

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สำหรับเครื่องเติมอากาศเพื่อการหมุนเวียนน้ำในบ่อกุ้งของเกษตรกร ประกอบด้วย (1.1) สมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มแสง (1.2) การตรวจจับสัญญาณแรงดันและวงจรตรวจจับสัญญาณกระแส (1.3) การทดสอบสัญญาณการทำงานของวงจรควบคุม (1.4) การประจุแบตเตอรี่ของเซลล์แสงอาทิตย์ (2) เพื่อพัฒนาเครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ทดแทนการใช้กังหันน้ำ (3) เปรียบเทียบความพึงพอใจของเกษตรกรจากการใช้งานเครื่องเติมอากาศและกังหันน้ำ ซึ่งได้ผลดังนี้

#### ผลที่ได้จากการทดลอง

1. ตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สำหรับเครื่องเติมอากาศเพื่อการหมุนเวียนน้ำในบ่อกุ้งของเกษตรกรในชุมชนบางปลา

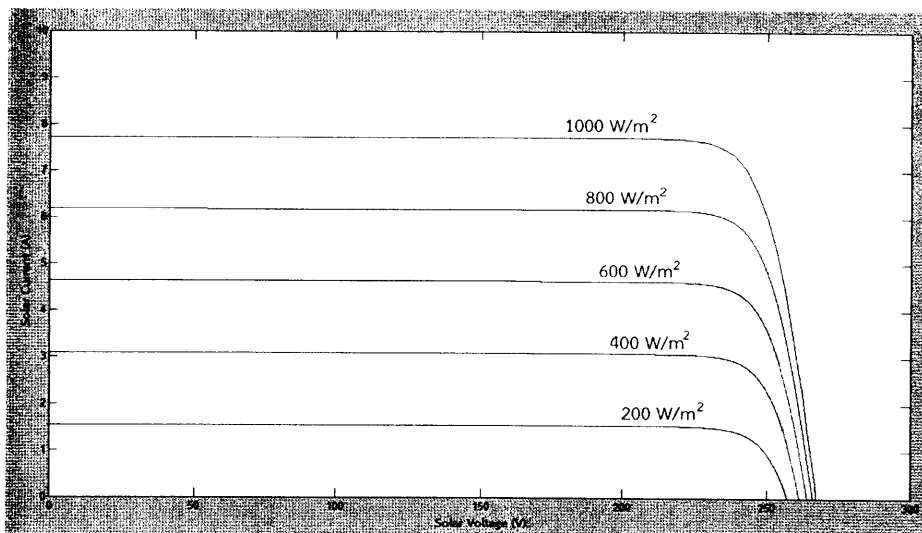
#### (1.1) สมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มแสง

การหาคุณลักษณะการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เทียบกับสถานะที่ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ ในระดับความเข้มแสงต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เพื่อหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด ที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้เปรียบเทียบกับคุณลักษณะของผู้ผลิตได้ผลการทดลองดังตารางการทดลองที่ 5

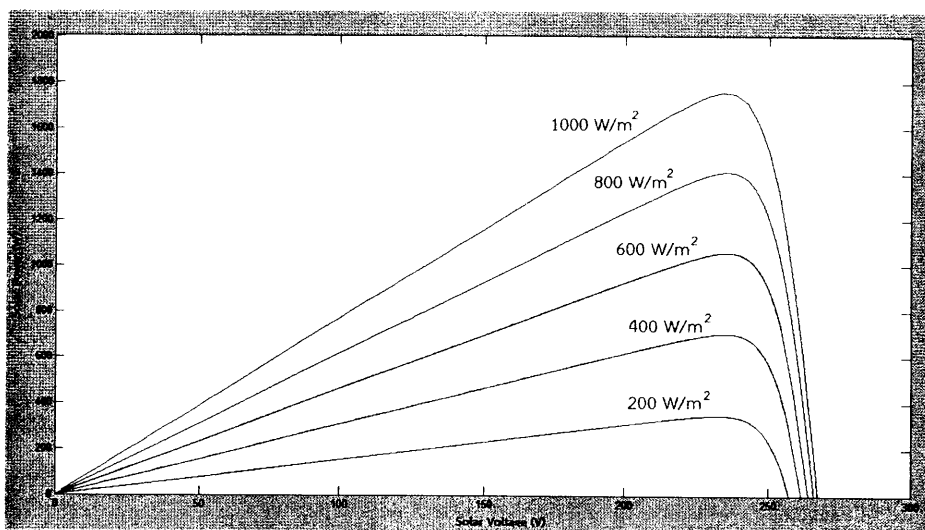
ตาราง 5 แสดงคุณลักษณะค่ากระแสและแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ค่าความเข้มแสง

ค่าความเข้มแสง ( $W/m^2$ )	แรงดันเปิดวงจร ( $V_{oc}$ )	กระแสขณะลัดวงจร ( $I_{sc}$ )	กำลังไฟฟ้า ( $P_{pv}$ )
200	246	1.5	369.0
400	250	3.1	775.0
600	256	4.6	1,177.2
800	260	6.2	1,612.0
1000	260	7.7	2,002.0

