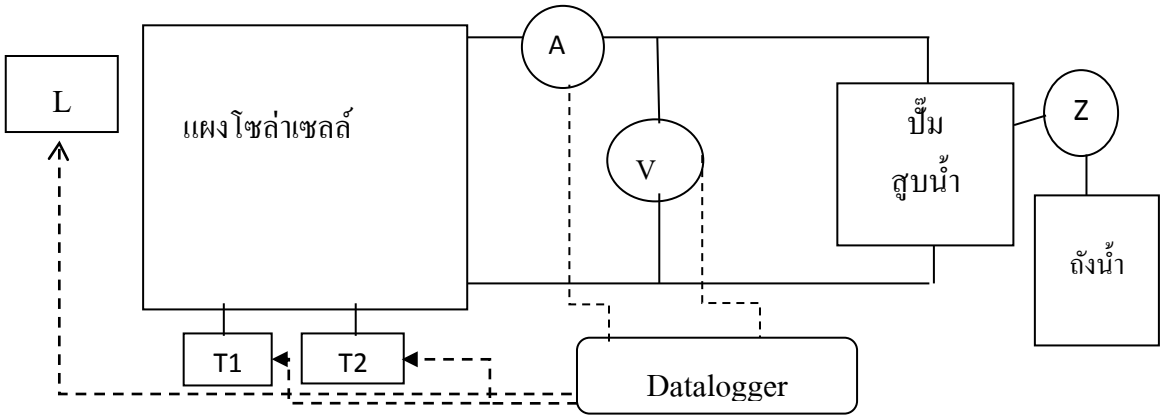
วัตถุประสงค์

เพื่อหาค่าพลังงานที่ได้รับของแผงโซล่าเซลล์ โดยทำการวิเคราะห์จากแรงดันและปริมาณน้ำที่ได้ดังภาพที่ 4.1

อุปกรณ์การทดลอง

1. แผงโซล่าเซลล์ขนาด 100 วัตต์ 1 แผง
2. ปั๊มน้ำ
3. ถังน้ำ
4. Data loggerวัดแรงดัน กระแส ความเข้มแสง และ อุณหภูมิ

รูปการทดลอง



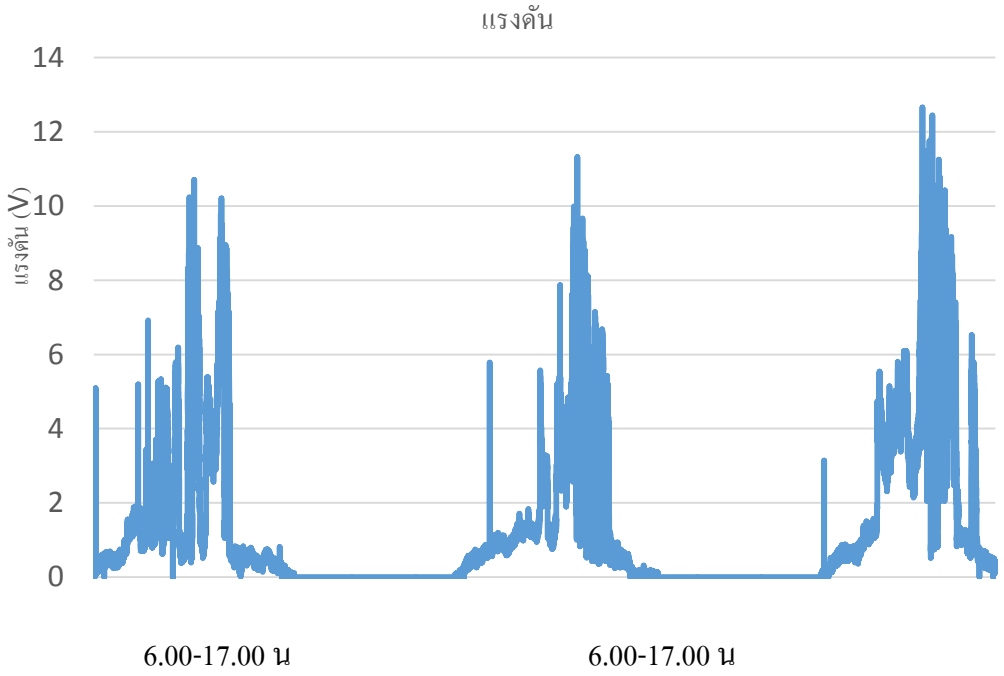
ภาพที่ 4.1 วงจรการทดลองหาการจ่ายแรงดันและปริมาณน้ำที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์

การทดลอง

1. ทำการต่อวงจรการทดลองดังภาพที่ 4.1แอมมิเตอร์(A) โวลต์มิเตอร์(V) ตัวsensorวัดอุณหภูมิบนแผงโซล่าเซลล์(T1) ตัวsenser วัดอุณหภูมิใต้แผง(T2) sensorวัดความเข้มแสง(L) มิเตอร์วัดปริมาณน้ำ(Z)
2. ทำการวัดแรงดันขณะต่อโหลด และเก็บข้อมูลปริมาณน้ำที่ได้จากปั๊มน้ำ โดยทำการวัดตั้งแต่ 06.00 น. ถึง 17.00 น. โดยแบ่งออกเป็น 2วัน
3. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

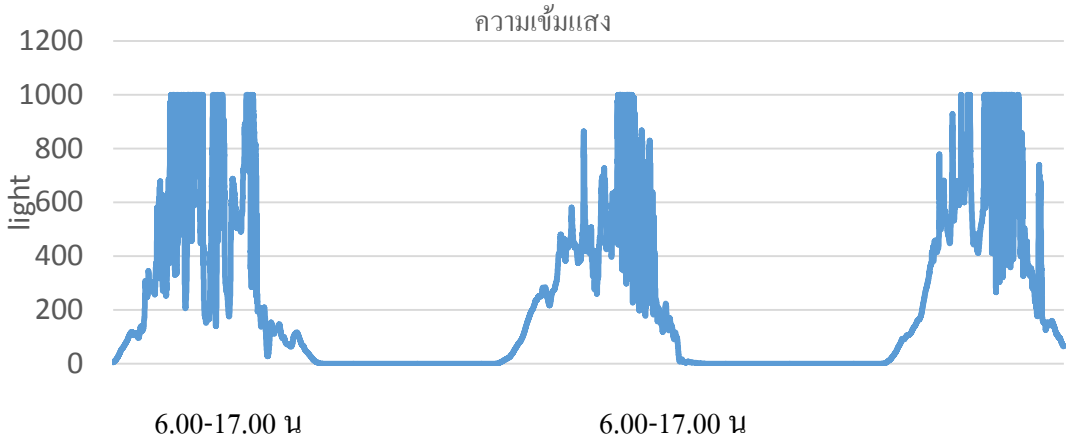
ผลการทดลอง

ผลการทดลองหาการจ่ายแรงดัน จากแผงโซล่าเซลล์โดยแสดงออกมาเป็นกราฟเพื่อวิเคราะห์ในช่วงเวลา2วัน



