

การพัฒนาระบบบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศ
ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ



ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2564

การพัฒนาระบบบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศ
ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน

สำนักบริหารและพัฒนาระบบสารสนเทศ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

การพัฒนาระบบบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศ
ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

วิทวัส ไทยเดช

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน

พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวโรจน์ ใจสิน)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย มณีชูเกตุ)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรารุช พลวงษ์ศรี)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รจพรพรรณ นิรัญศิลป์)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ)

รองอธิการบดี ปฏิบัติการแทน

อธิการบดี มหาวิทยาลัยแม่โจ้

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาระบบบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศ ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
ชื่อผู้เขียน	ว่าที่ร้อยตรีวิฑูรย์ ไทยเดช
ชื่อปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวโรจน์ ใจสิน

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาระบบและการบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำการออกแบบจะใช้แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด 3 แหล่งจ่ายคือ 1.พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ 2. พลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐาน 3. พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบระบบอัลกอริทึมที่ควบคุมการชาร์จประจุ การคายประจุแบตเตอรี่และการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยสามารถที่จะเลือกแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่สามารถชาร์จประจุแบตเตอรี่ การเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เพื่อให้สอดคล้องกับกิจวัตรประจำวันของเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยง สามารถทำการควบคุมที่แอปพลิเคชัน Blynk การทดสอบสมรรถนะและการหาประสิทธิภาพมีดังนี้คือ 1. การทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ค่าประสิทธิภาพบ่อเพาะเลี้ยงที่ 1 อยู่ที่ 56.03% ค่าประสิทธิภาพบ่อเพาะเลี้ยงที่ 2 อยู่ที่ 84.51% 2. การทดสอบการนำพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปใช้สำหรับเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ค่าประสิทธิภาพบ่อเพาะเลี้ยงที่ 1 อยู่ที่ 76.48% ค่าประสิทธิภาพบ่อเพาะเลี้ยงที่ 2 อยู่ที่ 91.42% 3. การทดสอบการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ค่าประสิทธิภาพบ่อเพาะเลี้ยงที่ 1 อยู่ที่ 87.61% ค่าประสิทธิภาพบ่อเพาะเลี้ยงที่ 2 อยู่ที่ 97.97% 4. การทดสอบการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐาน ค่าประสิทธิภาพบ่อเพาะเลี้ยงที่ 1 อยู่ที่ 64.99% ค่าประสิทธิภาพบ่อเพาะเลี้ยงที่ 2 อยู่ที่ 78.81% การวิเคราะห์ผลประหยัดทางเศรษฐศาสตร์ จะทำการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์กรณีการนำพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้า 19,549.46 Baht/year คิดเป็นระยะเวลาคืนทุน 6.63 year บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้า 28,479.80 Baht/year คิดเป็นระยะเวลาคืนทุน 4.54 year

คำสำคัญ : โซลาไฮบริดจ์อินเวอร์เตอร์, ระบบบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้า, ระบบการจัดการพลังงาน



Title	DEVELOPMENT OF A SMART ELECTRICAL ENERGY MANAGEMENT FOR AERATOR IN AQUACULTURE POND
Author	Acting Sub Lt. Wittawat Thaidech
Degree	Master of Engineering in Renewable Energy Engineering
Advisory Committee Chairperson	Assistant Professor Chawaroj Jaisin , Ph.D.

ABSTRACT

This research aims to develop a system and intelligent electric power management for aerators in aquaculture ponds. The designed animal farm uses three power sources, namely: 1. Solar cell power 2. Basic electricity 3. Battery power. The researchers designed an algorithmic system that controls the charging process. Battery Discharging and Power Management in Aquaculture Ponds By being able to select an electrical power supply that can charge the battery. Aeration in aquaculture ponds in order to be in line with the daily routine of cultivators This can be controlled at the Blynk application. Performance tests and determinations are as follows: 1. Testing the electrical power of the aquaculture pond system. The efficiency of the 1st pond is 56.03%, the efficiency of the 2nd pond is 84.51%. The efficiency of the 1st pond was 76.48%, the efficiency of the 2nd pond was 91.42%. The efficiency of the 1st pond was 87.61%, the efficiency of the 2nd pond was 97.97%. The efficiency of the 1st pond was 64.99%, the efficiency of the 2nd pond was 78.81%. Economic analysis of the use of electricity from solar cells to aerate in aquaculture ponds will be analyzed. The 1st aquaculture pond can produce electricity 19,549.46 Baht/year for a payback period of 6.63 years. The 2nd aquaculture pond can produce electricity 28,479.80 Baht/year for a 4.54 year payback period.

Keywords : Solar Hybrid Inverter, Electrical energy administration system, Energy management system



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับการเอื้อเฟื้อข้อมูล ความรู้ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และความร่วมมือจากหลาย ๆ ท่าน ซึ่งให้การสนับสนุนผู้วิจัยตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้นกระบวนการ

ขอขอบพระคุณความอนุเคราะห์ คำแนะนำและความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรถกร อาสนคำ ที่ให้เกียรติเป็นประธานกรรมการสอบ วิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวโรจน์ ใจสิน ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก รวมถึงผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย มณีชูเกตุ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรารุช พลวงษ์ศรี ที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ได้สละเวลาอันมีค่า ให้ความรู้ ให้คำแนะนำ และให้คำปรึกษาในเรื่องต่าง ๆ ตลอดจนให้ความดูแลและความเอาใจใส่เป็นอย่างดี ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ให้งบประมาณสนับสนุน ภายใต้โครงการ ชุมชนต้นแบบเลี้ยงปลาอัจฉริยะสีเขียวเพื่อลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล กรณีศึกษาชุมชนบ้านทุ่งยาว อ.สันทราย จ.เชียงใหม่

ขอขอบพระคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่มอบทุนการศึกษาและทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์ผ่าน โครงการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทนในกลุ่มประเทศอาเซียนระดับบัณฑิตศึกษา

ขอขอบพระคุณ คุณวันดี ชีวา เจ้าของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ชุมชนบ้านทุ่งยาว ตำบลสันทราย หลวง อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัยครั้งนี้ให้เสร็จสมบูรณ์ลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ครอบครัว รวมถึงญาติพี่น้องของผู้วิจัยทุกท่านที่ให้ความรัก กำลังใจ การอบรมเลี้ยงดูให้การสนับสนุนด้านการศึกษาอย่างดี และขอบคุณกัลยาณมิตรทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ จนทำให้งานวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จตามเป้าหมายทุกประการ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ซ
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ที่มาและความสำคัญ.....	1
วัตถุประสงค์งานวิจัย.....	2
ขอบเขตงานวิจัย.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและการตรวจสอบเอกสาร.....	4
เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์.....	4
1. เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell).....	4
อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์.....	8
1. รีเลย์ (Relay).....	8
2. แมกเนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactor).....	9
เทคโนโลยีการสะสมพลังงาน.....	11
1. แบตเตอรี่ (Battery).....	11
เครื่องเติมอากาศ.....	12
1. เครื่องเติมอากาศที่ผิวหน้า (Surface Aerator).....	12
2. เครื่องเติมอากาศเทอร์ไบน์ใต้น้ำ (Submerged Turbine Aerator).....	12

3. เครื่องเติมอากาศใต้น้ำ (Submersible Aerator).....	13
4. เครื่องเติมอากาศแบบหัวฉีดน้ำ (Jet Aerator).....	14
การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์	14
ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	15
สมมติฐานงานวิจัย	24
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	26
การพัฒนาระบบจัดการแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 27	
1. การออกแบบและพัฒนาระบบบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	27
2. อัลกอริทึมการพัฒนาระบบจัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติม อากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ.....	31
3. ซอฟต์แวร์ระบบบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	34
การพัฒนาระบบจัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยง สัตว์น้ำแบบที่ 1	35
1. แนวความคิดและหลักการระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1	36
2. การพัฒนาระบบจัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อ เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1	36
3. การพัฒนาการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1	40
การพัฒนาระบบจัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยง สัตว์น้ำแบบที่ 2	41
1. แนวความคิดและหลักการระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2	41
2. การพัฒนาระบบจัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อ เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2	45
3. การพัฒนาการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2	46
คุณลักษณะจำเพาะระบบจัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อ เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	47

1. การทดสอบสมรรถนะด้านพลังงานไฟฟ้าระบบบริหารจัดการบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1	47
2. การทดสอบสมรรถนะด้านพลังงานไฟฟ้าระบบบริหารจัดการบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2	49
3. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพค่าพลังงานไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	50
การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์	52
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	53
ผลการพัฒนาระบบจัดการแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	53
1. ผลการออกแบบและพัฒนาระบบบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	53
2. การพัฒนาอัลกอริทึมและซอฟต์แวร์ระบบบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	56
ผลการพัฒนาระบบจัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1	59
ผลการพัฒนาระบบจัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2	59
1. ผลการออกแบบระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2	59
2. การพัฒนาอัลกอริทึมและซอฟต์แวร์ระบบบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2	61
ผลคุณลักษณะจำเพาะระบบจัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	62
1. การทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	62
2. การหาประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	70
การวิเคราะห์สมรรถนะเศรษฐศาสตร์	73
1. ต้นทุนระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์	73

2. การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์กรณีใช้พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าพื้นฐานและแบตเตอรี่สำรอง.....	74
3. การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์กรณีใช้พลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ.....	75
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	78
ข้อเสนอแนะ.....	79
ภาคผนวก ก ข้อมูลผลการวิจัยและงานวิจัยที่เผยแพร่.....	80
ภาคผนวก ข ผลประหยัดพลังงานของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ.....	124
บรรณานุกรม.....	137
ประวัติผู้วิจัย.....	140



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 การบริหารพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของเกษตรกร	32
ตารางที่ 2 ราคาเฉลี่ยของอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์.....	73
ตารางที่ 3 ค่ารังสีแสงอาทิตย์และค่าพลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้ของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ.....	74



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 Monocrystalline Silicon Solar Cells	5
ภาพที่ 2 Amorphous Silicon Solar Cell	5
ภาพที่ 3 Copper Indium (Gallium) Di-Selenide	6
ภาพที่ 4 โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ผาบ่อง	7
ภาพที่ 5 Solar PV roof top.....	7
ภาพที่ 6 Floating Solar Power	8
ภาพที่ 7 สัญลักษณ์ของรีเลย์.....	8
ภาพที่ 8 สภาวะการทำงานของรีเลย์.....	9
ภาพที่ 9 ลักษณะโครงสร้างภายในของแมกเนติกคอนแทคเตอร์.....	10
ภาพที่ 10 หน้าสัมผัสและหน้าสัมผัสช่วย.....	10
ภาพที่ 11 แบตเตอรี่ Deep Cycle ชนิดน้ำ.....	11
ภาพที่ 12 แบตเตอรี่ Deep Cycle แบบแห้งชนิด GEL และแบบชนิด AGM	12
ภาพที่ 13 Surface Aerator.....	12
ภาพที่ 14 Submerged Turbine Aerator	13
ภาพที่ 15 Submersible Aerator.....	13
ภาพที่ 16 Jet Aerator	14
ภาพที่ 17 ลักษณะการติดตั้งเครื่องให้อากาศของบ่อเลี้ยงกุ้ง	16
ภาพที่ 18 วงจรระบบตรวจวัดปริมาณออกซิเจนในน้ำ.....	17
ภาพที่ 19 ระบบควบคุมและจัดการพลังงานสมาร์ทกริดสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าแบบแยกเดี่ยว	18
ภาพที่ 20 ระบบการเติมอากาศอัตโนมัติสำหรับบ่อเพาะเลี้ยงปลา	19
ภาพที่ 21 ระบบการเติมอากาศโดยใช้พลังงานลม.....	20

ภาพที่ 22 รูปแบบการออกแบบวงจร	21
ภาพที่ 23 การทดสอบเครื่องเติมอากาศในบ่ออนุบาลปลา ณ สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดตาก.....	22
ภาพที่ 24 ระบบตรวจสอบคุณภาพน้ำ	23
ภาพที่ 25 ระบบควบคุมเครื่องเติมอากาศแบบอัตโนมัติในบ่อเลี้ยงปลานิล	24
ภาพที่ 26 วิธีการดำเนินการวิจัย	26
ภาพที่ 27 แผนภาพบล็อกการจัดการระบบพลังงานไฟฟ้าสำหรับบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ.....	28
ภาพที่ 28 ระบบควบคุมการเชื่อมต่อข้อมูล	28
ภาพที่ 29 บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำการศึกษาวิจัย.....	29
ภาพที่ 30 แผนผังบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำการศึกษาวิจัยแบบที่ 1	30
ภาพที่ 31 มอเตอร์ที่ใช้ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำการศึกษาวิจัยแบบที่ 1	31
ภาพที่ 32 แผนผังการอ่านค่าพารามิเตอร์ของเครื่องวัด.....	33
ภาพที่ 33 แผนผังระบบและจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	33
ภาพที่ 34 แผนผังระบบและจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ต่อ).....	34
ภาพที่ 35 หน้าต่างการตรวจสอบผ่านแอปพลิเคชัน Blynk.....	35
ภาพที่ 36 วงจรควบคุมรูปแบบที่ 1 Part 1	38
ภาพที่ 37 วงจรควบคุมการชาร์จประจุแบตเตอรี่	40
ภาพที่ 38 แผนภาพการทำงานของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2.....	42
ภาพที่ 39 แผนภาพวงจรควบคุมการทำงานของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2	43
ภาพที่ 40 บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำการศึกษาวิจัยแบบที่ 2	44
ภาพที่ 41 แผนผังบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำการศึกษาวิจัยแบบที่ 2	44
ภาพที่ 42 มอเตอร์และเกียร์ทดที่ใช้ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำการศึกษาวิจัยแบบที่ 2.....	45
ภาพที่ 43 การทดสอบสมรรถนะการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1	47
ภาพที่ 44 การทดสอบสมรรถนะการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1	49
ภาพที่ 45 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำการติดตั้งในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำการศึกษาวิจัย	53

ภาพที่ 46 Solar Charger กับ Battery Charger ที่ทำการติดตั้งในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 ..	54
ภาพที่ 47 Battery ที่ทำการติดตั้งในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1	55
ภาพที่ 48 ตำแหน่งสวิทช์ที่ติดตั้งในกล่องควบคุม	55
ภาพที่ 49 ตำแหน่งแมกเนติกที่ติดตั้งในกล่องควบคุม.....	56
ภาพที่ 50 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้ากับค่ากำลังไฟฟ้าของระบบบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ.....	57
ภาพที่ 51 กราฟแสดงการทำงานของแมกเนติก M1 และ M2.....	57
ภาพที่ 52 กราฟแสดงการทำงานของแมกเนติก M3 และ M4.....	58
ภาพที่ 53 ระบบ Ongrid ของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2	60
ภาพที่ 54 ระบบ Offgrid ของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2	60
ภาพที่ 55 แบตเตอรี่สำรองพลังงานไฟฟ้า.....	61
ภาพที่ 56 กราฟกำลังไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 ช่วงเวลากลางวัน.....	62
ภาพที่ 57 กราฟกำลังไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 ช่วงเวลากลางคืน.....	63
ภาพที่ 58 กราฟกำลังไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 ช่วงเวลากลางวัน.....	64
ภาพที่ 59 กราฟกำลังไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 ช่วงเวลากลางคืน.....	65
ภาพที่ 60 การนำพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปใช้ในการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1	66
ภาพที่ 61 การนำพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปใช้ในการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2	66
ภาพที่ 62 การทดสอบการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1	67
ภาพที่ 63 การทดสอบการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2	68
ภาพที่ 64 การทดสอบการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1.....	69

ภาพที่ 65 การทดสอบการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2..... 70

ภาพที่ 66 ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ..... 71

ภาพที่ 67 ประสิทธิภาพการนำพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปใช้ในการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 71

ภาพที่ 68 ประสิทธิภาพการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ 72

ภาพที่ 69 ประสิทธิภาพการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐาน..... 73

ภาพที่ 70 กราฟแสดงผลประหยัดพลังงานของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำการศึกษาวิจัย 76



บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันการใช้พลังงานไฟฟ้าในประเทศไทยมีความต้องการเพิ่มมากขึ้น โดยในภาคเกษตรกรรมเป็นภาคที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศ การใช้พลังงานไฟฟ้าในภาคการเกษตรของประเทศไทย จะเห็นได้ว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าในด้านการเกษตรมีแนวโน้มที่สูงมากยิ่งขึ้น โดยในปัจจุบันมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในด้านการเกษตรอยู่ที่ 386.68 GWh/ปี (2016 Energy Balance of Thailand, 2016) ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้มีการนำพลังงานไฟฟ้ามาใช้ในการเพาะเลี้ยงอย่างแพร่หลายเพิ่มมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการสูบน้ำ การเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยง การนำพลังงานจากแสงอาทิตย์มาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ได้ความนิยมเป็นอย่างมาก โดยในประเทศไทยมีความเหมาะสมที่จะนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้า เพราะอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรและมีค่าเฉลี่ยของการผลิตกระแสไฟฟ้าอยู่ที่ 4.94 kWh/m²/day ซึ่งในปัจจุบันค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการใช้พลังงานไฟฟ้ามีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก และโดยเฉพาะในพื้นที่ห่างไกลยังมีเสถียรภาพทางด้านพลังงานไฟฟ้าจะมีค่อนข้างต่ำอีกด้วย

นอกจากพลังงานแสงอาทิตย์ในภาคการเกษตรแล้ว ปัจจุบันได้มีประยุกต์ใช้ทดแทนแบบต่างๆ รวมถึงมีการนำระบบการจัดการพลังงานและการควบคุมแบบอัตโนมัติมาประยุกต์ใช้งานร่วมด้วย โดยมีตัวอย่างงานวิจัยดังนี้ Moataz K El-Nemr และ Mr. Mohamed K El-Nemr ได้ทำวิจัยเรื่อง Fish farm management and microcontroller based aeration control system โดยทำการศึกษาระบบควบคุมการเติมอากาศในบ่อเลี้ยงปลาโดยใช้พลังงานลมมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าสามารถควบคุมการทำงานของเครื่องเติมอากาศ มอเตอร์ 3 เฟส ขนาด 1 แรงม้าได้ (El-Nemr & El-Nemr, 2013) Gokay Bayrak และ Mr.Mehmet Cebeci ได้ทำวิจัยเรื่อง A PV Based Automation System for Fish Farms: An Application Study ได้ทำการศึกษาระบบการเติมอากาศอัตโนมัติสำหรับฟาร์มเลี้ยงปลาใช้ Microcontroller ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ปั๊มและอุณหภูมิโดยจะทำงานร่วมกับตัว sensor วัดค่าออกซิเจนในน้ำ (Bayrak & Lebeli, 2011) Domimic และคณะ ได้ทำวิจัยเรื่อง Solar-Powered Field Server and Aerator Development for Lake Palakpakin ได้ทำการศึกษานวัตกรรมในการตรวจสอบคุณภาพของน้ำ สามารถใช้เซนเซอร์ในการวัดค่าออกซิเจนในน้ำได้ (Solpico et al., 2014) Iqib Prasetyaningsari และคณะ ได้ทำวิจัยเรื่อง Design optimization of solar powered aeration system for fish pond in Sleman Regency,

Yogykarta by HOMER software ศึกษาการออกแบบระบบจำลองระบบเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้โปรแกรม Homer กำหนดบ่อเลี้ยงปลาขนาดเล็ก ค่าโหลดสูงสุด 1.692 KWh/day (Prasetyaningsari, Setiawan, & Setiawan, 2013) Ail H. A.-Waeli และคณะ ได้ทำวิจัยเรื่อง Optimum Design and Evaluation of Solar Water Pumping System for Rural Areas ได้ทำการศึกษาการออกแบบจำลองระบบเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้โปรแกรม Homer ได้ทำการศึกษารูปแบบการสูบน้ำอยู่ทั้งหมด 4 รูปแบบและทำการหาค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ของแต่ละรูปแบบ (Al-Waeli et al., 2017) จากข้อมูลในปัจจุบันดังที่กล่าวมา ได้มีการประยุกต์ใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์มาใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมากยิ่งขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการนำพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ในการสูบน้ำหรือการเป็นพลังงานไฟฟ้าให้กับมอเตอร์สำหรับการเติมอากาศให้กับสัตว์น้ำในบ่อเพาะเลี้ยง แต่เนื่องจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของเกษตรกรอยู่ในสถานที่ที่มีบริบทต่างกัน พลังงานไฟฟ้าพื้นฐานที่เป็นพลังงานไฟฟ้าหลักในการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจึงมีความเสถียรภาพที่แตกต่างกัน จึงทำให้เกิดสถานการณ์ไฟฟ้าขัดข้องอยู่เป็นประจำ ซึ่งจะก่อให้เกิดความเสียหายแก่สัตว์น้ำที่เพาะเลี้ยง รวมไปถึงข้อจำกัดในการบริหารจัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเกษตรกรในช่วงที่เกิดสถานการณ์ต่าง ๆ ที่ยังไม่มีแนวทางในการจัดการพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในบ่อเพาะเลี้ยงน้ำที่แน่นอน

จากที่มาความสำคัญการนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ในภาคเกษตรกรรม โดยเฉพาะการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำนั้นได้มีการนำเทคโนโลยีไปช่วยสนับสนุนกันอย่างแพร่หลายและเพิ่มมากขึ้น แต่ในปัจจุบันยังไม่มีงานวิจัยที่เกี่ยวกับระบบจัดการและควบคุมเสถียรภาพการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับไฟฟ้าพื้นฐาน จึงเป็นเหตุให้ผู้วิจัยมีความคิดที่จะพัฒนาระบบดังกล่าวสำหรับใช้ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เพื่อจัดการและควบคุมเสถียรภาพการจ่ายพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ รวมถึงเพื่อเป็นการลดต้นทุนทางด้านพลังงานไฟฟ้าในระบบการผลิตของเกษตรกร

วัตถุประสงค์งานวิจัย

เพื่อพัฒนาระบบจัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ขอบเขตงานวิจัย

1. พัฒนาระบบจัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศอย่างน้อย 3 แหล่งจ่าย
2. พัฒนาระบบควบคุมระบบสะสมและใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
3. หาประสิทธิภาพของระบบจัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศ
4. วิเคราะห์ผลประหยัดทางเศรษฐศาสตร์ของระบบจัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ



บทที่ 2

ทฤษฎีและการตรวจเอกสาร

การศึกษาทฤษฎีและการตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้องกับ การพัฒนาระบบบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ งานวิจัยนี้ได้แบ่งทฤษฎีและการตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้อง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์

1. เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)

เซลล์แสงอาทิตย์ เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับการเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยการนำสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน ที่มีจำนวนมากและราคาถูก นำมาผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลิตให้เป็นแผ่นบางบริสุทธิ์ ในพื้นที่ที่มีแสงตกกระทบบนแผ่นเซลล์รังสีของแสงที่มีอนุภาคของพลังงานประกอบที่เรียกว่า โพรตรอน (Proton) จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอน (Electron) ในสารกึ่งตัวนำ จนมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของอะตอม (Atom) สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่ออิเล็กตรอนมีการเคลื่อนที่ครบวงจร ก็จะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงขึ้น

1.1 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์

1.1.1 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอน ชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon Solar Cell) หรือ Mono Crystalline Silicon Solar Cell และชนิดผลึกรวม (Polycrystalline Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอนแข็งและบาง เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิคอน Crystalline Silicon (c-Si) ผลิตจากแท่งผลึกซิลิคอน ที่เกิดจากการหลอมละลายซิลิคอนบริสุทธิ์ ที่อุณหภูมิสูงถึง 1,500 องศาเซลเซียส ผ่านกระบวนการตกผลึกอย่างช้า ๆ และนำมาตัดเป็นแผ่นบาง ๆ เรียกว่า เวเฟอร์ โดยมีประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานประมาณร้อยละ 13-15 โดยที่ต้นทุนในการผลิตแผงเซลล์ชนิดนี้ค่อนข้างสูงดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 Monocrystalline Silicon Solar Cells

ที่มา: (Solar CELL THAILAND, 2013)

1.1.2 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell)

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน Amorphous Silicon (a-Si) เป็นการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์อีกชนิดหนึ่ง โดยใช้สารซิลิคอน สารโบรอนและสารฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปก๊าซทั้งหมด นำมาเคลือบเป็นฟิล์มบาง (Thin Film) ลงบนแผ่นแก้ว แผ่นพลาสติก หรือ แผ่นโลหะ มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนรูปพลังงานต่ำกว่าชนิดผลึกซิลิคอน แต่ปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาใช้ในการผลิต ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตลง และเพิ่มประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพสูงประมาณร้อยละ 6-8 ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 Amorphous Silicon Solar Cell

ที่มา: (บริษัท เอเชีทพลัส (ไทยแลนด์) จำกัด, 2018)

1.1.3 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำอื่น ๆ เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสารประกอบของคอปเปอร์อินเดียมไดเซเลไนด์ (Copper Indium (Gallium) Di-Selenide) เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ใช้สารผสมของ Copper Indium Gallium และ Selenium โดยมีทั้งที่ใช้ Cadmium Sulphide และไม่ใช่ Cadmium Sulphide เป็นบัฟเฟอร์ในเซลล์แสงอาทิตย์ มีทั้งชนิดผลึกเดี่ยว (Single

Crystalline) และพหุคริสตัล (Polycrystalline) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูงใกล้เคียงกับชนิดผลึกซิลิคอน อยู่ที่ประมาณ 9-13 ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 Copper Indium (Gallium) Di-Selenide

ที่มา: (Solar CELL THAILAND, 2013)

1.2 การหาประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ คือ อัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตได้จากระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV) ต่อกำลังแสงอาทิตย์ตกกระทบสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$\eta_{PV} = \frac{P_{DC}}{GA} \times 100$$

สมการที่ 1

โดยที่ η_{PV} คือ ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (%)

P_{DC} คือ กำลังไฟฟ้ากระแสตรงจากระบบ PV (W)

G คือ ค่ารังสีอาทิตย์ตกกระทบ (W/m^2)

A คือ พื้นที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์รวม (m^2)

1.3 รูปแบบของการประยุกต์นำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้า

1.3.1 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้ากับสายส่งที่เป็นสถานี (PV Station) เป็นระบบขนาดใหญ่ที่ใช้พื้นที่ในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวนมาก ซึ่งระบบจะจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าจำนวนมาก แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ผาบ่อง

ที่มา https://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=1991:art-

1.3.2 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งที่ติดตั้งกับหลังคา (PV roof top) เป็นการประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งร่วมกับหลังคาเพื่อผลิตไฟฟ้าใช้ภายในบ้านและช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าที่ใช้ภายในบ้าน ส่วนประกอบหลักของระบบจะเหมือนกับระบบ PV grid connected ทั่วไป แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 Solar PV roof top

ที่มา <https://homeguru.homepro.co.th/solar-rooftop-how-good-is-it/>

1.3.3 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งที่ติดตั้งแบบลอยน้ำ คือ สถานที่ผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ บนโครงสร้างที่ลอยอยู่บนผิวน้ำ เช่น แม่น้ำ คลอง หนอง บึง แอ่งเทียม หรือทะเลสาบ โดยทำหน้าที่กักเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อสำหรับใช้งานและขายให้กับการไฟฟ้า ส่วนภูมิภาคหรือการไฟฟ้านครหลวง เช่นเดียวกับ Solar Farm และ Solar Roof Top ที่ตั้งบนพื้นดิน การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์แบบลอยน้ำเป็นอีกหนึ่งเทคโนโลยี ที่สามารถช่วยในเรื่องการประหยัดพื้นที่

วางแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนบก เพราะหาต้องการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มากขึ้นเท่าไร พื้นที่วางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ก็ย่อมต้องมีมากขึ้น แสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 Floating Solar Power

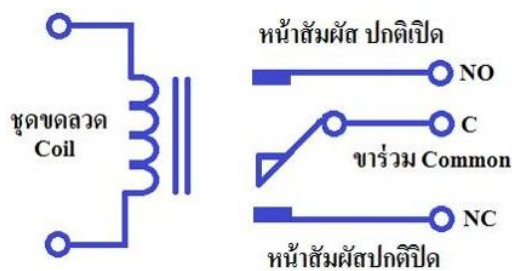
ที่มา <https://homeguru.homepro.co.th/solar-rooftop-how-good-is-it/>

อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์

1. รีเลย์ (Relay)

1.1 หลักการทำงาน

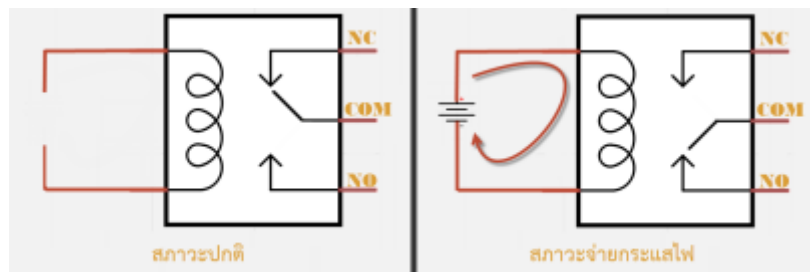
เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ซึ่งทำหน้าที่ตัดต่อวงจรแบบเดียวกับสวิตช์ โดยควบคุมการทำงานด้วยไฟฟ้า รีเลย์มีหลายประเภท ตั้งแต่รีเลย์ขนาดเล็กที่ใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป จนถึงรีเลย์ขนาดใหญ่ที่ใช้ในงานไฟฟ้าแรงสูง โดยมีรูปร่างหน้าตาแตกต่างกันออกไป แต่มีหลักการทำงานที่คล้ายคลึงกัน สำหรับการนำรีเลย์ไปใช้งาน จะใช้ในการตัดต่อวงจร ทั้งนี้รีเลย์ยังสามารถเลือกใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ



ภาพที่ 7 สัญลักษณ์ของรีเลย์

ที่มา <http://primusthai-pm.blogspot.com/2018/11/solid-state-relay-relay.html>

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด จะทำให้ขดลวดเกิดสนามแม่เหล็กไปดึง แผ่นหน้าสัมผัสให้ดึงลงมา แต่หน้าสัมผัสอีกอันทำให้มีกระแสไหลผ่านหน้าสัมผัสไปได้



ภาพที่ 8 สภาวะการทำงานของรีเลย์

ที่มา <https://cgproject111.wordpress.com/2015/11/15/หลักการทํางาน-relay/>

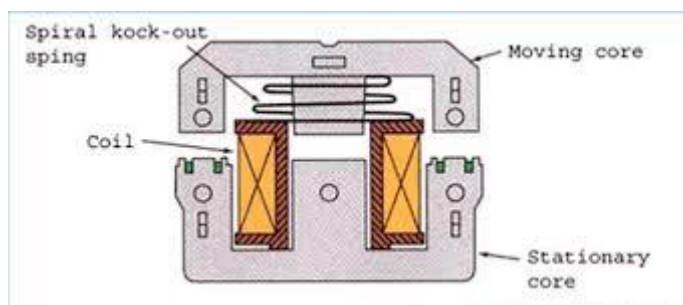
ขาจ่ายแรงดันใช้งานจะมีอยู่ 2 ขาจากภาพที่ 8 จะเห็นสัญลักษณ์ขดลวดแสดงตำแหน่งขา Coil หรือขาแรงดันใช้งาน ขา C หรือขาคอมมอนจะเป็นขาต่อระหว่าง NO และ NC ขา NO (Normally Opened หรือ ปกติเปิด) โดยปกติขานี้จะเปิดเอาไว้ จะทำงานเมื่อเราป้อนแรงดันให้กับรีเลย์ ขา NC (Normally Closed หรือ ปกติปิด) โดยปกติขานี้จะต่อกับขา C ในกรณีที่เราไม่ได้จ่ายแรงดันหน้าสัมผัสของ C และ NC จะต่อถึงกัน

ข้อคำนึงถึงในการใช้งานรีเลย์ทั่วไป แรงดันใช้งาน หรือแรงดันที่ทำให้รีเลย์ทำงานได้ หากเราดูที่ตัวรีเลย์จะระบุค่า แรงดันใช้งานไว้ (หากใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนมากจะใช้แรงดันกระแสตรงในการใช้งาน) เช่น 12VDC คือต้องใช้แรงดันที่ 12 VDC เท่านั้นหากใช้มากกว่านี้ ขดลวดภายใน ตัวรีเลย์อาจจะขาดได้ หรือหากใช้แรงดันต่ำกว่ามาก รีเลย์จะไม่ทำงาน ส่วนในการต่อวงจรนั้นสามารถต่อขั้วใดก็ได้ เพราะตัวรีเลย์จะไม่ระบุขั้วต่อไว้ (นอกจากชนิดพิเศษ)

2. แมกเนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactor)

2.1 หลักการทำงาน

เป็นอุปกรณ์ที่อาศัยการทำงานโดยใช้อำนาจแม่เหล็ก ในการเปิด-ปิดหน้าสัมผัส เพื่อควบคุมวงจรมอเตอร์หรือเรียกว่า สวิตช์แม่เหล็ก (Magnetic Switch) หรือคอนแทคเตอร์ (Contactor) แมกเนติกคอนแทคเตอร์มีโครงสร้างดังภาพที่ 9



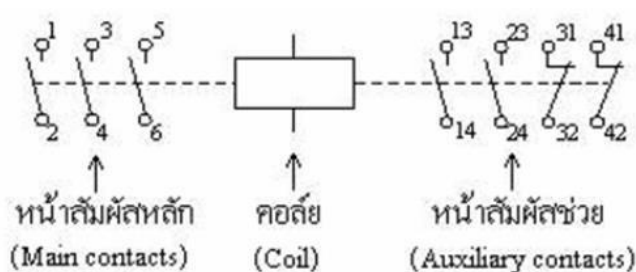
ภาพที่ 9 ลักษณะโครงสร้างภายในของแมกเนติกคอนแทคเตอร์

ที่มา: (วิทยาลัยการอาชีพลอง, 2018)

แกนเหล็ก แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ แกนเหล็กอยู่กับที่ (Stationary core) ที่ขาทั้งสองข้างของแกนเหล็กจะมีลวดทองแดงเส้นใหญ่ต่อลัดอยู่ เป็นรูปวงแหวน ฝังอยู่ที่ผิวหน้าของแกน เพื่อลดการสั่นสะเทือนของแกนเหล็ก อันเนื่องมาจากการสั่นสะเทือนไฟฟ้ากระแสสลับ เรียกวงแหวนนี้ว่า shuddering และแกนเหล็กเคลื่อนที่ (Moving core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางอัดซ้อนกันเป็นแกน จะมีชุดหน้าสัมผัสเคลื่อนที่ (Moving Contact) ยึดติดอยู่

ขดลวด (Coil) ทำมาจากลวดทองแดงพันอยู่รอบบ็อบบี้บนสวมอยู่ตรงกลางขาตัวอีของแกนเหล็กที่อยู่กับที่ขดลวดทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็ก

หน้าสัมผัส (Contact) แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ หน้าสัมผัสหลัก (Main Contacts) โดยปกติแล้วหน้าสัมผัสหลักมี 3 อัน สำหรับส่งผ่านกำลังไฟฟ้า 3 เฟสเข้าไปสู่มอเตอร์ หรือโหลดที่ใช้แรงดันไฟฟ้า 3 เฟส หน้าสัมผัสหลักของคอนแทคเตอร์มีขนาดใหญ่ สามารถทนแรงดันและกระแสได้สูง หน้าสัมผัสหลักเป็นชนิดปกติเปิด (Normally open) และหน้าสัมผัสช่วย (Auxiliary Contacts) หน้าสัมผัสชนิดนี้ติดตั้งอยู่ด้านข้างทั้งสองด้านของตัวคอนแทคเตอร์มีขนาดเล็กทนกระแสได้ต่ำ ทำหน้าที่ช่วยการทำงานของวงจร เช่น เป็นหน้าสัมผัสที่ทำให้คอนคอนแทคเตอร์ทำงานได้ตลอดเวลา หรือเรียกว่า holding หรือ maintaining contact หน้าสัมผัสช่วยนี้จะหน้าสัมผัสแบบโยกได้สองทาง โดยจะถูกดึงขึ้น-ลง ไปตามจังหวะการดูด-ปล่อยของคอนแทคเตอร์สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 หน้าสัมผัสและหน้าสัมผัสช่วย