จากตารางได้กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าแรงดันเปิดวงจร ( $V_{OC}$ ) กระแสลัดวงจร ( $I_{SC}$ ) และค่ากำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ( $P_{PV}$ ) ดังภาพที่ 70 และภาพที่ 71



ภาพ 70 กราฟความสัมพันธ์แรงดันเปิดวงจร ( $V_{OC}$ ) กับกระแสลัดวงจร ( $I_{SC}$ )



ภาพ 71 กราฟความสัมพันธ์แรงดันเปิดวงจร ( $V_{OC}$ ) กับค่ากำลังไฟฟ้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ( $P_{PV}$ )

### (1.2) การตรวจจับสัญญาณแรงดันและวงจรตรวจจับสัญญาณกระแส

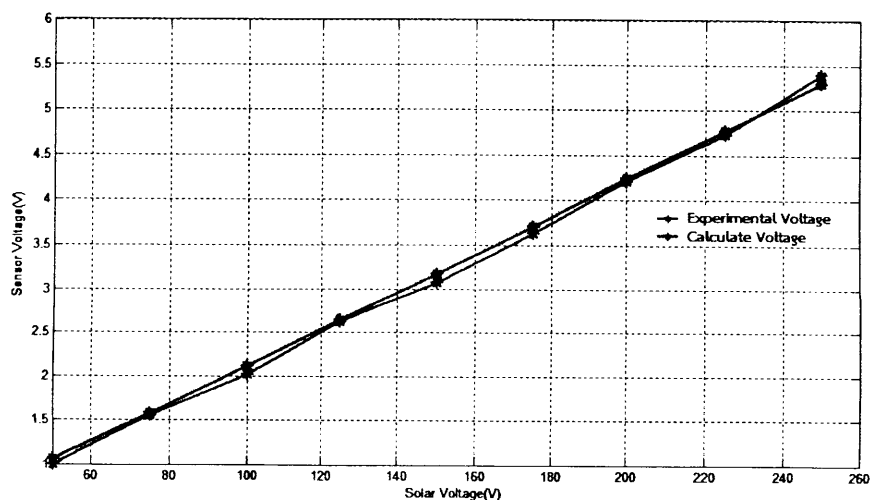
การออกแบบวงจรตรวจจับสัญญาณ (Sensor Circuit) ในวงจรจะประกอบด้วย วงจรตรวจจับสัญญาณแรงดัน (Voltage Sensor) และวงจรตรวจจับกระแส (Current

Sensor) การออกแบบวงจรตรวจจับแรงดัน ได้ทำการทดลองบันทึกผลแสดงในตารางการทดลองที่ 6 และในส่วนวงจรตรวจจับกระแส ได้ทำการทดลองบันทึกผลแสดงในตารางการทดลองที่ 7

ตาราง 6 การทดลองการปรับเปลี่ยนขนาดสัญญาณจากวงจรตรวจจับแรงดัน ISO124

แรงดันอินพุตของวงจรถูกำลัง ( $V_{in, test}$ )	แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน จากการคำนวณ ( $V_{OR2, calculate}$ )	แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน จากการทดลองวัด ( $V_{R2, test}$ )
50	1.060	1.000
75	1.576	1.552
100	2.120	2.015
125	2.648	2.620
150	3.180	3.080
175	3.708	3.625
200	4.240	4.208
225	4.768	4.728
250	5.300	5.405

จากภาพที่ 72 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันที่คำนวณ ( $V_{OR2, calculate}$ ) และแรงดันจากการทดลองจริง ( $V_{R2, test}$ ) ต่อแรงดันอินพุตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ( $V_{in, test}$ ) ของส่วนวงจรตรวจจับสัญญาณแรงดัน จากตารางการทดลองที่ 2 สามารถคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนของแรงดันจากการคำนวณและการทดลองจริงได้เท่ากับ 2.44 %