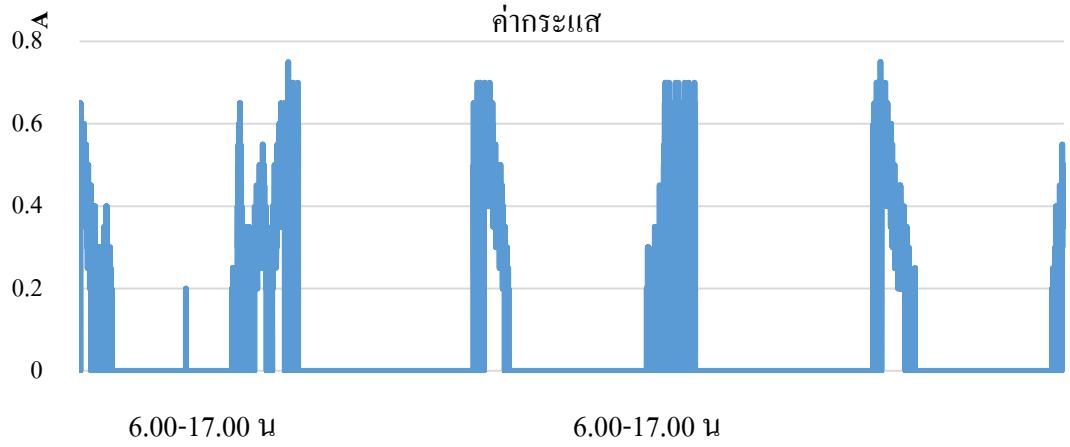
ภาพที่ 4.2 ข้อมูลแรงดันขณะต่อโหลดในช่วงเวลา12วัน

การทดลองหาความเข้มแสงของแผงโซล่าเซลล์เพื่อหาจุดการใช้งานของแผงโซลล่าเซลล์ในช่วงเวลา2วันโดยแสดงค่าออกมาเป็นกราฟเพื่อวิเคราะห์



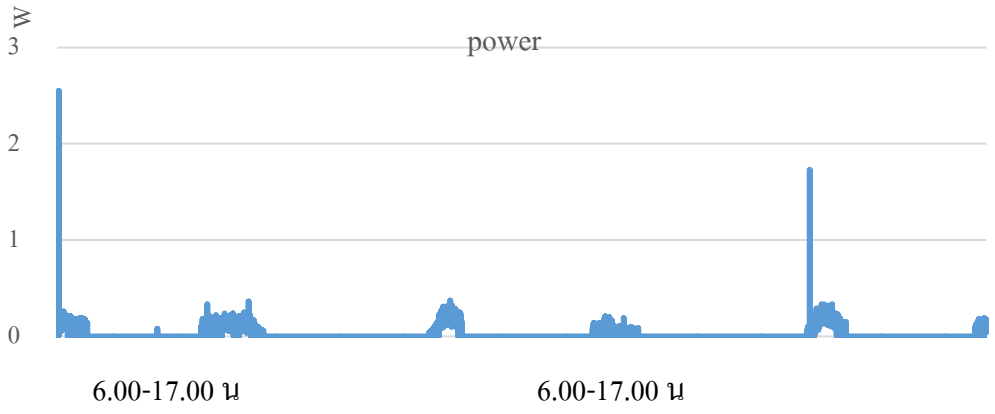
ภาพที่ 4.3 ข้อมูลความเข้มแสง

การทดลองหาค่ากระแสในระบบในช่วงเวลา2วันโดยแสดงค่าออกมาเป็นกราฟเพื่อนำมาวิเคราะห์



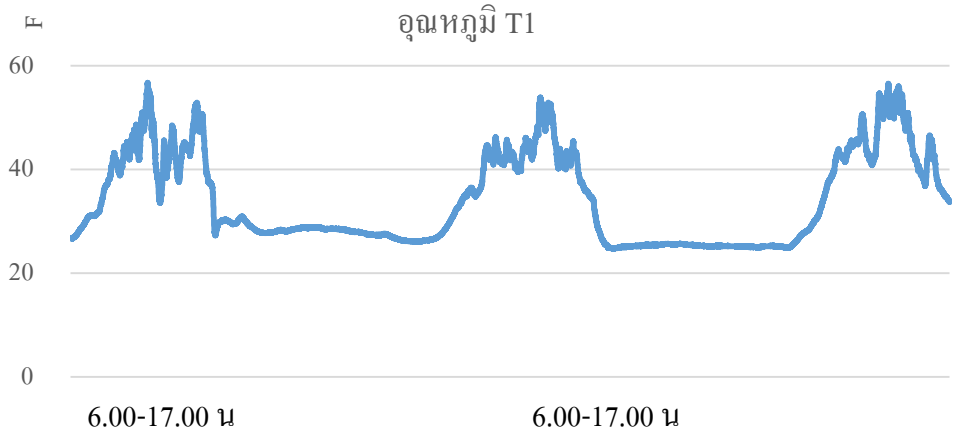
ภาพที่ 4.4 ข้อมูลการทดลองค่ากระแส

การทดลองหาค่ากำลังของแผงโซล่าเซลล์ในช่วงเวลา2วัน โดยแสดงข้อมูลออกมาเป็นกราฟเพื่อการวิเคราะห์