ที่มา: (วิทยาลัยการอาชีพลอง, 2018)

เทคโนโลยีการสะสมพลังงาน

1. แบตเตอรี่ (Battery)

1.1 หลักการทำงาน

ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดจากแผ่นตะกั่วจุ่มอยู่ในสารละลายกรดซัลฟิวริก การชาร์จและการคายประจุเกิดจากปฏิกิริยาเคมีที่เกิดจากการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ที่ขั้วบวกและลบ แต่อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ ได้ถูกพัฒนาให้มีอายุการใช้งานนานขึ้น เพราะว่าในการชาร์จและคายประจุแต่ละครั้ง แผ่นตะกั่วที่ขั้วบวกจะสึกลงเรื่อย ๆ การเพิ่มแผ่นตะกั่วให้หนาขึ้นที่ขั้วบวกของแบตเตอรี่ในชนิด Deep Cycle

1.2 ประเภทของแบตเตอรี่

1.2.1 แบตเตอรี่ Deep Cycle ชนิดน้ำ หรือ Flooded Type Deep Cycle Battery เป็นแบตเตอรี่ที่มีการใช้งานมากที่สุดในระบบโซลาร์เซลล์และระบบพลังงานทางเลือก เพราะเมื่อเปรียบเทียบกับ Ah เป็นแบตเตอรี่ชนิดที่คุ้มค่าต่อการลงทุนที่สุด แต่ก็ยังเป็นชนิดที่ต้องการการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ เช่น การเติมน้ำกลั่นหรือ การทำความสะอาดขั้วแบตเตอรี่ ส่วนการติดตั้งก็ต้องติดตั้งในพื้นที่ที่มีอากาศถ่ายเท และวางในลักษณะตั้งขึ้นได้เท่านั้น ส่วนแบตเตอรี่ ชนิดน้ำ ที่เป็นแบบ maintenance free หรือชนิดที่ไม่ต้องการการบำรุงรักษานั้น เป็นเพียงชนิดที่ออกแบบมาให้มีอายุการใช้งานสั้นลงดังแสดงในภาพที่ 11



ภาพที่ 11 แบตเตอรี่ Deep Cycle ชนิดน้ำ

ที่มา: (KLC BRIGHT, 2018)

1.2.2 แบตเตอรี่ Deep Cycle ชนิดแห้งหรือชนิดวาล์วปรับแรงดันภายใน (Valve Regulated Lead Acid:VRLA) เป็นแบตเตอรี่ที่มีโครงสร้างเป็นระบบปิด ไม่ต้องการการบำรุงรักษาควบคุมแรงดันของสารละลายด้วยวาล์วปรับแรงดันที่อยู่ภายใน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ชนิด GEL และ ชนิด AGM แสดงดังภาพที่ 12



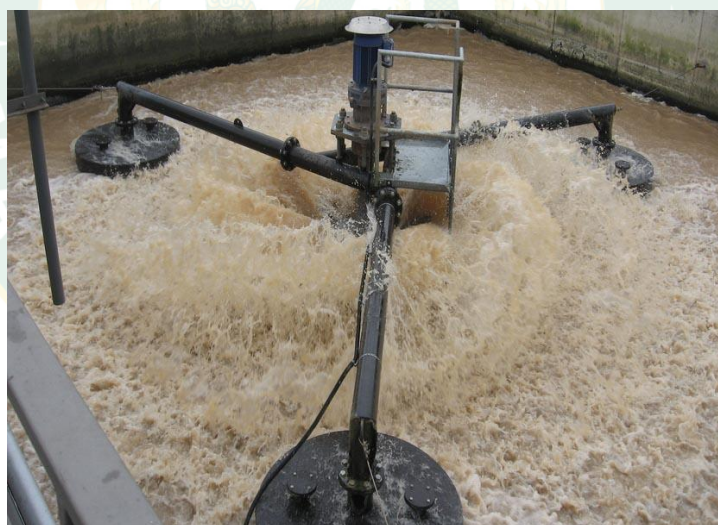
ภาพที่ 12 แบตเตอรี่ Deep Cycle แบบแห้งชนิด GEL และแบบชนิด AGM

ที่มา: (KLC BRIGHT, 2018)

เครื่องเติมอากาศ

1. เครื่องเติมอากาศที่ผิวหน้า (Surface Aerator)

ทำหน้าที่ตีน้ำระดับผิวน้ำให้กระจายเป็นเม็ดเล็ก ๆ ขึ้นมาเพื่อสัมผัสกับอากาศเพื่อรับออกซิเจน ในขณะที่เดียวกันก็จะเป็นการกวนน้ำให้ผสมกันเพื่อกระจายออกซิเจน และมลสารในน้ำเสียให้ทั่วบ่อแสดงดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 Surface Aerator

ที่มา: (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2552)

2. เครื่องเติมอากาศเทอร์ไบน์ใต้น้ำ (Submerged Turbine Aerator)

มีลักษณะการทำงานผสมกันระหว่างระบบเป่าอากาศ และระบบเครื่องกลเติมอากาศ กล่าวคือ อากาศหรือออกซิเจนจะเป่ามาตามท่อที่ใต้ใบพัดตีน้ำ จากนั้นอากาศจะถูกใบพัดของกังหัน

เติมอากาศ (Turbine) ตีฟองอากาศขนาดเล็กกระจายไปทั่วถังเติมอากาศ เครื่องเติมอากาศชนิดนี้มี
 ความสามารถในการให้ออกซิเจนสูง แต่มีราคาแพงและต้องการการบำรุงรักษามากกว่าแบบอื่น ดัง
 แสดงในภาพที่ 14



ภาพที่ 14 Submerged Turbine Aerator

ที่มา: (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2552)

3. เครื่องเติมอากาศใต้น้ำ (Submersible Aerator)

มีลักษณะผสมกันระหว่างเครื่องสูบน้ำ (Pump) เครื่องดูดอากาศ (Air Blower) และเครื่องตี
 อากาศให้ผสมกับน้ำ (Disperser) อยู่ในเครื่องเดียวกัน แต่มีข้อจำกัดด้านการกวนน้ำ (Mixing) แสดง
 ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 Submersible Aerator

ที่มา: (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2552)

4. เครื่องเติมอากาศแบบหัวฉีดน้ำ (Jet Aerator)

มี 2 แบบ คือ แบบแรกใช้หลักการทำงานของ Venturi Ejector และแบบที่สองจะเป็นการสูบน้ำลงบนผิวน้ำ แสดงดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 Jet Aerator

ที่มา: (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2552)

การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ (Assessment of Economic Value) (สราวุธ พลวงษ์ศรี, 2558) ความสำคัญของการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ประกอบด้วย 1. การลงทุนต้องใช้เงินทุนจำนวนมาก 2. ผลของการตัดสินใจลงทุนอาจมีผลต่อความสำเร็จหรือล้มเหลวของกิจการ 3. การตัดสินใจลงทุนอาจมีผลต่อความสำเร็จหรือล้มเหลวของกิจการ

ในการตัดสินใจเลือกอุปกรณ์หรือระบบใช้การทำงานมักจะพิจารณา โดยการประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยการพิจารณาจากผลตอบแทนที่ได้รับมากที่สุดหรือค่าใช้จ่ายต่ำสุดหรือระยะเวลาคืนทุนเร็วที่สุด วิธีการต่าง ๆ ที่นิยมใช้ในการประเมิน ได้แก่

ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

การคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value)

การประเมินค่ารายปี (Annual Cost Method)

อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return)

การวิเคราะห์ผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (Benefit/Cost Analysis)

ระยะเวลาคืนทุน

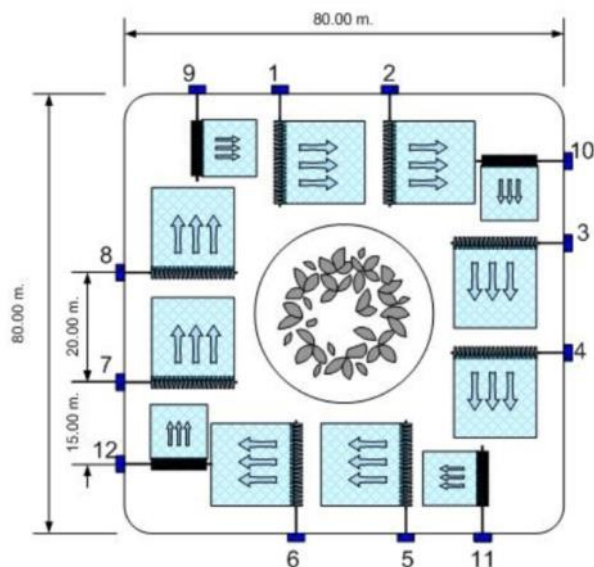
ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) คือ ระยะเวลาที่ผลตอบแทนสุทธิสะสม จากการดำเนินงานมีค่าเท่ากับมูลค่าในการลงทุนทั้งหมด โครงการใดที่มีระยะเวลาลงทุนยิ่งสั้นยิ่งมีความต้องการสูง เนื่องจากสามารถนำเงินที่คืนทุนไปลงทุนในกิจการอื่น ๆ ได้ ระยะเวลาคืนทุนที่นิยมใช้จะเป็นแบบวิธีระยะคืนทุนแบบง่าย (Simple Payback Period: SPB) ซึ่งเป็นวิธีคิดง่าย ๆ โดยระยะเวลาคืนทุนสามารถคำนวณจาก

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{มูลค่าในการลงทุนรวม}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิสะสมรายปี}}$$

สมการที่ 2

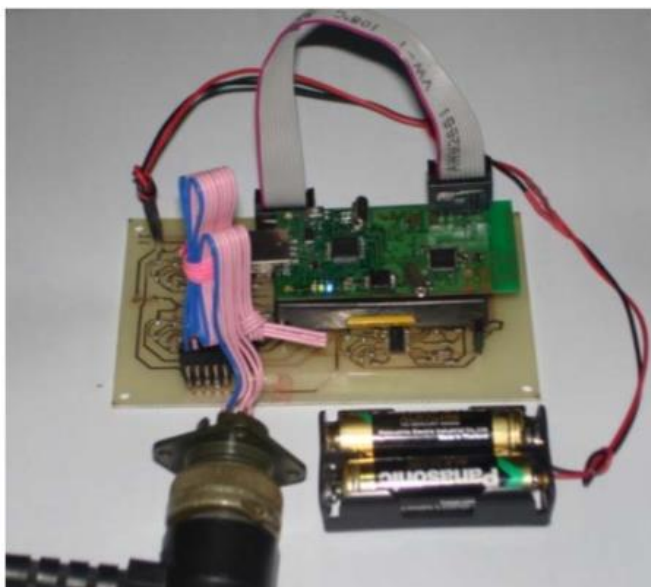
ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(เกรียงไกร ไชยสุข, 2549) ได้ทำการออกแบบระบบการเติมอากาศแบบอัตโนมัติเพื่อรักษาปริมาณออกซิเจนในน้ำให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมคือที่ระดับ 6-8 มิลลิกรัมต่อลิตร ด้วยการควบคุมการปิดเปิดเครื่องเติมอากาศ โดยการใช้อัตราการเปลี่ยนแปลงออกซิเจนในน้ำ ปริมาณออกซิเจนในน้ำวัดได้จากการตรวจวัดด้วยอุปกรณ์วัดปริมาณออกซิเจนในน้ำและอัตราการเปลี่ยนแปลงออกซิเจนในน้ำหาได้จากการคำนวณปริมาณออกซิเจนที่วัดได้เทียบกับเวลา การควบคุมจำนวนเครื่องเติมอากาศที่เปิดใช้งานหาได้จากความสามารถในการเติมอากาศของเครื่องเติมอากาศแต่ละชนิดและอัตราการลดลงของปริมาณออกซิเจนในน้ำขณะนั้น แสดงในภาพที่ 19



ภาพที่ 17 ลักษณะการติดตั้งเครื่องให้อากาศของบ่อเลี้ยงกุ้ง
ที่มา: (เกรียงไกร ไชยสุข, 2549)

(อนุศักดิ์ ประพัฒน์, 2552) ได้ออกแบบเสนอระบบตรวจสอบปริมาณออกซิเจนในน้ำโดยใช้เครื่องข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย โดยอัตโนมัติสำหรับฟาร์มกุ้ง ใช้อุปกรณ์ไร้สาย Tmote Sky โพรบวัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและระบบปฏิบัติการ TinyOS ผลการวิจัยพบว่าชุดตรวจวัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสามารถใช้งานได้และผ่านการเปรียบเทียบค่าโดยใช้วิธีวัดค่าออกซิเจนในน้ำจากสารละลายโซเดียม ซัลไฟด์ที่มีปริมาณออกซิเจนแตกต่างกัน โดยมีค่าสูงที่สุดที่ 20 ppm. ข้อมูลที่ได้จากการวัดสามารถบันทึกค่าลงฐานข้อมูลตามเงื่อนไขที่ต้องการได้ ทั้งสามารถแสดงปริมาณออกซิเจนที่วัดผ่านทางเว็บเพจที่ออกแบบและแสดงปริมาณออกซิเจนย้อนหลังจากฐานข้อมูลที่เก็บไว้ในรูปแบบของกราฟเส้นตามช่วงเวลาที่ต้องการได้ แสดงในภาพที่ 18



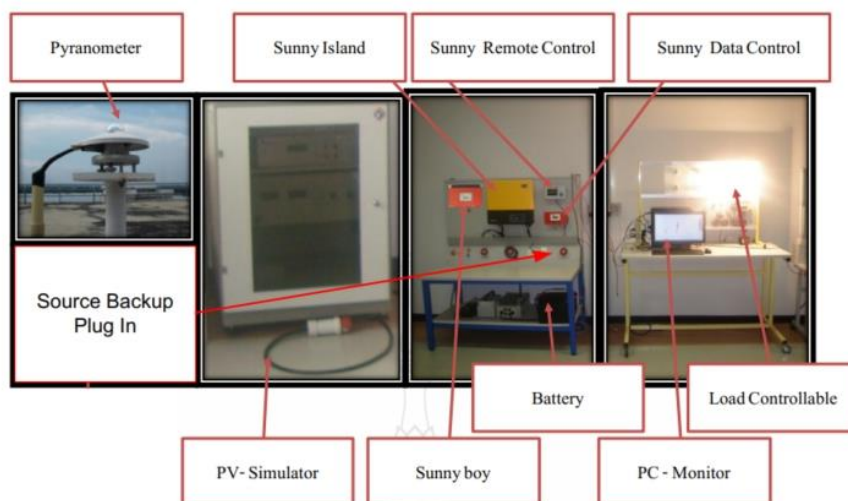
ภาพที่ 18 วงจรระบบตรวจวัดปริมาณออกซิเจนในน้ำ
ที่มา: (อนุศักดิ์ ประพัฒน์, 2552)

(สมพล โคศรี, 2554) ได้ทำการเสนอระบบควบคุมและจัดการพลังงานสมาร์ทกริดสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าแบบแยกเดี่ยวจากพลังงานทดแทน โดยระบบที่ใช้เป็นแบบผสมผสานประกอบด้วยเครื่องจำลองเซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอรี่ และชุดพลังงานไฟฟ้าสำรอง แสดงในภาพที่ 19

จากการออกแบบระบบด้วยการคำนวณจากพื้นฐานพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าและการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Homer ในเบื้องต้นเลือกพิกัดแสงอาทิตย์ที่ตึกเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา 5 ธันวาคม 2550 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ในการจำลองเหตุการณ์มีการเก็บค่าทางแสงจริงเพื่อนำมาควบคุมเครื่องจำลองเซลล์แสงอาทิตย์และมีการควบคุมชุดตัดต่อพลังงานไฟฟ้าสำรอง

จากผลการวัดค่ากระแสและแรงดันทั้งสองสามารถอธิบายการทำงานของระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าแบบแยกเดี่ยวเซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอรี่สำรอง ชุดพลังงานไฟฟ้าสำรองอื่น ๆ ได้ดังนี้ คือ โหลดสามารถรับกระแสไฟฟ้าได้จาก Source Backup และจากชุด PV แบตเตอรี่จะทำการเก็บพลังงานจาก PV ในช่วงที่มีแสงอาทิตย์ซึ่งสังเกตได้จากมีกระแสไหลจาก Inverter ของชุด PV ในเวลากลางวันส่วนในตอนกลางคืนนั้นชุดแบตเตอรี่จะจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับโหลดผ่านชุด Inverter และเมื่อพลังงานในแบตเตอรี่ถูกจ่ายไปจนเหลือพลังงานจนเหลือในระดับที่กำหนดไว้ชุดควบคุมจะทำการต่อวงจร Source Backup เข้ามาในระบบเพื่อจ่ายโหลดและชาร์จแบตเตอรี่ต่อไป

จากผลการทดลองค่ากระแสไหลตที่วัดได้จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้หรือบางค่ามีค่าต่างกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ในระบบ ในส่วนของแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ก็มีค่าไม่คงที่



ภาพที่ 19 ระบบควบคุมและจัดการพลังงานสมาร์ทกริดสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าแบบแยกเดี่ยว

จากพลังงานทดแทน

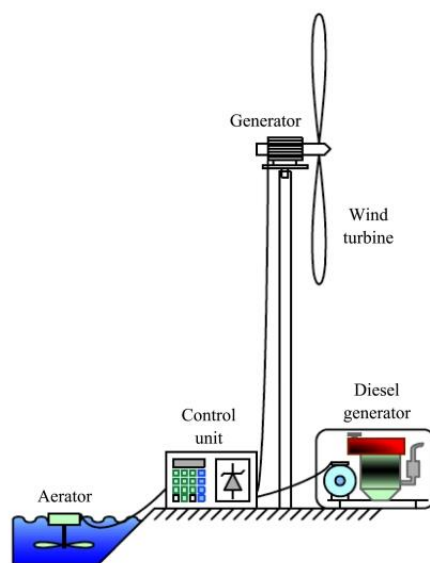
ที่มา: (สมพล โคศรี, 2554)

(Bayrak & Lebeli, 2011) ได้ทำการศึกษาพัฒนาระบบการเติมอากาศอัตโนมัติสำหรับบ่อเพาะเลี้ยงปลา โดยใช้ Programmable Logic Controller (PLC) โดยในระบบจะใช้ CPU S7-200 ส่วนขยายอนาล็อกจะใช้ EM-235 โมดูล RTD ส่วนเซนเซอร์ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิของกรงปลาคือ EM235 ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์และปั๊ม โดยจะทำงานร่วมกับตัว Sensor จากผลการวิจัยพบว่าสามารถรักษาเสถียรภาพของอุณหภูมิในบ่อเพาะเลี้ยงให้มีอุณหภูมิตามที่ต้องการได้ ซึ่งสามารถช่วยให้ปลาสามารถเจริญเติบโตได้อย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี ดังแสดงในภาพที่ 20



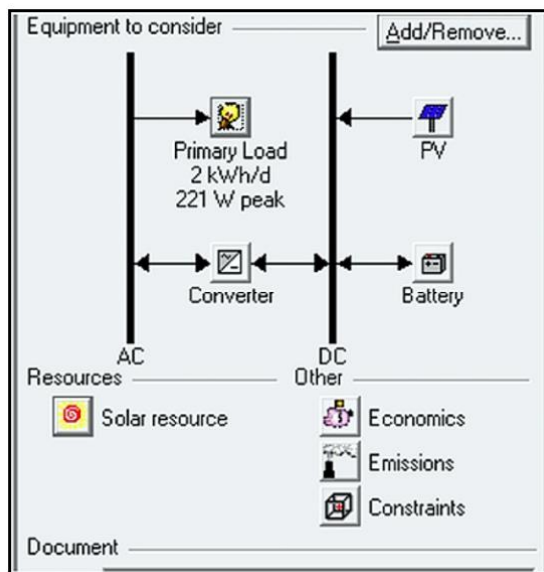
ภาพที่ 20 ระบบการเติมอากาศอัตโนมัติสำหรับบ่อเพาะเลี้ยงปลา
ที่มา: (Bayrak & Lebeli, 2011)

(El-Nemr & El Nemr, 2013) ได้ทำการศึกษาระบบควบคุมการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงปลาโดยใช้พลังงานลมในการผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อทำหน้าที่ระบบเติมอากาศทำงานโดยจะมีระบบ Controller ในการควบคุมการเติมอากาศ จากผลการศึกษาพบว่า ผู้วิจัยได้ประสบความสำเร็จในการออกแบบและพัฒนาเพื่อสร้างระบบควบคุมเพื่อช่วยในการตัดสินใจ (Decision support systems, DSS) โดย DSS นี้ทำงานเป็นยูทิลิตี้สำหรับการจัดการสำหรับการจัดการที่แตกต่างกัน วัตถุประสงค์ของระบบคือ เป็นซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ที่ถูกออกแบบมาเพื่อเข้ากันได้กับสภาพแวดล้อมของประเภทปลานิล ปลามัลเล็ทต์และปลาคาร์ฟ ระบบ DSS ใช้งานได้ประสบความสำเร็จในการแนะนำการกระจายพื้นที่ฟาร์มตามเพื่อวัตถุประสงค์ในการทำฟาร์มที่แตกต่างกันอย่างต่อเนื่อง กรณีที่ทำการศึกษานั้นถูกสันนิษฐานเพื่อทดสอบความสามารถของระบบควบคุมในการใช้งานเครื่องเติมอากาศไหลที่กระทำโดยมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 3 เฟส 1 แรงม้าดังแสดงในภาพที่ 21



ภาพที่ 21 ระบบการเติมอากาศโดยใช้พลังงานลม
ที่มา: (El-Nemr & El Nemr, 2013)

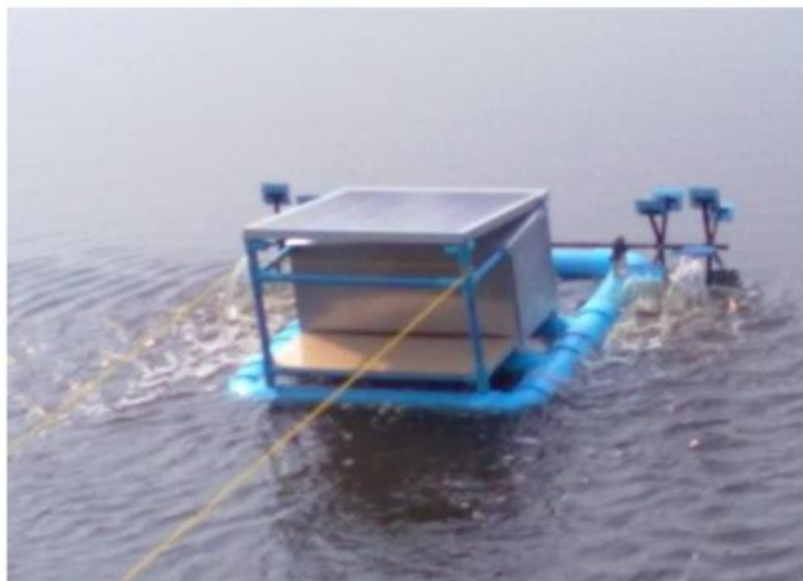
(Prasetyaningsari et al., 2013) ได้ทำการศึกษการออกแบบระบบจำลองระบบเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้โปรแกรม Homer ในการจำลอง กำหนดเป็นบ่อเลี้ยงปลาขนาดเล็ก ค่าโหลดสูงสุดที่ใช้งานในแต่ละวัน 1.692 kWh/day ผลจากการออกแบบใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Photovoltaic ขนาด 1 kW ใช้แบตเตอรี่ทั้งหมด 8 ก้อน ขนาด 200 Ah ใช้ Inverter ขนาด 0.2 kw ได้ค่า COE ที่ 0.679 \$/kWh ดังแสดงในภาพที่ 22



ภาพที่ 22 รูปแบบการออกแบบวงจร

ที่มา: (Prasetyaningsari et al., 2013)

(ปรีชา มหาไม้, 2014) ได้นำเสนอระบบตรวจวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำแบบไร้สายแบบอัตโนมัติของเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำสำหรับบ่อเลี้ยงปลาเพื่อป้องกันการขาดออกซิเจนแบบเฉียบพลัน ในช่วงเวลากลางคืน โดยที่ระบบสามารถวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำด้วยตัวตรวจวัด (DO Sensors) ได้ในช่วง 0-10 มิลลิกรัมต่อลิตร และสามารถกำหนดเวลาการรายงานผลปริมาณออกซิเจนแบบเวลาจริงได้ การทำงานของระบบ เมื่อปริมาณออกซิเจนต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ ชุดควบคุมจะส่งสัญญาณให้เครื่องหมุนใบกังหัน เพื่อเติมออกซิเจนลงสู่ผิวน้ำ จนกว่าจะมีปริมาณออกซิเจนที่เพียงพอตามที่กำหนดเครื่องจะหยุดการทำงานทันทีเพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน ตัวเครื่องใช้พลังงานหลักจากชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 60 วัตต์ ผ่านชุดประจุด้วยวงจรแปลงผันแรงดันแบบทอนระดับ ประจุแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 32 แอมแปร์ชั่วโมง ผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถทำงานเป็นแบบอัตโนมัติสามารถวัดค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำแบบเวลาจริงแล้วส่งค่ากลับมาแสดงผลยังคอมพิวเตอร์แบบพกพาโดยผ่านเครือข่ายแบบไร้สาย ประสิทธิภาพของชุดประจุแบตเตอรี่โดยเฉลี่ยร้อยละ 80 และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเพิ่มขึ้นอัตราเฉลี่ย 0.33 มิลลิกรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง ดังแสดงในภาพที่ 23



ภาพที่ 23 การทดสอบเครื่องเติมอากาศในบ่ออนุบาลปลา ณ สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดตาก
ที่มา: (ปรีชา มหาไม้, 2014)

(Solpico et al., 2014) ได้ทำการออกแบบระบบตรวจสอบคุณภาพ โดยจะมีวิธีการตรวจสอบอยู่ 2 วิธี คือ 1. การแจ้งจากเจ้าหน้าที่นักวิจัยผ่านระบบอินเทอร์เน็ต 2. การนำเสนอข้อมูล โดยการอ่านค่า DO ในช่วงเวลาที่กำหนด ผลจากการวิจัยพบว่า ได้มีการนำเสนอนวัตกรรมในการตรวจสอบคุณภาพของน้ำใน 2 วิธีคือ 1. วิธีการส่งผ่านข้อมูลแบบเรียลไทม์แก่ผู้มีส่วนได้เสียในท้องถิ่น และนักวิจัยในส่วนต่าง ๆ ของโลกผ่านทางอินเทอร์เน็ต 2. วิธีการนำเสนอข้อมูลง่าย ๆ การอ่านค่าออกซิเจนในน้ำ (Do) ซึ่งชาวประมงสามารถเข้าใจและสามารถแจ้งค่าของออกซิเจนในน้ำได้ โดยทางผู้วิจัยได้ทำการสาธิตระบบเซนเซอร์ใหม่สำหรับทะเลสาบ โดยที่จะให้ข้อมูลทั้ง ค่าออกซิเจนในน้ำ ค่าอุณหภูมิและค่าการนำไฟฟ้า โดยเครื่องเติมอากาศสามารถตั้งโปรแกรมให้เปิดเวลา 18.00 น.และทำงานจนถึงเช้าและระดับค่าออกซิเจนในน้ำจะตอบสนองต่อออกซิเจนที่ถูกสูบลงไปใต้น้ำได้เป็นอย่างดี ดังแสดงในภาพที่ 24



ภาพที่ 24 ระบบตรวจสอบคุณภาพน้ำ

ที่มา: (Solpico et al., 2014)

(ศิริวรรณ ทานู, 2561) ได้ทำการพัฒนาระบบควบคุมเครื่องเติมอากาศแบบอัตโนมัติในบ่อเลี้ยงปลานิล และเพื่อวิเคราะห์ผลประหยัดพลังงาน กรณีศึกษาการใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าพื้นฐานร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบเติมอากาศ การพัฒนาระบบควบคุมการเติมอากาศแบบอัตโนมัติ อาศัยค่าปริมาณออกซิเจนในน้ำจากระบบตรวจวัดออกซิเจนแบบฟูลลอยน้ำ มาเป็นเงื่อนไขในการตัดสินใจเปิดหรือปิดระบบเครื่องเติมอากาศในบ่อเลี้ยงปลานิล ขณะที่การวิเคราะห์เพื่อหาผลประหยัดพลังงานสามารถแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ช่วงเวลา คือ กลางวันและกลางคืน โดยช่วงเวลากลางวันจะพิจารณาการใช้พลังงานของระบบเติมอากาศตั้งแต่วเวลา 6:01-18:00 น. ซึ่งมีการวิเคราะห์การใช้พลังงานทั้งจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าพื้นฐานและระบบเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกัน ส่วนช่วงเวลากลางคืนจะพิจารณาการใช้พลังงานของระบบเติมอากาศตั้งแต่วเวลา 18:01-6:00 น. โดยมีการวิเคราะห์การใช้พลังงานจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าพื้นฐานที่ทำงานร่วมกับระบบควบคุมเครื่องเติมอากาศแบบอัตโนมัติ การทดสอบมีขึ้นในเดือน พฤศจิกายน 2560 ผลการทดสอบพบว่า ระบบควบคุมการเติมอากาศแบบอัตโนมัติสามารถควบคุมการเปิดหรือปิดตามเงื่อนไขของเจ้าของบ่อเลี้ยงปลาหรือมีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำน้อยกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ขณะที่ผลประหยัดทางพลังงาน สามารถลดการใช้พลังงานของระบบเติมอากาศในช่วงเวลากลางวันลงได้เฉลี่ย 38.98 เปอร์เซ็นต์ และในช่วงเวลากลางคืนลงได้เฉลี่ย 18.93 เปอร์เซ็นต์ แสดงในภาพที่ 25



ภาพที่ 25 ระบบควบคุมเครื่องเติมอากาศแบบอัตโนมัติในบ่อเลี้ยงปลา
ที่มา: (ศิริวรรณ ทำนุ, 2561)

สมมติฐานงานวิจัย

จากที่ได้ทำการศึกษาเนื้อหาในแต่ละองค์ประกอบของงานวิจัยเรื่องการพัฒนากระบวนการจัดการพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จึงมีแนวคิดที่จะนำพลังงานไฟฟ้าสำรองมาใช้เป็นพลังงานไฟฟ้าในการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เพื่อเป็นการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและลดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการใช้พลังงานไฟฟ้า จึงเริ่มทำการศึกษาในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของเกษตรกร ในชุมชนเลี้ยงปลาในอำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ สามารถสรุปและนำไปเป็นสมมติฐานในงานวิจัยได้ดังนี้

1. แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะประกอบไปด้วย 3 แหล่งจ่าย จะประกอบไปด้วย แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐาน พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์และพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่
2. การทำงานของระบบควบคุมการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จะทำงานอยู่ทั้งหมด 4 สถานการณ์ คือ 1. ช่วงเวลากลางวันปกติ 2. ช่วงเวลากลางวันวิฤต 3. ช่วงเวลากลางคืนปกติ 4. ช่วงเวลากลางคืนวิฤต
3. การทำงานของระบบควบคุม จะพิจารณาค่าของออกซิเจนในน้ำและค่าพลังงานไฟฟ้าเป็นหลักในการตัดสินใจในการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

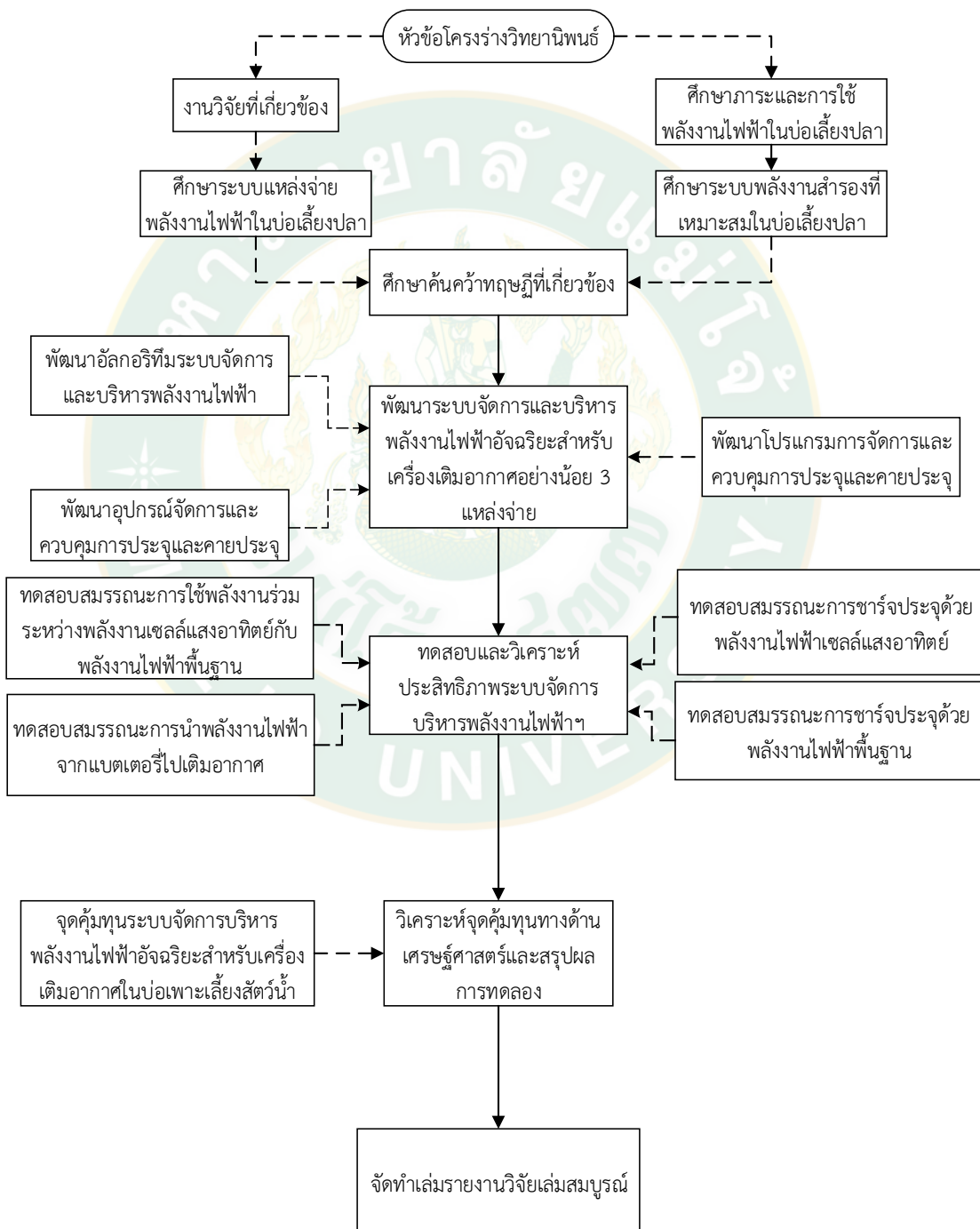
4. พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ จะเป็นพลังงานไฟฟ้าสำรองที่ใช้สำหรับเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในกรณีวิกฤตและใช้ในช่วงตอนกลางคืนสถานการณ์ปกติเพื่อเป็นการประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้า
5. การเก็บข้อมูลการใช้พลังงานในงานวิจัยจะมีการเก็บการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละสถานการณ์ ช่วงกลางวันปกติ ช่วงกลางวันวิกฤต ช่วงกลางคืนปกติ ช่วงกลางคืนวิกฤต และการเก็บพลังงานไฟฟ้าในช่วงของการประจุแบตเตอรี่ การคายประจุของแบตเตอรี่



บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การพัฒนากระบวนการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีวิธีดำเนินงานวิจัยแสดงในภาพที่ 26 รายละเอียดดังต่อไปนี้