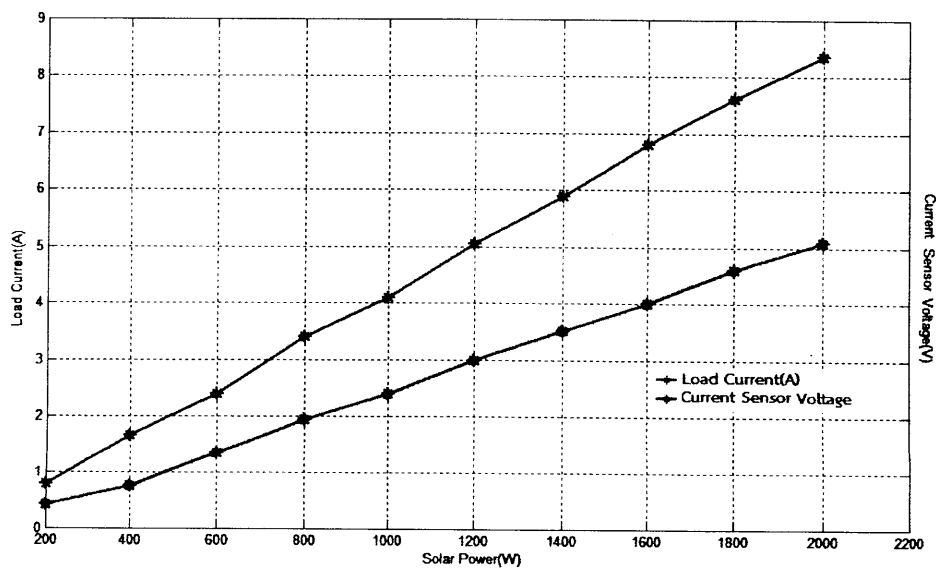


ภาพ 72 ความสัมพันธ์แรงดันคำนวณและแรงดันจากการทดลองจริงต่อแรงดันเซลล์แสงอาทิตย์

ตาราง 7 การทดลองการปรับเปลี่ยนสัญญาณจากวงจรตรวจจับกระแส LA25-NP

กำลังไฟฟ้าที่จ่ายโหลด ( $P_{out}$ )	กระแสที่ไหลผ่านตัวตรวจจับ กระแส LA25-NP ( $I_{out}$ )	แรงดันเอาต์พุตของวงจร ตรวจจับกระแส ( $V_{out,LEM}$ )
200	0.80	0.42
400	1.68	0.76
600	2.40	1.36
800	3.40	1.96
1000	4.10	2.40
1200	5.05	3.00
1400	5.90	3.52
1600	6.80	4.00
1800	7.60	4.60
2000	8.35	5.08

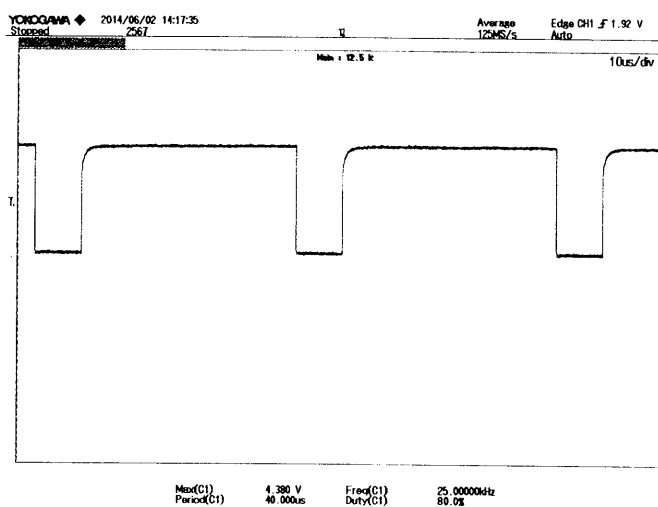
จากภาพที่ 73 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าที่จ่ายโหลด ( $P_{out}$ ) และแรงดันจากการตรวจจับสัญญาณกระแส ( $V_{out,LEM}$ ) ต่อกำลังไฟฟ้าเอาต์พุตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ( $P_{out}$ ) ของส่วนวงจรตรวจจับสัญญาณกระแส



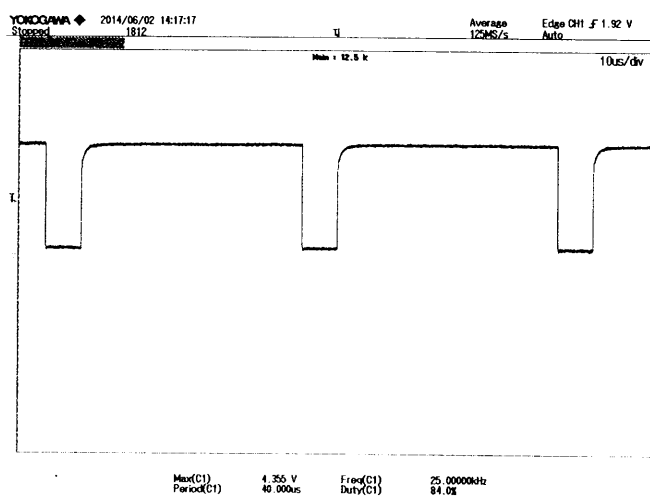
ภาพ 73 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสจ่ายโหลดและแรงดันวงจรตรวจจับสัญญาณกระแส

### (1.3) การทดสอบสัญญาณการทำงานของวงจรควบคุม

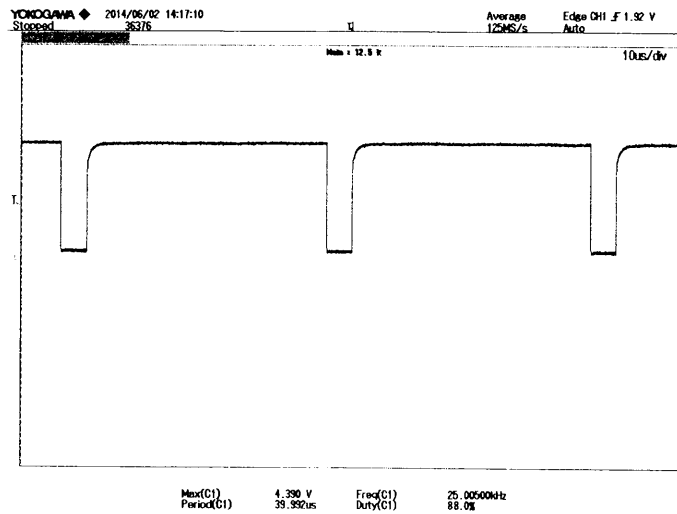
ผลการทดสอบเปรียบเทียบค่าความเข้มแสงที่กระทบลงบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับความสัมพันธ์ช่วงคาบการสวิตช์ (Duty Cycle; D) ที่ความถี่ 25 kHz ของวงจรลดทอนระดับแรงดัน ได้ดังการทดลองเปรียบเทียบค่าความเข้มแสงกับความสัมพันธ์ช่วงคาบการสวิตช์