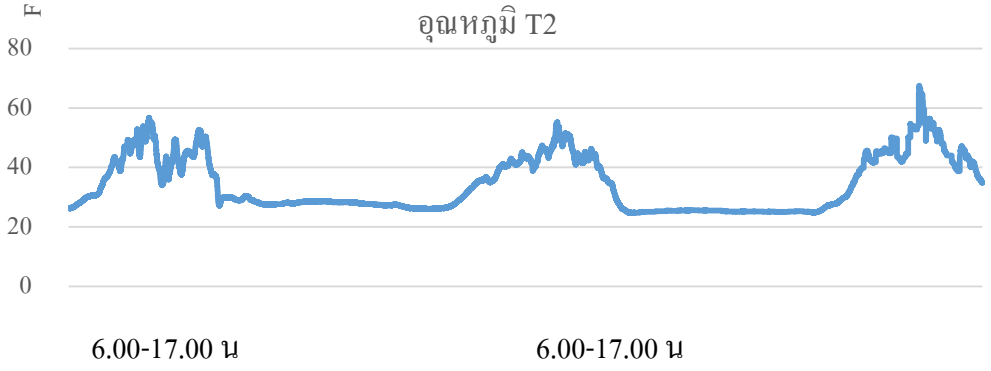
ภาพที่ 4.5 ข้อมูลกำลังของแผงโซล่าเซลล์

การทดลองหาค่าอุณหภูมิบนแผงโซล่าเซลล์ในช่วงเวลา2วัน โดยแสดงค่าออกมาเป็นกราฟเพื่อการวิเคราะห์



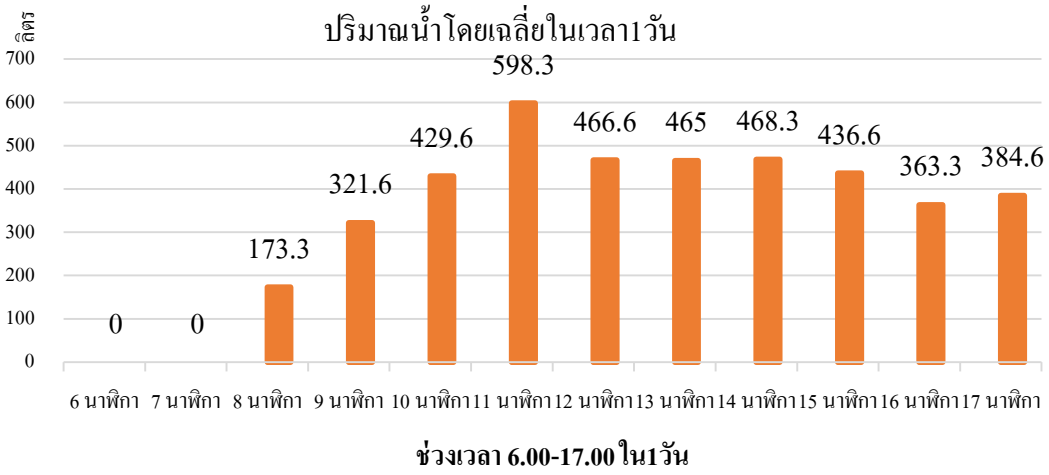
ภาพที่ 4.6 ข้อมูลอุณหภูมิ T1 ที่วัดบนแผงโซล่าเซลล์

การทดลองหาค่าอุณหภูมิใต้แผงโซล่าเซลล์ในช่วงเวลา2วันโดยแสดงค่าออกมาเป็นกราฟเพื่อการวิเคราะห์



ภาพที่ 4.7 ข้อมูลอุณหภูมิ T2 ใต้แผงโซล่าเซลล์

ผลการทดลองการเก็บปริมาณน้ำจากแผงโซล่าเซลล์โดยเก็บข้อมูลแบ่งออกเป็นช่วงเวลาแต่ละชั่วโมงแล้วนำรวมกันใน1วันได้4107.2 ลิตรและนำมาแสดงเป็นกราฟเพื่อวิเคราะห์



ภาพที่ 4.8 ข้อมูลการสูบน้ำในแต่ละชั่วโมง

ภาพที่ 4.9 การทดสอบระบบสูบน้ำ จากแผงโซล่าเซลล์ โดยตรงไม่ผ่านแบตเตอร์รี่

ภาพที่ 4.10 แสดงการทดสอบการเก็บข้อมูลปริมาณน้ำที่ได้ภายใน 1 วัน โดยใช้มิเตอร์น้ำเป็นตัววัด

สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบระบบสูบน้ำแบบตรง(ไม่มีแบต)เริ่มการทดลองตั้งแต่เวลา 6.00น.-17.00น. จะได้ค่าของแรงดันและปริมาณน้ำที่ดีที่สุด ในช่วงเวลาตั้งแต่ 11.00น.-15.00น. ระยะเวลา 5 ชั่วโมง เป็นช่วงที่แผงโซล่าเซลล์รับแสงได้สูงสุด และปริมาณน้ำที่ได้ในเวลา1วันจะอยู่ที่ 4107.2 ลิตรต่อวันแต่การทดลองนี้อาจเกิดข้อผิดพลาดได้เนื่องจากสภาพอากาศในแต่ละวันไม่สม่ำเสมอกันทำให้เกิดการคลาดเคลื่อนได้

4.2 การทดลองการใช้แบตเตอร์รี่เป็นตัวให้พลังงานในการปั๊มน้ำ

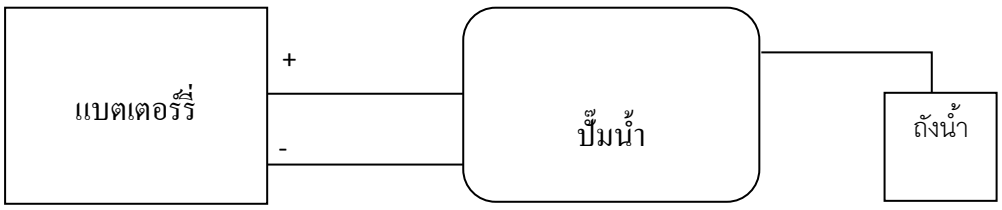
วัตถุประสงค์

เพื่อต้องการทดสอบประสิทธิภาพของแบตเตอร์รี่ในการปั๊มน้ำเพื่อให้ทราบปริมาณน้ำที่ได้จากแบตเตอร์รี่1ลูก

อุปกรณ์การทดลอง

1. แบตเตอร์รี่ 12V 35Ah
2. ปั๊มน้ำ 12V 6A (10Amax) 120W
3. สายยาง
4. ถังน้ำ 20 ลิตร

รูปการทดลอง



ภาพที่ 4.11 การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของแบตเตอร์รี่

การทดลอง

1. ทำการต่อวงจรการทดลองดังภาพที่ 4.11
2. วัดปริมาณการใช้แบตเตอร์รี่เมื่อต่อใช้กับปั๊มน้ำ
3. วัดปริมาณน้ำที่ได้จากแบตเตอร์รี่ 1 ลูก
4. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองวัดแรงดันและกระแสจากแบตเตอร์รี่