ภาพที่ 26 วิธีการดำเนินการวิจัย

การพัฒนาระบบจัดการแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

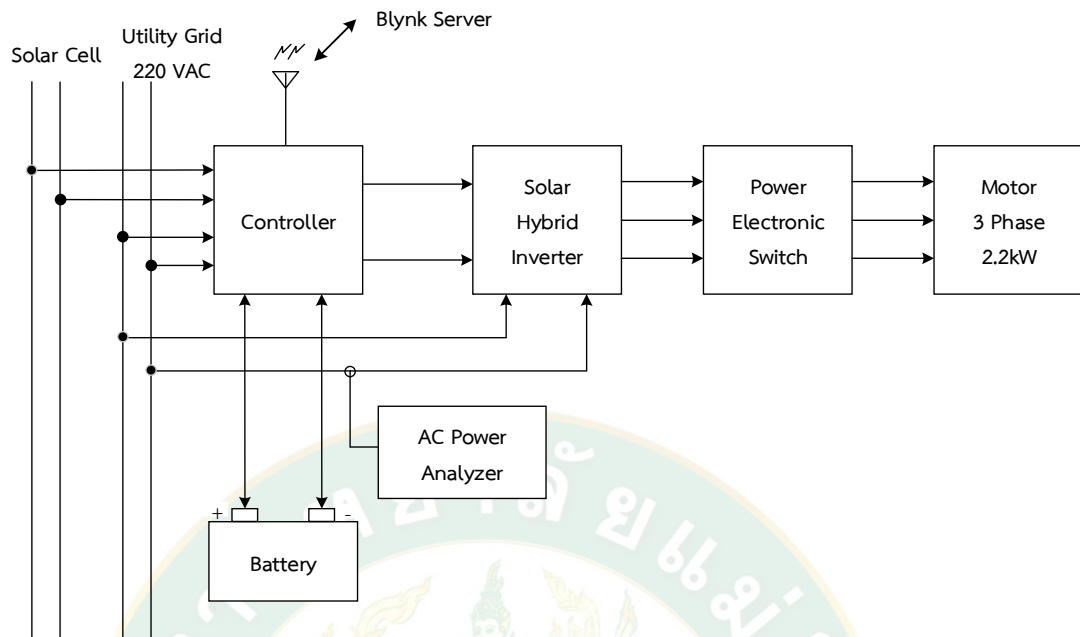
จากที่มาและความสำคัญของปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ในปัจจุบันการใช้พลังงานไฟฟ้าในประเทศไทยมีความต้องการเพิ่มมากขึ้น ในภาคเกษตรกรรมเป็นภาคที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศ การใช้พลังงานไฟฟ้าในภาคการเกษตรจึงมีเพิ่มมากขึ้นทุกปี ปัจจุบันเกษตรกรได้มีการนำพลังงานทดแทนจากโซลาเซลล์มาใช้มากยิ่งขึ้น แต่ในปัจจุบันยังไม่มียานวิจัยที่ทำเกี่ยวกับระบบจัดการและควบคุมเสถียรภาพการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับไฟฟ้าพื้นฐาน จึงเป็นเหตุให้ผู้วิจัยมีความคิดที่จะพัฒนาระบบดังกล่าวสำหรับใช้ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เพื่อจัดการและควบคุมเสถียรภาพการจ่ายพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ รวมถึงเพื่อเป็นการลดต้นทุนทางด้านพลังงานไฟฟ้าในระบบการผลิตของเกษตรกร

ผู้วิจัยจึงได้เริ่มมีการออกแบบระบบควบคุมการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยได้มีการออกแบบกรอบแนวคิดของระบบจัดการแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า รวมไปถึงการสำรวจทรัพยากรในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เพื่อที่จะได้นำข้อมูลที่ได้ทำการศึกษาและสำรวจไปทำการออกแบบพัฒนาระบบจัดการบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศ โดยข้อมูลเบื้องต้นของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำการศึกษาวิจัยทั้ง 2 บ่อเพาะเลี้ยงมีดังนี้

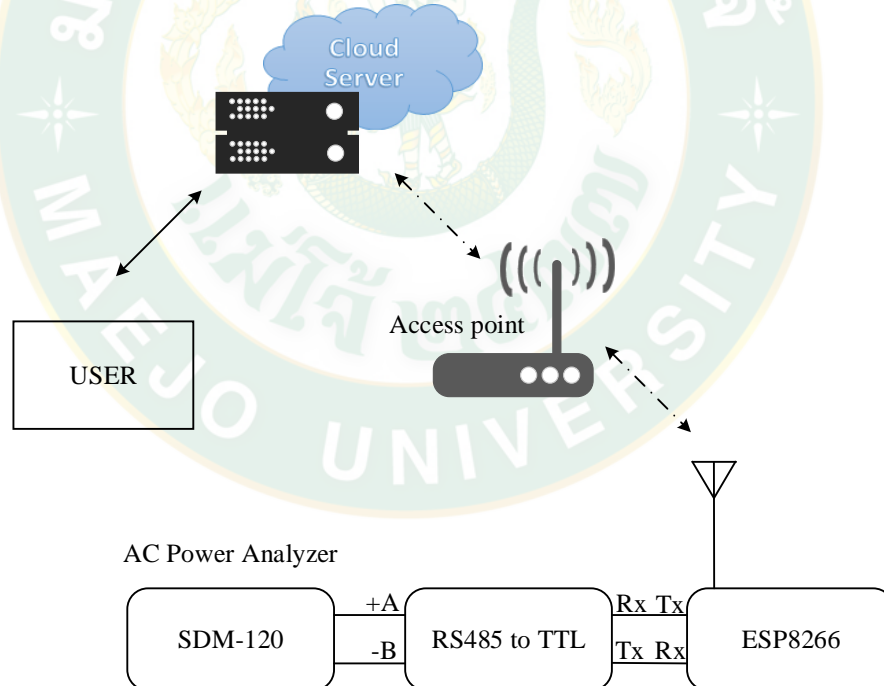
1. การออกแบบและพัฒนาระบบบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

1.1 กรอบแนวคิดในการออกแบบของการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าแสดงไว้ในภาพที่ 27 ระบบจะประกอบด้วยแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด 3 แหล่งจ่าย 1. แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ 2. แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐาน 3. แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ ระบบควบคุมเป็นส่วนสำคัญในการทำหน้าที่เลือกแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่เหมาะสมในการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและชาร์จประจุแบตเตอรี่ โดยจะส่งผ่าน Solar Hybrid Inverter ไหลเข้าสู่สวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์จะสามารถเปิดปิดเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยอัตโนมัติ เครื่องวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าจะเชื่อมต่อกับพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐาน โดยจะทำการบันทึกค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อส่งต่อไปยัง Server Blynk

ระบบควบคุมหลักคือ ESP8266 ซึ่งจะทำหน้าที่ในการวิเคราะห์และจัดการระบบ จะมีการเชื่อมต่อกับเครื่องวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าสลับ เพื่อรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ และส่งข้อมูลไปยังคลาวด์เซิร์ฟเวอร์เพื่อวัตถุประสงค์ในการบันทึกและตรวจสอบ ตลอดจนการตรวจสอบความเสถียรภาพทางไฟฟ้าเพื่อรองรับระบบเติมอากาศในกรณีที่ระบบไฟฟ้าขัดข้องแสดงดังภาพที่ 28 ในขณะที่เดียวกันค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) จะถูกค่าอ่านค่าโดย ESP8266 เพื่อตรวจสอบค่า DO ESP8266 จะเชื่อมต่อกับ ATmega 328P ผ่านโปรโตคอล I2C ซึ่งจะเป็นตัวควบคุมที่สอง



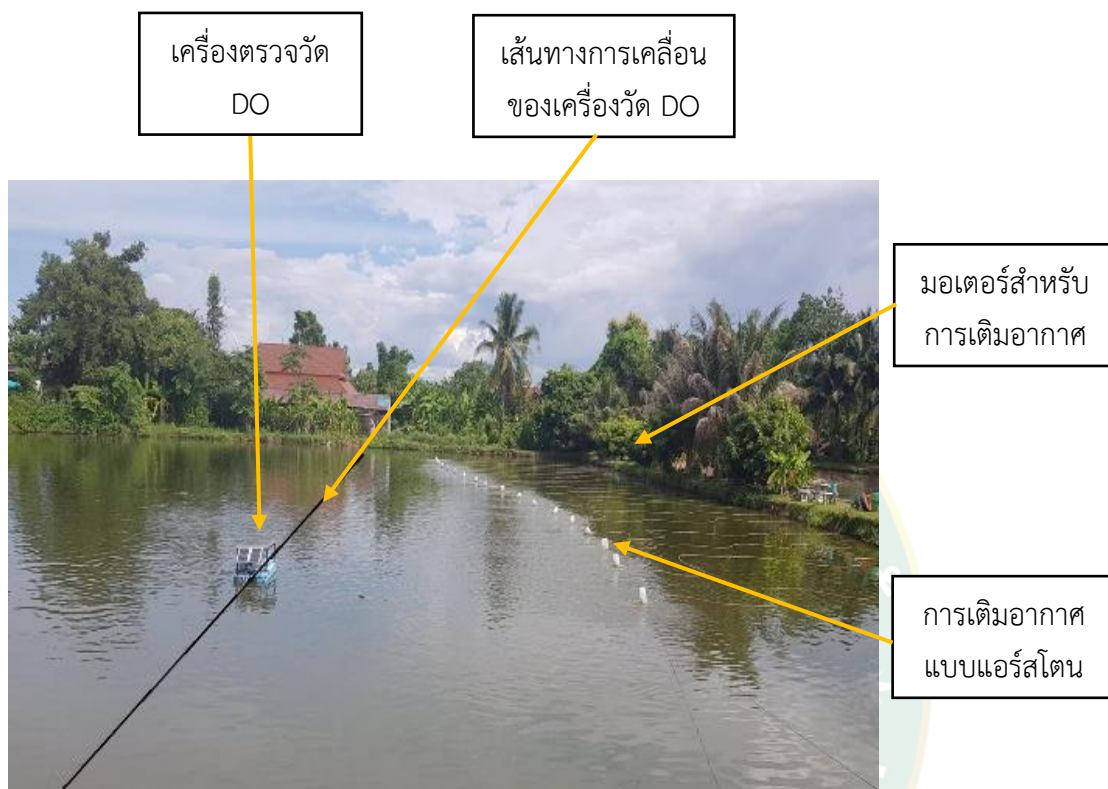
ภาพที่ 27 แผนภาพบล็อกการจัดการระบบพลังงานไฟฟ้าสำหรับบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ



ภาพที่ 28 ระบบควบคุมการเชื่อมต่อข้อมูล

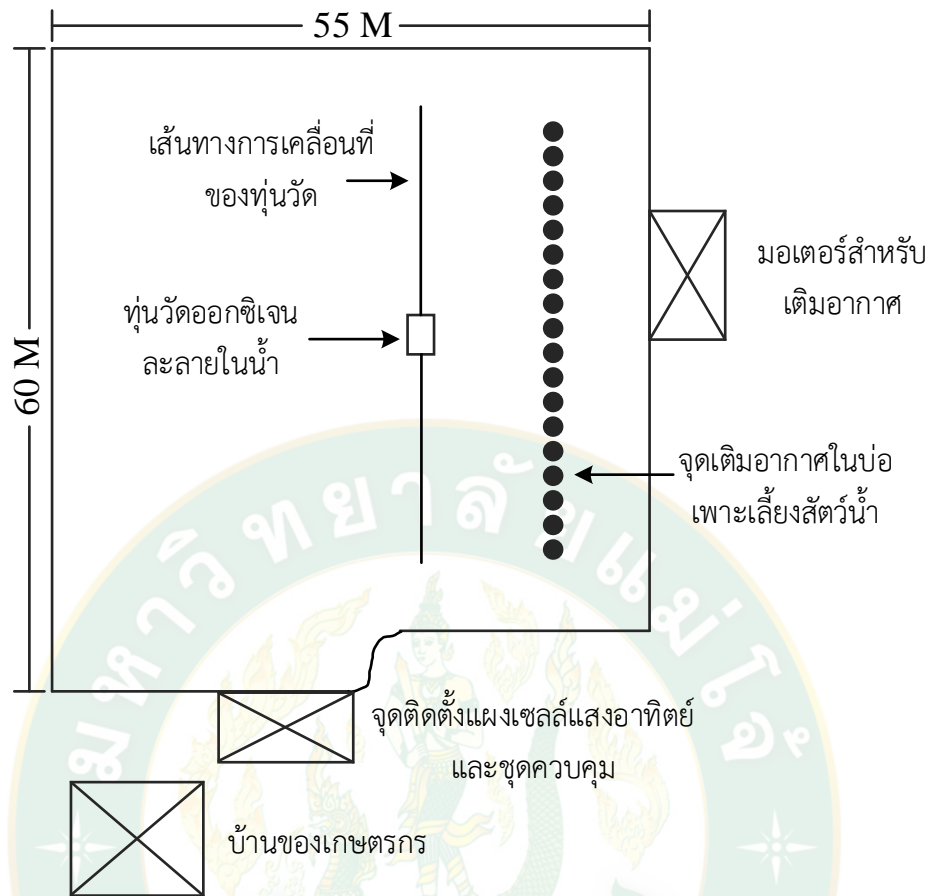
หลังจากที่ได้ทำการวางกรอบแนวคิดในการบริหารจัดการระบบพลังงานไฟฟ้าสำหรับบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จึงได้มีการศึกษาสถานที่ที่ทำการศึกษาวิจัย คือบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของเกษตรกรของคุณวันดี สีวา ตั้งอยู่ที่ ชุมชนเลี้ยงปลาในล อําเภอสันทราย จ.เชียงใหม่ มีขนาดพื้นที่บ่ออยู่ที่ 5 ไร่ บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของคุณวันดี ใช้แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า 2 แหล่งจ่ายคือ พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์

แสงอาทิตย์ในช่วงกลางวันกับพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานในช่วงกลางคืน รูปแบบการเติมอากาศแบบแอร์สโตนทั้งหมด 18 จุด ขนาดมอเตอร์ที่ใช้ขนาด 2.2kW



ภาพที่ 29 บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำการศึกษาวิจัย

จากภาพที่ 29 แสดงภาพของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำการศึกษาวิจัย เป็นบ่อเพาะเลี้ยงที่มีขนาด 5 ไร่ ทำการติดตั้งมอเตอร์สำหรับเติมอากาศไว้ที่บริเวณด้านข้างของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ส่วนระบบเติมอากาศจะใช้แบบแอร์สโตนเรียงต่อกัน 18 จุดข้างบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จากในภาพจะแสดงชุดตรวจวัดค่า DO จะทำการตรวจวัดค่า DO ตามเส้นทางที่แสดงในภาพ โดยจะอาศัยเชือกในการเคลื่อนที่



ภาพที่ 30 แผนผังบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำการศึกษาวิจัยแบบที่ 1

จากภาพที่ 30 แสดงภาพฉายด้านบนของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของเกษตรกร ลักษณะของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะมีรูปร่างคล้ายสี่เหลี่ยมจัตุรัส โดยมีมอเตอร์เติมอากาศกับระบบเติมอากาศจะอยู่ทางด้านขวาของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ส่วนด้านหน้าของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะทำการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับระบบควบคุมและมีบ้านของเกษตรกรอยู่ใกล้เคียงกัน



ภาพที่ 31 มอเตอร์ที่ใช้ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำการศึกษาวิจัยแบบที่ 1

จากภาพที่ 31 แสดงลักษณะของมอเตอร์ที่ใช้สำหรับเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยจะเป็นมอเตอร์ขนาด 2.2kW ทำการติดตั้งอยู่ทางด้านขวาของบ่อเพาะเลี้ยงของเกษตรกร

2. อัลกอริทึมการพัฒนากระบวนการจัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

จากการศึกษาการใช้ระบบพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของเกษตรกรในช่วงระยะเวลากลางวันกับช่วงเวลากลางคืน สามารถสรุปการใช้พลังงานไฟฟ้าของเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงได้ดังนี้

1. ในช่วงเวลากลางวันเกษตรกรจะใช้พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานเป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าในการเติมอากาศให้กับบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
2. ในช่วงเวลากลางคืนเกษตรกรจะใช้พลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานเป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าในการเติมอากาศให้กับบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

จากข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของเกษตรกรที่ใช้สำหรับการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ร่วมกับกรอบแนวคิดในการออกแบบของการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้า จะสามารถสรุปการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำดังแสดงในตารางที่ 1

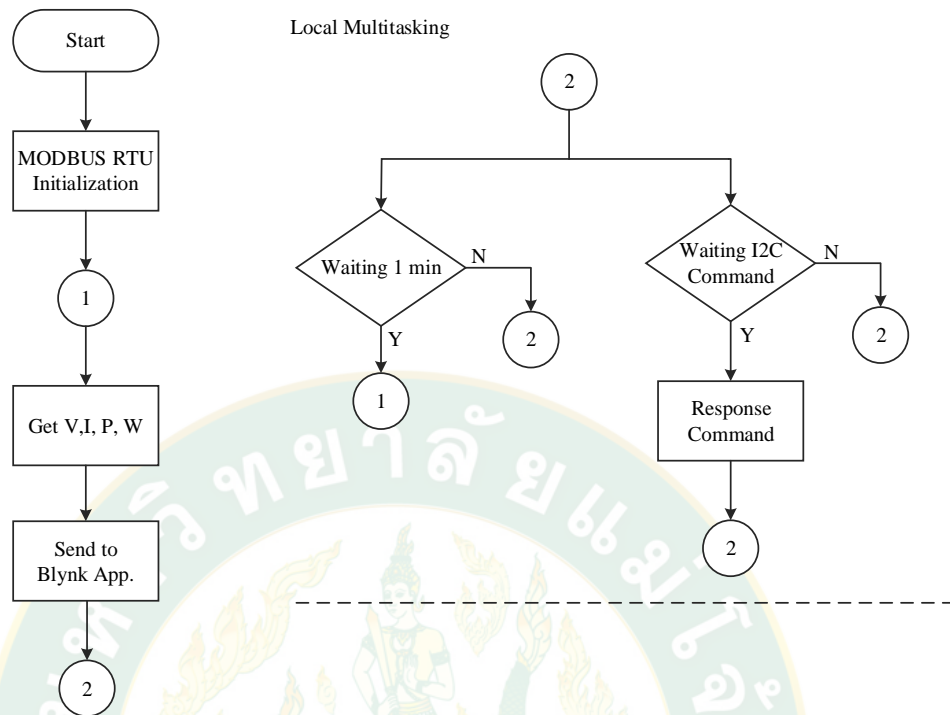
ตารางที่ 1 การบริหารพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของเกษตรกร

กลางวัน	6.00 a.m.-8.59 a.m.	9.00 a.m.-10.59 a.m.	11.00 a.m.-12.59 a.m.	1.00 p.m.-5.59 p.m.
	B(off)+S2H	B(off+S2H)	B(off)+S2Ba	B(on)+S2H
	-	If $P_o < 100W = S2Ba$		
กลางคืน	6.00 p.m.-7.59 p.m.	8.00 p.m.-9.59 p.m.	10.00 p.m.-3.59 a.m.	4.00 a.m.-5.59 a.m.
	All off	B(on)+G2H	B(on)+G2HBa	B(on)+GBc2H
	-	-	G2Ba	-
ช่วงเวลาวิกฤต	6.00 p.m.-9.59 p.m.	10.00 p.m.-5.59 a.m.		
		DO \geq 3.00		DO<3.00
		-		Bc2H

หมายเหตุ B = ระบบเติมอากาศ, S2Ba= ใช้พลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ในการชาร์จประจุแบตเตอรี่, S2H = ใช้พลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ในการเติมอากาศ, G2H=ใช้พลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานในการเติมอากาศ, G2Ba= ใช้พลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานในการชาร์จประจุแบตเตอรี่, G2HBa= ใช้พลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานในการเติมอากาศและชาร์จประจุแบตเตอรี่, GBc2H= ใช้พลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานและแบตเตอรี่ในการเติมอากาศและ Bc2H= ใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ในการเติมอากาศ.

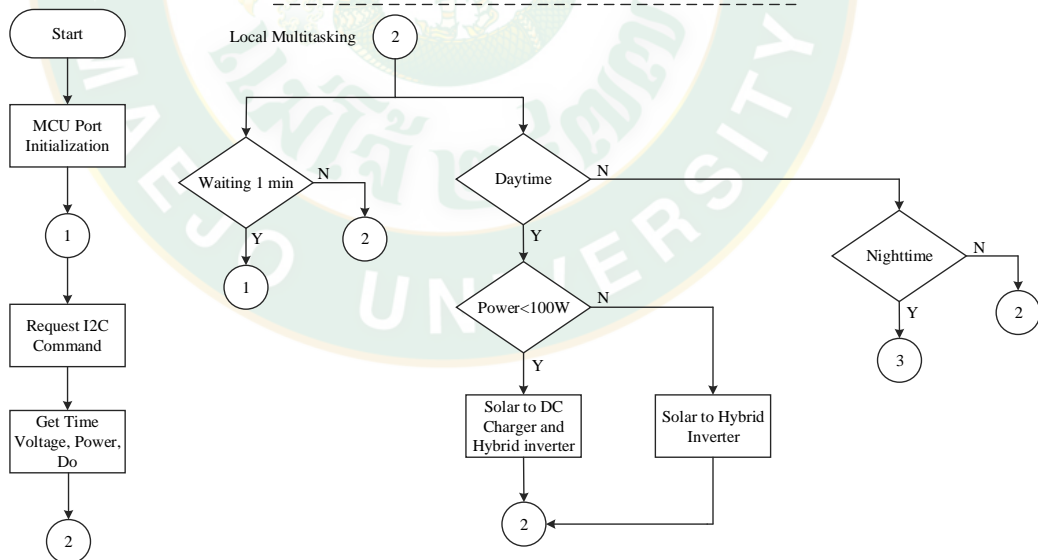
จากตารางการบริหารพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของเกษตรกรสามารถสรุปเป็นโฟว์ชาร์ตได้ดังนี้

Reading the energy power meter

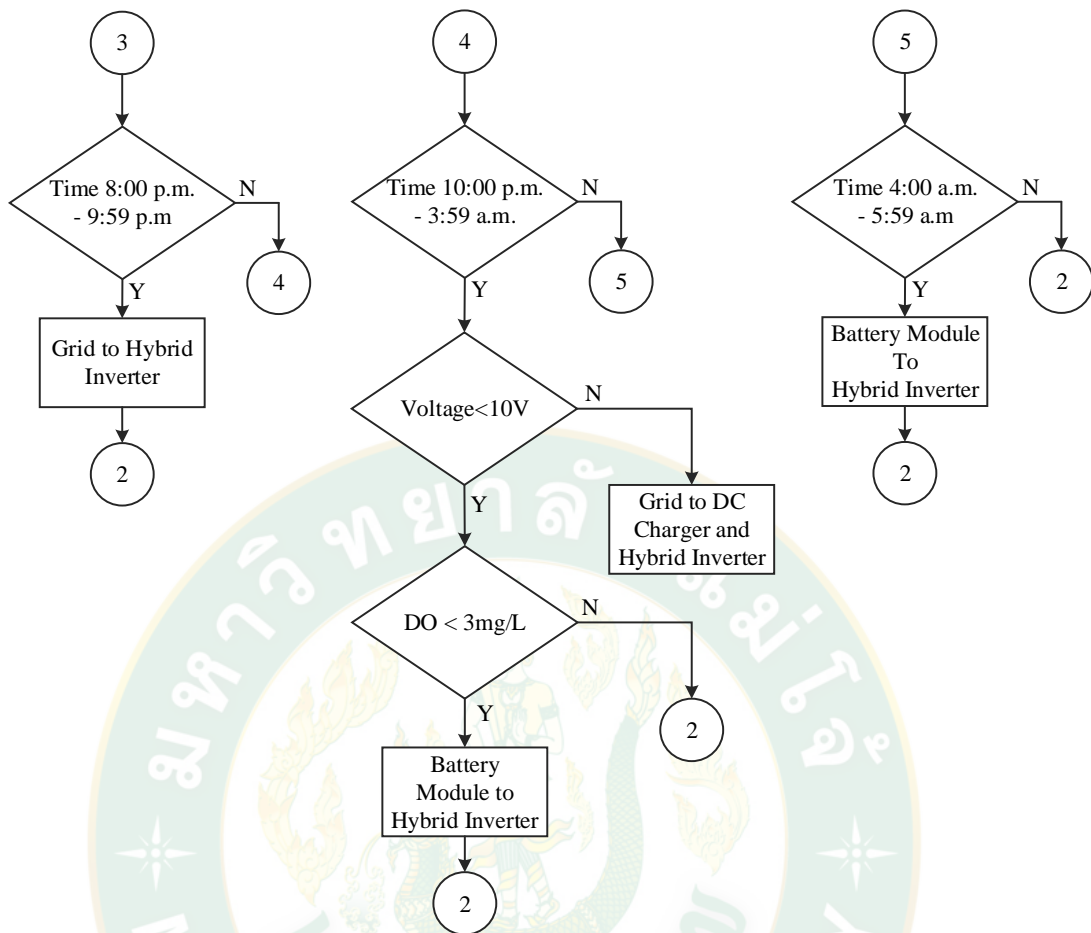


ภาพที่ 32 แผนผังการอ่านค่าพารามิเตอร์ของเครื่องวัด

Administration and energy management system



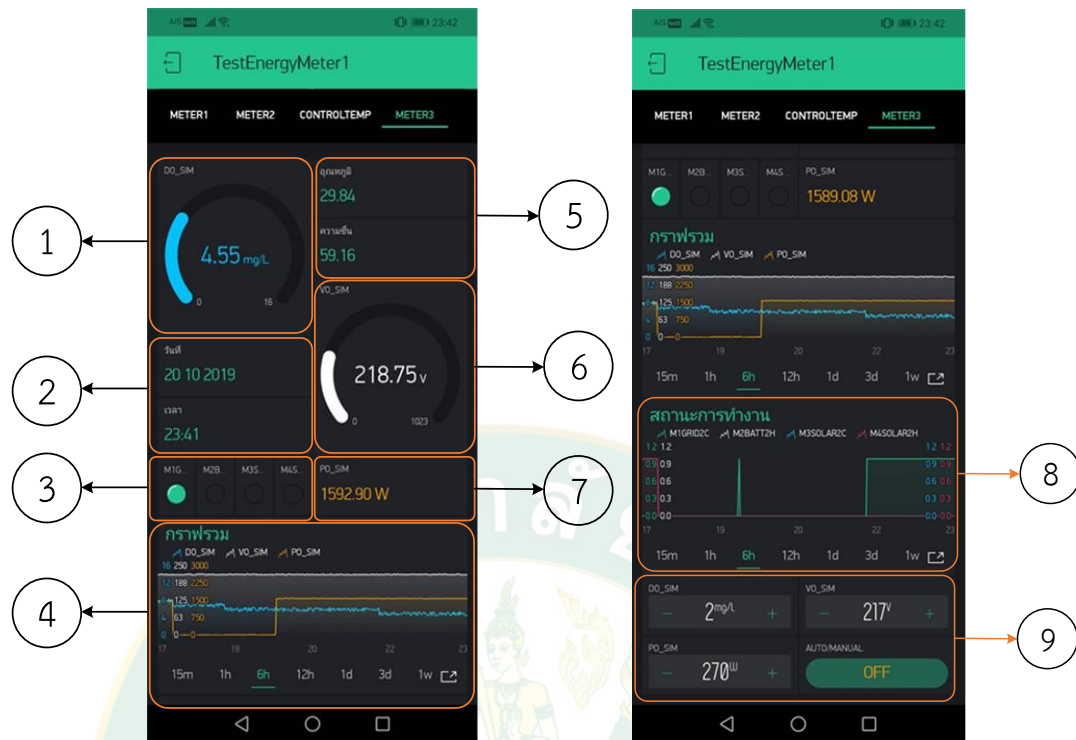
ภาพที่ 33 แผนผังระบบและจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ



ภาพที่ 34 แผนผังระบบและจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ต่อ)

3. ซอฟต์แวร์ระบบบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ซอฟต์แวร์ของระบบบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เพื่อควบคุมกิจกรรมหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ระบบซอฟต์แวร์ทำงานบน ESP8266 และ ATmega328P ซึ่งติดตั้งอยู่ในระบบควบคุม ระบบตรวจสอบจะทำงานบนเซิร์ฟเวอร์ Blynk ออนไลน์ แสดงดังภาพที่ 35



ภาพที่ 35 หน้าต่างการตรวจสอบผ่านแอปพลิเคชัน Blynk

จากภาพที่ 35 แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับระบบตรวจสอบที่ตั้งแสดงบนสมาร์ตโฟน ระบบตรวจสอบประกอบด้วย (1) ระดับ DO แบบเรียลไทม์ (2) วันที่และเวลา (3) สถานะของวงจรควบคุมแสดงผลเป็น LED (M1-M4) (4) กราฟแบบเรียลไทม์ของระดับ DO แรงดันไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานและการใช้พลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐาน (5) อุณหภูมิและความชื้น (6) ระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (7) การใช้พลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสสลับ (8) สถานะของวงจรควบคุมบนกราฟแบบเรียลไทม์ (M1-M4) และ (9) ค่าพารามิเตอร์สำหรับเหตุการณ์สำคัญ เช่น ระบบค่า DO ระดับแรงดันไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสสลับ รวมไปถึงการใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ

การพัฒนาการจัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อ

เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1

หลังจากที่ได้ทำการศึกษาและสำรวจทรัพยากรที่ใช้ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของเกษตรกรในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 รวมการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้า จะสามารถแสดงแผนภาพระบบพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 ได้ดังนี้

1. แนวความคิดและหลักการระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1

แผนภาพระบบพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของเกษตรกรที่ทำการศึกษาวิจัยในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 จะขออ้างอิงแผนภาพระบบที่ทำการออกแบบในหัวข้อข้างต้นเนื่องจากได้ใช้บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของเกษตรกรบ่อเพาะเลี้ยงนี้อ้างอิงในการออกแบบ

2. การพัฒนาระบบจัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1

2.1 สมมติฐานการประเมินและออกแบบระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1

หลังจากที่ได้ทำการศึกษากิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 ตลอดระยะเวลา 1 วัน ที่มีการใช้ไฟฟ้า และการสำรวจทรัพยากรของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำการศึกษาวิจัย จึงได้มีการกำหนดขอบเขตของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้รวมไปถึงการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่มีขายตามท้องตลาดเพื่อให้ง่ายต่อการเสาะหาและทำการศึกษาวิจัย โดยได้มีการกำหนดของเขตของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ออกแบบดังนี้

1. พลังงานไฟฟ้าสำรองไม่น้อยกว่า 2 hrs
2. ระดับแรงดันไฟฟ้าสำหรับชาร์จประจุแบตเตอรี่ ด้วยแบตเตอรี่ชาร์จเจอร์ (Battery Charger) ที่แรงดันไฟฟ้า 96V ในกรณีชาร์จด้วยการแปลงแรงดันไฟฟ้าพื้นฐานกระแสสลับให้เป็นกระแสตรงสำหรับชาร์จประจุแบตเตอรี่ เนื่องจากข้อจำกัดของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการชาร์จประจุแบตเตอรี่มีค่าแรงดันไฟฟ้าให้เลือก 96V 120V 192V และ 288V (ในทางปฏิบัติแรงดันไฟฟ้าควรมีค่ามากกว่า 1.2 เท่า)

3. ระดับแรงดันไฟฟ้าสำหรับชาร์จประจุแบตเตอรี่ ด้วยระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Charger) ที่แรงดันไฟฟ้า 288V เนื่องจากข้อจำกัดของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการชาร์จประจุแบตเตอรี่มีค่าแรงดันไฟฟ้าให้เลือก 96V 120V 192V และ 288V (ในทางปฏิบัติแรงดันไฟฟ้าควรมีค่ามากกว่า 1.2 เท่า)

4. โหลดที่ใช้คือ มอเตอร์ขนาด 2.2kW

5. แรงดันอินพุตที่รับเข้า Solar Hybrid Inverter ต้องมีค่ามากกว่า 288V

จากสมมติฐานสามารถนำไปใช้ในการออกแบบได้ดังนี้

1. การคำนวณความจุและการจัดวางโมดูลแบตเตอรี่

$$\begin{aligned} \text{พลังงานที่ต้องการใช้} &= \text{พลังงานโหลด} \times \text{ชั่วโมงที่สำรองพลังงาน} \\ &= 2.2\text{kW} \times 2 \text{ hrs} \end{aligned}$$

$$= 4.4\text{kWhr}$$

จากสมมติฐานในข้อที่ 5 แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ต้องแรงดันไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 228V จึงต้องต่อแบตเตอรี่อนุกรม สามารถหาจำนวนแบตเตอรี่ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{จำนวนแบตเตอรี่} &= \frac{\text{แรงดันไฟฟ้าจากโซล่าชาร์จเจอร์}}{\text{ขนาดแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่แต่ละก้อน}} \\ &= \frac{228\text{V}}{12\text{V}} \\ &= 24 \text{ ก้อน} \end{aligned}$$

ดังนั้นจึงต้องใช้แบตเตอรี่จำนวน 24 ก้อน สำหรับขนาดกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่หาได้จาก

$$\begin{aligned} \text{กระแสแบตเตอรี่} &= \frac{\text{พลังงานของโหลดที่ต้องการ}}{\text{แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่}} \\ &= \frac{4.4\text{kWhr}}{288\text{V}} \\ &= 15.7 \text{ A} \end{aligned}$$

ทำการเลือกใช้แบตเตอรี่ขนาดแรงดันไฟฟ้า 12V กระแสไฟฟ้า 20A

2. การจัดวางโมดูลแบตเตอรี่กรณีชาร์จประจุด้วยพลังงานไฟฟ้าพื้นฐาน (การต่อแบตเตอรี่)

เนื่องจากไม่สามารถชาร์จประจุแบตเตอรี่คราวละ 24 ก้อนพร้อมกันได้ด้วยระบบนี้ จึงต้องแบ่งการชาร์จเป็นโมดูลและจากสมมติฐานในข้อที่ 2 ที่แรงดันไฟฟ้าการชาร์จประจุแบตเตอรี่ได้ 96V จึงแบ่งแบตเตอรี่เป็นโมดูล ๆ ละ 8 ก้อน รวม 3 โมดูล เพื่อให้สอดคล้องกับเงื่อนไขของการใช้งาน

3. การจัดวางโมดูลแบตเตอรี่กรณีชาร์จประจุด้วยพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ (การต่อแบตเตอรี่)

จากเงื่อนไขของแรงดันไฟฟ้าที่ควรมีค่ามากกว่าแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ชาร์จประจุประมาณ 1.2 เท่า ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าที่สามารถใช้ชาร์จประจุคือ

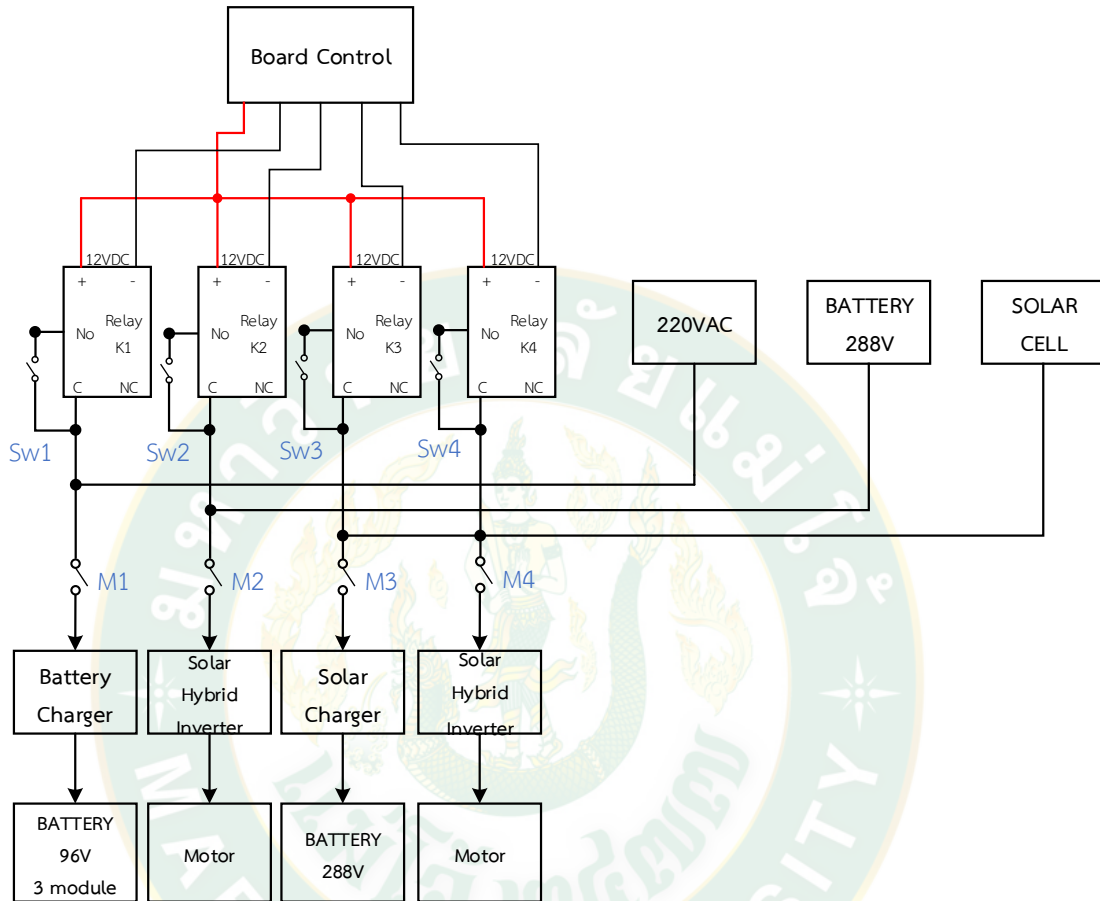
$$= 288\text{V} \times 1.2$$

$$= 345.6\text{V} \text{ หรือมากกว่า}$$

ด้วยเหตุนี้ระบบชาร์จประจุด้วยไฟฟ้าพื้นฐานจึงไม่สามารถชาร์จคราวละ 24 ก้อนได้ จึงมีเพียงระบบชาร์จประจุด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถชาร์จประจุได้

4. การคำนวณจำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้มีขนาดแรงดันไฟฟ้าสูงสุด (V_{max}) ที่ 37.55V ดังนั้นจึงต้องใช้จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งหมด 10 แผง เพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าสูงสุดเป็น 380V ซึ่งจะเพียงพอต่อการชาร์จประจุด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์



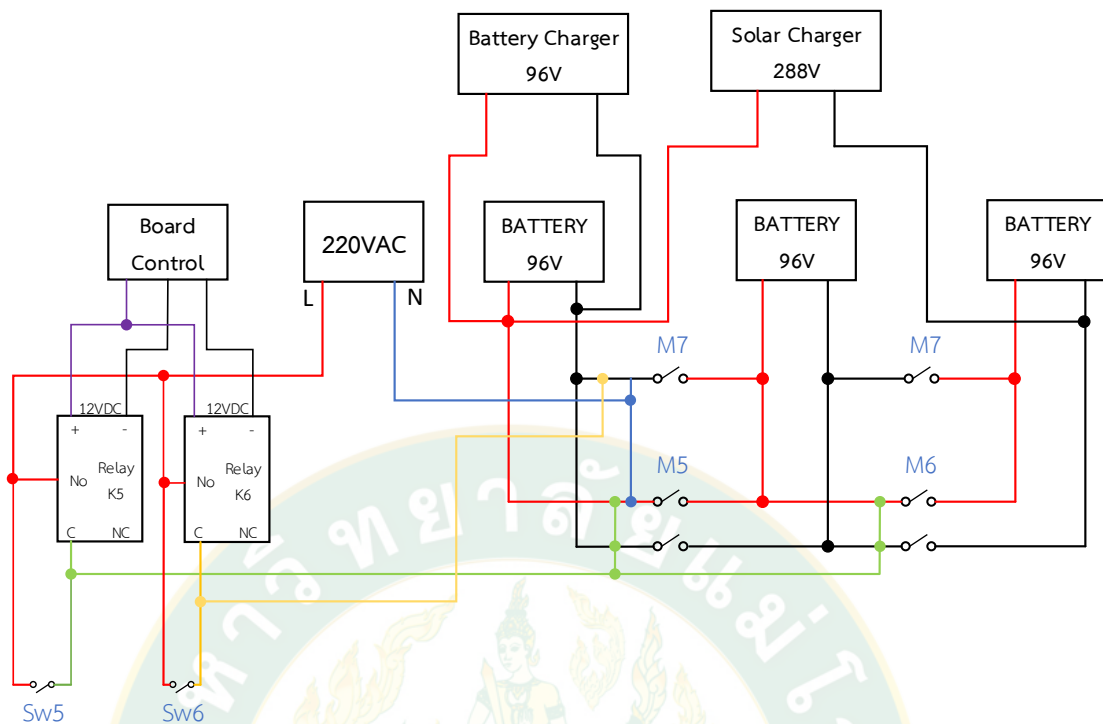
ภาพที่ 36 วงจรควบคุมรูปแบบที่ 1 Part 1

จากภาพที่ 36 วงจรควบคุมระบบจัดการพลังงานไฟฟ้ารูปแบบที่ 1 แบ่งการทำงานได้ดังนี้ ช่วงเวลากลางวันปกติ บอร์ดควบคุมจะสั่งให้รีเลย์ (K4) กับ แมกเนติกคอนแทคเตอร์ที่ 4 (M4) ทำงาน (แมกเนติกคอนแทคเตอร์ที่ 4 (M4) จะทำการอินเตอร์ล๊อคกับ แมกเนติกคอนแทคเตอร์ที่ 2 (M2) เพื่อป้องกันการนำแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่มาใช้งาน) แต่ถ้าในช่วงเวลากลางวันที่มีแสงแดดจัดและมีพลังงานเหลือจากการใช้งานโดยตรง ก็จะมีการดึงพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ไปจ่ายประจุให้กับแบตเตอรี่ โดยบอร์ดควบคุมจะสั่งให้รีเลย์ (K3) กับแมกเนติกคอนแทคเตอร์ที่ 3 (M3) ทำงาน (แมกเนติกคอนแทคเตอร์ที่ 3 (M3) จะทำการอินเตอร์ล๊อคกับแมกเนติกคอนแทคเตอร์ที่ 1 (M1) เพื่อป้องกันการนำแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานไปชาร์จประจุให้กับแบตเตอรี่)

ช่วงเวลากลางวันวิกฤต บอร์ดควบคุมจะนำค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) มาเป็นเกณฑ์มาตรฐานในการเลือกแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าในการอากาศให้กับบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แต่เนื่องด้วยในช่วงเวลากลางวันมีการใช้พลังงานไฟฟ้าหลักจากเซลล์แสงอาทิตย์จึงไม่ส่งผลกระทบต่อการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแต่อย่างใด รวมถึงสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในน้ำ เช่น แพลงตอน จะช่วยสังเคราะห์แสงและเพิ่มออกซิเจนในน้ำได้

ช่วงเวลากลางคืนปกติ พลังงานไฟฟ้าพื้นฐานจะถูกใช้เป็นแหล่งพลังงานหลักเข้ากับโซลาไฮบริดจ์อินเวอร์เตอร์ เพื่อใช้กับระบบเติมอากาศและใช้ชาร์จประจุให้กับแบตเตอรี่ (กรณีแบตเตอรี่ถูกชาร์จไม่เต็มจากกลางวัน) โดยบอร์ดควบคุมจะสั่งให้รีเลย์ (K1) และ แมกเนติกคอนแทคเตอร์ที่ 1 (M1) ทำงาน (แมกเนติกคอนแทคเตอร์ที่ 1 (M1) จะทำการอินเตอร์ล๊อคกับแมกเนติกคอนแทคเตอร์ที่ 3 (M3) เพื่อป้องกันการนำแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ไปชาร์จประจุให้กับแบตเตอรี่) ขณะที่ช่วงเวลาก่อนรุ่งเช้า ระบบเติมอากาศจะใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่แทนไฟฟ้าพื้นฐาน เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานและรักษาคุณภาพของแบตเตอรี่ไปในตัว โดยบอร์ดควบคุมจะสั่งให้รีเลย์ (K2) กับแมกเนติกคอนแทคเตอร์ที่ 2 (M2) ทำงาน (แมกเนติกคอนแทคเตอร์ที่ 2 (M2) จะทำการอินเตอร์ล๊อคกับแมกเนติกคอนแทคเตอร์ที่ 4 (M4) เพื่อป้องกันการนำแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้งาน)

ช่วงเวลากลางคืนวิกฤต บอร์ดควบคุมจะนำค่าออกซิเจนละลายในน้ำมาเป็นค่ามาตรฐานในการตัดสินใจในการนำพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ถ้าค่าออกซิเจนละลายในน้ำมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน บอร์ดควบคุมจะสั่งให้ รีเลย์ (K2) กับ แมกเนติกคอนแทคเตอร์ที่ 2 (M2) ทำงาน (แมกเนติกคอนแทคเตอร์ที่ 2 (M2) จะทำการอินเตอร์ล๊อคกับ แมกเนติกคอนแทคเตอร์ที่ 4 (M4) เพื่อป้องกันการนำแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้



ภาพที่ 37 วงจรควบคุมการชาร์จประจุแบตเตอรี่

จากภาพที่ 37 คือวงจรควบคุมการชาร์จประจุแบตเตอรี่ จะสามารถแบ่งรูปแบบการชาร์จประจุแบตเตอรี่และลักษณะการทำงานได้ดังนี้

การชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ จะเป็นการชาร์จประจุแบตเตอรี่ในช่วงเวลากลางวัน บอร์ดควบคุมจะสั่งการให้ รีเลย์ (K6) และ แมกเนติกคอนแทคเตอร์ที่ 7 (M7) ทำงาน (การชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ลักษณะการต่อของแบตเตอรี่ทั้ง 3 ชุดจะเป็นแบบอนุกรม)

การชาร์จประจุด้วยพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐาน จะเป็นการชาร์จประจุแบตเตอรี่ในช่วงเวลากลางคืน บอร์ดควบคุมจะสั่งการให้รีเลย์ (K5) และ แมกเนติกคอนแทคเตอร์ที่ 5 (M5) กับ แมกเนติกคอนแทคเตอร์ที่ 6 (M6) ทำงาน (การชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าพื้นฐาน ลักษณะการต่อของแบตเตอรี่ทั้ง 3 ชุดจะเป็นการต่อแบบขนาน)

3. การพัฒนาการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1

จากการศึกษาข้อมูลและได้ทดสอบสมรรถนะทางไฟฟ้าของบ่อเพาะของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 การออกแบบระบบบริหารและจัดการการใช้พลังงานจะอ้างอิงอัลกอริทึมการพัฒนาระบบ

จัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น

การพัฒนาาระบบจัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2

ระบบจัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 มีข้อจำกัดของการออกแบบและใช้งานดังนี้

1. อุปกรณ์ Solar Hybrid Inverter (Siemen) ต้องการแรงดันไฟฟ้าที่สูงกว่า 288V
2. ใช้แบตเตอรี่จำนวน 24 ก้อน
3. แบตเตอรี่ถูกต่อแบบอนุกรมทั้งหมด 24 ก้อน ขึ้นตอนการชาร์จประจุแบตเตอรี่และคายประจุแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ตรงระหว่างกลางจะมีค่าของแรงดันที่ต่ำกว่าแบตเตอรี่ ที่อยู่ตรงส่วนตอนต้นและส่วนท้าย ซึ่งจะทำให้แบตเตอรี่ที่อยู่ส่วนตรงกลางนั้นเสื่อมสภาพเร็วกว่าปกติ

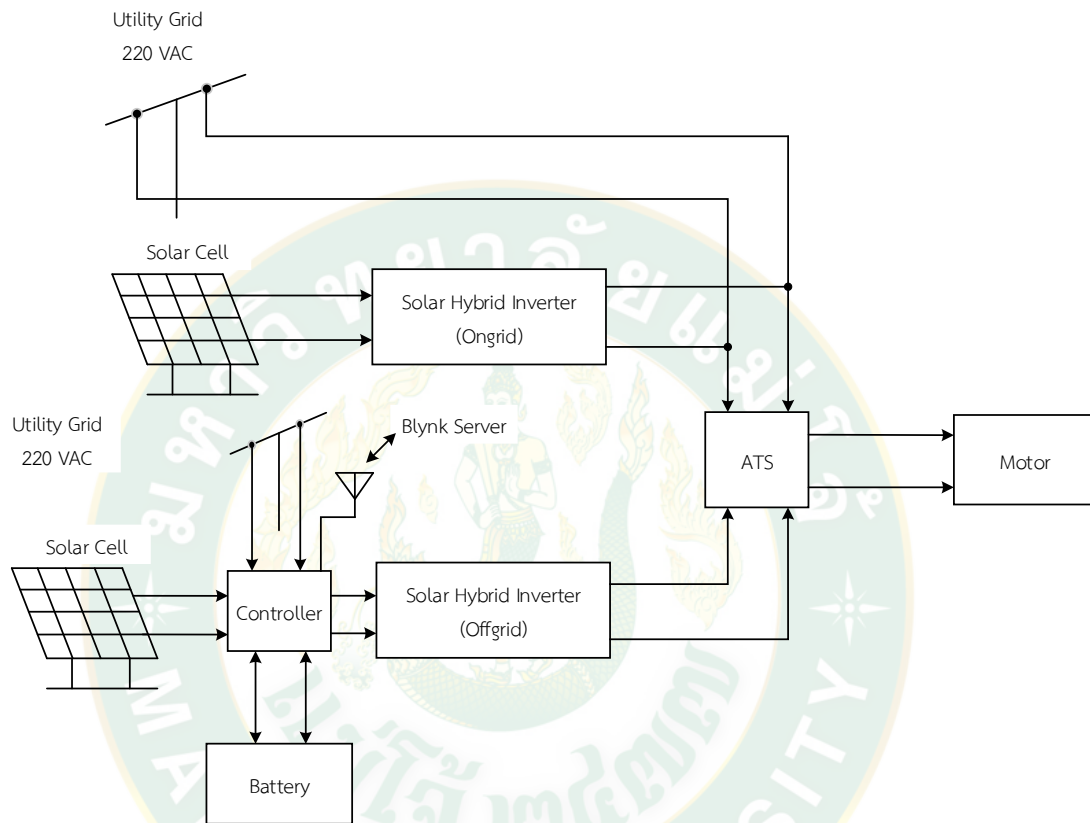
ข้อจำกัดที่กล่าวมาในข้างต้น จึงได้มีการออกแบบระบบจัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำขึ้นมาอีกหนึ่งรูปแบบ เพื่อแก้ไขปัญหาข้อจำกัดของรูปแบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1

1. แนวความคิดและหลักการระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2

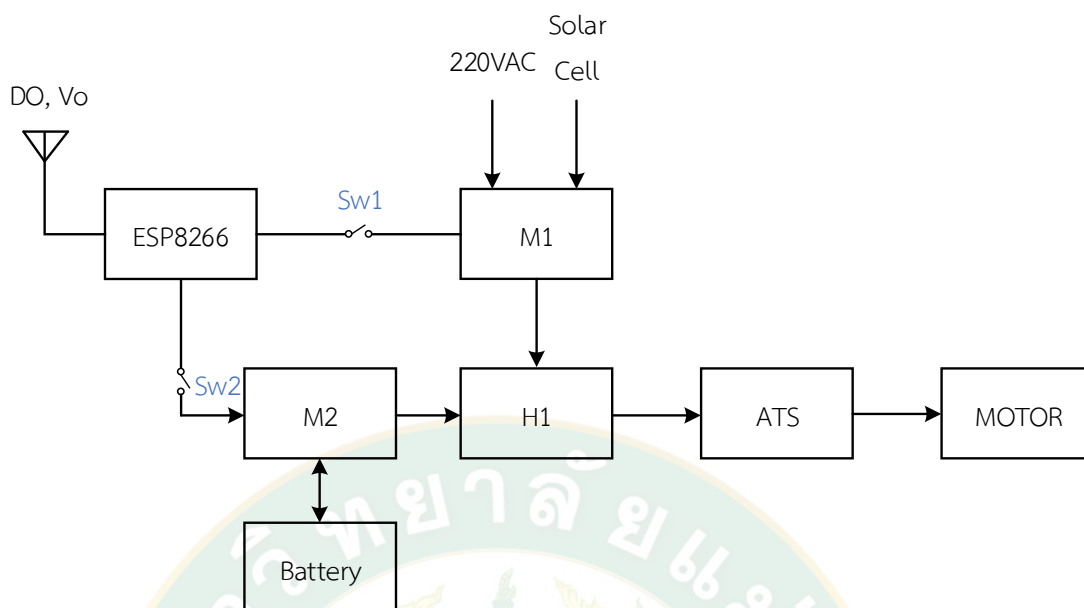
ด้วยข้อจำกัดของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการชาร์จประจุแบตเตอรี่บวกกับ Solar Hybrid Inverter ที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าได้ไม่คงที่ ทางผู้วิจัยจึงได้มีการออกแบบระบบพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่แบบที่ 2 โดยจะอ้างอิงแผนภาพบล็อกกับอัลกอริทึมการพัฒนาระบบจัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ได้ออกแบบมาไว้ ณ ตอนต้น จะสามารถออกแบบได้ดังแสดงในภาพที่ 38 ประกอบด้วย 2 ส่วนการทำงานคือ ระบบการทำงานแบบ Ongrid และระบบการทำงานแบบ Offgrid โดยทั้ง 2 ระบบจะใช้แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด 3 แหล่งจ่ายคือ พลังงานไฟฟ้าจากโซลาเซลล์ พลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานและพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ มีหลักการทำงานคือ

ระบบ Ongrid ในช่วงเวลากลางวัน Solar Hybrid Inverter (Ongrid) จะนำพลังงานไฟฟ้าจากโซลาเซลล์กับพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานไปเติมอากาศ โดยลักษณะของของการนำพลังงานมาใช้นั้นจะเป็นลักษณะของการแชร์กันระหว่างพลังงานไฟฟ้าจากโซลาเซลล์กับพลังงานไฟฟ้าพื้นฐาน ในส่วนช่วงเวลากลางคืนระบบจะดึงพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานไปเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจนถึงช่วงเวลา 04.00 น. ระบบจะดึงเข้าสู่ระบบ Offgrid

ระบบ Offgrid ในช่วงเวลากลางวัน ระบบจะนำพลังงานไฟฟ้าจากโซลาเซลล์ เข้าสู่ Solar Hybrid Inverter (offgrid) เพื่อชาร์จประจุให้กับแบตเตอรี่ ในช่วงเวลากลางคืนระบบจะนำพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานไปชาร์จประจุให้กับแบตเตอรี่และในช่วงเวลา 04.00 น. – 06.00 น. ระบบจะนำพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงเพื่อเป็นการคายประจุแบตเตอรี่



ภาพที่ 38 แผนภาพการทำงานของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2



ภาพที่ 39 แผนภาพวงจรควบคุมการทำงานของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2

จากภาพที่ 39 จะแสดงแผนภาพบล็อกวงจรควบคุม โดยมีลักษณะการทำงานดังนี้ ESP8266 จะทำหน้าที่ในการรับข้อมูลค่าออกซิเจนในน้ำกับค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ โดยในช่วงเวลากลางวัน ระบบควบคุมจะทำการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ในการชาร์จประจุแบตเตอรี่ ส่วนในช่วงเวลากลางคืนระบบควบคุมจะนำพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานไปชาร์จประจุแบตเตอรี่ ส่วนในช่วงสถานการณ์ฉุกเฉินนั้น ATS จะทำการเปลี่ยนระบบมาใช้ระบบ Ongrid ทันที หลังจากนั้นระบบควบคุมโดย ESP8266 จะรับค่า DO กับค่าแรงดันไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานมาเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจในการนำค่าพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

สถานที่ทำการศึกษาวิจัยบ่อทดลองที่ 2 คือ บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ มีขนาดพื้นที่บ่ออยู่ที่ 800 ตารางวา บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของวิทยาลัยพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ใช้แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า 2 แหล่งจ่ายคือ พลังงานไฟฟ้าจากโซลาเซลล์กับพลังงานไฟฟ้าพื้นฐานร่วมในช่วงกลางวัน (ระบบออนกริด) และพลังงานไฟฟ้าจากโซลาเซลล์สำหรับประจุแบตเตอรี่สำหรับในช่วงฉุกเฉินและกลางคืนบางส่วน (ระบบออฟกริด) รูปแบบการเติมอากาศแบบกึ่งหัน แสดงในภาพที่ 43 และภาพที่ 44 ขนาดมอเตอร์ที่ใช้ขนาด 2.2kW ดังแสดงในภาพที่ 40

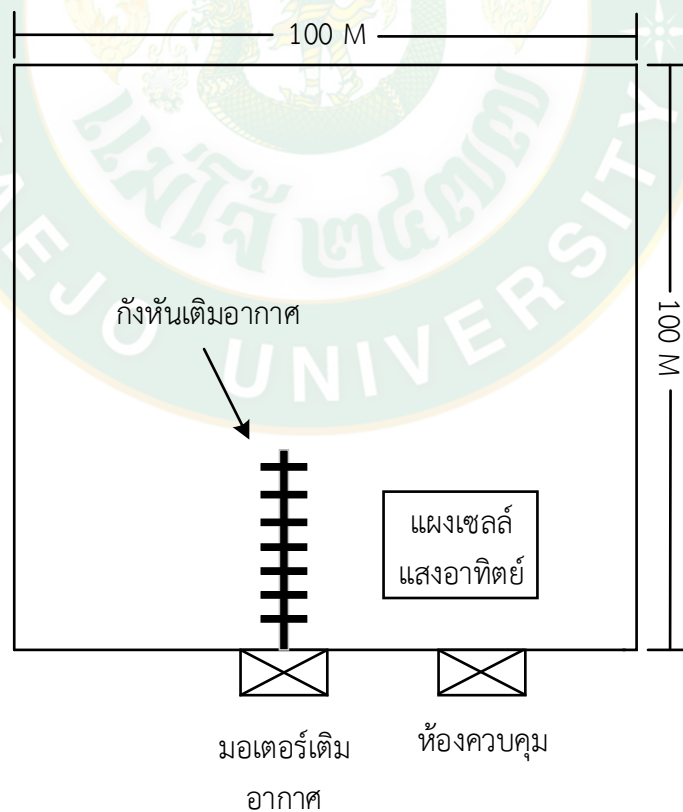


มอเตอร์สำหรับการเติมอากาศ

กังหันสำหรับการเติมอากาศ

ภาพที่ 40 บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำการศึกษาวิจัยแบบที่ 2

ภาพที่ 40 แสดงภาพบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 ที่ทำการศึกษาวิจัย บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 จะทำการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไว้บนน้ำ โดยจะใช้ระบบเติมอากาศแบบกังหันเติมอากาศทั้งหมด 12 ชุด



ภาพที่ 41 แผนผังบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำการศึกษาวิจัยแบบที่ 2

จากภาพที่ 41 แสดงแผนผังบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะติดตั้งอยู่บนน้ำและติดตั้งสายเชื่อมต่อกับห้องควบคุมที่อยู่ใกล้กับขอบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำการติดตั้งกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในส่วนของมอเตอร์เติมอากาศจะใช้แบบกังหันเติมอากาศทั้งหมด 12 ชุดต่อเรียงกันโดยจะต่อเชื่อมกับมอเตอร์เติมอากาศที่อยู่ใกล้กับขอบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ



ภาพที่ 42 มอเตอร์และเกียร์ทดที่ใช้ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำการศึกษาวิจัยแบบที่ 2

จากภาพที่ 42 แสดงภาพมอเตอร์และเกียร์ทดที่ใช้ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำการศึกษาวิจัยแบบที่ 2 เป็นมอเตอร์ขนาด 2.2kW โดยติดตั้งกับกังหันเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ริมขอบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของเกษตรกร

2. การพัฒนาระบบจัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2

2.1 สมมติฐานการประเมินและออกแบบระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 โดยได้มีการกำหนดขอบเขตของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ออกแบบดังนี้

1. กำหนดสำรองพลังงานไฟฟ้าที่ 2 hrs.
2. โหลดที่ใช้คือ มอเตอร์ขนาด 2.2kW
3. ใช้ Solar Hybrid Inverter ระบบ Ongrid สำหรับกลางวัน มีแรงดันไฟฟ้าฝั่งเข้า 96V – 550V ขนาด 3 kW
4. ใช้ Solar Hybrid Inverter ระบบ Offgrid สำหรับกรณีฉุกเฉินและบางช่วงเวลาในกลางคืน มีแรงดันไฟฟ้าฝั่งเข้า 18V – 78V และมีแรงดันไฟฟ้าสำหรับการชาร์จประจุแบตเตอรี่ที่ 24V
5. ใช้แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 445W แบบ Bifacial

จากสมมติฐานสามารถนำไปใช้ในการออกแบบได้ดังนี้

1. การคำนวณความจุแบตเตอรี่

$$\begin{aligned} \text{พลังงานที่ต้องการใช้} &= \text{พลังงานโหลด} \times \text{ชั่วโมงที่สำรองพลังงาน} \\ &= 2.2\text{kW} \times 2 \text{ hrs} \\ &= 4.4\text{kWhr} \end{aligned}$$

ทำการเลือกใช้แบตเตอรี่ขนาดแรงดันไฟฟ้า 12V กระแสไฟฟ้า 200A

2. การคำนวณแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากสมมติฐานข้อที่ 5 ที่ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 445W แบบ Bifacial สามารถหาจำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในระบบ Ongrid และ Offgrid ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ Ongrid} &= \frac{\text{ภาระโหลด} \times 1.2}{\text{ขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์}} \\ &= \frac{2.2\text{kW} \times 1.2}{445\text{W}} \\ &= 7 \text{แผง} \end{aligned}$$

ทำการเลือกใช้จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ระบบ Ongrid ทั้งหมด 7 แผง

$$\begin{aligned} \text{พลังงานที่ใช้สำหรับการชาร์จประจุแบตเตอรี่} &= \frac{\text{พลังงานที่ใช้ทั้งหมด}}{\text{เวลาสุริยะ}} \\ &= \frac{4.4\text{kW}}{4\text{h}} \\ &= 7 \text{แผง} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ Offgrid} &= \frac{\text{ภาระโหลด} \times 1.2}{\text{ขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์}} \\ &= \frac{1.1\text{kWh}}{445\text{W}} \\ &\approx 3 \text{แผง} \end{aligned}$$

ทำการเลือกใช้จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบ Offgrid ทั้งหมด 3 แผง

3. การพัฒนาการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2

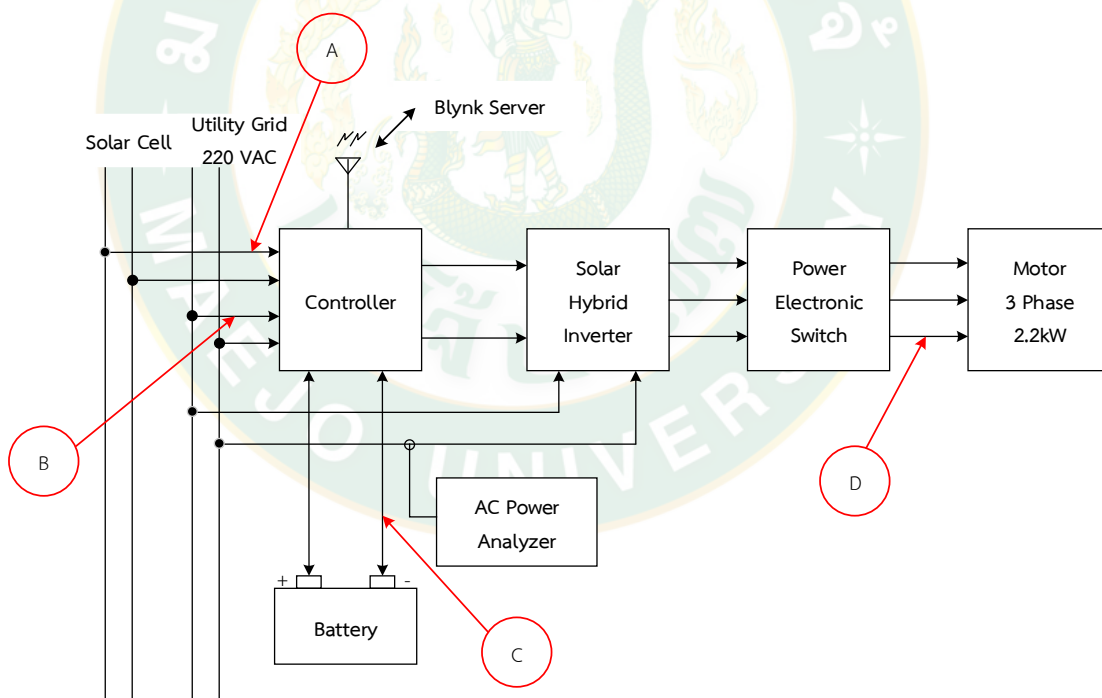
จากการศึกษาข้อมูลและได้ทดสอบสมรรถนะทางไฟฟ้าของบ่อเพาะของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 การออกแบบระบบบริหารและจัดการการใช้พลังงานจะอ้างอิงอัลกอริทึมการพัฒนาระบบ

จัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น ซึ่งจะมีหลักการการทำงานที่เหมือนกัน

คุณลักษณะจำเพาะระบบจัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

คุณลักษณะจำเพาะระบบจัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จะเป็นการวิเคราะห์สมรรถนะภาพการทำงานของเครื่องมือที่ใช้ในระบบบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของทั้ง 2 บ่อเพาะเลี้ยง รวมไปถึงการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบ โดยจะมีรายละเอียดดังนี้

1. การทดสอบสมรรถนะด้านพลังงานไฟฟ้าระบบบริหารจัดการบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1



ภาพที่ 43 การทดสอบสมรรถนะการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1

จากภาพที่ 43 แสดงจุดทดสอบสมรรถนะการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 จะทำการทดสอบสมรรถนะของระบบทั้งหมด 4 การทดสอบ โดยมีการทดสอบทั้งหมดดังนี้

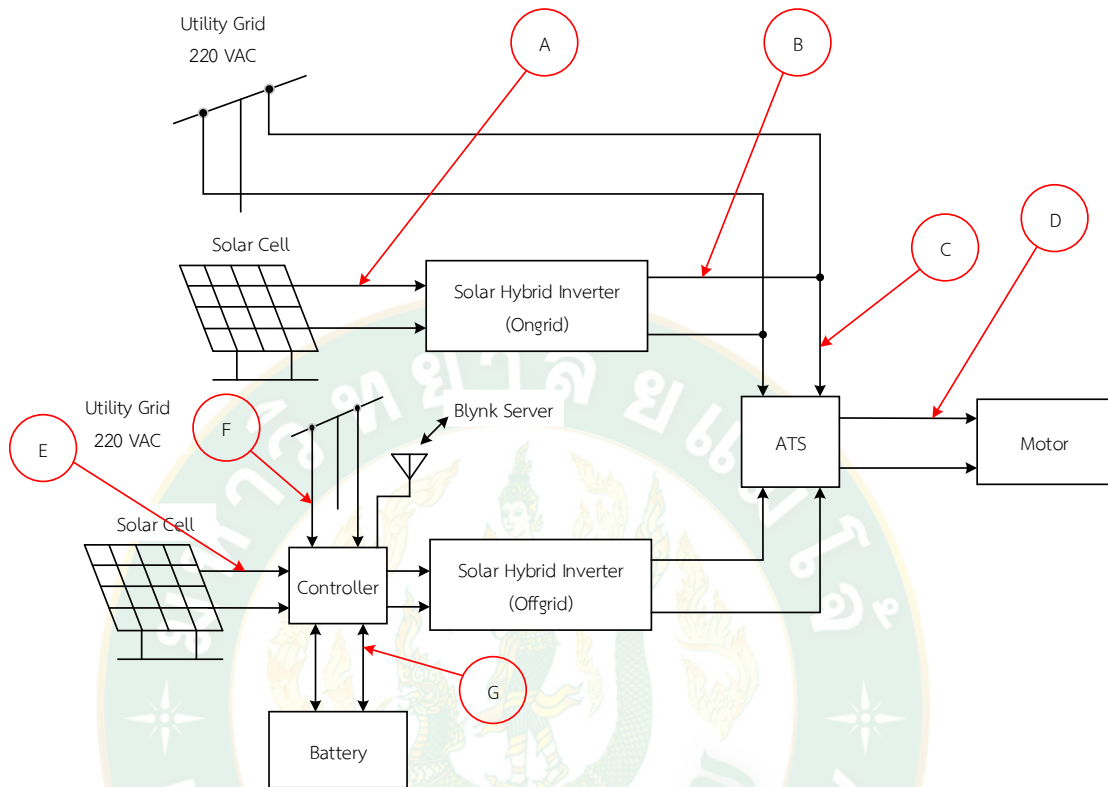
1.1 การทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 จะเป็นการทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกันระหว่างพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานเพื่อใช้สำหรับการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีจุดวัด 3 จุดคือ จุดพลังงานไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์เข้าสู่ Solar Hybrid Inverter (A) จุดพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐาน เข้าสู่ Solar Hybrid Inverter (B) และจุดวัดพลังงานไฟฟ้าฝั่งออกมาจาก Solar Hybrid Inverter ไปยังมอเตอร์เติมอากาศ (D)

1.2 การทดสอบการนำพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปใช้สำหรับการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จะเป็นการทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีจุดวัด 2 จุดคือ จุดพลังงานไฟฟ้าไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ (C) เข้าสู่ Solar Hybrid Inverter กับจุดพลังงานไฟฟ้าฝั่งออกมาจาก Solar Hybrid Inverter ไปยังมอเตอร์เติมอากาศ (D)

1.3 การทดสอบการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ จะเป็นการทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ชาร์จประจุแบตเตอรี่ มีจุดวัด 2 จุดคือ จุดพลังงานไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์เข้าสู่ Solar Hybrid Inverter (A) กับจุดพลังงานไฟฟ้าฝั่งออกมาจาก Solar Hybrid Inverter ไปยังแบตเตอรี่ (C)

1.4 การทดสอบการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐาน จะเป็นการทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานชาร์จประจุแบตเตอรี่ มีจุดวัด 2 จุดคือ จุดพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานเข้าสู่ Solar Hybrid Inverter (B) กับจุดพลังงานไฟฟ้าฝั่งออกมาจาก Solar Hybrid Inverter ไปยังแบตเตอรี่ (C)

2. การทดสอบสมรรถนะด้านพลังงานไฟฟ้าระบบบริหารจัดการบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2



ภาพที่ 44 การทดสอบสมรรถนะการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1

2.1 การทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 จะเป็นการทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกันระหว่างพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานเพื่อใช้สำหรับการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีจุดวัด 4 จุดคือ จุดพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ไหลเข้าสู่ Solar Hybrid Inverter (A) จุดพลังงานไฟฟ้าที่ไหลออกมาจาก Solar Hybrid Inverter (B) จุดพลังงานไฟฟ้าพื้นฐานไหลเข้ารวมกับพลังงานไฟฟ้าที่ไหลออกมาจาก Solar Hybrid Inverter (C) และจุดพลังงานไฟฟ้าที่ไหล (D) เข้าสู่มอเตอร์

2.2 การทดสอบการนำพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปใช้สำหรับการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จะเป็นการทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีจุดวัด 2 จุดคือ จุดพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ (G) ไหลเข้าสู่ Solar hybrid Inverter และจุดพลังงานไฟฟ้าที่ไหล (D) เข้าสู่มอเตอร์

2.3 การชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ จะเป็นการทดสอบการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ มีจุดวัด 2 จุดคือ จุดพลังงานไฟฟ้าจาก

เซลล์แสงอาทิตย์เข้าสู่ Solar Hybrid Inverter (E) และจุดวัดพลังงานไฟฟ้าฝั่งออกมาจาก Solar Hybrid Inverter ไปชาร์จประจุยัง (G) แบตเตอรี่

2.4 การชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าพื้นฐาน เป็นการทดสอบการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าพื้นฐาน มีจุดวัด 2 จุดคือ จุดพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานเข้าสู่ Solar Hybrid Inverter (F) และจุดวัดพลังงานไฟฟ้าฝั่งออกมาจาก Solar Hybrid Inverter ไปชาร์จประจุยัง (G) แบตเตอรี่

3. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพค่าพลังงานไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบจะเป็นการวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้าของระบบ จะทำการวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้างานนี้ ค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า ค่ากำลังไฟฟ้า ค่าพลังงานไฟฟ้าของระบบบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยจะทำการเปรียบเทียบค่าทางด้านเอาต์พุตกับค่าทางด้านอินพุต