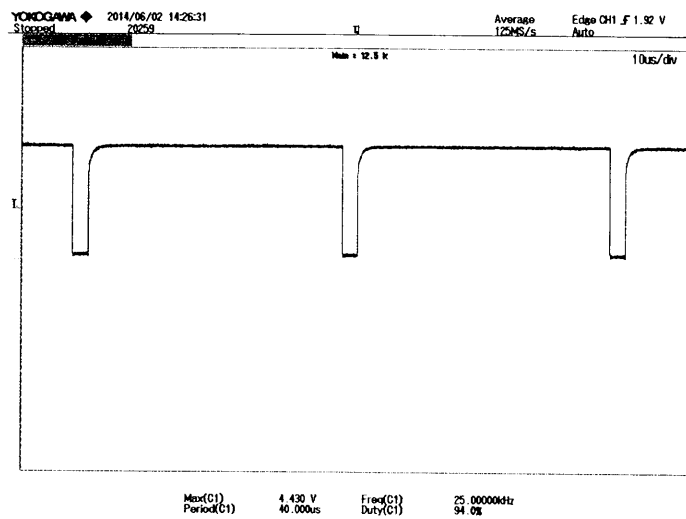
ภาพ 74 ช่วงคาบสวิตช์ 80.0 % ที่ค่าความเข้มแสง  $1000 \text{ W/m}^2$  ในวงจรลดทอนระดับแรงดัน



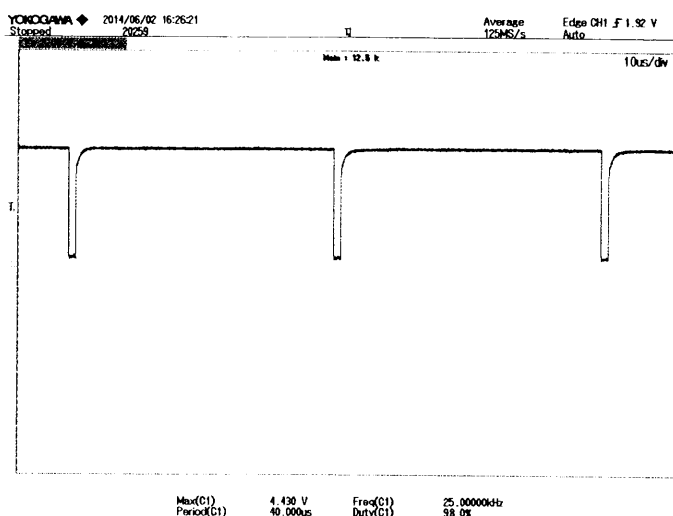
ภาพ 75 ช่วงคาบสวิตช์ 84.0 % ที่ค่าความเข้มแสง  $800 \text{ W/m}^2$  ในวงจรลดทอนระดับแรงดัน



ภาพ 76 ช่วงคาบสวิตซ์ 88.0 % ที่ค่าความเข้มแสง  $600 \text{ W/m}^2$  ในวงจรลดทอนระดับแรงดัน



ภาพ 77 ช่วงคาบสวิตซ์ 94.0 % ที่ค่าความเข้มแสง  $400 \text{ W/m}^2$  ในวงจรลดทอนระดับแรงดัน



ภาพ 78 ช่วงคาบสวิตซ์ 98.0 % ที่ค่าความเข้มแสง  $200 \text{ W/m}^2$  ในวงจรลดทอนระดับแรงดัน

(1.4) การประจุแบตเตอรี่ของเซลล์แสงอาทิตย์ การประจุพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ผ่านชุดควบคุมการประจุ เมื่อทำการทดสอบตั้งแต่เวลา 8.00 น. - 16.00 น. ในสภาพภูมิอากาศท้องฟ้าโปร่ง และได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 8

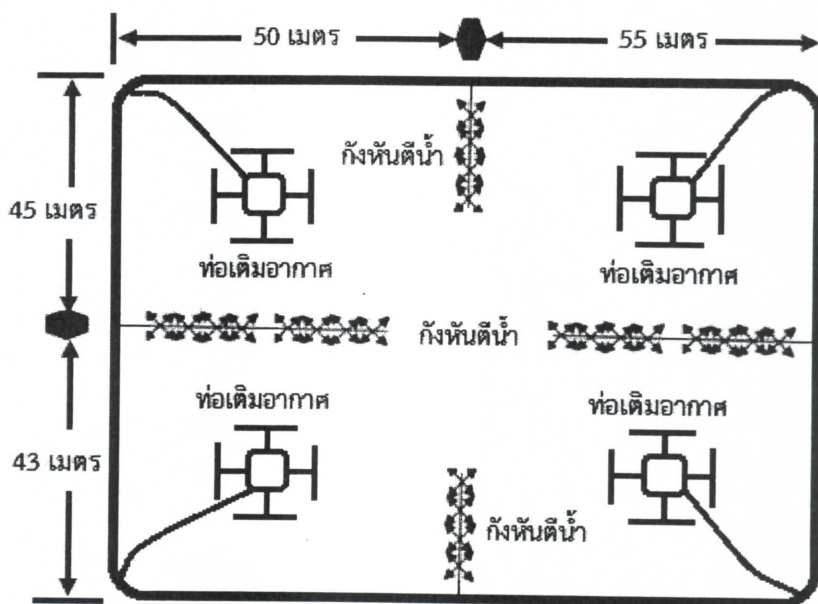
ตาราง 8 ผลการทดสอบการประจุพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์