เวลา	แรงดัน(V)	กระแส (A)	กำลังงาน(W)
ชั่วโมงที่ 1	12.2	8	97.6
ชั่วโมงที่ 2	12	8	96
ชั่วโมงที่ 3	11.8	8	94.4
ชั่วโมงที่ 4	11	8	88

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองหาปริมาณน้ำที่ได้จากแบตเตอร์รี่ใน 1 ลูก

ระยะเวลา	ปริมาณน้ำ (ลิตร)
ชั่วโมงที่ 1	912
ชั่วโมงที่ 2	912
ชั่วโมงที่ 3	910
ชั่วโมงที่ 4	876
รวม	3610

ภาพที่ 4.12 แสดงการวัดค่าแรงดันจากแบตเตอร์รี่

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองต่อระบบสูบน้ำโดยใช้แหล่งจ่ายเป็น แบตเตอร์รี่ขนาดพิกัด 12V 35Ah1ลูก ต่อเข้ากับปั๊มน้ำ 12V 6A (10Amax) 120W ประสิทธิภาพของปั๊มน้ำขึ้นอยู่กับแรงดันของแบตเตอร์รี่ แรงดันแบตเตอร์รี่ที่ชาร์จเต็มจะอยู่ที่ 13.3V ถ้านำมาต่อกับปั๊มน้ำกินกระแสที่ 8 A จะทำงานได้เพียง 4 ชั่วโมงเท่านั้นแบตเตอร์รี่จึงหมด

4.3 การทดลองอัดประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอร์รี่โดยใช้แผงโซล่าเซลล์

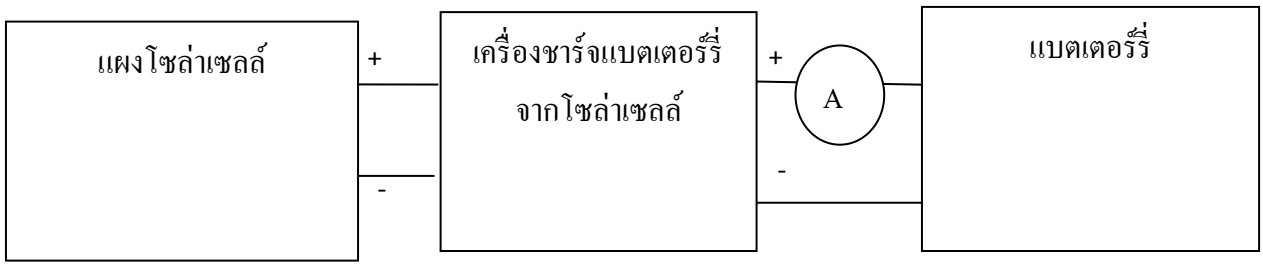
วัตถุประสงค์

เพื่อต้องการทดสอบประสิทธิภาพของแบตเตอร์รี่ จึงทำการประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอร์รี่โดยใช้แผงโซล่าเซลล์เป็นตัวจ่ายพลังงาน

อุปกรณ์การทดลอง

1. แผงโซล่าเซลล์ 100 วัตต์ 1 แผง
2. แบตเตอร์รี่
3. สายไฟ
4. เครื่องชาร์จแบตเตอร์รี่จากโซล่าเซลล์
5. แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

รูปการทดลอง



ภาพที่ 4.13 วงจรการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของการประจุ

การทดลอง

1. ทำการต่อวงจรการทดลองดังภาพที่ 4.4
2. วัดกระแสหลังผ่านตัวชาร์จทุกๆ 1 ชั่วโมง
3. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.3ผลการทดลองการชาร์จประจุแบตเตอร์รี่

ระยะเวลา	กระแสชาร์จ (A)	แรงดันแบตเตอร์รี่(V)
11.00น.	2.8	13.35
12.00น.	2.8	13
13.00น.	4.9	12.7
14.00น.	4.9	12.4
15.00น.	4.9	12.4

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองที่ 4.2 แบตเตอร์รี่สามารถจ่ายไฟให้กับปั๊มน้ำได้เพียง 4 ชั่วโมงแรงดันตกเหลือ 11V เมื่อเทียบกับการทดลองที่ 4.3 เมื่อมีแผงโซล่าเซลล์ขนาด 100Wเข้ามาชาร์จแบตเตอร์รี่ ใช้งานไป 5 ชั่วโมงแรงดันเหลือ 12.4Vจากการคำนวณในบทที่ 3หาขนาดของแผงโซลล่าเซลล์ให้เหมาะกับแบตเตอร์รี่ เมื่อได้ทดสอบจากโซลล่าเซลล์ขนาด100Wแล้วใช้งานใน 5ชั่วโมงต่อเนื่องได้เพียงพอตามที่คำนวณไว้

4.4 การเปรียบเทียบความคุ้มทุนสำหรับการสูบน้ำเพื่อการเกษตร

ข้อมูลการเปรียบเทียบอุปกรณ์และราคาของระบบแบบไม่มีแบตเตอร์รี่กับระบบแบบมีแบตเตอร์รี่เพื่อหาความคุ้มทุนของระบบแบบมีแบตเตอร์รี่กับระบบไม่มีแบตเตอร์รี่ว่าเกิดข้อแตกต่างกันมากน้อยเพียงใดจากอายุการใช้งานของแผงโซล่าเซลล์นำมาเปรียบเทียบของระบบทั้งสองระบบเพื่อหาความคุ้มทุนในการสูบน้ำเพื่อการเกษตร โดยเปรียบเทียบข้อมูลจากทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในบทที่2