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของเกษตรกรจะทำการวิเคราะห์ในส่วนประสิทธิภาพการทำงานของระบบ 4 ส่วนดังนี้ 1. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 2. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการนำพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปใช้ในการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 3. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ 4. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าพื้นฐาน

3.1 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 โดยค่าพลังงานไฟฟ้าทางด้านอินพุตจะมาจากพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานที่ไหลเข้าสู่ระบบควบคุมผ่านเข้าสู่ Solar Hybrid Inverter และไหลเข้าสู่มอเตอร์เติมอากาศ ค่าพลังงานทางด้านเอาต์พุตคือค่าพลังงานไฟฟ้าจากมอเตอร์เติมอากาศ

3.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการนำพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปใช้ในการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทดสอบการนำพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปใช้ในการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยค่าพลังงานไฟฟ้าทางด้านอินพุตจะมาจากพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ที่ไหลเข้าสู่ระบบควบคุมควบคุมผ่านเข้าสู่ Solar Hybrid Inverter และไหลเข้าสู่มอเตอร์เติมอากาศ ค่าพลังงานทางด้านเอาต์พุตคือค่าพลังงานไฟฟ้าจากมอเตอร์เติมอากาศ

3.3 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทดสอบการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ค่าพลังงานไฟฟ้าทางด้านอินพุตจะมาจากพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไหลเข้าสู่ระบบควบคุมผ่านเข้าสู่ Solar Hybrid Inverter และไหลเข้าสู่แบตเตอรี่ ค่าพลังงานทางด้านเอาต์พุตคือค่าพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่

3.4 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐาน

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทดสอบการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐาน ค่าพลังงานไฟฟ้าทางด้านอินพุตจะมาจากพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานที่ไหลเข้าสู่ระบบควบคุมผ่านเข้าสู่ Solar Hybrid Inverter และไหลเข้าสู่แบตเตอรี่ ค่าพลังงานทางด้านเอาต์พุตคือค่าพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของเกษตรกรทั้ง 4 ขั้นตอน จะเป็นการวิเคราะห์ประสิทธิภาพที่นำค่ากำลังไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตกับค่ากำลังไฟฟ้าทางด้านอินพุตมาคำนวณเพื่อหาค่าประสิทธิภาพของระบบ ซึ่งการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบทั้ง 4 ขั้นตอน จะใช้สมการเดียวกันจะต่างกันตรงที่ค่ากำลังไฟฟ้าทางด้านอินพุตกับทางด้านเอาต์พุตที่มีค่าแตกต่างกัน สมการการคำนวณค่าประสิทธิภาพแสดงได้ดังนี้

$$\text{Efficiency} = \frac{P_{\text{OUTPUT}}}{P_{\text{INPUT}}} \times 100$$

สมการที่ 4

โดยที่

Efficiency คือ ประสิทธิภาพของระบบแบ่งปันกำลังไฟฟ้า (%)

P_{OUTPUT} คือ กำลังไฟฟ้าของระบบทางด้านเอาต์พุต

P_{INPUT} คือ กำลังไฟฟ้าของระบบทางด้านอินพุต

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์ของระบบบริหารจัดการในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของแต่ละแบบ เพื่อหาจุดคุ้มทุนที่มีความเหมาะสมสำหรับการลงทุนในการเลือกใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับการใช้งาน โดยใช้การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ (Simple Payback Period) ดังสมการที่ 4 ต่อไปนี้

$$\text{Payback time} = \frac{\text{Cost}}{\text{Saving cost}}$$

สมการที่ 4

โดยที่

Payback time คือ ระยะเวลาในการคืนทุน (ปี)

Cost คือ ต้นทุนราคากระบบ และติดตั้งระบบ (บาท)

Saving cost คือ ผลประหยัดจากการใช้ระบบ (บาท/ปี)



บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

งานวิจัยในบทนี้นำเสนอในส่วนผลการทดสอบกับประสิทธิภาพของระบบบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำรวมถึงผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำการศึกษาวิจัยทั้ง 2 แบบ โดยสามารถแบ่งเป็นหัวข้อได้ดังนี้

ผลการพัฒนาระบบจัดการแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

1. ผลการออกแบบและพัฒนาระบบบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ได้ทำการออกแบบศึกษาวิจัยใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด 2 แหล่งจ่ายคือพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐาน เกษตรกรจะใช้พลังงานไฟฟ้าจาก ในช่วงเวลากลางวันและใช้พลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานในช่วงเวลากลางคืน หลังจากที่ได้ทำการศึกษากิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 ตลอดระยะเวลา 1 รอบการเลี้ยง ที่มีการใช้ไฟฟ้า และเพื่อเพิ่มเสถียรภาพทางพลังงาน จึงได้ออกแบบได้มีการเพิ่มเติมพลังงานไฟฟ้าสำรองจากแบตเตอรี่ เพื่อสำรองการใช้พลังงานไฟฟ้าให้ได้ไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง ระบบประกอบด้วย

1.1 ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จำนวน 10 แผง ขนาด 330W 37.55W ลักษณะการต่อแบบอนุกรม 10 แผง แสดงดังภาพที่ 45



ภาพที่ 45 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำการติดตั้งในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำการศึกษาวิจัย

จากภาพที่ 45 แสดงการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับระบบควบคุม ทำการติดตั้งข้างบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 โดยจะทำการติดตั้งร่วมกับ Solar Hybrid Inverter

1.2 ระบบเก็บประจุพลังงานไฟฟ้าสำรอง รูปแบบการประจูด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ผ่านอุปกรณ์ Solar Charger และประจูด้วยระบบไฟฟ้าพื้นฐานผ่านอุปกรณ์ Battery Charger

ระบบการชาร์จประจูด้วยพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ จะทำการชาร์จประจุแบตเตอรี่ โดยที่แบตเตอรี่จะต้องทำการตั้งอนุกรมทั้งหมด 24 ก้อน เนื่องจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ถูกต่อกับในลักษณะอนุกรมทั้งหมด 10 แผง ได้แรงดันไฟฟ้ารวมเป็น 375V ขณะที่อุปกรณ์ Solar charger จะต้องใช้โหมดชาร์จที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 288V สำหรับในการชาร์จแบตเตอรี่ด้วยกัน แสดงดังภาพที่ 46



ภาพที่ 46 Solar Charger กับ Battery Charger ที่ทำการติดตั้งในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 จากภาพที่ 46 เป็น Solar Charger กับ Battery Charger ในเครื่องเดียวกัน ทำการติดตั้งในบ้านของเกษตรกรร่วมกับแบตเตอรี่ที่ใช้ในการสะสมพลังงานไฟฟ้า

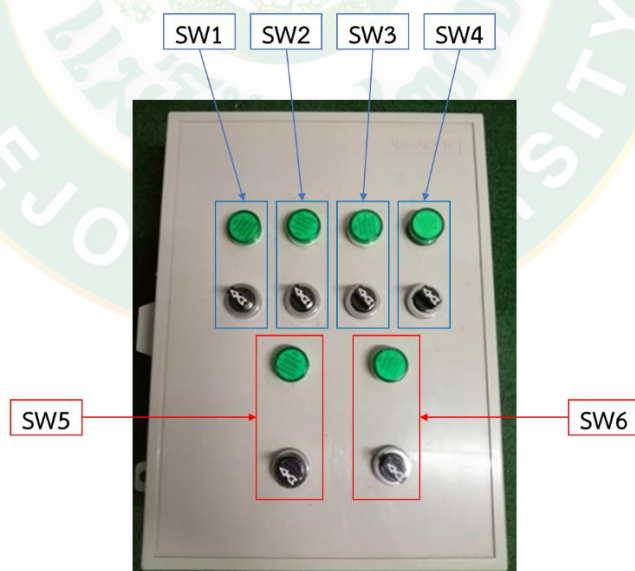
ระบบการชาร์จประจูด้วยพลังงานไฟฟ้าพื้นฐาน จะทำการชาร์จประจุแบตเตอรี่ โดยแบ่งโมดูลแบตเตอรี่เป็น 3 โมดูล (1 โมดูลมีแบตเตอรี่ทั้งหมด 8 ก้อน) ลักษณะการต่อโมดูลแบตเตอรี่จะต่อแบบขนานกันทั้ง 3 โมดูล เนื่องจากอุปกรณ์ที่แปลงแรงดันไฟฟ้าพื้นฐานกระแสสลับจาก 220Vac ให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่มากกว่า 353Vdc มีข้อจำกัด ผู้วิจัยจึงได้เลือกวิธีแบ่งเป็นโมดูลจำนวน 3 โมดูล ทำให้สามารถลดระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับใช้ประจุแบตเตอรี่ได้ลดลงเป็น 120Vdc ซึ่งทำได้ง่ายกว่าแบบก่อนหน้า แสดงดังภาพที่ 47



ภาพที่ 47 Battery ที่ทำการติดตั้งในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1

จากภาพที่ 47 แสดงการติดตั้งแบตเตอรี่ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 จะทำการติดตั้งในบ้านของเกษตรกรทำการต่ออนุกรมทั้งหมด 24 ก้อน โดยจะต่อร่วมกับ Solar Charger และ Battery Charger

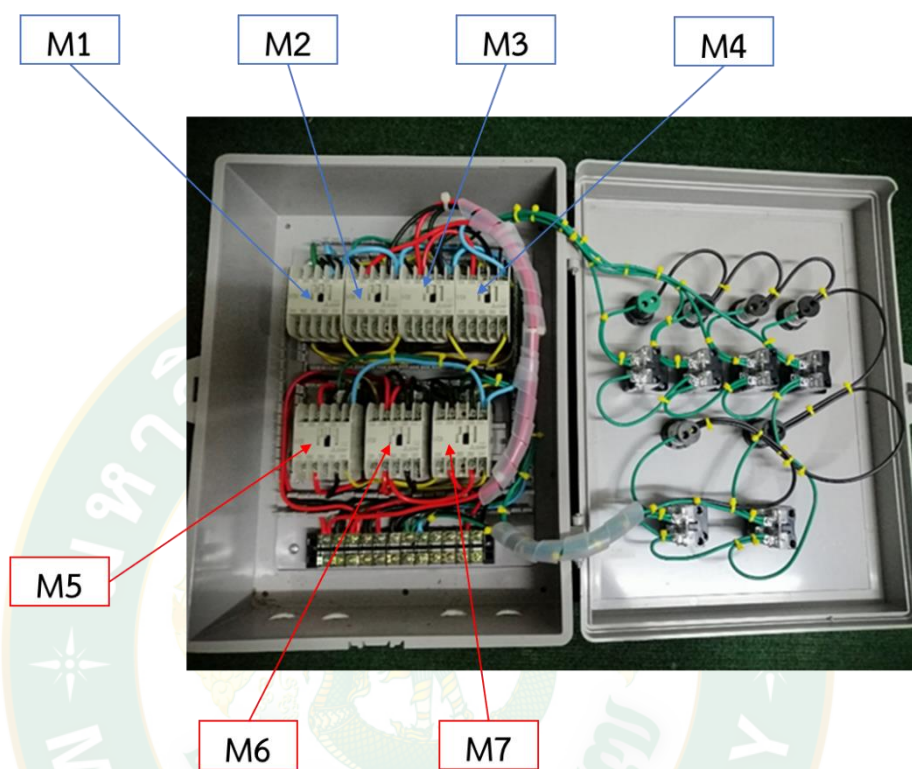
เนื่องจากรูปแบบการประจุแบตเตอรี่ด้วยไฟฟ้าพื้นฐานจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบของแบตเตอรี่ที่ต่ออนุกรม 24 ก้อน ให้กลายเป็น อนุกรม 8 ก้อน จำนวน 3 โมดูล จึงได้ทำการออกแบบวงจรที่ใช้สำหรับการควบคุมในการชาร์จประจุแบตเตอรี่รวมไปถึงการควบคุมการเลือกแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปชาร์จประจุและการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แสดงดังภาพที่ 48 และภาพที่ 49



ภาพที่ 48 ตำแหน่งสวิตช์ที่ติดตั้งในกล่องควบคุม

จากภาพที่ 48 แสดงกล่องควบคุมการเลือกแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่จะใช้สำหรับในการเติมอากาศรวมไปถึงการนำพลังงานไฟฟ้าไปชาร์จประจุแบตเตอรี่ โดยในที่นี้ได้มีการทำสวิตช์เพื่อให้เกษตรกรสามารถที่จะเลือกแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้เอง โดยใน SW1 ถึง SW4 จะเป็นสวิตช์ที่ทำ

การเลือกแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปใช้ในการเติมอากาศหรือว่าการเลือกแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปชาร์จประจุแบตเตอรี่ ส่วน SW5 กับ SW6 จะทำหน้าที่เป็นสวิทซ์ในการเลือกให้แบตเตอรี่ต่อแบบอนุกรมหรือว่าแบบขนานเพื่อใช้ในการชาร์จประจุแบตเตอรี่

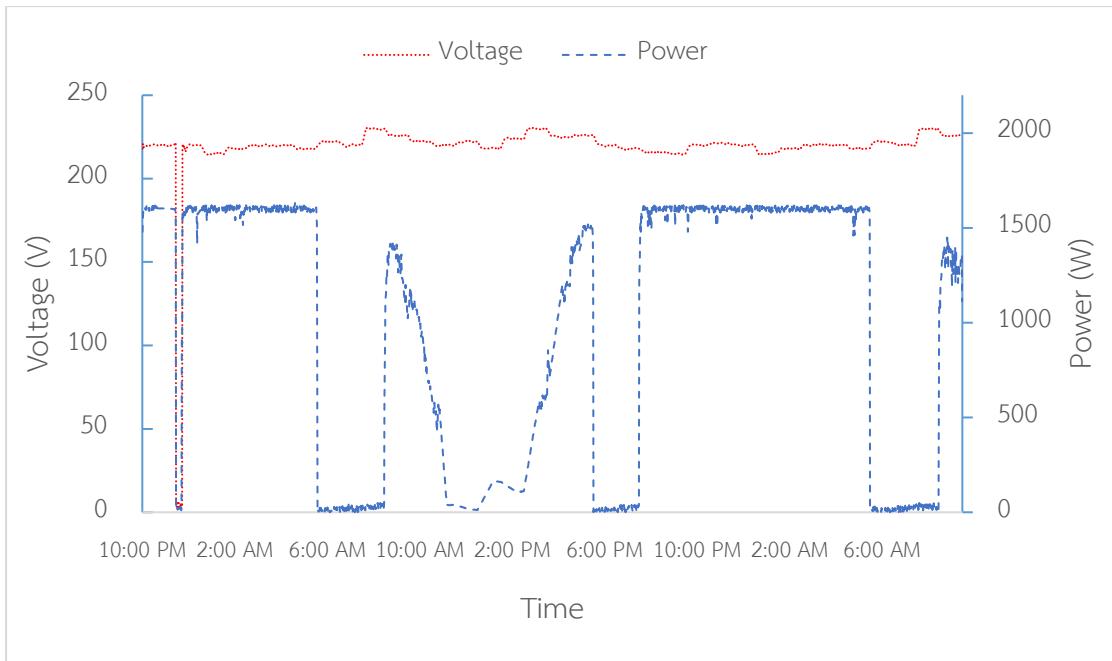


ภาพที่ 49 ตำแหน่งแมกเนติกที่ติดตั้งในกล่องควบคุม

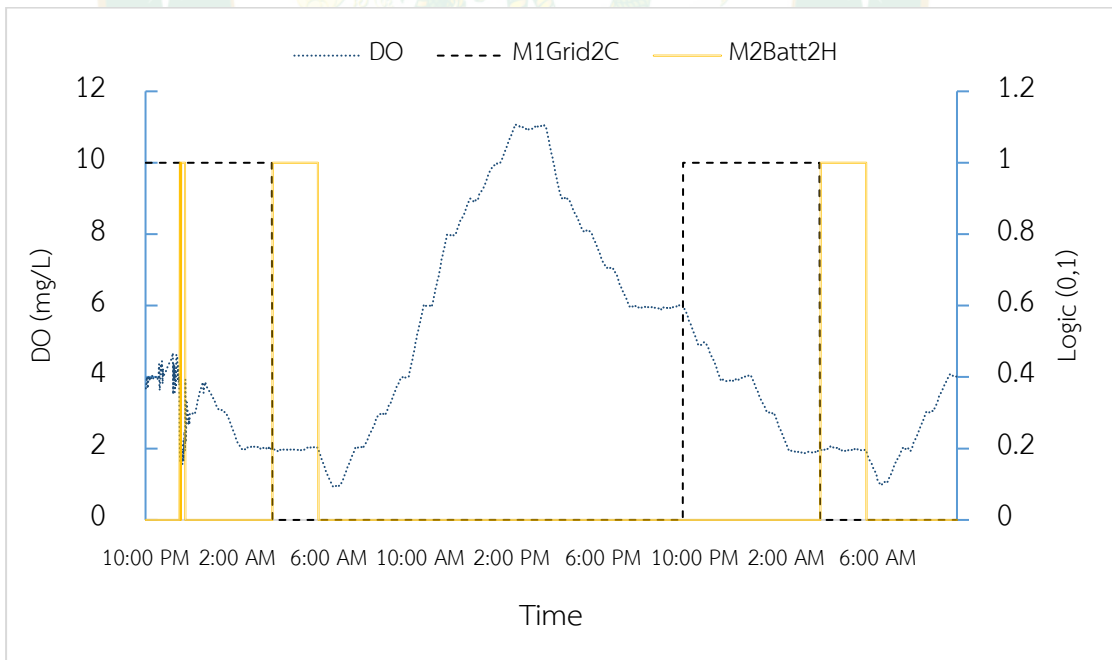
จากภาพที่ 49 แสดงตำแหน่งแมกเนติกที่ติดตั้งอยู่ในกล่องควบคุม โดย แมกเนติก M1 ถึง M4 จะทำหน้าที่เป็นสะพานไฟในการเลือกแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปใช้สำหรับการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกับการชาร์จประจุแบตเตอรี่ ในส่วนแมกเนติก M5 ถึง M7 จะทำหน้าที่เป็นสะพานไฟสำหรับการเปลี่ยนรูปแบบการต่อของแบตเตอรี่จากอนุกรมไปเป็นแบบขนาน

2. ผลการพัฒนาอัลกอริทึมและซอฟต์แวร์ระบบบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

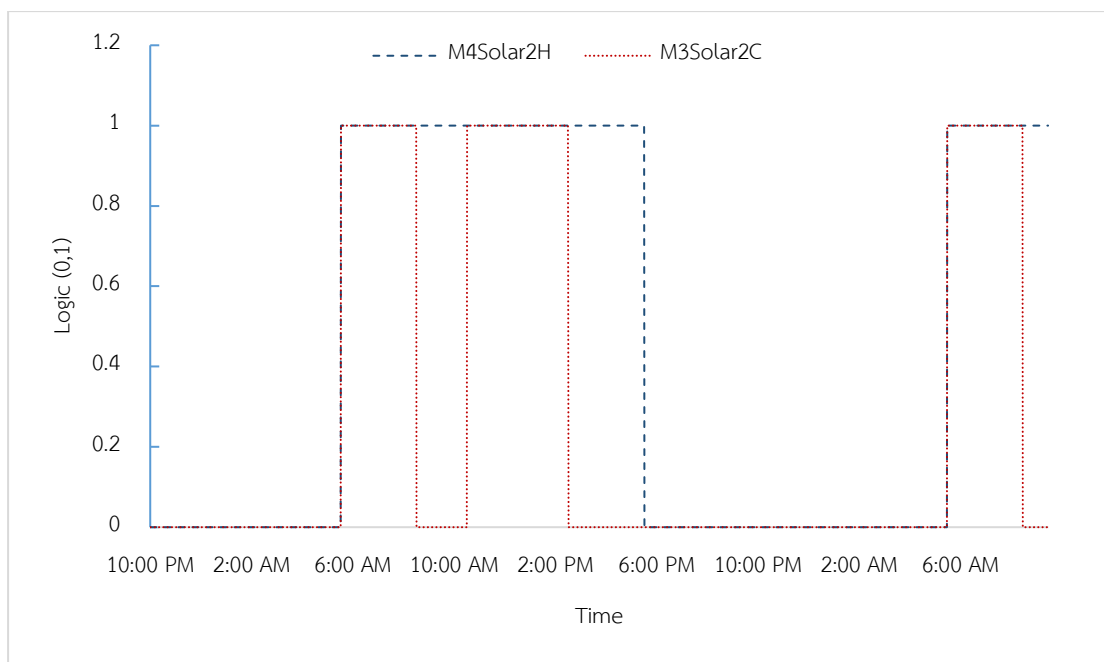
หลังจากที่ได้ทำการออกแบบอัลกอริทึมรวมไปถึงซอฟต์แวร์ของระบบบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จึงได้มีการนำอัลกอริทึมที่ได้ทำการออกแบบไปใช้กับซอฟต์แวร์เพื่อควบคุมกิจกรรมหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ให้มีความเหมาะสมกับการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยได้มีการทดลองกับโปรแกรมจำลองการทำงาน มีผลการจำลองการทำงานดังนี้



ภาพที่ 50 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้ากับค่ากำลังไฟฟ้าของระบบบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ



ภาพที่ 51 กราฟแสดงการทำงานของแมกเนติก M1 และ M2



ภาพที่ 52 กราฟแสดงการทำงานของแมกเนติก M3 และ M4

จากภาพที่ 50 ภาพที่ 51 ภาพที่ 52 จะแสดงกราฟการทำงานของอัลกอริทึมของระบบบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การทำงานของระบบในครั้งนี้ได้มีการเพิ่มชุดข้อมูลค่าออกซิเจนละลายน้ำเพิ่มเติมเข้าไปในระบบบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จากนั้นจึงได้ทำการจำลองการทำงานในซอฟต์แวร์ ผลการจำลองการทำงานในภาพกราฟสามารถอธิบายได้ 4 สถานการณ์ดังนี้

1. สถานการณ์กลางวันปกติ ในช่วงเวลากลางวันปกติตั้งแต่เวลา 6.00 A.M. – 10.00 P.M. จะเป็นช่วงที่ไม่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานแต่จะใช้พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ในการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกับชาร์จประจุแบตเตอรี่ Magnetic M3 กับ Magnetic M4 ในภาพที่ 52 ทำงาน หลังจากเวลา 10.00 A.M จนถึงช่วงเวลา 06.00 P.M. จะเป็นช่วงที่ระบบได้นำพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานไฟฟ้ามาใช้งานร่วมกัน ในช่วงเวลา 10.00 A.M – 12.00 AM จะมีการนำพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ใช้ในการเติมอากาศหลังจากเวลา 12.00 A.M. Magnetic M3 ในภาพที่ 52 จะหยุดทำงาน และจะกลับมาทำงานอีกครั้งในเวลา 12.00 A.M. – 06.00 P.M.

2. สถานการณ์กลางวันวิกฤต ในช่วงเวลากลางวันวิกฤต ค่าออกซิเจนละลายน้ำจะมีค่าที่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน จึงไม่มีการนำพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

3. สถานการณ์กลางคืนปกติ ในช่วงเวลากลางคืนปกติ จะใช้พลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานในการเติมอากาศกับชาร์จประจุแบตเตอรี่ โดยจะเริ่มเติมอากาศกับชาร์จประจุแบตเตอรี่ ในเวลา

10.00 A.M. – 04.00 A.M. โดย Magnetic M1 ตามภาพที่ 51 จะทำงาน เมื่อถึงเวลา 04.00 A.M – 06.00 A.M. จะใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ในการเติมอากาศ โดย Magnetic M2 จะทำงาน

4. สถานการณ์กลางคืนวิกฤต ในช่วงเวลากลางคืนวิกฤตจากภาพที่ 50 จะมีช่วงสถานการณ์วิกฤตที่ค่าแรงดันไฟฟ้าพื้นฐานมีค่าเป็นศูนย์ เมื่อเกิดสถานการณ์นี้ขึ้น ระบบบริหารจัดการจะพิจารณาว่า DO เป็นอันดับ เมื่อค่า DO ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน Magnetic M2 จะทำงานตามที่แสดงในภาพที่ 52

ผลการพัฒนาระบบจัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อ เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1

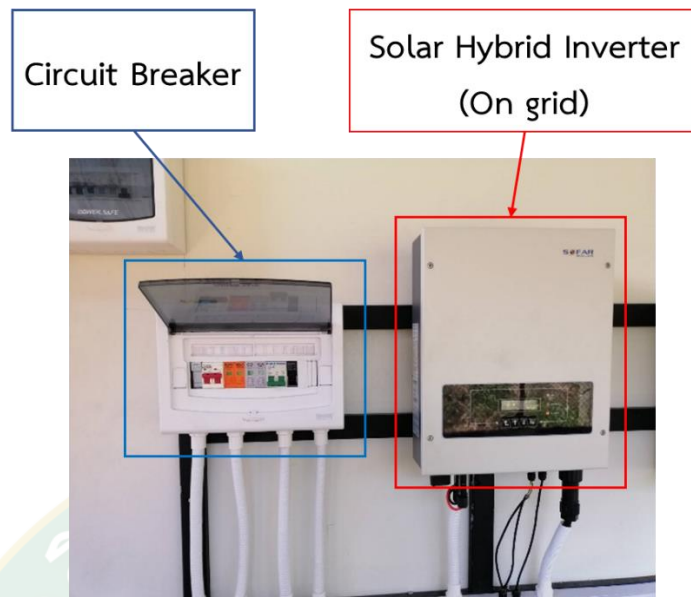
ผลการพัฒนาระบบจัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 เนื่องด้วยในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 ของเกษตรกร เป็นบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทางผู้ศึกษาวิจัยได้พัฒนาเป็นต้นแบบที่ใช้ในการออกแบบ ทางผู้ศึกษาวิจัยจึงขออ้างอิงข้อมูลผลการออกแบบและผลการทำงานที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อข้างต้น เนื่องจากคือบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำการศึกษาวิจัยบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำบ่อเดียวกัน

ผลการพัฒนาระบบจัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อ เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2

1. ผลการออกแบบระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2

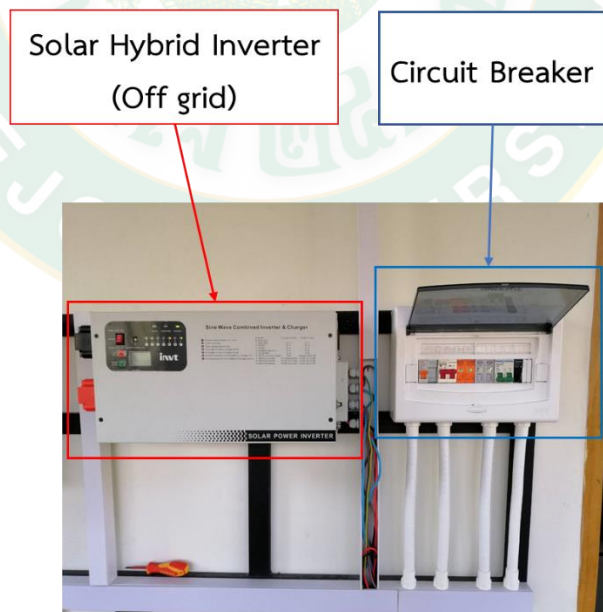
หลังจากที่ได้มีการออกแบบระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 สามารถสรุปอุปกรณ์ที่ทำการออกแบบได้ดังนี้

1.1 ระบบ Ongrid ประกอบด้วยอุปกรณ์ Solar Inverter ยี่ห้อ SOFAR รุ่น SOFER 5KMTLM-G2 ขนาด 5000W Single-Phase Dual-MPPT แสดงดังภาพที่ 53



ภาพที่ 53 ระบบ Ongrid ของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2
จากภาพที่ 53 จะแสดงการติดตั้งระบบ Solar Hybrid Inverter ฝั่งการทำงาน Ongrid โดย
จะใช้พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐาน

1.2 ระบบ Offgrid ประกอบด้วยอุปกรณ์ Solar Inverter ยี่ห้อ INVT SOLAR INVERTER
OFF GRID รุ่น BN3024C ขนาด 3000 W แสดงดังภาพที่ 54



ภาพที่ 54 ระบบ Offgrid ของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2

จากภาพที่ 54 จะแสดงการติดตั้ง Solar Hybrid Inverter ในระบบ Offgrid โดยจะมีแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด 3 แหล่งจ่ายที่ไหลเข้าสู่ในระบบนี้คือ แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานและแหล่งไฟฟ้าจากแบตเตอรี่

1.3 แบตเตอรี่สำรองพลังงานไฟฟ้า ประกอบด้วยอุปกรณ์ แบตเตอรี่ ยี่ห้อ LVTOPSUN ขนาด 12 V 200Ah Deep Cycle จำนวน 2 ลูก แสดงดังภาพที่ 55



ภาพที่ 55 แบตเตอรี่สำรองพลังงานไฟฟ้า

จากภาพที่ 55 เป็นแบตเตอรี่ที่ใช้เป็นพลังงานไฟฟ้าสำรองของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ใช้แบตเตอรี่ทั้งหมด 2 ก้อน ทำการต่อแบตเตอรี่แบบขนานกัน เพื่อส่งต่อแรงดันไฟฟ้าไปยัง Solar Hybrid Inverter

2. ผลการพัฒนาอัลกอริทึมและซอฟต์แวร์ระบบบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2

ผลการพัฒนาระบบจัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 เนื่องด้วยในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 เป็นบ่อเพาะเลี้ยงที่ได้พัฒนาเพิ่มเติมในส่วนของการแยกการทำงานระหว่าง Ongrid กับ Offgrid ในส่วนการเปลี่ยนแปลงระบบการทำงานจาก Ongrid กับ Offgrid จะใช้ ATS เป็นตัวเปลี่ยนแปลงระบบ

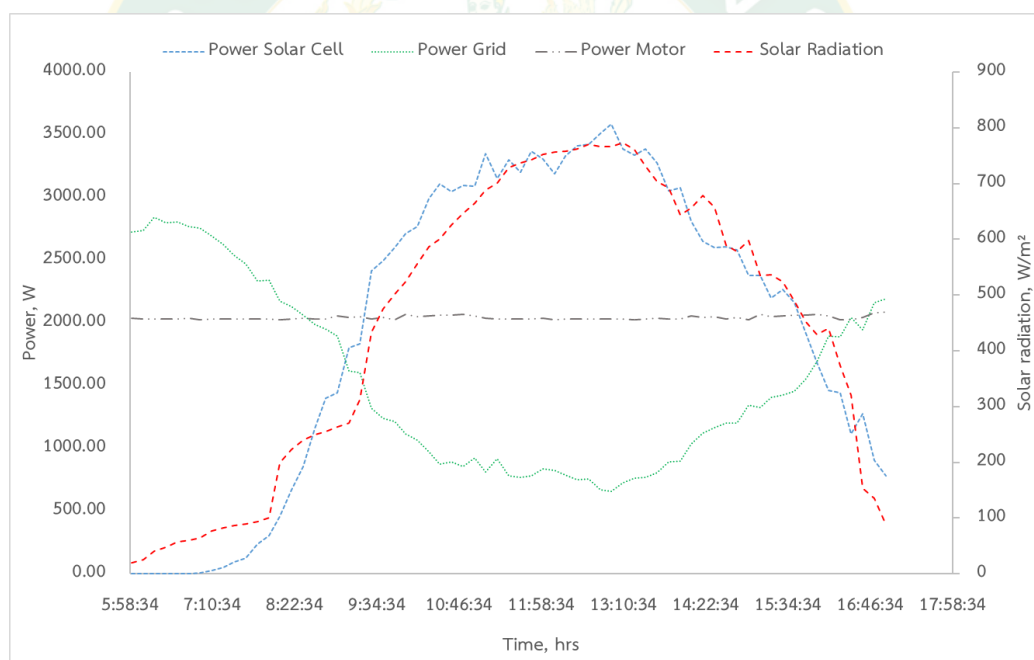
อัลกอริทึมและซอฟต์แวร์ของระบบทางผู้ศึกษาวิจัยขออ้างอิงข้อมูลผลการออกแบบและผลการทำงานที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อข้างต้น เนื่องจากคือมีหลักการทำงานที่คล้ายกัน

ผลคุณลักษณะจำเพาะระบบจัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

คุณลักษณะจำเพาะระบบจัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จะเป็นการทดสอบสมรรถนะการทำงานของระบบในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำการวิจัยทั้ง 2 บ่อ รวมไปถึงประสิทธิภาพของระบบการทำงานของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีผลการทดสอบดังนี้

1. การทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

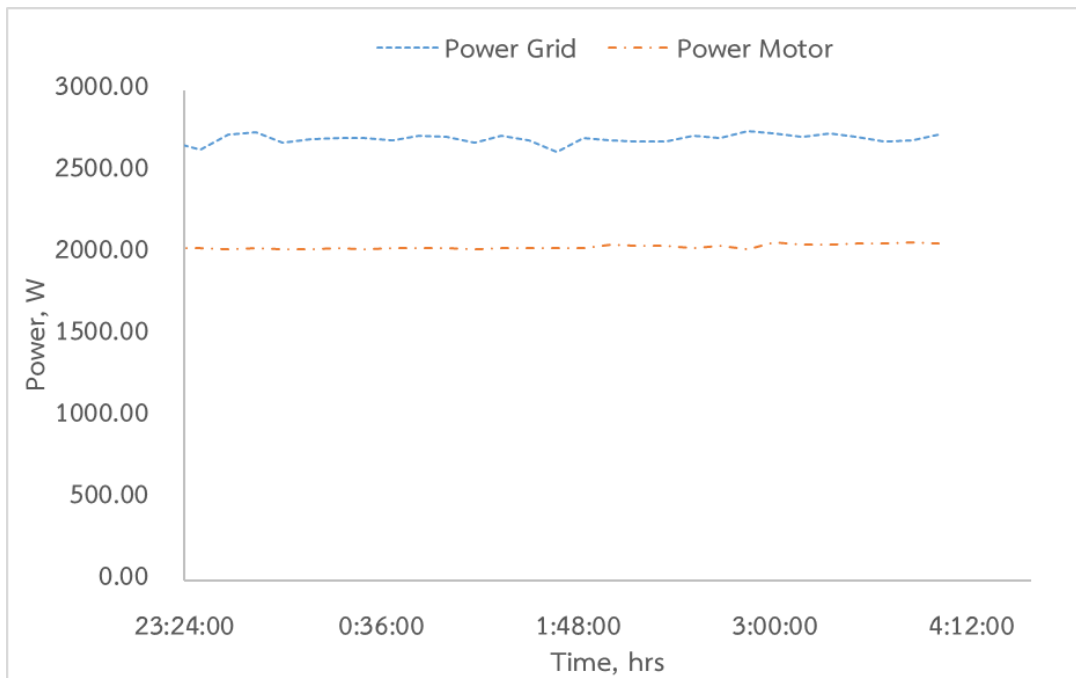
1.1 การทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ



ภาพที่ 56 กราฟกำลังไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 ช่วงเวลากลางวัน