เวลา (นาฬิกา)	ความเข้มของแสง ( $\text{W/m}^2$ )	แรงดันประจุ (V)	กระแสประจุ (A)	กำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (W)
8.00	315	18.09	0.69	12.42
9.00	445	19.22	0.98	20.20
10.00	722	20.10	1.35	21.45
11.00	828	20.02	1.22	21.24
12.00	877	20.75	1.67	22.42
13.00	1167	21.11	1.79	37.79
14.00	1020	21.12	1.69	35.69
15.00	982	21.09	1.62	34.16
16.00	798	20.12	1.43	28.77

จากการทดสอบพบว่าได้ความเข้มของแสงเฉลี่ย  $794.89 \text{ W/m}^2$  ในขณะเดียวกันที่เวลา 13.00 น. แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะสามารถจัดเก็บกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ได้สูงสุด  $37.79 \text{ W}$ . เป็นผลมาจากเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับค่าความเข้มของแสงอาทิตย์สูงที่สุด และสามารถหาค่ากำลังไฟฟ้าวรวมเฉลี่ยได้  $30.85 \text{ W}$ .

2. พัฒนาระบบเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ทดแทนการใช้กังหันตื้นน้ำที่เกษตรกรใช้อยู่เดิม

ทดลองบ่อเลี้ยงกุ้งขาวของเกษตรกรที่เพาะเลี้ยงกุ้ง โดยมีระบบเติมอากาศที่ใช้กังหันตื้นน้ำ และแบบระบบให้ออกซิเจนลงในบ่อโดยการใช้เครื่องเติมอากาศโดยมีแผนผังภาพที่ 79



ภาพ 79 แผนผังการติดตั้งท่อเติมอากาศและกังหันตื้นน้ำสำหรับบ่อกุ้งเกษตรกร

จากภาพที่ 79 เมื่อติดตั้งระบบเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะทำการทดสอบกังหันตื้นน้ำโดยการตรวจวัดปริมาณออกซิเจนในน้ำ และวัดอุณหภูมิในน้ำ เพื่อเปรียบเทียบกับ การทดสอบโดยใช้เครื่องเติมอากาศลงในน้ำ ได้ผลจากการทดสอบดังนี้

2.1 การตรวจวัดปริมาณออกซิเจน

ผลการทดสอบการติดตั้งเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำอาศัยหลักการสูบน้ำในบ่อฉีดน้ำผ่านท่อที่มีรูปร่างเป็นแบบเวนจูรี (Venturi) เพื่อเพิ่มความเร็วของน้ำจนกระทั่งเกิดแรงดูดอากาศจากผิวน้ำลงมาผสมกับน้ำก็จะเกิดการถ่ายเทออกซิเจนลงไปในบ่อกุ้งของเกษตรกร โดยทำการวัดประสิทธิภาพพลังงานที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อเนื่องเป็นเวลา 1 วันในแต่ละบ่อของเกษตรกรพบว่าการทำงานสามารถทำงานได้ต่อเนื่องมากกว่า 8 ชั่วโมงต่อวัน เริ่มทำการทดสอบตั้งแต่เวลา 8.00 น. และหยุดทำการทดสอบเวลา 16.00 น. โดยที่เครื่องเติมอากาศยังสามารถทำงานได้โดยสามารถวัดความเร็วรอบของมอเตอร์อยู่ที่ 300 รอบต่อนาที อัตราการใช้พลังงานขณะที่มอเตอร์หมุนอยู่ที่ 36 วัตต์ และสามารถตรวจวัดปริมาณออกซิเจนในน้ำในขณะนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้



สำหรับเครื่องเติมอากาศเพื่อการหมุนเวียนน้ำในบ่อกุ้งของเกษตรกรและในขณะที่นำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สำหรับกังหันตีน้ำ ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 9

ตาราง 9 ผลการตรวจวัดปริมาณออกซิเจนในน้ำช่วงเวลา 1 วัน

เวลา (นาฬิกา)	ระดับออกซิเจนเมื่อ เครื่องเติมอากาศทำงาน (ppm)	ระดับออกซิเจนเมื่อ กังหันตีน้ำทำงาน (ppm)
8.00	2.45	2.06
9.00	3.80	2.80
10.00	4.65	2.95
11.00	6.89	4.22
12.00	8.33	4.93
13.00	9.35	5.36
14.00	10.26	6.89
15.00	10.72	8.25
16.00	10.89	9.48

ผลจากการตรวจวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำโดยนำน้ำจากบ่อกุ้งของเกษตรกรในขณะที่นำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สำหรับเครื่องเติมอากาศเพื่อการหมุนเวียนน้ำในบ่อกุ้งของเกษตรกรและในขณะที่นำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สำหรับกังหันตีน้ำ สามารถวัดระดับออกซิเจนละลายน้ำ (ppm) ด้วยเครื่องมือวัดออกซิเจนในน้ำ (Dissolved Oxygen Meter รุ่น Bante-820) ที่มี Dissolved Oxygen Range เท่ากับ 0.0-20.0 ppm ในทุก ๆ ชั่วโมงจำนวน 9 ครั้ง ได้ระดับออกซิเจนเฉลี่ยเมื่อเครื่องเติมอากาศทำงานเท่ากับ 7.48 ppm และเมื่อเครื่องตีน้ำทำงานเท่ากับ 5.21 ppm ซึ่งแสดงให้เห็นความแตกต่างของปริมาณออกซิเจนในน้ำ โดยค่าของออกซิเจนในน้ำตามมาตรฐานจะอยู่ในช่วงสูงสุดไม่เกิน 14.6 mg/l ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส และต่ำสุดไม่เกิน 7 mg/l ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดันบรรยากาศ 1 บรรยากาศ

## 2.2 การวัดอุณหภูมิในบ่อน้ำ

การตรวจวัดอุณหภูมิของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งของเกษตรกร ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการใช้งานโดยใช้เครื่องเติมอากาศและการใช้กังหันตีน้ำ โดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลา ที่มีความแตกต่างกันระหว่างช่วงเวลา 18.00 น. – 05.00 น. และช่วงเวลา 06.00 น. – 18.00 น. ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 10

จากตารางที่ 10 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิเมื่อเครื่องเติมอากาศทำงานในช่วงเวลา 18.00 น. – 05.00 น. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.07 องศาเซลเซียส และช่วงเวลา 06.00 น. – 18.00 น. มี

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.96 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และเมื่อทำการทดสอบผลการตรวจวัดอุณหภูมิเมื่อ  
 กังหันตีน้ำทำงานในช่วงเวลา 18.00 น. - 05.00 น. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.25 องศาเซลเซียส และ  
 ช่วงเวลา 06.00 น. - 18.00 น. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.33 องศาเซลเซียส จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้น  
 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิอยู่ในสภาวะที่เหมาะสม ซึ่งมาตรฐานของอุณหภูมิในบ่อเลี้ยงกุ้งจะอยู่ในช่วง  
 28 - 32 (กรมประมง,2550)

ตาราง 10 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิในบ่อน้ำช่วงเวลา 24 ชั่วโมง

เวลา (นาฬิกา)	อุณหภูมิในบ่อน้ำเมื่อ เครื่องเติมอากาศทำงาน (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิในบ่อน้ำเมื่อ กังหันตีน้ำทำงาน (องศาเซลเซียส)
06.00	26.40	26.67
07.00	27.48	27.80
08.00	27.91	27.98
09.00	28.89	29.09
10.00	29.33	29.83
11.00	29.35	29.98
12.00	30.26	30.68
13.00	31.72	31.97
14.00	31.89	31.98
15.00	32.26	32.68
16.00	32.23	32.83
17.00	31.89	32.56
18.00	31.76	31.76
19.00	30.64	30.84
21.00	29.30	29.80
21.00	28.51	28.91
22.00	27.66	27.86
23.00	26.02	26.62
24.00	25.91	26.01
01.00	25.89	25.80
02.00	24.33	24.37
03.00	24.35	24.36
04.00	24.76	24.78
05.00	25.72	25.96

### 3. เปรียบเทียบความพึงพอใจของเกษตรกรจากการใช้งานเครื่องเติมอากาศและกังหันน้ำ

ผลการสำรวจความพึงพอใจที่มีต่อการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สำหรับเครื่องเติมอากาศเพื่อการหมุนเวียนน้ำในบ่อกุ้งของเกษตรกรที่เพาะเลี้ยงกุ้ง ในชุมชนบางปลา ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยในรูปของตารางและความเรียงประกอบตาราง โดยมีการแปลความหมายค่าเฉลี่ยจากข้อมูลที่เป็นมาตรฐานส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50	หมายถึง	ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด
ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50	หมายถึง	ระดับความพึงพอใจน้อย
ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50	หมายถึง	ระดับความพึงพอใจปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50	หมายถึง	ระดับความพึงพอใจมาก
ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00	หมายถึง	ระดับความพึงพอใจมากที่สุด

ตาราง 11 ร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม

สถานะ	จำนวน	ร้อยละ
<b>จำนวนครัวเรือน</b>	<b>44</b>	<b>100</b>
<b>อายุ</b>		
25 - 34	12	27.00
35 ปีขึ้นไป	32	72.72
<b>สถานะภาพ</b>		
โสด	14	31.81
สมรส	30	68.18
<b>การศึกษาสูงสุด</b>		
ประถมศึกษา	20	45.45
มัธยมศึกษา	15	34.09
อนุปริญญา	6	13.63
ปริญญาตรี	3	6.82
<b>ลักษณะพื้นที่ของบ่อเลี้ยง</b>		
พื้นที่ของตนเอง	24	54.54
พื้นที่เช่า	12	27.27
พื้นที่ของตนเองและ เช่าพื้นที่บางส่วน	8	18.18