ตารางที่4.4ราคาอุปกรณ์แบบไม่มีแบตเตอร์รี่

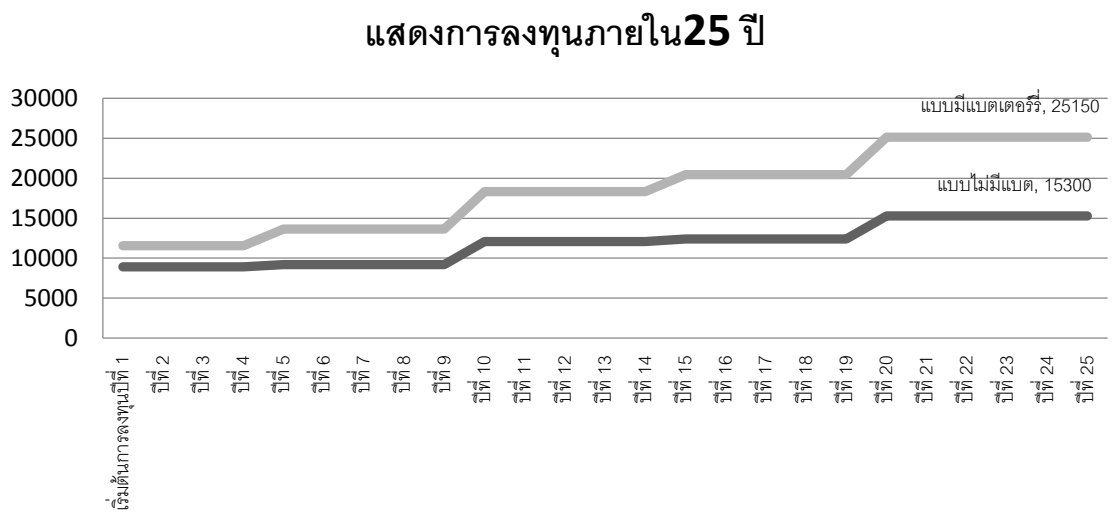
ระบบแบบไม่มีแบตเตอร์รี่		
อุปกรณ์	**จำนวน**	**ราคา/บาท**
แผงโซล่าเซลล์ขนาด 100w	1 แผง	5300
ปั๊มน้ำ	1 ตัว	2600
ตู้คอนโทรล	1ตู้	700
สายยาง		300
	รวม	**8900**

ตารางที่4.5ราคาอุปกรณ์แบบมีแบตเตอร์รี่

ระบบแบบมีแบตเตอร์รี่		
อุปกรณ์	**จำนวน**	**ราคา/บาท**
แผงโซล่าเซลล์ขนาด 100w	1 แผง	5300
แบตเตอร์รี่ 35Ah	1 ลูก	1800
ปั๊มน้ำ	1 ตัว	2600
เครื่องชาร์จแบต	1 ตัว	850
ตู้คอนโทรล	1 ตู้	700
สายยาง		300
	รวม	**11550**

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบการลงทุน

เปรียบเทียบการลงทุนภายใน25ปี				
ระบบต่อตรง			ระบบแบตเตอร์รี่	
ปีที่ลงทุน	ค่าใช้จ่าย/บาท	หมายเหตุ	ค่าใช้จ่าย/บาท	หมายเหตุ
ปีที่1	8900	ค่าซ่อมบำรุงสายไฟและปั๊มน้ำ	11550	เปลี่ยนแบตเตอร์รี่ตามอายุการใช้งานและปั๊มน้ำและซ่อมบำรุงสายไฟ
ปีที่5	8900+300		11550+1800+300	
ปีที่10	9200+300+2600		13650+1800+300+2600	
ปีที่15	12100+300		18350+1800+300	
ปีที่20	12400+300+2600		20450+1800+300+2600	
ปีที่25	15300		25150	
รวม	15300		25150	



ภาพที่ 4.14 แสดงการเปรียบเทียบในการลงทุนภายในระยะเวลา 25 ปี

สรุปผลจากตาราง

จากตารางการเปรียบเทียบความคุ้มทุนแสดงให้เห็นว่าระบบแบบไม่มีแบตเตอร์รี่มีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าแบบระบบมีแบตเตอร์รี่เมื่อเทียบผลในระยะ 25 ปี โดยข้อมูลที่ได้มาจากทฤษฎีในบทที่2 ของในส่วนอุปกรณ์ที่อายุการใช้งานแต่อาจมีการลดอายุการใช้งานลงเนื่องจากอุปกรณ์เหล่านั้นมีการโดนแสงอาทิตย์อยู่ตลอดเวลาทำให้สภาพอายุการใช้งานลดลง

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1

จากวัตถุประสงค์ของงานคือ เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของชาวสวน ที่ใช้สูบน้ำเพื่อการเกษตรใน 1วัน เวลาทำงาน 5 ชั่วโมงต่อเนื่อง โดยระบบสูบน้ำโดยตรงจะสามารถใช้งานได้ในช่วงเวลาที่มีแสงเพียงพอและช่วงเวลาที่เพียงพอจะอยู่ในช่วง10.00-16.00 ทำให้ไม่สามารถทำงานนอกเหนือช่วงเวลาดังกล่าวได้เต็มประสิทธิภาพและต้องคอยคำนึงถึงสภาพอากาศในบางฤดูเพื่อจะใช้งานในระบบสูบน้ำโดยตรงในระบบนี้เหมาะสมสำหรับงานที่ไม่เร่งรีบเพราะปริมาณน้ำที่ได้มาจากพลังงานจากโซล่าเซลล์โดยตรงควรจะต้องมีการกักเก็บน้ำสำรองเพื่อใช้ในเวลาจำเป็นส่วนระบบแบตเตอร์รี่จะสามารถใช้งานได้ตลอดตามช่วงเวลาที่ต้องการในการสูบน้ำเพราะระบบนี้จะใช้พลังงานจากแบตเตอร์รี่ทำให้ปริมาณน้ำที่ได้มีค่ามั่นคงแต่จะมีค่าใช้จ่ายเพิ่มในส่วนของอุปกรณ์ที่เพิ่มเติมเข้ามาทำให้การลงทุนสูงขึ้นมากกว่าระบบต่อโดยตรงเนื่องจากการดลองของโครงงานนี้ต้องทำการทดลองในที่โล่งแจ้งในเวลากลางวัน เพื่อเก็บข้อมูลเกี่ยวกับแผงโซล่าเซลล์ เครื่องชาร์จแบตเตอร์รี่ และ ปั๊มสูบน้ำ ทั้งยังต้องทำการจ่ายโหลดซึ่งต้องใช้เวลาการทดลองนาน ไม่ควรทำโครงงานนี้ในฤดูฝน เพราะจะทำให้ค่าความเข้มแสงที่ไม่เพียงพอ

เอกสารอ้างอิง

[1] ขนิษฐา เสาใบ ประสิทธิชัย ศิริพรดุลศิลป์ และ ปรัชญา พละพันธุ์ “ระบบจ่ายไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์”ปริญญานิพนธ์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเกล้าคุณทหารลาดกระบัง,2542.

[2] นายธีระพล ตั้งสมบุญ,วิศวกรชลประทาน 8 วช “การใช้น้ำของพืช” กลุ่มงานวิจัยการใช้น้ำชลประทาน สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ.,กรกฎาคม,2549.