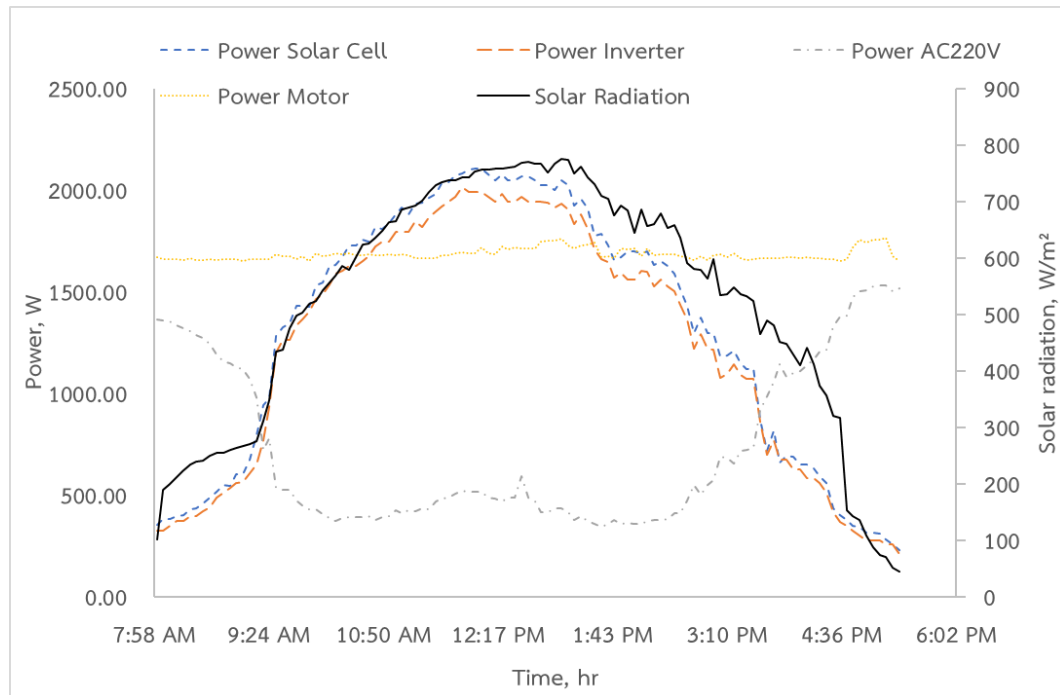
จากภาพที่ 56 แสดงกราฟกำลังไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 ในช่วงเวลากลางวัน .ในกราฟจะเป็นการใช้แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าร่วมกันระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์กับไฟฟ้าพื้นฐานในการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยมีภาระเป็นมอเตอร์ขนาด 2.2kW การทำงานของระบบจะพบว่าเมื่อค่ารังสีแสงอาทิตย์มีค่าที่เพิ่มมากขึ้นค่ากำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน จะแตกต่างกับค่ากำลังไฟฟ้าของไฟฟ้าที่จะมีค่าลดลง โดยค่ากำลังไฟฟ้าจากทั้ง 2 แหล่งจ่ายเมื่อนำมารวมกันจะมีค่าเท่ากับค่ากำลังไฟฟ้าของมอเตอร์เติมอากาศ หลังจากทีค่ารังสี

แสงอาทิตย์มีค่าที่ลดลง ค่ากำลังไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานจะมีค่าที่เพิ่มมากขึ้นส่วนค่ากำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จะมีค่าที่ลดลงเช่นกัน



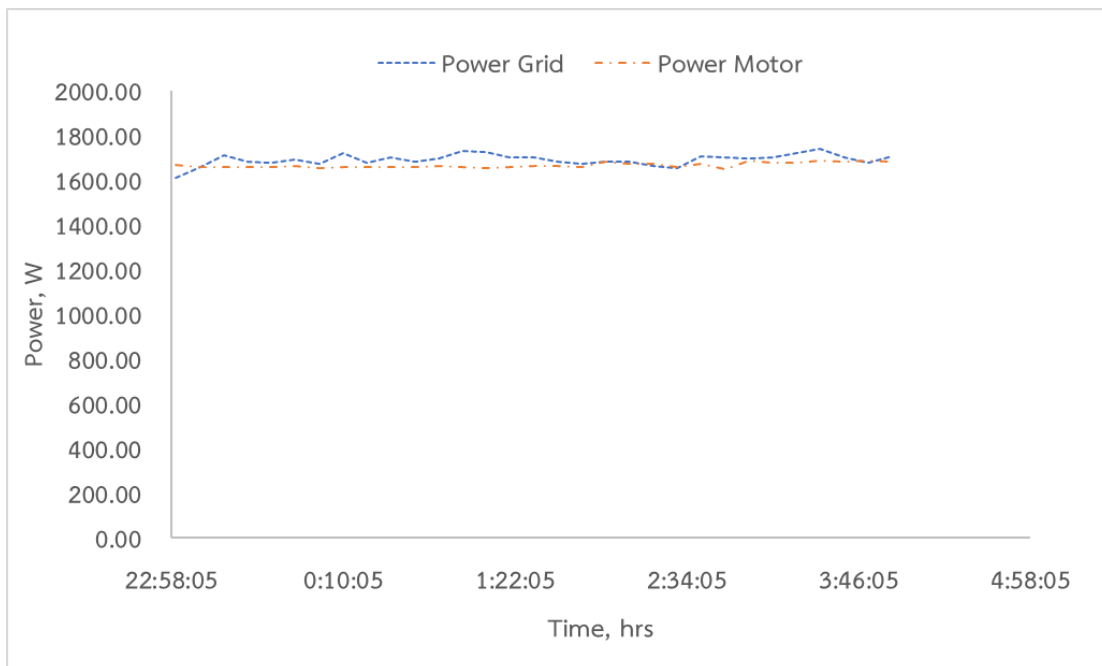
ภาพที่ 57 กราฟกำลังไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 ช่วงเวลากลางคืน

จากภาพที่ 57 จะแสดงกราฟกำลังไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 ช่วงเวลากลางคืน ในช่วงเวลากลางคืนจะใช้พลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานในการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ค่ากำลังไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานจะมีค่าที่ค่อนข้างคงที่อยู่ที่ประมาณ 2.6kW แต่หลังจากที่ผ่านระบบ Solar hybrid Inverter ค่ากำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์เติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะมีค่าที่ประมาณ 2.2kW



ภาพที่ 58 กราฟกำลังไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 ช่วงเวลากลางวัน

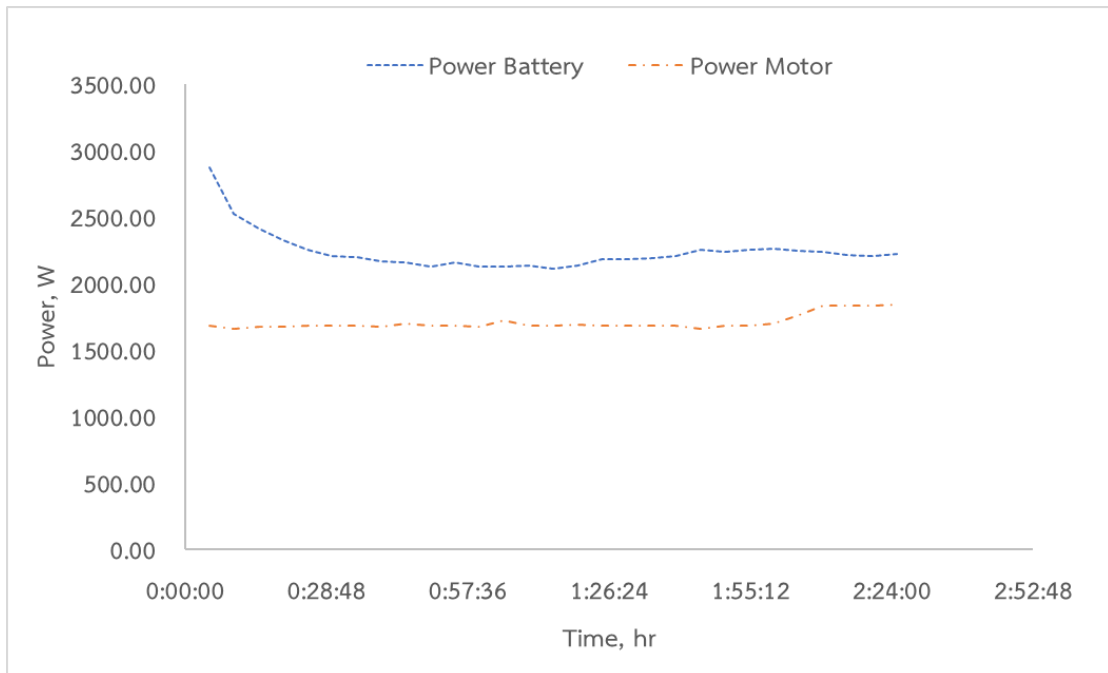
จากภาพที่ 58 แสดงกราฟกำลังไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 ในช่วงเวลากลางวัน จะมีการใช้พลังงานร่วมกันระหว่างพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับไฟฟ้าพื้นฐาน เมื่อถึงช่วงเวลาเต็มอากาศ ภาระเป็นมอเตอร์ขนาด 2.2kW ค่ากำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จะมีค่าที่ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นสวนทางกับค่ากำลังไฟฟ้าของไฟฟ้าพื้นฐาน โดยค่ากำลังงานไฟฟ้าจากทั้ง 2 แหล่งเมื่อนำมารวมกันจะมีค่าเท่ากับค่ากำลังไฟฟ้าของภาระมอเตอร์เต็มอากาศ ขณะเดียวกันเมื่อค่ารังสีแสงอาทิตย์มีค่าที่ลดลง ค่ากำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จะมีค่าที่ลดลงเช่นกัน ส่วนค่ากำลังไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานจะมีค่าที่เพิ่มขึ้น



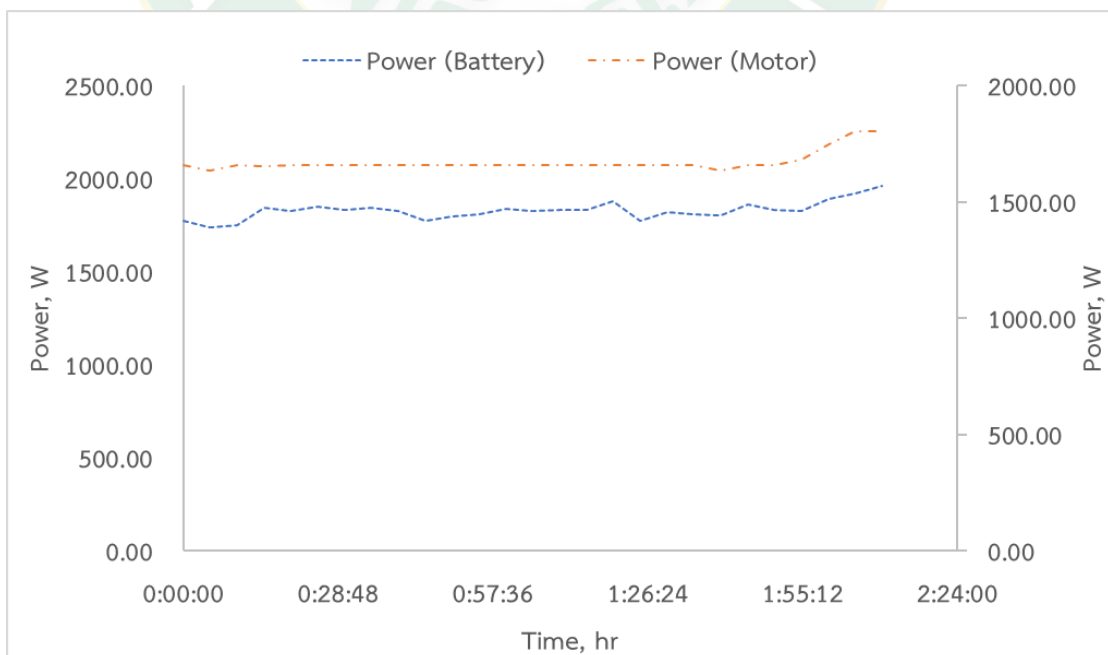
ภาพที่ 59 กราฟกำลังไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 ช่วงเวลากลางคืน

จากภาพที่ 59 จะแสดงกราฟกำลังไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 ช่วงเวลากลางคืน ในช่วงเวลากลางคืนจะใช้พลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานในการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ค่ากำลังไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานจะมีค่าที่ค่อนข้างคงที่ใกล้เคียงกับค่ากำลังไฟฟ้าของมอเตอร์เติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ 1.7kW

1.2 การทดสอบการนำพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปใช้ในการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ



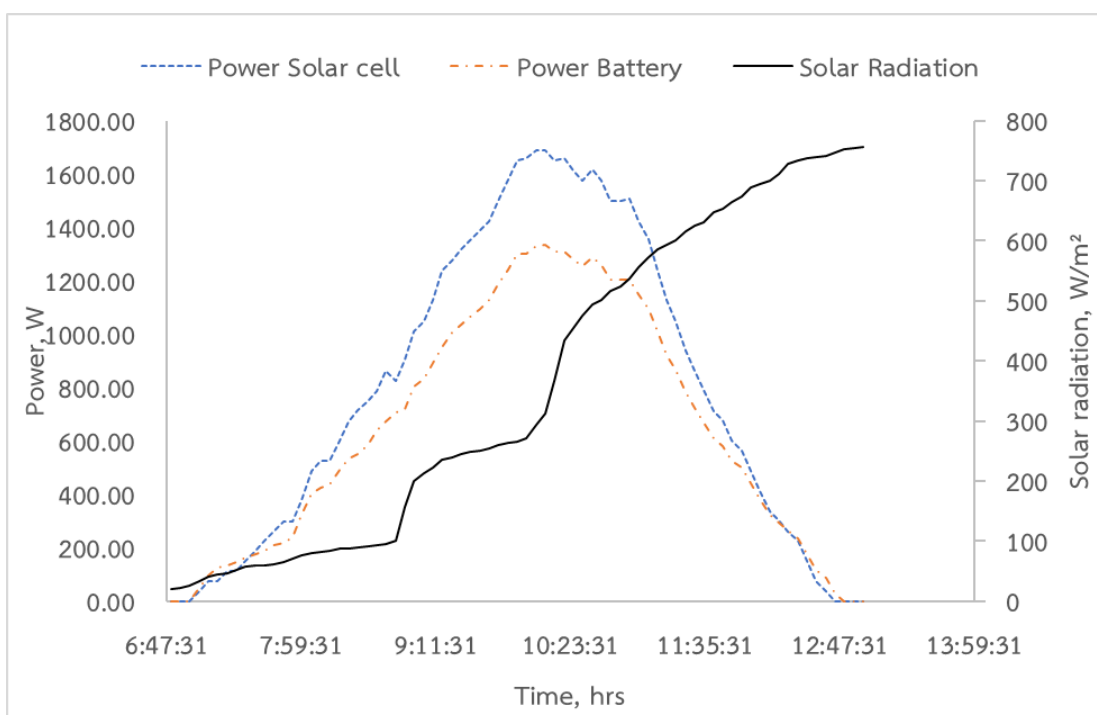
ภาพที่ 60 การนำพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปใช้ในการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 จากภาพที่ 60 เป็นกราฟแสดงการนำพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปใช้ในการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 จากทดสอบจะพบว่าแบตเตอรี่สามารถปล่อยพลังงานไฟฟ้าในการเติมอากาศได้ 2 ชั่วโมง 25 นาที ลักษณะของกราฟจะเห็นได้ว่าการเติมอากาศค่ากำลังไฟฟ้าจะมีค่าเท่ากับกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ประมาณ 2.2kW ในส่วนของค่ากราฟของกำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์เติมอากาศจะอยู่ในช่วง 1.7kW



ภาพที่ 61 การนำพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปใช้ในการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2

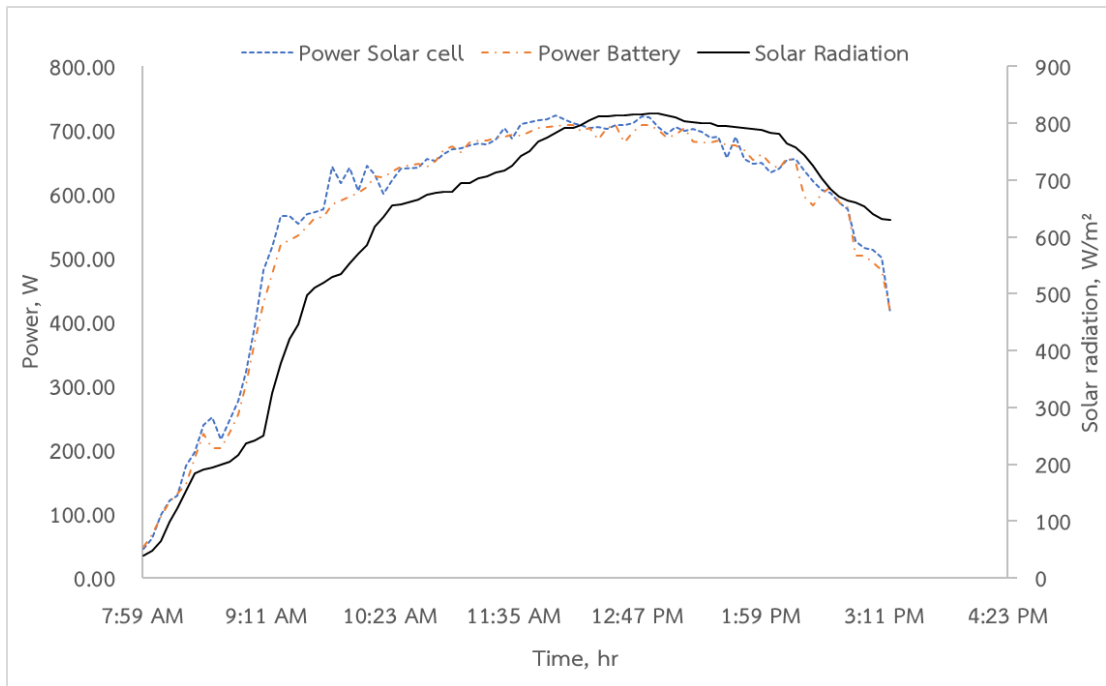
จากภาพที่ 61 เป็นกราฟแสดงการนำพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปใช้ในการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 จากทดสอบจะพบว่าแบตเตอรี่สามารถปล่อยพลังงานไฟฟ้าในการเติมอากาศได้ 2 ชั่วโมง 10 นาที ลักษณะของกราฟจะเห็นได้ว่าการเติมอากาศค่ากำลังไฟฟ้าจะมีค่าเท่ากับกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ประมาณ 2.2kW ในส่วนของค่ากราฟของกำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์เติมอากาศจะอยู่ในช่วง 1.7kW

1.3 การทดสอบการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์



ภาพที่ 62 การทดสอบการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1

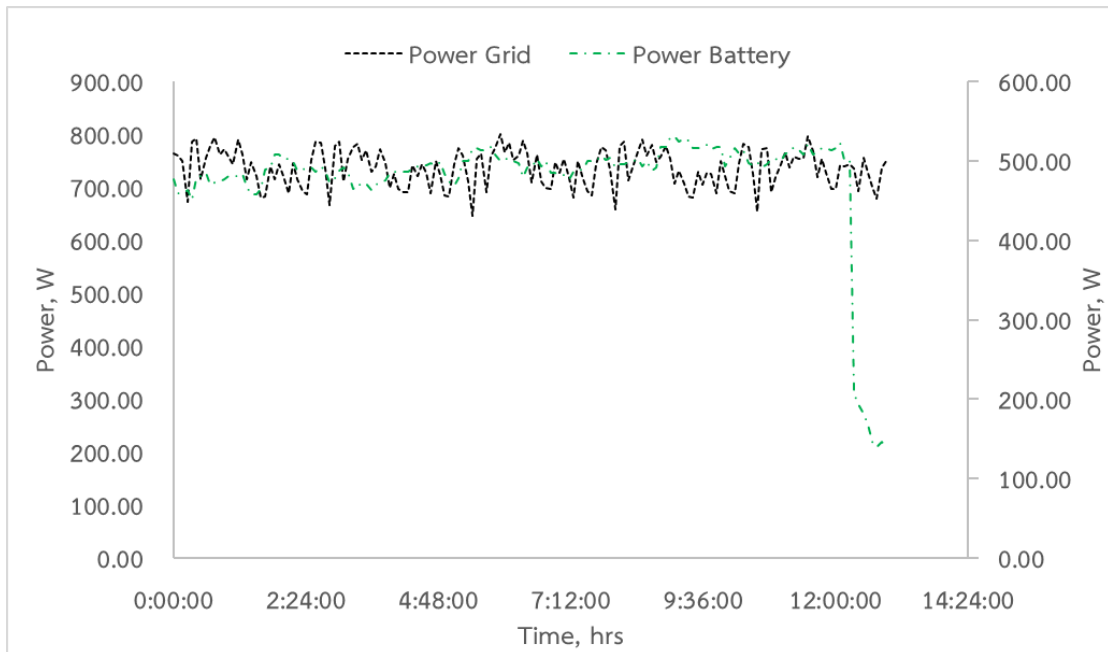
จากภาพที่ 62 จะเป็นการทดสอบการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 ลักษณะการชาร์จประจุแบตเตอรี่ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 จะใช้แรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ที่สูงในการชาร์จจึงทำให้ใช้ระยะเวลาในการชาร์จประจุแบตเตอรี่ประมาณ 4 ชั่วโมง จะสังเกตได้ว่าค่ากำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อมีค่าสูงสุดจะอยู่ที่ 1.8kW ในขณะที่ค่ากำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่เมื่อมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 1.3kW



ภาพที่ 63 การทดสอบการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2

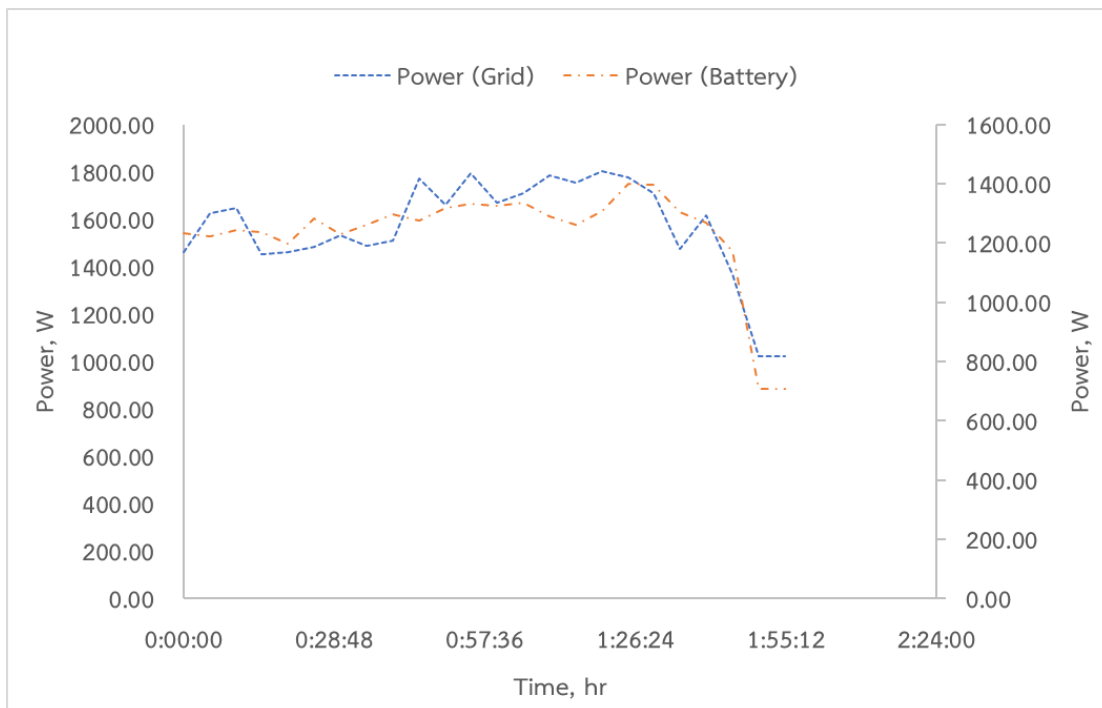
จากภาพที่ 63 จะเป็นการทดสอบการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 ลักษณะการชาร์จประจุแบตเตอรี่ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 จะใช้แรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต่อขนานกัน 3 แผงในการชาร์จจึงทำให้ใช้ระยะเวลาในการชาร์จประจุแบตเตอรี่ประมาณ 7 ชั่วโมง 15 นาที จะสังเกตได้ว่าค่ากำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อมีค่าสูงสุดจะอยู่ที่ 700W ในขณะที่ค่ากำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่เมื่อมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 680W

1.4 การทดสอบการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐาน



ภาพที่ 64 การทดสอบการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1

จากภาพที่ 64 จะเป็นกราฟแสดงการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าพื้นฐานในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 จะเป็นการชาร์จประจุแบตเตอรี่ 3 โมดูล โมดูลละ 96 V ระยะเวลาในการชาร์จแบบโมดูลนี้จะใช้ระยะเวลาที่นานถึง 12 ชั่วโมง ค่ากำลังไฟฟ้าของไฟฟ้าพื้นฐานจะมีค่าอยู่ช่วงระหว่าง 700W-800W ส่วนค่ากำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่ในช่วงระหว่างที่มีการชาร์จประจุจะมีค่าอยู่ระหว่าง 700W-800W และเมื่อแบตเตอรี่ใกล้เต็มค่ากำลังไฟฟ้าจะค่อยๆลดลง



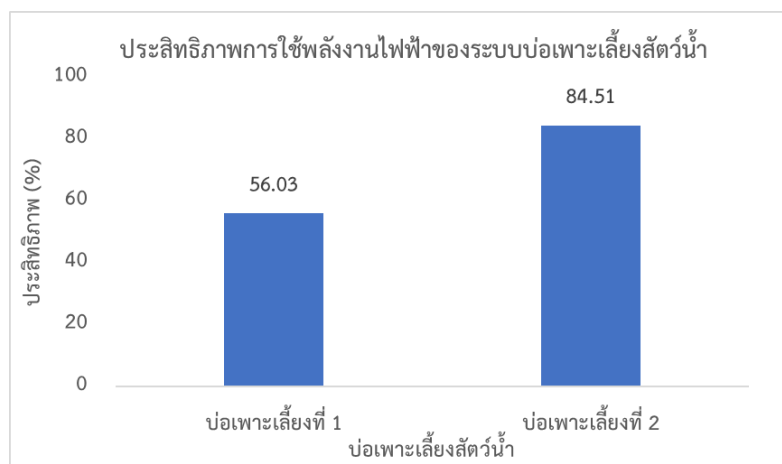
ภาพที่ 65 การทดสอบการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2

จากภาพที่ 65 จะเป็นกราฟแสดงการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าพื้นฐานในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 จะใช้ระยะเวลาในการชาร์จ 12 ชั่วโมง ค่ากำลังไฟฟ้าของไฟฟ้าพื้นฐานจะมีค่าสูงสุดที่ 1.8kW ส่วนค่ากำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่ค่าที่สูงสุดที่ 1.4kW และเมื่อแบตเตอรี่ใกล้เต็มค่ากำลังไฟฟ้าจะค่อยๆลดลง

2. การหาประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

การหาประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะประกอบหัวข้อการหาประสิทธิภาพของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำดังนี้

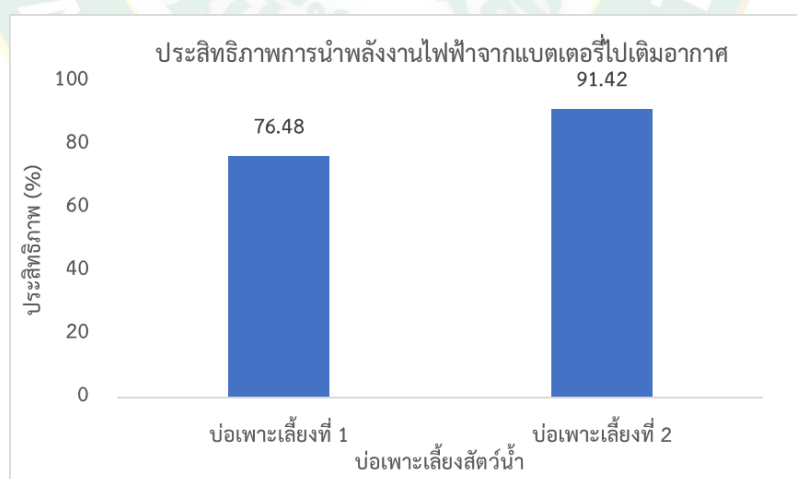
2.1 การหาประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ



ภาพที่ 66 ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

จากภาพที่ 66 แสดงกราฟประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ค่าประสิทธิภาพระบบของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 อยู่ที่ 56.03% ส่วนค่าประสิทธิภาพระบบของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 อยู่ที่ 84.51% สาเหตุที่ค่าประสิทธิภาพของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 มีค่าที่ต่ำกว่าบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 เนื่องจากในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ กับ Solar Hybrid Inverter ที่ติดตั้งระบบจะมีประสิทธิภาพที่ไม่ค่อยเสถียร จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ประสิทธิภาพของระบบมีค่าต่ำ

1.2 การหาประสิทธิภาพการนำพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปใช้ในการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

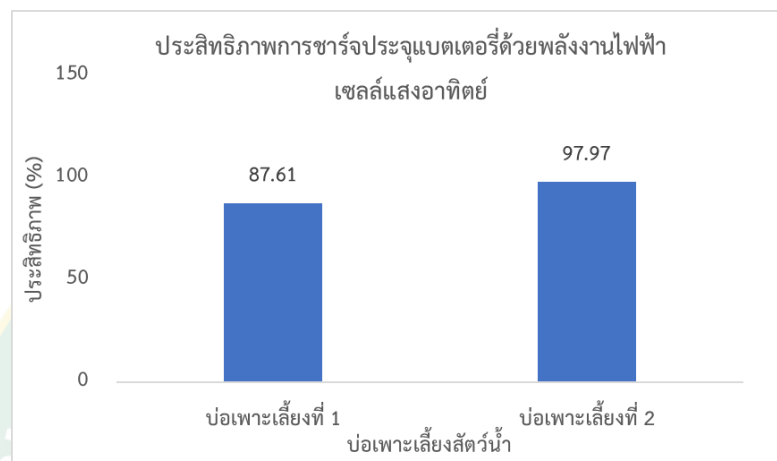


ภาพที่ 67 ประสิทธิภาพการนำพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปใช้ในการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

จากภาพที่ 67 แสดงกราฟประสิทธิภาพการนำพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปใช้ในการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ค่าประสิทธิภาพของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 อยู่ที่ 76.48% ส่วนประสิทธิภาพของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 อยู่ที่ 91.42% สาเหตุที่ค่าประสิทธิภาพ

ของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 มีค่าที่ต่ำกว่าบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 เนื่องจากแบตเตอรี่ที่ใช้ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 จะมีการต่ออนุกรมทั้งหมด 24 ก้อน ซึ่งเมื่อถึงเวลาในการคายประจุ แบตเตอรี่เซลล์แบตเตอรี่ที่อยู่ตรงกลางจะมีค่าแรงดันที่ต่ำกว่าเซลล์แบตเตอรี่ที่อยู่ทางด้านหัวและท้าย ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ประสิทธิภาพของระบบลดลง

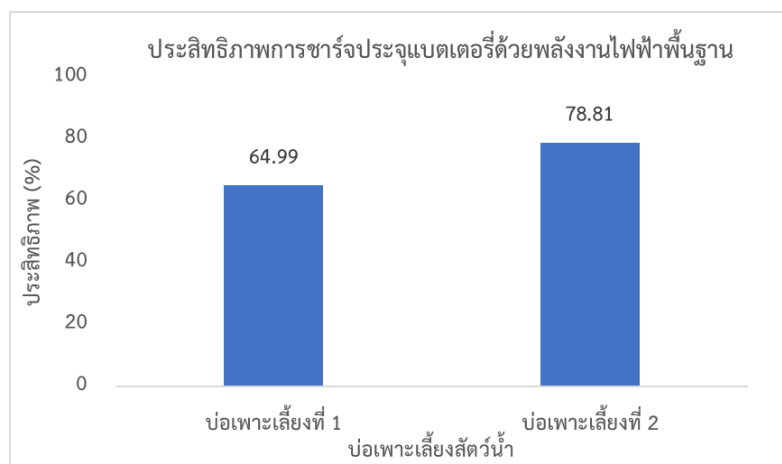
1.3 การหาประสิทธิภาพการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์



ภาพที่ 68 ประสิทธิภาพการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

จากภาพที่ 68 แสดงกราฟประสิทธิภาพการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ประสิทธิภาพของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 จะมีประสิทธิภาพที่ 87.61% ส่วนบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 จะมีประสิทธิภาพของระบบอยู่ที่ 97.97% สาเหตุที่ประสิทธิภาพการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แตกต่างกันเนื่องจากการชาร์จประจุในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 จะเป็นการชาร์จประจุด้วยแรงดันไฟฟ้าที่มีค่าสูงจึงทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้หลังจากชาร์จประจุแบตเตอรี่เสร็จจะมีที่ไม่ค่อยเสถียร

1.4 การหาประสิทธิภาพการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐาน



ภาพที่ 69 ประสิทธิภาพการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐาน

จากภาพที่ 69 แสดงกราฟประสิทธิภาพการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐาน จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ 1 จะมีประสิทธิภาพการทำงานอยู่ 64.99% ขณะที่บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ 2 จะมีประสิทธิภาพการทำงานที่สูงกว่าอยู่ที่ 78.81% สาเหตุที่ทำให้บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 มีค่าประสิทธิภาพต่ำกว่าเนื่องจากการชาร์จประจุแบตเตอรี่ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 จะมีการชาร์จที่เป็นแบบโมดูล ระยะเวลาในการชาร์จประจุใช้เวลานาน จึงทำให้ประสิทธิภาพการทำงานไม่สูงเท่าที่ควร

การวิเคราะห์สมรรถนะเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทั้ง 2 บ่อ จะวิเคราะห์ในส่วนของต้นทุนทางด้านพลังงานไฟฟ้ากับการใช้พลังงานไฟฟ้าของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำการศึกษาวิจัย โดยจะทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ 2 กรณี คือ 1. การนำพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่เติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 2. การนำพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยมีรายละเอียดการวิเคราะห์สมรรถนะเศรษฐศาสตร์ดังนี้

1. ต้นทุนระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

ตารางที่ 2 ราคาเฉลี่ยของอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

อุปกรณ์หลักในระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์	บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	
	บ่อที่ 1	บ่อที่ 2
แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (บาท)	38,000.00	48,000.00
อินเวอร์เตอร์ (บาท)	9,800.00	43,500.00
เครื่องควบคุมประจุไฟฟ้า (บาท)	25,894.00	-

อุปกรณ์หลักในระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์ แสงอาทิตย์	บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	
	บ่อที่ 1	บ่อที่ 2
แบตเตอรี่ (บาท)	35,952.00	18,000.00
ค่าแรงติดตั้งและซ่อมบำรุง	20,000.00	20,000.00
รวม (บาท)	129,646.00	129,500.00

จากตารางที่ 2 จะแสดงราคาเฉลี่ยของอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำการศึกษาวิจัยทั้ง 2 แบบ โดยบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่มีการลงทุนในอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งหมด 129,646 บาท ในขณะที่บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 ลงทุนทั้งหมด 129,500 บาท

2. การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์กรณีใช้พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าพื้นฐานและแบตเตอรี่สำรอง

การวิเคราะห์ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำการศึกษาวิจัย จำเป็นจะต้องมีการนำค่ารังสีแสงอาทิตย์ของบริเวณที่ทำการศึกษาวิจัยมาเป็นส่วนประกอบในการคิดต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ โดยค่ารังสีแสงอาทิตย์ที่นำมาคิดต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์เป็นรายเดือนมีหน่วยเป็น kWh/m² หรือเทียบเท่าให้เป็นพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร รวมไปถึงการผลิตพลังงานไฟฟ้าของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำการศึกษาวิจัยทั้ง 2 แบบ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่ารังสีแสงอาทิตย์และค่าพลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้ของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

เดือน	ค่ารังสีแสงอาทิตย์	ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kWh/m ²)	
	(kWh/m ²)	บ่อที่ 1	บ่อที่ 2
มกราคม	4.95	444.41	682.60
กุมภาพันธ์	5.65	458.17	703.73
มีนาคม	6.03	541.38	831.73
เมษายน	6.21	539.55	828.73
พฤษภาคม	5.47	491.10	754.31
มิถุนายน	4.69	421.07	646.74
กรกฎาคม	4.35	377.95	580.51
สิงหาคม	4.23	379.77	583.31
กันยายน	4.38	380.55	584.51
ตุลาคม	4.37	392.34	602.62
พฤศจิกายน	4.40	382.29	587.18
ธันวาคม	4.57	410.30	630.20

เดือน	ค่ารังสีแสงอาทิตย์ (kWh/m ²)	ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kWh/m ²)	
		บ่อที่ 1	บ่อที่ 2
รวม		5,218.87	8,015.96