ตาราง 11 ร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม (ต่อ)

สถานะ	จำนวน	ร้อยละ
<b>จำนวนผู้ดูแลเบื้องต้น</b>		
2 คน	0	0
3 คน	10	22.72
4 คน	22	50.00
มากกว่า 5 คน	12	27.27
<b>รายได้ต่อเดือน</b>		
10,001 ถึง 20,000 บาท	12	27.27
20,000 บาทขึ้นไป	32	72.72

ผลการศึกษาข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามมีรายละเอียดดังแสดงไว้ในตารางที่ 11 และจากตารางที่ 11 พบว่า จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามเป็นพื้นที่ของตนเอง จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 54.54 เปอร์เซ็นต์ เป็นพื้นที่เช่าจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 27.27 เปอร์เซ็นต์ เป็นพื้นที่ของเกษตรกรเองและเช่าพื้นที่บางส่วน จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 18.18 เปอร์เซ็นต์ อายุระหว่าง 25 – 34 ปี 12 คน คิดเป็นร้อยละ 27.00 เปอร์เซ็นต์ อายุสูงกว่า 35 ปี 32 คน คิดเป็นร้อยละ 72.72 เปอร์เซ็นต์ การศึกษา ระดับประถมศึกษา 20 คน คิดเป็นร้อยละ 45.45 เปอร์เซ็นต์ ระดับมัธยมศึกษา 15 คน คิดเป็นร้อยละ 34.09 เปอร์เซ็นต์ ระดับอนุปริญญา 6 คน คิดเป็นร้อยละ 13.63 เปอร์เซ็นต์ ระดับการศึกษาปริญญาตรี 3 คน คิดเป็นร้อยละ 6.82 เปอร์เซ็นต์ และรายได้ต่อเดือนระหว่าง 10,001 ถึง 20,000 บาท 12 คน คิดเป็นร้อยละ 27.27 เปอร์เซ็นต์ และรายได้ 20,000 บาทขึ้นไป 32 คน คิดเป็นร้อยละ 72.72 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความพึงพอใจที่มีต่อการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สำหรับเครื่องเติมอากาศเพื่อการหมุนเวียนน้ำในบ่อกุ้งของเกษตรกร

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
<b>ประสิทธิภาพและสมรรถนะ</b>			
1. คุณภาพความคงทนของอุปกรณ์	2.14	0.86	น้อย
2. ความเหมาะสมของรูปแบบการติดตั้ง	1.42	0.50	น้อยที่สุด
3. การได้รับพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์	2.80	0.62	ปานกลาง
4. ขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เหมาะสม	2.97	0.77	ปานกลาง
5. การประจุพลังงานที่ได้รับ	4.13	0.68	มาก
6. ความสะดวกในการติดตั้งใช้งาน	4.50	0.69	มาก
7. ความปลอดภัยในการใช้งาน	4.33	0.67	ปานกลาง
8. ลดขั้นตอนและระยะเวลาการติดตั้ง	4.69	0.46	มากที่สุด
9. ความซับซ้อนในการติดตั้งใช้งาน	4.27	0.65	มาก
10. ราคามีความเหมาะสม	4.50	0.50	มาก
<b>คุณภาพและความปลอดภัย</b>			
11. ปริมาณออกซิเจนในน้ำ	3.91	0.50	มาก
12. สภาพภาพน้ำในบ่อ	2.83	0.60	ปานกลาง
13. ระยะเวลาในการปรับสภาพภาพน้ำ	3.63	0.68	มาก
14. ความเชื่อมั่นของอุปกรณ์ที่ติดตั้ง	3.91	0.55	มาก
15. ความมั่นใจด้านความปลอดภัยของสัตว์น้ำ	3.33	0.71	ปานกลาง
รวม	3.56	0.18	มาก

จากตารางที่ 12 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถาม มีความพึงพอใจต่อการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สำหรับเครื่องเติมอากาศเพื่อการหมุนเวียนน้ำในบ่อกุ้งของเกษตรกร ในภาพรวมอยู่ระดับ มาก ( $\bar{X} = 3.56$ ) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.69$ ) คือ ลดขั้นตอนและระยะเวลาการติดตั้ง และมีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด ( $\bar{X} = 1.42$ ) คือ ความเหมาะสมของรูปแบบการติดตั้ง นอกนั้นมีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความพึงพอใจที่มีต่อนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สำหรับเครื่องต้มน้ำเพื่อการหมุนเวียนน้ำในบ่อกักของเกษตรกร