[3] ศิริชัย เทพา “การประเมิณความเหมาะสมทางเทคนิค เศรษฐกิจและสังคมของระบบสูบน้ำด้วยโซล่าเซลล์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ” www.kmutt.ac.th/rippc/pro513.htm,2549.

[4] สว่าง ประกอยรุ้งทอง “แบตเตอร์รี่และเครื่องชาร์จ” บริษัท ซีเอ็นยูเคชั่น จำกัด มหาชน.,หน้า 18-20,2543.

[5] สถาบันวิจัยและพัฒนา “เทคโนโลยีการให้น้ำพืชแบบองค์รวม” แหล่งที่มา rdi.csc.ku.ac.th/AcademicServices/centerwebAcademicServices/.../01.pdf,2557.

[6] wisco “Data logger Technical Knowledge” www.wisco.co.th/main/sites/default/files/.../Logger%20Knowledge_0.pdf,2557.

ภาคผนวก ก
ข้อมูลการผลิตน้ำที่ได้จากโซล่าเซลล์ใน3วัน

ตารางที่ ก1. ข้อมูลการผลิตน้ำที่ได้จากโซล่าเซลล์ใน3วัน

ข้อมูลของการผลิตน้ำที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์โดยเฉลี่ยใน 1 วัน		ข้อมูลของการผลิตน้ำที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์โดยเฉลี่ยใน 1 วัน		ข้อมูลของการผลิตน้ำที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์โดยเฉลี่ยใน 1 วัน	
เวลา	ปริมาณน้ำ/ลิตร	เวลา	ปริมาณน้ำ/ลิตร	เวลา	ปริมาณน้ำ/ลิตร
6นาฬิกา	0	6 นาฬิกา	0	6 นาฬิกา	0
7 นาฬิกา	0	7 นาฬิกา	0	7 นาฬิกา	0
8 นาฬิกา	180	8 นาฬิกา	160	8 นาฬิกา	195
9 นาฬิกา	320	9 นาฬิกา	315	9 นาฬิกา	330
10 นาฬิกา	484	10 นาฬิกา	315	10 นาฬิกา	490
11 นาฬิกา	622	11 นาฬิกา	543	11 นาฬิกา	630
12 นาฬิกา	540	12 นาฬิกา	320	12 นาฬิกา	540
13 นาฬิกา	500	13 นาฬิกา	315	13 นาฬิกา	580
14 นาฬิกา	510	14 นาฬิกา	315	14 นาฬิกา	580
15 นาฬิกา	480	15 นาฬิกา	310	15 นาฬิกา	520
16 นาฬิกา	350	16 นาฬิกา	200	16 นาฬิกา	540
17 นาฬิกา	484	17 นาฬิกา	160	17 นาฬิกา	510
รวม	4470	รวม	2953	รวม	4915
				เฉลี่ยรวม	4112.6

ภาคผนวก ข
ข้อมูลการทดลองที่ได้จาก Data Logger

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลการทดลองที่ได้จาก Data Logger

Date	Time	Light	Voltage1	Current1	Power1	T1	T2
6/21/14	6:0:3	5.08	0.07	0.45	0.03	26.7	26.3
6/21/14	6:10:3	13.53	0.12	0.45	0.05	26.8	26.5
6/21/14	6:20:4	29.36	0.26	0.4	0.1	27.1	26.8
6/21/14	6:30:4	51.12	0.43	0.25	0.11	27.8	27.3
6/21/14	6:40:0	64.35	0.26	0.4	0.1	28.5	28
6/21/14	6:50:0	81.69	0.38	0.3	0.11	29	28.5
6/21/14	7:0:1	103.99	0.57	0	0	29.9	29.3
6/21/14	7:10:2	116.55	0.45	0	0	30.7	30
6/21/14	7:20:2	105.86	0.45	0.2	0.09	31	30.2
6/21/14	7:30:13	110.15	0.43	0.25	0.11	31.2	30.7
6/21/14	7:40:39	128.4	0.62	0	0	31.1	30.4
6/21/14	7:50:50	125.62	0.55	0.2	0.11	31.6	30.9
6/21/14	8:0:41	295.52	0.88	0	0	32.8	32.2
6/21/14	8:10:46	288.21	0.93	0	0	34.7	34.1
6/21/14	8:20:37	280.78	1.38	0	0	36.7	36.3
6/21/14	8:30:27	294.44	1.45	0	0	37.2	37
6/21/14	8:40:23	338.66	1.74	0	0	38.7	38.6
6/21/14	8:50:9	590.62	1.93	0	0	41.5	41.3
6/21/14	9:0:9	384.04	1.26	0	0	42	42.9
6/21/14	9:10:0	329.18	1	0	0	41.3	41.4
6/21/14	9:20:11	310.21	0.93	0	0	39	38.9
6/21/14	9:30:22	646.75	2.97	0	0	41.4	42.6
6/21/14	9:40:12	518.12	1.26	0	0	44	46.3
6/21/14	9:50:44	337.15	1.07	0	0	43.4	47.4
6/21/14	10:0:49	443.74	1.17	0	0	43.5	45.9
6/21/14	10:10:30	493.83	1.19	0	0	45.3	48.6
6/21/14	10:20:31	864.15	3.83	0	0	46.8	48.3

6/21/14	10:30:7	208.09	0.86	0	0	43.9	47.9
6/21/14	10:40:38	1000	4.21	0	0	43.9	47.5
6/21/14	10:50:4	621.62	3.07	0	0	50.5	52.9
6/21/14	11:0:20	1000	2.31	0	0	48.8	49.3
6/21/14	11:10:0	1000	2.07	0	0	55.7	55.8
6/21/14	11:20:1	1000	5.4	0	0	53.4	54.6
6/21/14	11:30:7	1000	5.9	0	0	47.9	50
6/21/14	11:40:3	191.6	0.55	0	0	44.7	44.4
6/21/14	11:50:25	197.76	0.71	0	0	38.6	39.6
6/21/14	12:0:51	257.09	0.83	0	0	33.7	34.2
6/21/14	12:10:1	820.77	5.42	0	0	36.9	36.7
6/21/14	12:20:37	199.75	0.59	0	0	44.1	41.2
6/21/14	12:30:18	459.63	3.05	0	0	40.4	38
6/21/14	12:40:54	707.24	5.42	0	0	42.8	41.9
6/21/14	12:50:4	600.23	3.78	0	0	48.4	49.1
6/21/14	13:0:0	284.65	0.9	0	0	44	45.5
6/21/14	13:10:1	187.79	0.79	0	0	39.6	39.7
6/21/14	13:20:2	528.57	1.45	0	0	38.5	38.6
6/21/14	13:30:3	643.79	4.9	0	0	44.1	44.3
6/21/14	13:40:44	514.13	3.78	0	0	45	45.5
6/21/14	13:50:4	507.6	2.85	0	0	44.3	44.8
6/21/14	14:0:0	561.08	4.07	0	0	43.8	43.8
6/21/14	14:10:1	880.77	6.19	0	0	46.2	46.1
6/21/14	14:20:27	1000	7.59	0	0	51.6	51.3
6/21/14	14:30:3	975.57	6.85	0	0	52.7	52.3
6/21/14	14:40:3	722.95	5.54	0	0	47.6	47.8
6/21/14	14:50:4	796.06	6.09	0	0	50.2	50.4
6/21/14	15:0:0	206.46	0.64	0	0	44.8	44.8
6/21/14	15:10:6	149.36	0.43	0	0	39.3	39.3