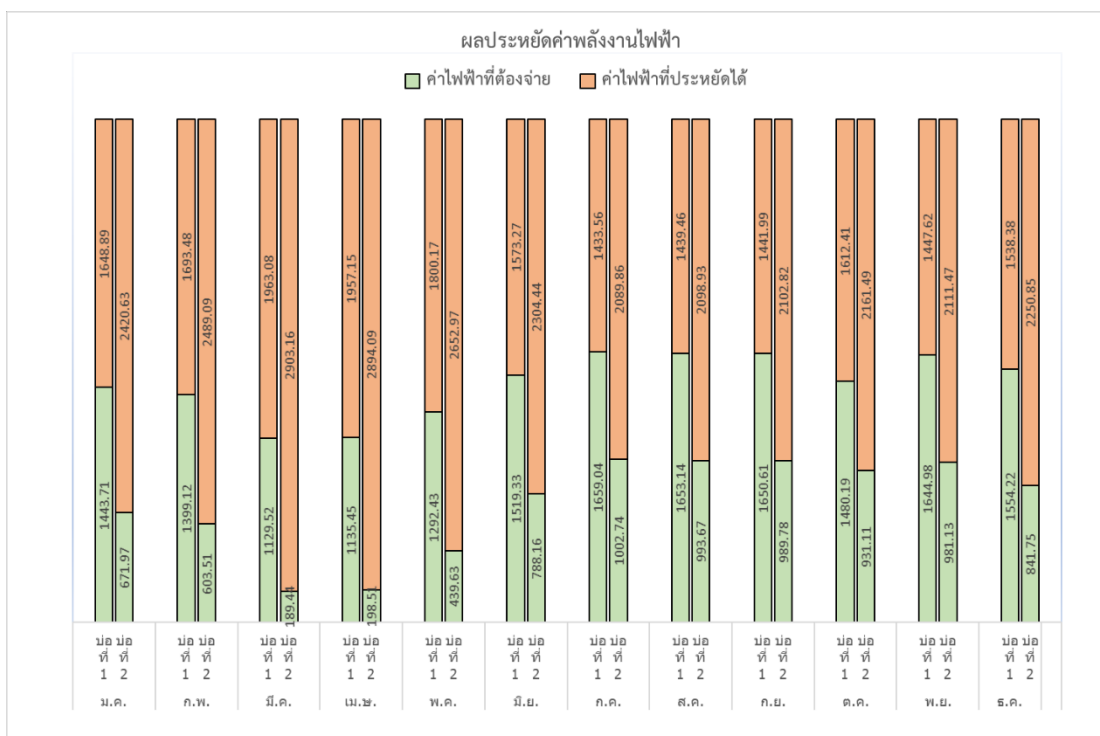
จากตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยค่ารังสีแสงอาทิตย์ในแต่ละเดือนของสถานที่ที่ทำการศึกษาวิจัยพบว่าตลอดทั้งปีจะมีค่าเฉลี่ยความเข้มแสงอาทิตย์อยู่ที่ 4.94 kWh/m² (อ้างอิงข้อมูลค่ารังสีแสงอาทิตย์จากองค์การ NASA) ในช่วงเดือนเมษายนจะมีค่าเฉลี่ยความเข้มแสงที่สูงที่สุด 6.21 kWh/m² ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 ค่าประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 จะมีค่าเท่ากับ 15.8% พบว่าในช่วงเดือนมีนาคมระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 จะสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้สูงที่สุดที่ 541.38 kWh/month ค่าเฉลี่ยในการผลิตพลังงานไฟฟ้าต่อเดือนอยู่ที่ 377.95 kWh/month และสามารถผลิตค่าพลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปีเท่ากับ 5,218.87 kWh/year ส่วนในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 ค่าประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 จะมีค่าเท่ากับ 16.86% พบว่าในช่วงเดือนมีนาคมระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 จะสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้สูงที่สุดที่ 831.53 kWh/month ค่าเฉลี่ยในการผลิตพลังงานไฟฟ้าต่อเดือนอยู่ที่ 668 kWh/month และสามารถผลิตค่าพลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปีเท่ากับ 8,015.96 kWh/year

อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย คำนวณจาก ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า สูบน้ำเพื่อการเกษตร คิดค่าไฟฟ้าแบบอัตราปกติ

3. การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์กรณีใช้พลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

การเติมอากาศตลอดในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ (เจษฎา, 2560) ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ในหัวข้อนี้ โดยหลังจากที่ได้หาประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 กับบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 โดยบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยในการผลิตพลังงานไฟฟ้าต่อเดือนอยู่ที่ 434.91 kWh/month ในส่วนบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 จะมีค่าเฉลี่ยในการผลิตพลังงานไฟฟ้าต่อเดือนอยู่ที่ 301.69 kWh/month กรณีที่เจ้าของบ่อเป็นผู้กำหนดเวลาเปิดและปิดเครื่องเติมอากาศ พบว่าในช่วงเวลากลางวันมีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าพื้นฐานตั้งแต่เวลา 08.00 น. ถึงเวลา 17.00 น. และในช่วงเวลากลางคืนจะใช้พลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐาน ตั้งแต่เวลา 22.00 น. ถึงเวลา 04.00 น. กับพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ ตั้งแต่เวลา 04.00 น. ถึงเวลา 06.00 น. ซึ่งจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 990 kWh/month

เมื่อพิจารณาระบบเติมอากาศที่เจ้าของบ่อเป็นผู้กำหนดเวลาเปิดและปิดเครื่องเติมอากาศ โดยใช้พลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานไฟฟ้าพื้นฐานตลอดทั้งปี จะสามารถแสดงผลประหยัดของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 กับแบบที่ 2 ได้ดังภาพที่ 129



ภาพที่ 70 กราฟแสดงผลประหยัดพลังงานของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำการศึกษาวิจัย

จากภาพที่ 70 จะแสดงผลประหยัดพลังงานของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำการศึกษาวิจัยทั้ง 2 บ่อเพาะเลี้ยง จะพบว่าบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 กับบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 จะใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่แตกต่างกัน รวมไปถึงรูปแบบการติดตั้ง โดยสามารถสรุปผลประหยัดได้ดังนี้คือ บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 จะเสียค่าไฟฟ้าอยู่ที่ประมาณ 3,092.60 บาท/เดือน โดยเดือนที่สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้มากที่สุดคือ เดือนมีนาคม สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ 1,963.08 บาท ส่วนเดือนที่สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้น้อยที่สุดคือ เดือนกรกฎาคม สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ 1,433.56 บาท ในส่วนบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 จะเสียค่าไฟฟ้าอยู่ที่ประมาณ 3,092.60 บาท/เดือน โดยเดือนที่สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้มากที่สุดคือ เดือนมีนาคม สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ 2,903.16 บาท ส่วนเดือนที่สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้น้อยที่สุดคือ เดือนกรกฎาคม สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ 2,089.86 บาท

สามารถสรุประยะเวลาคืนทุนของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทั้ง 2 บ่อเพาะเลี้ยงได้ดังนี้คือ บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำบ่อที่ 1 สามารถผลิตค่าพลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปีเท่ากับ 5,218.87 kWh/year ค่าไฟฟ้าคิดตามหน่วยเพื่อการเกษตร คิดเป็นค่าพลังงานไฟฟ้า 19,549.46 Baht/year มีการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ 129,646 Baht คิดเป็นระยะเวลาคืนทุน 6.63 year ในส่วนบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำบ่อที่ 2 สามารถผลิตค่าพลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปีเท่ากับ 8,015.96 kWh/year ค่า

ไฟฟ้าคิดตามหน่วยเพื่อการเกษตรคิดเป็นพลังงานไฟฟ้า 28,479.80 Baht/year มีการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ 129,500 Baht คิดเป็นระยะเวลาคืนทุน 4.54 year



บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยเรื่องการพัฒนาาระบบบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาาระบบจัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีขอบเขตของงานวิจัยดังนี้

1. พัฒนาระบบจัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศอย่างน้อย 3 แหล่งจ่าย ในขอบเขตงานวิจัยหัวข้อนี้ทางผู้วิจัยได้ทำการออกแบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยใช้แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด 3 แหล่งจ่าย คือ แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ พลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานและพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่

2. พัฒนาระบบควบคุมระบบและใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ในขอบเขตงานวิจัยในหัวข้อนี้ทางผู้วิจัยได้ทำการออกแบบระบบอัลกอริทึมที่ควบคุมการชาร์จประจุ การคายประจุแบตเตอรี่และการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยสามารถที่จะเลือกแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่สามารถชาร์จประจุแบตเตอรี่ การเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เพื่อให้สอดคล้องกับกิจกรรมประจำวันของเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยง สามารถทำการควบคุมที่แอปพลิเคชัน Blynk

3. การทดสอบและการหาประสิทธิภาพของระบบจัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศ ในขอบเขตงานวิจัยในหัวข้อนี้ ได้มีการทดสอบสมรรถนะและหาประสิทธิภาพดังนี้

3.1 การทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ น้ำ ค่าประสิทธิภาพระบบของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 อยู่ที่ 56.03% ส่วนค่าประสิทธิภาพระบบของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 อยู่ที่ 84.51%

3.2 การทดสอบการนำพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปใช้สำหรับการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ค่าประสิทธิภาพของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 อยู่ที่ 76.48% ส่วนประสิทธิภาพของระบบบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 อยู่ที่ 91.42%

3.3 การทดสอบการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ประสิทธิภาพของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 จะมีประสิทธิภาพที่ 87.61% ส่วนบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 จะมีประสิทธิภาพของระบบอยู่ที่ 97.97%

3.4 การทดสอบการชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐาน ประสิทธิภาพของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ 1 จะมีประสิทธิภาพการทำงานอยู่ 64.99% ขณะที่บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ 2 จะมีประสิทธิภาพการทำงานที่สูงกว่าอยู่ที่ 78.81%

4. วิเคราะห์ผลประหยัดทางเศรษฐศาสตร์ของระบบจัดการและบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จะทำการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ กรณีการนำพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้า 19,549.46 Baht/year มีการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ 129,646 Baht คิดเป็นระยะเวลาคืนทุน 6.63 year บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้า 28,479.80 Baht/year มีการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ 129,500 Baht คิดเป็นระยะเวลาคืนทุน 4.54 year

ข้อเสนอแนะ

1. บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 จะใช้ Solar Charger กับ Battery Charger ที่จำกัดค่าแรงดันในการชาร์จประจุแบตเตอรี่ทำให้แบตเตอรี่ที่ใช้ในการสะสมพลังงานไฟฟ้าสำรองมีจำนวนมาก เมื่อถึงเวลาใช้งานแบตเตอรี่ที่อยู่กลุ่มก่อนตรงกลางจะมีค่าแรงดันแบตเตอรี่เมื่อเวลาคายประจุต่ำกว่าค่าแรงดันแบตเตอรี่ในส่วนของกลุ่มก่อนที่อยู่ด้านหัวและด้านท้าย จึงทำให้ต้องมีการปรับเปลี่ยนสลับแบตเตอรี่อยู่บ่อยครั้ง

2. การชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 สามารถทำการชาร์จประจุแบตเตอรี่ได้ แต่ต้องอยู่ในสถานะที่แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานส่งแรงดันไฟฟ้าเข้าสู่ระบบอย่างสม่ำเสมอเท่านั้น

3. การทดสอบประสิทธิภาพในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1 กับบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2 ได้มีการทดสอบประสิทธิภาพในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ทำให้ส่งผลปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลในการทดสอบ เช่น ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ สภาพอากาศ ฝุ่นควัน ทำให้ผลประสิทธิภาพการทำงานมีการจ่ายของข้อมูลที่ทำให้การทดสอบ เปลี่ยนแปลงไม่สอดคล้องกัน

ภาคผนวก ก

ข้อมูลผลการวิจัยและงานวิจัยที่เผยแพร่



Certificate of Participation

This certificate is presented to

Wittawat Thaidech, Chawaraj Jaisin, Siriwan Tamnu,
Thanawat Ninkhao and Poonyasiri Boonpeng

on the manuscript entitled:

Optimum Design and Evaluation of Solar Aerator System For Animal Pond

for attending 2nd Maejo - Engineo International Conference on Renewable Energy
14 - 15 December 2018, International Education and Training Center
Maejo University, Chiang Mai, Thailand

This activity was awarded by:

Thanud k.

Dr. Thanud Katpradit
Engineo Co. Ltd.
General Co - Chair

N. Dusadee.

Asst. Prof. Dr. Nutthawud Dusadee
School of Renewable Energy, Maejo University
General Chair



**The 2nd Maejo-Engineo
International Conference on Renewable Energy (MEICRE 2018)**
14-15 December, 2018
International Education and Training Center, Maejo University, Chiang Mai, Thailand

**Optimum Design and Evaluation of Solar Aerator System
For Animal Pond**

**Wittawat Thaidech¹, Chawaroj Jaisin^{1*}, Siriwan Tamnu¹, Thanawat Ninkhao¹ and
Poonyasiri Boonpeng²**

¹*School of Renewable Energy, Maejo University, Chiang mai 50290, Thailand*

²*Department of electrical engineering, electrical engineering faculty, Rajamangala University of Technology
Lanna, Chiang mai 50300, Thailand*

**E-mail: chawaroj@mju.ac.th*

Abstract:

The main objective of this work is to design and evaluate a prototype of a solar hybrid aerator system for supporting to an animal pond which the prototype has already been used in Thong-Yao community, San-Sai, Chiang-Mai, Thailand. The optimum solar power is designed for three phase motor 3hp that is used to rotate the paddles in order to move up the water into the air. The aerator working is scheduled by agriculturist. The solar system evaluation is tested for 7 days to determine the efficiency of system. The experimental results show that 9 panels of solar panels connected in serial panels to increase the voltage for supplying to the solar hybrid inverter resulting in the average efficiency of the solar system is 14.2% for 7 days. While, the predicted efficiency of this system is evaluated with the solar Irradiance of NASA over the year on this location. Hence, this system can reduce the electrical energy from utility grid as 49.6% in the day time. Moreover, 4 hours of solar radiation remaining in the day time is storage in the battery to return for maintaining the stability the electrical energy and supplied for aerator working in the night time. This can be also saved electrical energy as 1-2 hours.

Keywords: solar aerator system, solar hybrid system, animal pond

1. Introduction

Currently, energy consumption on agricultural sector in Thailand tends to increase. In 2016, the proportion of energy consumption on agricultural is 386.68 GWh/year (Energy Balance of Thailand, 2016) that indicates to important role in the economy and the society in Thailand. The agricultural sector where the major consumption lies in the irrigation, the aerator in fish farming, the cooling system for animal and plant cultivation. Unfortunately, the trend of electricity cost is high as well as the power stability in some area of Thailand is relatively low. Therefore, these are reasonable to explore other sources of energy that can be converted to electrical energy and can be applied to the agricultural sector. Thailand is located relatively close to the equator leading to receive an intense solar radiation throughout the year or average as 4.94 kWh/m² (Ali A., 2017 and Igib P., 2013). Consequently, the solar source attracts a wide attention from farmers as this might eventually be the solution to the energy crisis.

For the solar energy applications in agricultural sector, some researchers have demonstrated the feasibility of using solar energy for agricultural irrigation with the detail described as follows: Babkir has investigated the cost-effective of solar water pumping system for irrigation in Sudan and has found that the levelized energy cost is 0.33\$/kWh which is relatively lower compared to that of other method (Babkir A., 2018). Ail et al. designed and evaluated the optimum solar water pumping system for rural areas (Ali A., 2017)(Ali A., 2017). Various research groups have applied the solar energy with the traditional AC aerator (Domimic et al., 2014). Igib et al. designed the optimum sizing of electrical power to support the electricity demand of fish pond aeration system. This is the most economically feasible and the cost of energy (COE) is about 0.769 \$/kWh. Several works on the application of solar energy for aquatic ponds have also been reported. Domimic et al. developed the solar powered for field server and aerator that tested at Lake Palakpakin (Igib et al, 2013). Gokay and Mehmet studied concerning a PV based automation system for fish farms (Gokay et al., 2011). Igib et al. designed optimization of solar powered aeration system for fish pond in Sleman Regency, Yogyakarta by HOMER software (Igib et al, 2013). In the energy management applications, Moataz and Mohamed designed the fish farm management system based on the microcontroller for aeration control system (Moataz K. and Mohamed K., 2013).

As mentioned above, although the solar power has been received widespread attention from farmers and private sectors. Several researchers have studied and applied in various job. But, a few researcher realizes in power stability and power storage. Hence, it is desirable to develop a model to be able to implement on animal pond. The model, which is properly designed for animal pond, will satisfy the need of using the electrical system in the animal pond with a reasonable price. The operation of the model relies on the combination of solar power source and utility grid power source. In addition, the model also relies on power storage to reserve the energy in emergency case as well as to maintain the stability of the energy level in case of low energy. The details of this system are demonstrated in the below section.

2. Materials and methods or Theory

The electrical devices in animal pond consist of a floating aerator and the electrical devices in agriculture storage room as shown in Figure 1.



Figure 1. Electrical devices in animal pond and agriculture storage room

The energy loads of aerator depend on the amount of paddles that are installed on the shaft coupling with a 3 phase AC motor (3hp) as shown in Figure 1(a). The motor is placed on the center of aerator set to drive the left and right paddles that rotate to lift the water into the air and down into water again. On the one hand, the energy loads of agriculture storage room is lighting and ventilation devices that are smaller than the energy loads of aerator. Hence, this section has abandoned the latter and determined only on the energy loads of aerator that has the power around 2200 W.

2.1. Design and configurations

As mentioned above, the 2200 W of the aerator power consumption are evaluated the optimum solar power as well as time periods of floating aerator working and stopping are also determined for power management system of this animal pond. In this work, the researcher has designed the hybrid load sharing system that can support the activities of animal pond. In the daytime, this system can reduce the electrical power from utility grid. In addition, it can be used as the storage power for emergency case in the night using to reduce the electrical power from utility grid. Configuration of the hybrid solar system and storage system can be shown in Figure 2.

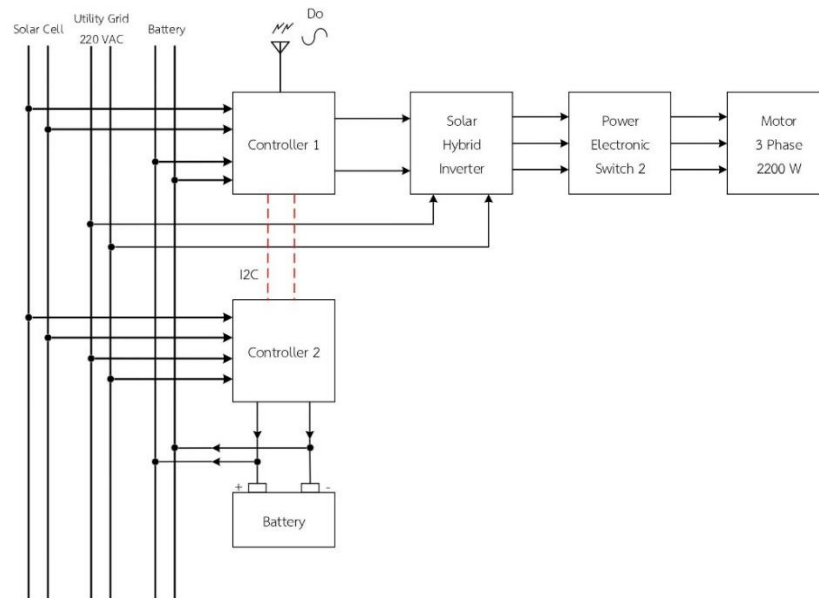


Figure 2. Configurations of a hybrid power supply system and storage system

The system consists of 2 separate power sources. The first one is solar power where 2,835 W (315W 9 panels) of Polycrystalline Si solar panels are used to generate electricity. The electricity from the utility grid (220 VAC 50 Hz single line) is added to the system to ensure that the electrical power is enough for load requirement. The two power sources are fed into the hybrid inverter (SINAMICS V20 Inverter, Siemens AG) that requires the minimum input voltage as 280 V. On the one hand, each solar panel has the maximum voltage as 35.4 V and maximum current as 8.35 A. Thus, 9 solar panels are serial installation to supply into this system.

2.2. Energy analysis

In this case, the main energy consumption in animal pond depends on the floating aerator set. In general, time periods of floating aerator working are scheduled by the owner or farmer. In demonstrated animal pond where locates in Mae-gad-noi community in San-sai Chiang-mai, the aerator is run on 10:00 a.m-06:00 p.m. in the daytime. In the night, the aerator is run all the time since 06:00 p.m. until 06:00 a.m. fortunately, the solar radiation in the daytime has 4 hours left that doesn't use in any activities that it can be returned to store and use during the night. Thus, there are generally two analyses of energy analysis. The first one is the day time analysis that includes decreasing the energy consumption as well as compensation of the AC utility grid that is fed to this system. The second is the night time analysis that consists of decreasing the AC utility grid usage.

First of all, the efficiency of solar hybrid system will be estimated from experimental testing for 7 days. The voltage, current, and power of solar system are recorded as well as the voltage, current, and power of AC utility grid. The efficiency of solar system can be analyzed as demonstrated in the following equations (Klaus J. et al., 2014.)

$$\eta_{panel} = \frac{P_{DC}}{H_{inc} \times A} \times 100\% \quad (1)$$

P_{DC} is the all-day amount of power generated by the solar panels (Wh). H_{inc} is the all-day amount of incident solar radiation (Wh/m²) on the PV panels and A is the area that receives sunlight (m²).

The computed efficiency is used to estimate the amount of power generated over the year. The monthly solar radiation data refers from surface meteorology and solar energy database of NASA in HOMER software (Ali A., 2017 and Igib P., 2013). As shown in Figure 3.



Figure 3. Monthly solar radiation data

3. Results and discussions

The experimental results are divided into 2 parts as follows:

3.1. Configurations of hybrid solar system in animal pond

The prototype of the hybrid solar system can be shown in Fig.4. The system consists of 2 separate power sources. The first one is solar power where 9 panels of Polycrystalline Si solar panels are used to generate electricity. The electricity from the utility grid (220 VAC 50 Hz single line) is added to the system to compensate that the electrical power is enough

for load requirement. Two power sources are fed into the solar hybrid inverter to manage the two power source becoming to 3 phase AC for supplying to the 3 hp motor of aerator. The solar hybrid inverter works in dynamic sharing characteristic. If the solar hybrid inverter receives a voltage signal from the solar energy source decreasing, the solar hybrid inverter will automatically power up the electricity from the utility grid. On the other hand, if the solar voltage signal increases, the solar hybrid inverter will automatically power down the electricity from the utility grid.



Figure 4. Prototype of the hybrid solar system

3.2. Experimental testing solar system

All of 7 days, the incident solar radiation and solar power generated are recorded every 15 minute and then are average as the hour data between 10:00 a.m. until 06:00 p.m. as well as utility grid consumption is also recorded. All parameters are measured and recorded by an energy and power meter (C.A 8335, Chauvin) as shown the details in Table 1. The parameters are estimated the efficiency by the equation 1 and shown in Table 1. The average efficiency of solar power is generated to the system as 14.2%.

Table 1. Amount of solar all-day power generated and all-day utility grid consumption

Day	All-day incident solar radiation (kWh/m ²)	All-day solar power generated (kWh)	All-day utility grid consumption (kWh)	Efficiency (%)
1	3.57	8.98	8.50	14.5
2	3.46	8.28	9.11	13.8
3	3.63	8.89	9.48	14.1
4	3.67	8.67	7.81	13.6
5	3.29	8.12	9.74	14.2
6	3.51	9.20	8.91	15.1

Day	All-day incident solar radiation (kWh/m ²)	All-day solar power generated (kWh)	All-day utility grid consumption (kWh)	Efficiency (%)
7	4.07	9.69	8.36	13.7

3.3. Experimental estimating of energy analysis

The efficiency of this system from above experimental testing are used to predict the solar power generated over the year with the solar energy database of NASA. The amount of solar power generated relates to the amount of incident solar radiation. The more incident solar radiation and the more solar power generated as demonstrated in Figure 5.

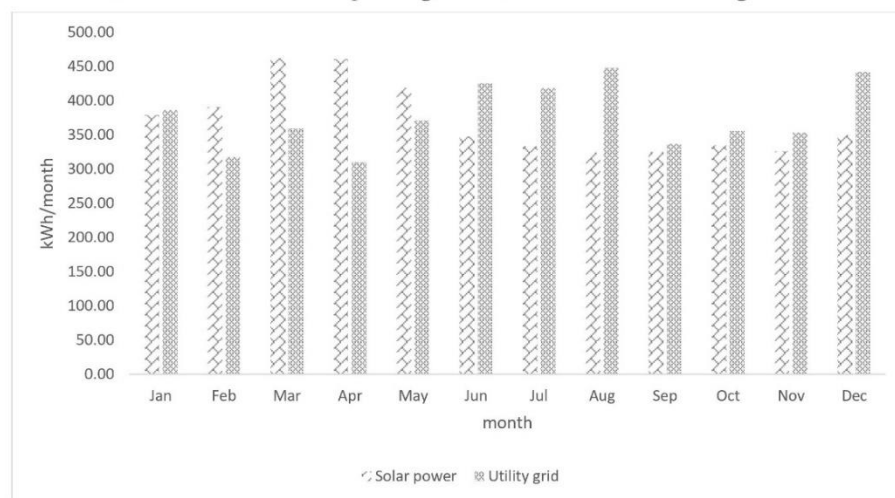


Figure 5 Solar power and utility grid prediction

Figure 5 shows the predicting of power consumption of the aerator between solar power energy and utility grid energy throughout the year. predicting of power consumption for this system can be decreased the utility grid power around as 49.6% when is compared with only the utility grid using that indicates to an appropriate technology for Thailand and other countries where are a high level of solar energy and an available throughout the year.

Since, the farmer schedule timing of the aerator between 10:00 a.m. until 06:00 p.m. Hence, it still has 4 hours left between 6:00 a.m. until 10:00 a.m. The solar power of this periods will returned and converted becoming to energy to store on the battery set. Table 2 is the estimation the amount of solar power generated from the 4 hours incident solar radiation left. If, it is returned to supply in the night time, it will be decreased the utility grid consumption around 1-2 hours.

Table 2. Estimation the amount of solar power generated

Day	4 hours incident solar radiation (kWh/m ²)	solar power generated estimation (kWh)
1	0.892	2.20
2	0.864	2.13
3	0.907	2.24
4	0.917	2.27
5	0.823	2.03
6	0.877	2.17
7	1.018	2.51

4. Conclusions

A study of the design and evaluation of solar aerator system for animal pond found that the aerator power consumption required 2200 W of solar panels and 315 W of 9 panels are interfaced in serial to level up the voltage up to 280V for feeding to the solar hybrid inverter. On the one hand, other source (the utility grid) is also fed to the solar hybrid inverter.

The results of the solar system for 7 days found that the average efficiency of the solar power system is 14.2% and then the average efficiency is used to predict the solar power generated over the year with the solar energy database of NASA. The predicting power consumption of this system found that could be decreased the utility grid power around as 49.6%. Moreover, if the remaining time about 4 hours between 6:00 a.m. until 10:00 a.m. could be converted into energy reserve and then used in the night time leading to decrease the utility grid consumption around 1-2 hours.

Acknowledgements

The authors would like to express a deep gratitude to National Research Council of Thailand (NRCT) under Development of Alternative Energy and Its Applications in Green Communities project for funding the project. The authors would also like to express an appreciation to School of Renewable Energy, Maejo University for the assistance and support. The author expresses gratitude to the scholarship for graduate students in the 2018 academic year that supports the study.

References

1. Department of Alternative Energy Development and Efficiency., 2016. Energy Balance of Thailand, Ministry of Energy, Bangkok.
2. Ali, A., 2017. Optimum design and evaluation of solar water pumping system for rural

- Areas, *International Journal of Renewable Energy Research* 7, 7, 12-20
3. Iqib, P., Agus, S., Ahmad, A.S., 2013. Design Optimization of Solar Powered Aeration System for Fish Pond in Sleman Regency, Yogyakarta by HOMER Software, *Energy. Proc* 32, 90-98
 4. Babkir, A., 2018. Comparative assessment of the feasibility for solar irrigation pumps in Sudan, *Renew Sustain Energy Rev* 81, 413-420
 5. Dominic, B., Nathaniel, J., Gregory, L., Paul, M., Guillaume, G., Ramon, M., Teresita, R. and Andrea, T., 2014. Solar-Powered field server and aerator development for lake palakpakin. *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent informatics*. 18, 5, 795-763
 6. Gokay, B., Mehmet, C., 2011. A pv based automation system for fish farms: an Application. *International Conference on Electrical and Electronics Engineering Papers 2011*, 7, 23-27
 7. Moataz, K., Mohamed, K., 2013. Fish farm management and microcontroller based Aeration control system. *Agricultural Engineering International: CTGR Journal* 15, 1, 87-89
 8. Akarin, I., 2018. *Solar Energy Application*, Maejo University, Chiangmai.
 9. Klaus, J., Olindo L., Arno H.M., S., Rene A.C.M.M., V., Miro, Z., 2014. *Solar Energy*, < https://courses.edx.org/c4x/DelftX/ET.3034TU/asset/solar_energy_v1.1.1.pdf>.



The 1st International Conference on Informatics, Agriculture, Management, Administration, Engineering, Sciences and Technology : IAMBEST 2020



CERTIFICATE OF ATTENDANCE

This is to certify that

Wittawat Thaidech and Chawaroj Jaisin

has successfully participated in a oral presentation.

Title of the Paper : Design and Development of the Electrical Energy Administration and Energy Management System in Nile Tilapia Fish Pond

held on 28-29 May 2020
at King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus, Chumphon, Thailand

Prof. Dr. Suchatvee Suwansawat
President

Asst. Prof. Dr. Wattanachai Pongnak
General Chair



The 1st International Conference on Informatics, Agriculture, Management, Business administration, Engineering, Sciences and Technology : IAMBEST 2020



CERTIFICATE OF RECOGNITION

This is to certify that

Wittawat Thaidech and Chawaroj Jaisin

has received a BRONZE – MEDAL quality of an Oral presentation in engineering entitled;

Design and development of the electrical energy administration and energy management system in Nile Tilapia fish pond

*held on 28 - 29 May 2020
at King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus, Chumphon, Thailand*

Prof. Dr. Suchatvee Suwansawat
President

Asst. Prof. Dr. Wattanachai Pongnak
General Chair



Design and Development of the Electrical Energy Administration and Energy Management System in *Nile Tilapia* Fish Pond

Wittawat Thaidech¹ and Chawaroj Jaisin^{1*}

¹ School of Renewable energy, Maejo University, Chiangmai, Thailand
*Corresponding author: Chawaroj Jaisin, e-mail address: njaisin@hotmail.com

Abstract

The main objective of this paper is to design and develop the electrical energy administration and energy management system to apply in a *Nile Tilapia* fish pond. The solar hybrid system has already been used in the fish pond and works with three electrical energy sources. The controller is used to administrate and manage the electrical energy sources for supplying to the aerator. The new operational plan is improved and replaced with the previous operational plan, and it is embedded on the MCU core to evaluate and display via an online server. The administrator can adjust the events on a smart device to test each function and check the responses of the system. The reserve energy source is focused on the battery module, and it is tested to determine the feasibility and potentiality. The experimental results are divided into three parts; the first result shows the aeration system that uses three-phase blowers with the solar hybrid system and three electrical energy sources. The second result demonstrates a relatively good reaction to the new operation plan in each event in the fish pond. Finally, the system shows the feasibility and potentiality of the battery module under various operation and upon the variation of the electrical energy source.

Keywords: Electrical energy administration system, Energy management system, *Nile Tilapia* fish pond, Solar hybrid inverter



การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ ๕

ด้านสารสนเทศ การเกษตร การจัดการ บริหารธุรกิจ วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
The 5th National Conference on Informatics, Agriculture, Management, Business administration,
Engineering, Sciences and Technology : IAMBEST 2020



เกียรติบัตรฉบับนี้ ใ้ไว้เพื่อแสดงว่า

วิทวัส ไทยเดช ขวโรจน์ใจสิน และ ปราโมทย์ กุศล

ได้เข้าร่วม

การนำเสนอบทความวิจัย ภาคบรรยาย

“เรื่อง การศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ด้วยเทคโนโลยีตรวจวัดและแจ้งเตือนผ่านเครือข่าย NB-IoT”

วันที่ ๒๘ - ๒๙ พฤษภาคม ๒๕๖๓

ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

(ศาสตราจารย์ ดร.สุชีวีร์ สุวรรณสวัสดิ์)

อธิการบดี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัฒนชัย พงษ์นาค)

ประธานคณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการ



การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ ๕
 ด้านสารสนเทศ การเกษตร การจัดการ บริหารธุรกิจ วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
 The 5th National Conference on Informatics, Agriculture, Management, Business
 administration, Engineering, Sciences and Technology : IAMBEST 2020



เกียรติบัตรฉบับนี้ ให้ไว้เพื่อแสดงว่า

วิวัฒน์ ไทยเดช ขวโรจน์ ใจสิน และ ปราโมทย์ กุศล

ได้รับรางวัล ยอดเยี่ยม

การนำเสนอบทความวิจัย ภาคบรรยาย ด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

“เรื่อง การศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยเทคโนโลยีตรวจวัดและแจ้งเตือนผ่านเครือข่าย NB-IoT”

วันที่ ๒๘ - ๒๙ พฤษภาคม ๒๕๖๓

ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

(ศาสตราจารย์ ดร.สุชัยวีร์ สุวรรณสวัสดิ์)

อธิการบดี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัฒนชัย พงษ์นาค)

ประธานคณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการ



การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ ๕
 ด้านสารสนเทศ การเกษตร การจัดการ บริหารธุรกิจ วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
 The 5th National Conference on Informatics, Agriculture, Management, Business
 Administration, Engineering, Sciences and Technology : IAMBEST 2020



เกียรติบัตรฉบับนี้ ให้ไว้เพื่อแสดงว่า

วิทวัส ไทยเดช ขวโรจน์ โฉลิน และ ปราโมทย์ กุศล



บทความวิจัย ภาคบรรยาย คุณภาพระดับเหรียญเงิน ด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

“เรื่อง การศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยเทคโนโลยีตรวจวัดและแจ้งเตือนผ่านเครือข่าย NB-IoT”

วันที่ ๒๔ - ๒๙ พฤษภาคม ๒๕๖๓

ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

(ศาสตราจารย์ ดร.สุჭิวัรี สุวรรณสวัสดิ์)

อธิการบดี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัฒนชัย พงษ์ขนาด)

ประธานคณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการ

การศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
ด้วยเทคโนโลยีตรวจวัดและแจ้งเตือนผ่านเครือข่าย NB-IoT
Study of Electrical Power Consumption in Aquaculture Ponds
and Notification for the Aquaculture Pond Via NB-IoT Network

วิทวัส ไทยเดช¹ ชวโรจน์ ไจสิน^{1*} และ ปราโมทย์ กุศล²
Wittawat Thaidech¹, Chawaroj Jaisin^{1*} and Pramote Kuson²

¹ สาขาวิศวกรรมพลังงานทดแทน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

² ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร

¹ Department of Renewable Energy Engineering, School of Renewable Energy, Maejo University, Chiangmai

² Department of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Prince of Chumphon Campus, Chumphon

*Corresponding author: ชวโรจน์ ไจสิน, e-mail address: rjaisin@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอผลการศึกษการใช้พลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยเทคโนโลยีตรวจวัดและแจ้งเตือนผ่านเครือข่าย NB-IoT ระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะอาศัยดิจิทัลพาวเวอร์อานาไลเซอร์ในการตรวจวัด โดยจะทำการเชื่อมต่อกับบอร์ดประมวลผลผ่านช่องทางการสื่อสารแบบ RS485 เพื่ออ่านค่าข้อมูลด้านพลังงานไฟฟ้า และส่งข้อมูลไปยังระบบคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ผ่านเครือข่าย NB-IoT มีการวัดค่าพลังงานไฟฟ้าในส่วนของค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า ค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์ ค่ากำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้ารวม มีการศึกษารูปแบบการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ จำนวน 2 รูปแบบคือการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว และใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบพลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับไฟฟ้าพื้นฐาน ผลการศึกษาพบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาเป็นพลังงานไฟฟ้าในการเติมอากาศให้กับบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีการใช้พลังงานน้อยที่สุดคือ 534.51 kWh ต่อเดือน ขณะที่ระบบที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับไฟฟ้าพื้นฐานจะใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 1351.69 kWh ต่อเดือน ซึ่งเมื่อคำนวณเป็นค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานไฟฟ้าจะพบว่าแบบแรกสามารถประหยัดได้ 7,032.8 บาทต่อเดือน แบบที่สองสามารถประหยัดได้ 3,764.08 บาทต่อเดือน เมื่อเทียบกับระบบที่ใช้ไฟฟ้าพื้นฐานเพียงอย่างเดียว โดยทั้งสองระบบจะมีระยะเวลาในการคืนทุนอยู่ที่ 3.17 ปี และ 5.92 ปี ตามลำดับ

คำสำคัญ: ระบบบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้า, ระบบตรวจวัดพลังงานไฟฟ้า, เครือข่าย NB-IoT

Abstract

This paper presents the results of Study of electrical power consumption in aquaculture ponds and notification for the aquaculture pond via NB-IoT network. The electrical power measurement system in aquaculture ponds uses a digital power analyzer for measurement that is connected with the processor board via RS485 communication to read the electrical energy data and send data to the cloud server via the NB-IoT network. The system measures electrical energy in terms of voltage, current, power factor, electrical power and total electrical energy. There are 2 types of study of electricity usage from solar cell system, which is the use of electrical energy from solar power system alone and the use of electrical energy from solar power system together with utility grid. The results show that the former use of solar panels system for aerator system to fill the air to the aquaculture ponds using the electrical energy consumption as 534.51 kWh per month, while the latter system use electrical energy consumption as 1351.69 kWh per month. Calculating the electricity cost, the former type can be saved 7,032.8 baht per month. The latter type can be saved 3,764.08 baht per month that compared with the system that use only utility grid. The both systems have payback periods as 3.17 years and 5.92 years respectively.