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
<b>ประสิทธิภาพและสมรรถนะ</b>			
1. คุณภาพความคงทนของอุปกรณ์	3.11	1.08	ปานกลาง
2. ความเหมาะสมของรูปแบบการติดตั้ง	3.08	0.57	ปานกลาง
3. การได้รับพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์	3.11	0.82	ปานกลาง
4. ขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เหมาะสม	3.52	0.69	มาก
5. การประจุพลังงานที่ได้รับ	2.13	0.68	น้อย
6. ความสะดวกในการติดตั้งใช้งาน	2.71	0.97	ปานกลาง
7. ความปลอดภัยในการใช้งาน	3.25	0.69	ปานกลาง
8. ลดขั้นตอนและระยะเวลาการติดตั้ง	1.86	0.48	น้อย
9. ความซับซ้อนในการติดตั้งใช้งาน	2.47	0.69	น้อย
10. ราคามีความเหมาะสม	2.57	0.87	ปานกลาง
<b>คุณภาพและความปลอดภัย</b>			
11. ปริมาณออกซิเจนในน้ำ	2.32	0.63	น้อย
12. คุณภาพน้ำในบ่อ	3.33	0.86	ปานกลาง
13. ระยะเวลาในการปรับคุณภาพน้ำ	2.86	1.01	ปานกลาง
14. ความเชื่อมั่นของอุปกรณ์ที่ติดตั้ง	3.63	0.63	มาก
15. ความมั่นใจด้านความปลอดภัยของสัตว์น้ำ	2.83	0.65	ปานกลาง
รวม	2.85	0.21	ปานกลาง

จากตารางที่ 13 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถาม มีความพึงพอใจต่อการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สำหรับเครื่องต้มน้ำเพื่อการหมุนเวียนน้ำในบ่อกักของเกษตรกร ในภาพรวมอยู่ระดับ ปานกลาง ( $\bar{X} = 2.85$ ) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 3.63$ ) คือ ความเชื่อมั่นของอุปกรณ์ที่ติดตั้ง และมีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย ( $\bar{X} = 1.86$ ) คือ ลดขั้นตอนและระยะเวลาการติดตั้ง นอกนั้นมีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง

ตารางที่ 14 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความพึงพอใจที่มีต่อการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สำหรับเครื่องเติมอากาศกับกังหันตึน้ำเพื่อการหมุนเวียนน้ำในบ่อกุ้งของเกษตรกร

รายการ	พลังงานแสงอาทิตย์ มาใช้สำหรับ เครื่องเติมอากาศ		พลังงานแสงอาทิตย์ มาใช้สำหรับ กังหันตึน้ำ เติมอากาศ		t-test
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	
<b>ประสิทธิภาพและสมรรถนะ</b>					
1. คุณภาพความคงทนของอุปกรณ์	2.14	0.86	3.11	1.08	-4.15**
2. ความเหมาะสมของรูปแบบการติดตั้ง	1.42	0.50	3.08	0.57	-22.22**
3. การได้รับพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์	2.80	0.62	3.11	0.82	-3.17*
4. ขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เหมาะสม	2.97	0.77	3.52	0.69	-4.12**
5. การประจุพลังงานที่ได้รับ	4.13	0.68	2.13	0.68	12.55**
6. ความสะดวกในการติดตั้งใช้งาน	4.50	0.69	2.71	0.97	9.48**
7. ความปลอดภัยในการใช้งาน	4.33	0.67	3.25	0.69	5.74**
8. ลดขั้นตอนและระยะเวลาการติดตั้ง	4.69	0.46	1.86	0.48	25.96**
9. ความซับซ้อนในการติดตั้งใช้งาน	4.27	0.65	2.47	0.69	11.39**
10. ราคามีความเหมาะสม	4.50	0.50	2.57	0.87	14.92*
<b>คุณภาพและความปลอดภัย</b>					
11. ปริมาณออกซิเจนในน้ำ	3.91	0.50	2.32	0.63	11.29**
12. คุณภาพน้ำในบ่อ	2.83	0.60	3.33	0.86	-2.48*
13. ระยะเวลาในการปรับคุณภาพน้ำ	3.63	0.68	2.86	1.01	3.80**
14. ความเชื่อมั่นของอุปกรณ์ที่ติดตั้ง	3.91	0.55	3.63	0.63	1.89
15. ความมั่นใจด้านความปลอดภัยของสัตว์น้ำ	3.33	0.71	2.83	0.65	-2.70**
รวม	3.56	0.18	2.85	0.21	12.06**

จากตารางที่ 14 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถาม มีความพึงพอใจต่อประสิทธิภาพและสมรรถนะของการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สำหรับเครื่องเติมอากาศเพื่อการหมุนเวียนน้ำในบ่อกุ้งของเกษตรกรที่เพาะเลี้ยงกุ้ง มากกว่าการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สำหรับกังหันตึน้ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ( $t=12.06^{**}$ ) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า มีความพึงพอใจต่อประสิทธิภาพและสมรรถนะของการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สำหรับเครื่องเติมอากาศเพื่อการ

หมุนเวียนน้ำในบ่อกุ้งของเกษตรกรที่เพาะเลี้ยงกุ้ง มากกว่าการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สำหรับ  
กังหันตีน้ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ( $t=25.96^{**}$ ) คือ ลดขั้นตอนและระยะเวลาการติดตั้ง  
และผู้ตอบแบบสอบถาม มีความพึงพอใจต่อประสิทธิภาพและสมรรถนะของการนำพลังงาน  
แสงอาทิตย์มาใช้สำหรับกังหันตีน้ำเพื่อการหมุนเวียนน้ำในบ่อกุ้งของเกษตรกรที่เพาะเลี้ยงกุ้ง มากกว่า  
การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สำหรับเครื่องเติมอากาศ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05  
( $t=22.22^{**}$ ) คือ ความเหมาะสมของรูปแบบการติดตั้ง