6/21/14	15:20:2	194.68	0.59	0	0	37.4	37.5
6/21/14	15:30:43	71.54	0.33	0.4	0.13	36.8	37
6/21/14	15:40:3	49.36	0.33	0.5	0.17	28.4	28.5
6/21/14	15:50:9	149	0.48	0	0	28.6	28.8
6/21/14	16:0:0	110.51	0.45	0.2	0.09	29.8	30.02
6/21/14	16:10:0	127.31	0.59	0.2	0.12	30.1	30
6/21/14	16:20:1	146.52	0.59	0	0	30.2	29.9
6/21/14	16:30:22	95.29	0.38	0.35	0.13	30.1	29.9
6/21/14	16:40:3	87.61	0.4	0.3	0.12	29.9	29.6
6/21/14	16:50:8	72.14	0.33	0.3	0.1	29.7	29
6/21/14	17:0:4	64.11	0.38	0.4	0.15	29.6	28.9
6/22/14	6:0:34	3.93	0.02	0.65	0.02	26.3	26.2
6/22/14	6:10:35	9.37	0.24	0.65	0.15	26.5	26.3
6/22/14	6:20:0	14.98	0.29	0.5	0.14	26.6	26.5
6/22/14	6:30:0	20.54	0.57	0.5	0.29	26.7	26.6
6/22/14	6:40:1	28.58	0.38	0.4	0.15	27	26.9
6/22/14	6:50:7	42.6	0.45	0.5	0.23	27.4	27.4
6/22/14	7:0:2	59.33	0.4	0.4	0.16	27.9	28
6/22/14	7:10:3	74.8	0.55	0.35	0.19	28.5	28.8
6/22/14	7:20:19	88.76	0.52	0.3	0.16	29.2	29.5
6/22/14	7:30:19	113.9	0.62	0.2	0.12	30	30.2
6/22/14	7:40:10	146.64	0.64	0	0	30.9	31.2
6/22/14	7:50:0	175.28	0.57	0	0	32	32.3
6/22/14	8:0:1	198.61	0.74	0	0	32.5	33
6/22/14	8:10:22	223.92	0.81	0	0	33.5	34
6/22/14	8:20:7	240.66	0.86	0	0	34.1	34.9
6/22/14	8:30:3	249.9	0.93	0	0	35	35.5
6/22/14	8:40:4	282.96	1.07	0	0	35.5	35.8
6/22/14	8:50:30	280.36	0.88	0	0	36.1	36

6/22/14	9:0:20	231.42	0.69	0	0	36.2	36.5
6/22/14	9:10:1	236.85	0.86	0	0	35.2	35.1
6/22/14	9:20:1	271.72	0.88	0	0	35.4	35.4
6/22/14	9:30:7	301.99	0.98	0	0	36.2	36.1
6/22/14	9:40:13	407.36	1.05	0	0	38.4	38
6/22/14	9:50:14	465.43	1.36	0	0	43.2	39.9
6/22/14	10:0:4	451.77	1.14	0	0	44.6	40.7
6/22/14	10:10:0	446.94	1.38	0	0	42	40.3
6/22/14	10:20:6	459.27	1.4	0	0	42	40.5
6/22/14	10:30:43	503.31	1.47	0	0	45.5	42.4
6/22/14	10:40:43	443.38	1.19	0	0	43.9	42.1
6/22/14	10:50:44	375.58	1.14	0	0	41.6	41.1
6/22/14	11:0:5	384.95	1.12	0	0	41	41.1
6/22/14	11:10:0	532.68	1.5	0	0	41.8	42
6/22/14	11:20:32	466.88	2.64	0	0	44.1	44.3
6/22/14	11:30:2	471.17	2.95	0	0	43.1	43.4
6/22/14	11:40:3	505.61	2.76	0	0	42.9	43.7
6/22/14	11:50:4	390.45	1.26	0	0	40.6	42.3
6/22/14	12:0:51	287.67	1	0	0	39.9	39.7
6/22/14	12:10:46	444.58	1.17	0	0	39.8	40.7
6/22/14	12:20:17	552.5	4.04	0	0	42.6	43.8
6/22/14	12:30:2	675.03	4.88	0	0	44.4	46.3
6/22/14	12:40:3	503.43	3.43	0	0	44.2	45.8
6/22/14	12:50:0	498.84	3.26	0	0	45.3	46.2
6/22/14	13:0:1	594.85	4.23	0	0	41.9	43.8
6/22/14	13:10:1	583.8	4.12	0	0	45.2	46.2
6/22/14	13:20:2	985.36	7.04	0	0	47.5	48.1
6/22/14	13:30:8	948.68	6.52	0	0	52.8	54.28
6/22/14	13:40:25	425.43	2.66	0	0	52.3	53

6/22/14	13:50:0	317.58	0.93	0	0	48.5	48.7
6/22/14	14:0:16	1000	8.54	0	0	50.2	49.5
6/22/14	14:10:33	997.2	6.64	0	0	51	50
6/22/14	14:20:3	884.88	6.26	0	0	50.8	50.4
6/22/14	14:30:40	274.74	0.74	0	0	45.9	46.6
6/22/14	14:40:10	197.46	0.55	0	0	42.1	42.78
6/22/14	14:50:1	810.07	6.85	0	0	42.6	43.6
6/22/14	15:0:47	236.97	0.55	0	0	42.3	43.2
6/22/14	15:10:2	292.38	0.74	0	0	40.6	41.7
6/22/14	15:20:29	740.89	6.09	0	0	43.4	44.9
6/22/14	15:30:4	252.8	0.76	0	0	41.5	43.03
6/22/14	15:40:41	238.12	4.31	0	0	43.7	44.7
6/22/14	15:50:6	193.77	0.67	0	0	42.7	43.8
6/22/14	16:0:2	155.34	0.48	0	0	42.7	44.5
6/22/14	16:10:18	149.12	0.45	0	0	38.6	39.8
6/22/14	16:20:14	203.44	0.67	0	0	37.4	39.7
6/22/14	16:30:50	133.23	0.5	0	0	36.2	36.6
6/22/14	16:40:0	140.66	0.57	0	0	35.9	36.5
6/22/14	16:50:1	93.11	0.43	0.3	0.13	35.1	35.3
6/22/14	17:0:1	97.04	0.4	0.25	0.1	34.6	34.8
6/23/14	6:0:1	5.14	0.17	0.65	0.11	25	24.89
6/23/14	6:10:1	12.69	0.17	0.55	0.09	25	24.89
6/23/14	6:20:1	23.5	0.24	0.6	0.14	25.1	25.02
6/23/14	6:30:1	36.8	0.4	0.45	0.18	25.5	25.39
6/23/14	6:40:17	56.01	0.52	0.4	0.21	26	25.77
6/23/14	6:50:38	74.68	0.59	0.35	0.21	26.6	26.64
6/23/14	7:0:2	92.2	0.79	0.3	0.24	27.2	27.02
6/23/14	7:10:18	97.64	0.62	0.3	0.19	27.6	27.39
6/23/14	7:20:8	106.34	0.74	0.2	0.15	28	27.64

6/23/14	7:30:13	114.08	0.55	0.2	0.11	28.3	27.89
6/23/14	7:40:24	133.89	0.64	0	0	28.9	28.2
6/23/14	7:50:40	150.81	0.64	0	0	29.6	28.89
6/23/14	8:0:9	163.14	0.62	0	0	30.3	29.8
6/23/14	8:10:0	187.97	0.83	0	0	31	30.02
6/23/14	8:20:15	245.07	1.05	0	0	32.4	31.27
6/23/14	8:30:5	288.76	1.21	0	0	33.9	32.78
6/23/14	8:40:1	348.51	1.33	0	0	35.6	35
6/23/14	8:50:1	385.13	0.98	0	0	37.3	36.53
6/23/14	9:0:1	453.41	1.38	0	0	38.2	37.9
6/23/14	9:10:2	428.81	1.26	0	0	39.3	39.28
6/23/14	9:20:2	529.96	3.9	0	0	41.7	39.78
6/23/14	9:30:2	619.44	3.97	0	0	43.4	45.28
6/23/14	9:40:13	543.07	3.54	0	0	43	44.28
6/23/14	9:50:13	475.46	2.66	0	0	42.3	42.03
6/23/14	10:0:3	544.22	3.24	0	0	41.6	41.78
6/23/14	10:10:14	536.55	3.5	0	0	43.8	45.53
6/23/14	10:20:35	630.68	4.54	0	0	44.6	44.53
6/23/14	10:30:0	601.56	4.23	0	0	45	45.03
6/23/14	10:40:0	831.95	5.5	0	0	45.1	46.53
6/23/14	10:50:31	643.91	4.16	0	0	45.3	45.28
6/23/14	11:0:1	1000	4.92	0	0	46	44.78
6/23/14	11:10:12	950.68	5.02	0	0	50.5	50.03
6/23/14	11:20:12	484.88	3.19	0	0	46.2	49.78
6/23/14	11:30:33	481.02	3.26	0	0	42.9	43.53
6/23/14	11:40:23	411.71	2.52	0	0	41.9	43.03
6/23/14	11:50:34	509.84	3.35	0	0	41.4	42.03
6/23/14	12:0:4	610.8	3.83	0	0	42.4	43.53
6/23/14	12:10:4	752.37	6.02	0	0	48.2	44.53

6/23/14	12:20:10	989.53	7.66	0	0	53.7	50.03
6/23/14	12:30:41	1000	8.35	0	0	52.1	53.03
6/23/14	12:40:1	1000	7.54	0	0	51.3	52.78
6/23/14	12:50:17	1000	9.21	0	0	55.1	54.03
6/23/14	13:0:2	332.44	0.79	0	0	51.8	64.06
6/23/14	13:10:3	1000	8.06	0	0	53.4	60.53
6/23/14	13:20:3	1000	9.37	0	0	52.2	54.78
6/23/14	13:30:9	1000	7.99	0	0	53.9	55.53
6/23/14	13:40:10	416.61	3.07	0	0	53.2	55.53
6/23/14	13:50:15	830.62	6.47	0	0	54.2	54.78
6/23/14	14:0:1	582.71	4.19	0	0	49.3	50.53
6/23/14	14:10:11	909.29	7.18	0	0	49.8	52.03
6/23/14	14:20:7	485.61	3.62	0	0	47	48.78
6/23/14	14:30:2	392.62	1.28	0	0	44.5	46.53
6/23/14	14:40:3	366.16	0.9	0	0	42.7	44.53
6/23/14	14:50:49	349.72	1.14	0	0	41	44.03
6/23/14	15:0:4	329.72	1.02	0	0	39.9	44.03
6/23/14	15:10:4	259.93	0.86	0	0	38.7	41.03
6/23/14	15:20:10	177.34	0.62	0	0	37.5	39.53
6/23/14	15:30:11	520.53	4.33	0	0	41.6	38.78
6/23/14	15:40:26	162.05	3.93	0	0	46.3	47.03
6/23/14	15:50:12	144.65	0.64	0	0	45.5	45.78
6/23/14	16:0:2	153.17	0.5	0	0	42.6	43.78
6/23/14	16:10:8	149.66	0.62	0	0	38	42
6/23/14	16:20:3	147.19	0.45	0	0	36.4	41.5
6/23/14	16:30:14	113.59	0.55	0.3	0.16	35.9	40.28
6/23/14	16:40:25	96.8	0.31	0.25	0.08	35.1	37.28
6/23/14	16:50:35	80.48	0.29	0.4	0.11	34.5	36.28
6/23/14	17:0:0	66.89	0.19	0.4	0.08	33.8	35

ภาคผนวก ค
ตารางข้อมูลอุปกรณ์ต่างๆและราคา