Keyword: Electrical power management system, Electrical energy measurement system, NB-IoT network

การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 5

The 5th National Conference on Informatics, Agriculture, Management,
Business Administration, Engineering, Science and Technology



1. บทนำ

ปัจจัยที่มีความสำคัญและส่งผลกระทบต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำคือออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ ถ้าหากปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำมีค่าต่ำกว่าระดับที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำที่ทำการเพาะเลี้ยง จะส่งผลกระทบต่ออัตราการอยู่รอดของสัตว์น้ำโดยตรงและจะส่งผลกระทบต่ออัตราการเพาะเลี้ยงของเกษตรกรหรือเจ้าของบ่อเพาะเลี้ยง และการที่จะรักษาระดับออกซิเจนที่ละลายในน้ำให้มีความเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงปลาแบบหนาแน่นนั้น จำเป็นต้องใช้กับเครื่องเติมเข้ามาช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ แต่ผลที่ตามมาคือปริมาณค่าไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นตามจำนวนและเวลาที่ใช้ไปกับเครื่องเติม ทำให้มีต้นทุนจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงขึ้นตาม ซึ่งพลังงานส่วนใหญ่จะถูกใช้ไปกับการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อรักษาระดับออกซิเจนละลายในน้ำให้เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ [1]

ระบบพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงของเกษตรกรจะมีรูปแบบการนำพลังงานไฟฟ้าไปใช้ในรูปแบบที่แตกต่างกัน และในปัจจุบันเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้มีการนำพลังงานทดแทนมาใช้ร่วมกับระบบเดิมออกซิเจน โดยนิยมใช้พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้สำหรับการเติมออกซิเจนในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างแพร่หลายมากขึ้น[2] บางพื้นที่ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าตรง[3] บางใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานร่วมกับระบบไฟฟ้าพื้นฐาน[4] เชื่อมต่อเข้าไปยังระบบเดิมออกซิเจนในน้ำของเกษตรกร ซึ่งประกอบด้วยมอเตอร์ที่เชื่อมต่อเข้ากับกังหันตีน้ำ หรือมอเตอร์เชื่อมต่อเข้ากับใบเวอร์เพื่ออัดอากาศผ่านแอร์สโตนไปยังตีน้ำ ซึ่งจะเห็นได้ว่าระบบการเติมออกซิเจนจำเป็นต้องอาศัยพลังงานไฟฟ้าเป็นตัวขับเคลื่อนตลอดเวลา

ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลที่ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะทำการศึกษาและเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของบ่อเพาะเลี้ยงที่ใช้ระบบแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่แตกต่างกัน โดยจะมุ่งเน้นไปยังระบบเติมอากาศที่ใช้แหล่งจ่ายพลังงานจากระบบไฟฟ้าพื้นฐานเพียงอย่างเดียวกับระบบเติมอากาศที่ใช้แหล่งจ่ายพลังงานจากระบบไฟฟ้าพื้นฐานร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อศึกษาโครงสร้างและส่วนประกอบระบบ ผลต่างการใช้พลังงานไฟฟ้า ผลประหยัด และความคุ้มค่าเป็นสำคัญ โดยใช้ระบบเทคโนโลยีตรวจวัดและแจ้งเตือนผ่านเครือข่าย NB-IoT ซึ่งจะช่วยให้เกษตรกรสามารถทราบถึงจำนวนการใช้พลังงานไฟฟ้า การเกิดเหตุฉุกเฉินในกรณีที่เกิดเหตุไฟฟ้าขัดข้อง ซึ่งจะทำให้เกษตรกรสามารถแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าได้ทัน รวมไปถึงการวางแผนการใช้พลังงานไฟฟ้าและสามารถประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้มากยิ่งขึ้น

2. วิธีการศึกษา

งานวิจัยนี้สามารถแบ่งขั้นตอนของการออกแบบและพัฒนาได้เป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

2.1 ศึกษาประเภทระบบเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำการวิจัย

บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะมีการใช้พลังงานส่วนใหญ่ไปกับระบบเติมออกซิเจนในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาคือชุมชนบ่อเพาะเลี้ยงปลาทุ่งยาว ตำบลป่าไผ่ อำเภอสนทราย จังหวัดเชียงใหม่ ทางผู้วิจัยได้คัดเลือกบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจากชุมชนบ่อเพาะเลี้ยงปลาจำนวน 6 บ่อ สามารถจำแนกได้เป็น ระบบเติมอากาศแบบแอร์สโตนและกังหันตีน้ำเติมอากาศ ระบบใช้พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับไฟฟ้าพื้นฐานในเวลากลางวันและใช้พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว ส่วนในช่วงเวลากลางคืนทุก ๆ บ่อจะใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าในการเติมในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเหมือนกัน โดยใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ขนาด 3 แรงม้าทุกบ่อ

จากการลงพื้นที่เพื่อทำการศึกษาคือข้อมูลพื้นฐานและระบบพลังงานไฟฟ้าจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของเกษตรกร ทางผู้วิจัยจึงได้เลือกบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ใช้รูปแบบการใช้พลังงานไฟฟ้าพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับไฟฟ้าพื้นฐานในเวลากลางวันและใช้พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวมาเป็นกรณีศึกษา ลักษณะของบ่อที่ได้เลือกศึกษามี 2 แบบได้แก่ บ่อเพาะเลี้ยงที่ใช้ระบบเติมอากาศแบบแอร์สโตนและแบบกังหัน ดังแสดงในภาพที่ 1

การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 5

The 5th National Conference on Informatics, Agriculture, Management,
Business Administration, Engineering, Science and Technology



Figure 1 Aquaculture pond (a) Air Stone aeration system (b) Turbine aeration system

2.2 อุปกรณ์ตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้าสำหรับบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ส่วนประกอบและโครงสร้างของระบบเดิมออกซิเจนในน้ำที่ได้ทำการศึกษาจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำตัวอย่าง จะใช้แหล่งจ่ายพลังงานร่วมระหว่างระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับระบบไฟฟ้าพื้นฐาน แสดงดังภาพที่ 2 ประกอบด้วย แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด 2 แหล่งจ่ายคือ แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์กับแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐาน เชื่อมต่อไปยังโซลาร์ไฮบริดอินเวอร์เตอร์ ยี่ห้อ Siemens รุ่น Sinamic V20 ที่ทำหน้าที่ในการรับพลังงานไฟฟ้าที่ส่งมาจากแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าทั้งสอง เพื่อแปลงเป็นกำลังไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟส เพื่อส่งต่อไปยังมอเตอร์ชนิด 3 เฟส ใช้ในการหมุนหรือขับอุปกรณ์เพื่อเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ขณะที่ในส่วนของอุปกรณ์ตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้า จะประกอบไปด้วยระบบตรวจวัดและระบบส่งข้อมูลไปยังคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ผ่านเครือข่ายของ NB-IoT เพื่อรายงานข้อมูลเป็นระบบออนไลน์ได้

โดยระบบตรวจวัดด้านพลังงานไฟฟ้าจะมุ่งเน้นการตรวจวัดไปที่แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานไฟฟ้าพื้นฐานเป็นลำดับแรกเนื่องจากจะเป็นส่วนสำคัญที่ผลต่อต้นทุนทางพลังงานในการเพาะเลี้ยงโดยตรง โดยอาศัยดิจิทัลโพลวเวอร์มีเตอร์ยี่ห้อ Eastron รุ่น SDM-120CT-MV ที่มีอินพุตแบบ CT-Coil ขนาด 50A คล้องเข้ากับระบบไฟฟ้าพื้นฐาน ด้านเอาต์พุตของดิจิทัลโพลวเวอร์มีเตอร์จะเชื่อมต่อเข้ากับตัวประมวลผลการตรวจวัด (MCU) ผ่านช่องทางการสื่อสารแบบ RS485 (Modbus RTU) โดยอาศัยตัวแปลง RS485 to TTL เพื่อให้อุปกรณ์ทั้งสองสื่อสารกันได้ ขณะที่การส่งข้อมูลหรือผลของการตรวจวัดจะส่งผ่านตัวประมวลผลการตรวจวัด โดยใช้ช่องทางการสื่อสารแบบ Narrow band (NB) ที่ใช้ชิปประมวลผล Quectel รุ่น BC95-B8 บนเครือข่ายสัญญาณของ NB-AIS เพื่อส่งข้อมูลการแสดงผลและบันทึกข้อมูลไปยังคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ที่ได้จัดเตรียมไว้ (www.seeyoubot.com) สำหรับการประเมินและวิเคราะห์ผลต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 2 พารามิเตอร์บันทึกและส่งไปยังระบบคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ได้แก่ แรงดันไฟฟ้า (Voltage, V) กระแสไฟฟ้า (Current, A) พาวเวอร์แฟคเตอร์ (p.f.) กำลังไฟฟ้า (Power, W) และพลังงานไฟฟ้ารวม (Energy, Wh:kWh)

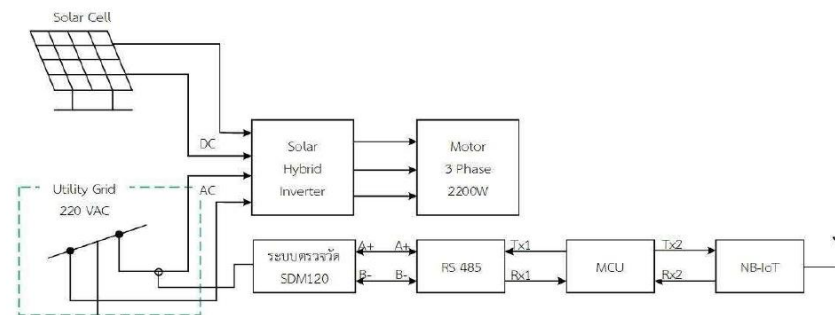


Figure 2 Electrical energy measurement system in aquaculture ponds with the NB-IoT network

การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 5

The 5th National Conference on Informatics, Agriculture, Management,
Business administration, Engineering, Science and Technology



2.3 การประเมินและวิเคราะห์ตัวแปรค่าพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

การประเมินและวิเคราะห์ตัวแปรค่าพลังงานไฟฟ้าจะใช้ค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้จากพาวเวอร์มิเตอร์ได้แก่ แรงดันไฟฟ้า (Voltage, V) กระแสไฟฟ้า (Current, A) พาวเวอร์แฟคเตอร์ (p.f.) กำลังไฟฟ้า (Power, W) และพลังงานไฟฟ้ารวม (Energy, Wh:kWh) โดยจะนำค่าพารามิเตอร์เหล่านี้มาใช้ในการศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละวันของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และนำข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในบ่อที่ทำการศึกษาร่วมกับการใช้พลังงานไฟฟ้าของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการ ซึ่งบ่อเพาะเลี้ยงที่นำมาเปรียบเทียบกันจะมีรูปแบบการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการเติมออกซิเจนในน้ำที่แตกต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าในการเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในกรณีต่าง ๆ

3. ผลการศึกษาและการวิจารณ์

ผลการทดลองสามารถแบ่งได้ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

3.1 บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ได้ทำการศึกษา

บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในพื้นที่ชุมชนเลี้ยงปลาบ้านทุ่งยาวได้ถูกเลือกมาเป็นกรณีศึกษา มีที่ตั้งอยู่ตำบลป่าไม้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ โดยบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำส่วนใหญ่ใช้ต้นกัลปังหที่เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่กัก 3 แรงม้าหรือประมาณ 2.2kW กระแสสลับชนิด 3 เฟส ส่วนระบบผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ได้ถูกออกแบบให้มีกำลังครอบคลุมการใช้งานแบบเต็มจำนวน โดยมีแผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 9 แผง แต่ละแผงมีกำลังไฟฟ้าขนาด 330W ที่แรงดันไฟฟ้า 38.8V และกระแสไฟฟ้า 8.51A รวมกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้เป็น 2.97kW (ภาพที่ 3 a.) เชื่อมต่อเข้ากับโซลาร์อินเวอร์เตอร์ (ภาพที่ 3 b.) ร่วมกับระบบไฟฟ้าพื้นฐาน ซึ่งโซลาร์อินเวอร์เตอร์สามารถทำงานได้ 2 โหมดคือ โหมดแบ่งปันโหลดอัตโนมัติกล่าวคือ เมื่อมีความเข้มแสงมากระบบผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มีค่ามาก ระบบจะดึงกำลังไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าพื้นฐานน้อยลง และโหมดใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว ซึ่งในโหมดนี้จะให้ระบบเติมออกซิเจนในน้ำทำงานตามค่าความเข้มแสงคือความเข้มแสงมากทำงานได้มาก



Figure 3 Aquaculture ponds (a) Solar panel in aquaculture ponds
(b) Solar Hybrid Inverter in aquaculture ponds

3.2 อุปกรณ์ตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้าสำหรับบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

อุปกรณ์ตรวจวัดค่าพลังงานสำหรับบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แสดงดังภาพที่ 4 ประกอบด้วย (1) คอนเนคเตอร์สายอากาศของ NB Board (2) ชิพประมวลผลของ NB ยี่ห้อ Quectel รุ่น BC95-B8 (3) Tact สวิตช์ (4) ชิพประมวลผล ESP8266-12F (5) โมดูล Rectifier 220 VAC to 5 VDC (6) วงจรซีรี่ส์ (7) ซ็อกเกตเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกและช่องเชื่อมต่อชนิด RS485

การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 5

The 5th National Conference on Informatics, Agriculture, Management,
Business Administration, Engineering, Science and Technology

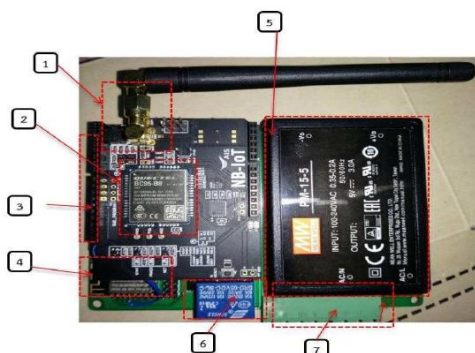


Figure 4 Electrical energy measurement device for aquaculture ponds

การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของเกษตรกรมีลักษณะการติดตั้งดังภาพที่ 5a. คือจะถูกติดตั้งใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใกล้กับโซลาร์อินเวอร์เตอร์ ที่ใช้ควบคุมระบบเติมออกซิเจนในน้ำของเกษตรกร โดย CT-coil จะถูกคล้องเข้ากับสายไลน์ของไฟฟ้าพื้นฐานภายในกล่องควบคุมของระบบโซลาร์อินเวอร์เตอร์ดังภาพที่ 5b.

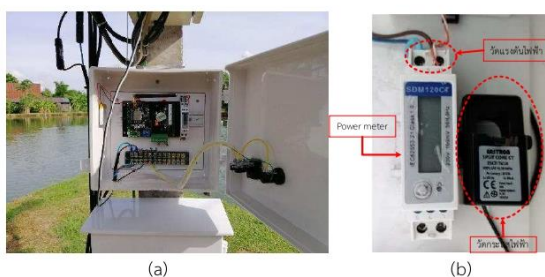


Figure 5 Installation the electrical energy measurement device (a) measurement device (b) digital power analyzer and CT-coil

3.3 พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบเติมออกซิเจนในน้ำช่วงเวลากลางวันสามารถพิจารณาได้เป็น 2 แบบสำคัญ คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวและการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบแบ่งปันระหว่างระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับระบบไฟฟ้าพื้นฐาน โดยแบบแรกแสดงพฤติกรรมการใช้กำลังไฟฟ้าแสดงในภาพที่ 6 และแบบที่สองแสดงการใช้กำลังไฟฟ้าในภาพที่ 7

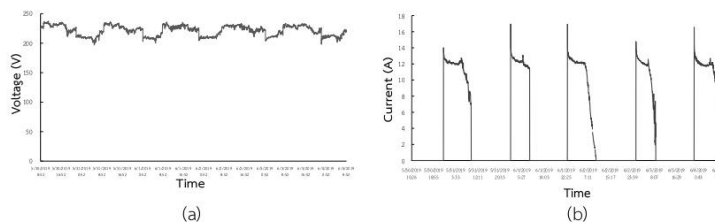


Figure 6 The electricity usage of aquaculture ponds that use electrical energy from solar cells during the day time (a) voltage (b) current

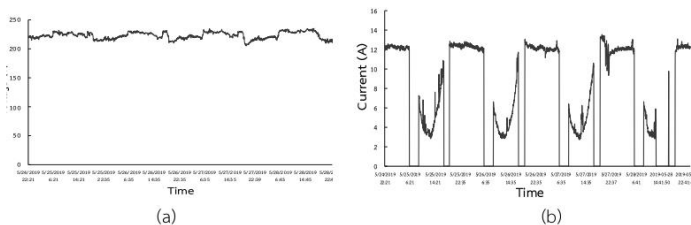


Figure 7 The electricity usage of aquaculture ponds that use electrical energy from solar cells with utility grid during the day time (a) voltage (b) current

จากภาพที่ 6 แสดงแรงดันไฟฟ้า (a.) และกระแสไฟฟ้า (b.) ที่ถูกใช้ไปในระบบเติมออกซิเจนในน้ำ จะสังเกตได้ว่าค่ากระแสไฟฟ้าจะปรากฏอย่างชัดเจนในช่วงเวลาตอนกลางวันขณะที่กลางวันจะไม่ปรากฏค่ากระแสไฟฟ้าแต่อย่างใด เนื่องจากเกษตรกรเลือกใช้กำลังไฟฟ้าจากระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว ขณะที่ในลักษณะการใช้ในแบบที่สองแสดงดังภาพที่ 7 ปรากฏแรงดันไฟฟ้า (a.) และกระแสไฟฟ้า (b.) ถูกใช้ไปในระบบเติมออกซิเจนในน้ำ ซึ่งจะพบว่าในช่วงเวลากลางคืนกระแสไฟฟ้าจากปรากฏเพิ่มเติมตามกำลังของมอเตอร์ที่ต้องการใช้ แต่ในขณะที่กลางวันสัดส่วนการใช้จะแปรผกผันจากความเข้มแสง กล่าวคือเมื่อความเข้มแสงมาก ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะผลิตกำลังไฟฟ้าได้มาก โซลาร์อินเวอร์เตอร์จะดึงกำลังจากระบบไฟฟ้าพื้นฐานมาชดเชยน้อย แต่ถ้ามีความเข้มแสงน้อยก็จะดึงกำลังมาชดเชยมากขึ้น

และเมื่อนำข้อมูลพลังงานไฟฟ้าสะสมมาพิจารณาเทียบกับระบบที่ไม่มีเซลล์แสงอาทิตย์เข้ามาจะพบว่า ในรอบ 1 เดือนจะมีค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปกับระบบเติมออกซิเจนในน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 8 ซึ่งพบว่าเมื่อใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวในช่วงเวลากลางวัน จะใช้พลังงานไฟฟ้าไปทั้งหมด 534.51 kWh ขณะที่ไอใช้งานระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับระบบไฟฟ้าพื้นฐาน จะใช้พลังงานไฟฟ้าไปทั้งหมด 1351.69 kWh และแบบใช้พลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานเพียงอย่างเดียวใช้พลังงานไฟฟ้าไปทั้งหมด 2292.71 kWh

การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 5

The 5th National Conference on Informatics, Agriculture, Management,
Business Administration, Engineering, Science and Technology

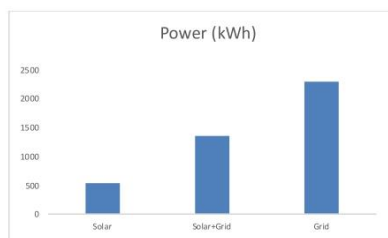


Figure 8 the energy consumption of each type model

จากการคำนวณค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานไฟฟ้าอย่างง่าย กรณีใช้พลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์อย่างเดียวในเวลากลางวันจะสามารถที่จะลดการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายทางพลังงานได้ 7,032.8 บาทต่อเดือนเมื่อเทียบกับระบบที่ใช้พลังงานไฟฟ้าพื้นฐานเพียงอย่างเดียว (คิดค่าไฟฟ้าหน่วยละ 4 บาท) ขณะที่ระบบใช้พลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับระบบไฟฟ้าพื้นฐานจะสามารถลดการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายทางพลังงานได้ 3,764.08 บาทต่อเดือนเมื่อเทียบกับระบบที่ใช้พลังงานไฟฟ้าพื้นฐานเพียงอย่างเดียว โดยระยะเวลาในการคืนทุนจะอยู่ที่ 3.17 ปีในแบบแรกและ 5.92 ปีในแบบที่สอง เมื่อคิดต้นทุนระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบเหมารวมอยู่ที่วัตต์ละ 60 บาท และคิดการใช้พลังงานไฟฟ้าในการเพาะเลี้ยงที่ 8 เดือน

4. สรุป

จากการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ที่ได้ทำการติดตั้งเครื่องตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมถึงการศึกษารูปแบบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีอยู่ 2 รูปแบบ คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวในระยะเวลากลางวันและการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าพื้นฐานในช่วงเวลากลางวันเช่นกัน แต่ในช่วงเวลากลางคืนจากเกษตรกรจะนำพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐานมาใช้ในการเติมออกซิเจนในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ พบว่าการใช้รูปแบบการนำพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มาเป็นพลังงานไฟฟ้าในการเติมอากาศให้กับบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพียงอย่างเดียวในตอนกลางวันจะมีการใช้พลังงานน้อยที่สุดคือ 534.51 kWh ส่วนบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับไฟฟ้าพื้นฐานจะใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 1351.69 kWh ซึ่งเมื่อถูกคำนวณเป็นผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจะได้เป็น 7,032.8 บาทต่อเดือนและ 3,764.08 บาทต่อเดือนเมื่อเทียบกับระบบที่ใช้พลังงานไฟฟ้าพื้นฐานเพียงอย่างเดียว ค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานไฟฟ้า ระบบที่ใช้พลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์อย่างเดียวในเวลากลางวันจะสามารถที่จะลดการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายทางพลังงานได้ 528 บาท ในระยะเวลา 1 เดือน โดยทั้งสองระบบจะมีระยะเวลาในการคืนทุนจะอยู่ที่ 3.17 ปี และ 5.92 ปีตามลำดับ

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ภายใต้โครงการการพัฒนาพลังงานทดแทนและการประยุกต์ใช้ในชุมชนสีเขียว ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนทุนวิจัยโครงการชุมชนต้นแบบเลี้ยงปลาอัจฉริยะสีเขียวเพื่อลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล กรณีศึกษาชุมชนบ้านทุ่งยาว อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ ขอขอบคุณชุมชนบ้านทุ่งยาว อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ ขอขอบคุณทุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาในปีการศึกษา 2561 ของวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้และขอขอบคุณหน่วยวิจัยด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมอัจฉริยะวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้คำแนะนำและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการศึกษามา ณ โอกาสนี้



หนังสือรับรองการตีพิมพ์บทความ
วารสารวิจัย มทร.กรุงเทพ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ขอรับรองว่าบทความวิจัย

เรื่อง Design and development of the electrical energy administration and energy management system in Nile Tilapia fish pond: A case study of the *Nile Tilapia* farming community, San Sai District, Chiang Mai, Thailand

โดย Wittawat Thaidech, Chawaroj Jaisin

ได้ผ่านการประเมินจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
และตีพิมพ์ในวารสารวิจัย มทร.กรุงเทพ
ปีที่ 14 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม – ธันวาคม พ.ศ. 2563)

(นายสุธรรม สีวาอุธ)

บรรณาธิการวารสารวิจัย มทร.กรุงเทพ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

Design and Development of the Electrical Energy Administration and Energy Management System in Nile Tilapia fish pond: A Case Study of the Nile Tilapia Farming Community, San Sai District, Chiang Mai, Thailand

Wittawat Thaidech¹, Chawaroj Jaisin^{1*}

¹School of Renewable energy, Maejo University, Thailand

*Corresponding Author. E-mail: njaisin@hotmail.com

ABSTRACT

Dissolved oxygen (DO) is an important factor for the cultivation of Nile Tilapia fish. Traditional cultivation utilizes the utility grid to supply the air blower motor to manage the DO level in the pond. However, common issues include dropping voltages or utility grid failure. Hence, the main objective of the present study is to design and develop an electrical energy administration and energy management system which can be applied in a Nile Tilapia fishpond. Solar hybrid system has already been implemented in the fishpond and functions using three electrical energy sources, including solar panels (10 panels, 325 W polycrystalline), the utility grid, and battery modules (24 pieces, 20 Ah 12 V). The controller administers and manages the electrical energy sources to supply the aerator. The new operational plan is an improvement and replacement for the previous operational plan and is embedded into the MCU core (ESP8266) to evaluate and display parameters via an online server (Blynk). The administrator can adjust the events using a smart device to test each function and check the system's responses. The reserve energy source is focused on the battery module and is tested to determine its feasibility and potential. The experimental results are divided into three sections. The first result showed that the aeration system is able to use a three-phase air blower motor using the solar hybrid system and three electrical energy sources. The second result demonstrated a relatively good reaction to the new operation plan in each event in the fishpond. The third results showed the feasibility and potential of the battery module component of the system under various operations and varying electrical energy sources. The battery module can store up to 5,509.4 Whr of reserve energy and supply the air blower motor for 2.4 hours. Finally, this system had an investment budget of 127,575 Thai baht and a payback period at 10.48 years.

Keywords: Electrical energy administration system, energy management system, Nile Tilapia fishpond, solar hybrid inverter.

1. INTRODUCTION

In Thailand, Nile Tilapia are cultivated intensively which requires the use of electrical energy for fishpond aeration systems to increase or maintain dissolved oxygen (DO) levels. Most farmers prefer to use the utility grid, but

this often encounters problems. The first issue is the lack of an electrical energy backup to supply electricity in the event of an aquaculture emergency or a utility grid failure. The second issue was the lack of administration and management for both the use of the electrical energy for aeration

Received 22-03-2020
Revised 15-07-2020
Accepted 16-07-2020

system and maintaining the DO level. Agriculturists had no exact plans or schedules to switch the aeration system on or off, or to solve problems in the event of utility grid failures or a DO level.

The appropriate DO and pH for *Nile Tilapia* fish cultivation is 4 mg/L and 6.8-8.0, respectively [1]. However, this paper focuses on DO as an important factor since it clearly affects *Nile Tilapia* fish in fishponds more than pH. The use of solar cells within the agricultural and aquaculture sectors is increasing. In particular, these sectors use solar cells as a supplementary electrical energy source due to increasing electricity costs, pollution from mechanical engines, and high production costs. It is therefore reasonable to apply solar energy in the agricultural and aquaculture sectors. Several researchers have demonstrated the feasibility of using solar energy for aquaculture which are described as follows. Gokay [2] used solar panels as an electrical energy source to supply the electrical motor of a water pump and charge the battery. This system maintained the aquatic pond temperature at 17°C to support the survival, growth, and increase productivity of the fish in the pond over the course of the year. Meanwhile, Tamal et al. [3] designed a solar energy system for a small aquatic pond in Bangladesh using HOMER Pro software. The system consisted of a 2kW of solar panel, a 400 Ah deep-cycle battery, a 0.2 kW of solar inverter, with the cost of energy (COE) of this system being 0.463 \$/kWh. Furthermore, Ail et al. [4] designed and evaluated an optimum solar water pumping system for rural areas using a PV-powered water pumping system (PVWPS) to study the economics of both PV and diesel pumping solutions. The PVWPS was shown to be more cost-effective than the diesel generator over the lifetime.

Research on the management and control system for aquatic ponds will now

be discussed. Moataz and Mohamed [5] designed a fish farm management system based on the microcontroller for an aeration control system that operates a 1hp-3 phase induction motor with a time schedule. Igib et al. [6] designed an optimum sizing of electrical power to support the electricity demand of a fishpond aeration system. This was the most economically feasible and the COE was about 0.769 \$/kWh. Similarly, Qorry and Sri Endah [7] studied the energy consumption of the *Tilapia* fish culture system. A preliminary audit result showed that to produce one a live-weight ton of tilapia consumed 4,821.08 MJ which consisted of electricity (4,576.74 MJ), labor (180.33 MJ), diesel (49.33 MJ), and gasoline (14.68 MJ). Therefore, the primary goal of utilizing solar energy is to reduce fossil fuel dependence, lower the electrical costs, as well as to maintain good electrical supply stability in the system and DO level. Hence, it is desirable to develop an electrical energy administration and management system in a *Nile Tilapia* fishpond. This system device relies on the combination of three power sources, in which electricity supplied by the utility grid is used in combination with a renewable energy power source (electrical energy from solar panels), and an electrical energy backup (battery module). The operation of the system uses a hybrid energy sharing module to distribute energy to the aerator, while the solar charger module is used to store energy in the battery module. The working situations are divided into three events, Situation 1 - in the case of daytime and normal electricity, the system will provide electrical energy where it is used in combination with solar energy and the utility grid to the aerator, but if the aerator stops working the system will bypass the solar energy to a battery to storage. Situation 2 - at night under normal electrical and DO conditions, the system will pay the utility grid to the aerator.

Meanwhile, the electricity will charge the battery until the early morning hours, the system will bring energy from the battery in combination with the utility grid to reduce energy consumption and discharge at the same time. Situation 3 - at night under a utility grid failure and with the DO level entering a crisis event, the control system commands the controller to pay the energy from the battery backup to the hybrid inverter and pass to the aerator to fill air in the *Nile Tilapia* fishpond. This system acts as a substitute for the farmer, thus enabling the farmer to save time and precisely control the aerator. In addition, it also helps to reduce energy consumption and cultivation costs.

2. MATERIALS AND METHODS

The experimental designs are divided into four parts, as follows:

2.1 Project assumption of the electrical energy administration and management system in *Nile Tilapia* fish pond

The design hypothesis is largely based on the farmer's previous operational plan. The previous system is improved with the addition of a solar cell system and a new operational plan to manage the aeration system, which is the main part and consumes most of the electricity in the fishpond. The aerator schedule study found that the operation of aerators depended on the age of fish [8]. In the first month of cultivation the aerator was not turned on. Then, from the second to the final month of cultivation, the aerator was turned on during the day between 9.00 a.m.-11.00 a.m., and then 1.00 p.m. - 6.00 p.m. At night, the aerator was turned on between 8.00 p.m. - 6.00 a.m. The total operational time of the aerator was 17 hours per day. If carefully considered, DO crises typically occur at 4.00 a.m. - 6.00 a.m. On some days, the DO levels at night were below 2.0 mg/L [9]. Hence, the main idea of this system is

focused on the operational time of the aerator by developing an electrical energy administration and management system to manage and stabilize the electrical energy sources for the aerator, maintain DO levels, in addition to accumulating solar energy in the battery module.

2.2 Design and development of the electrical energy administration and energy management system in *Nile Tilapia* fishpond

The conceptual framework of the electrical energy administration and energy management system is shown in Figure 1. The system consists of three separate electrical energy sources, the utility grid, solar cells, and the battery module. The controller is the main part which selects the appropriate electrical energy source to supply the aerator. Furthermore, the electrical energy remaining during the day will also charge the battery module. A solar hybrid inverter is an automatic load sharing device that combines utility grid electricity with the solar cell or battery module (depending on the controller selection). A powered electronic switch automatically switches the aerator on or off. The AC power analyzer is connected to the utility grid line to measure and record energy consumption data. The Blynk server is an online server to display and exchange data between the controller and the AC power analyzer to predict and analyze the aerator controller and battery charging. The DO level is sent from the DO measuring system [10]. In the present study, the main controller is the ESP8266 and is used to analyze and manage the system. It is interfaced with the AC power analyzer via MODBUS RTU protocol to receive the energy parameters and send data to cloud servers for recording and monitoring purposes, as well as to verify the electrical stability to support the aerator system in the case of a utility grid failure (Figure 2). Meanwhile, the DO value is also read by the

ESP8266 from the same cloud server to monitor the DO value. The final side of the ESP8266 is connected to the ATmega 328p via the I2C protocol which is the second controller. It functions to control the control circuit. The communication network in the fishpond is based on a 4G cellular network to connect it to the cloud server.

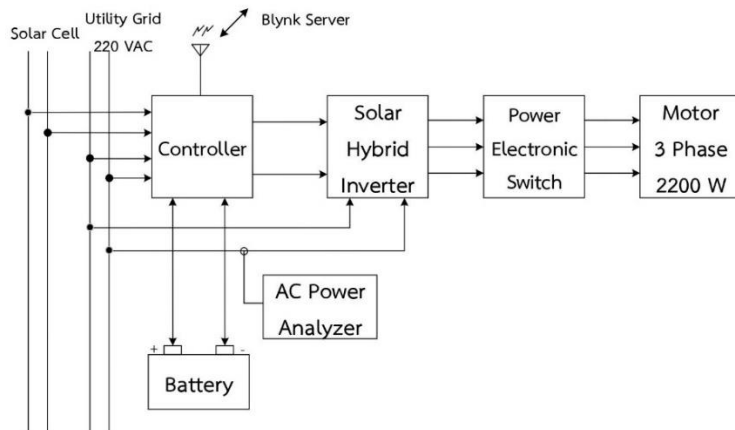


Figure 1. Configurations of the electrical energy administration and energy management system

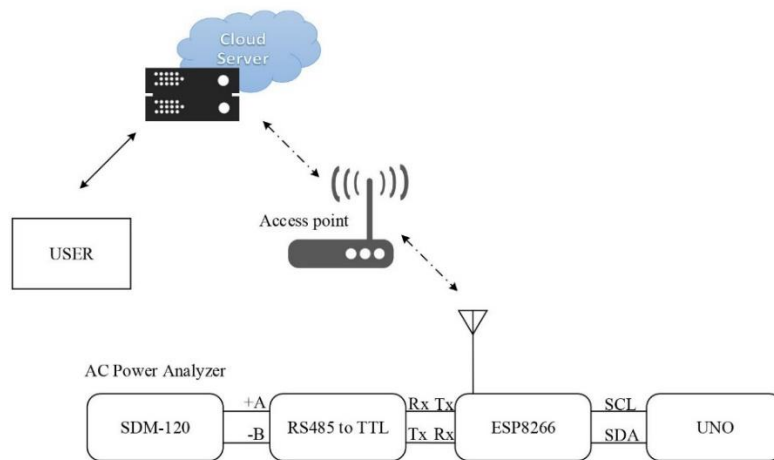


Figure 2. Main controller interfacing

The control circuit configurations consist of the four control circuits, in which each circuit is commanded using the real fishpond environment as a decision-maker. The controller is programmed to receive certain parameters, such as DO level, AC and DC energy consumption, and time. These

parameters are evaluated to generate the output control signal for each control circuit. The M1 controls DC energy that is converted from the utility grid with a variac transformer and bridge rectifier with a filter via the DC charger. The M2 controls the DC energy from the battery module

which passes to the solar hybrid inverter. The M3 manages DC energy from the solar cell passing to the DC charger, and the M4 manages the DC energy from the solar cell to pass to the solar hybrid inverter, as shown in Figure 3.

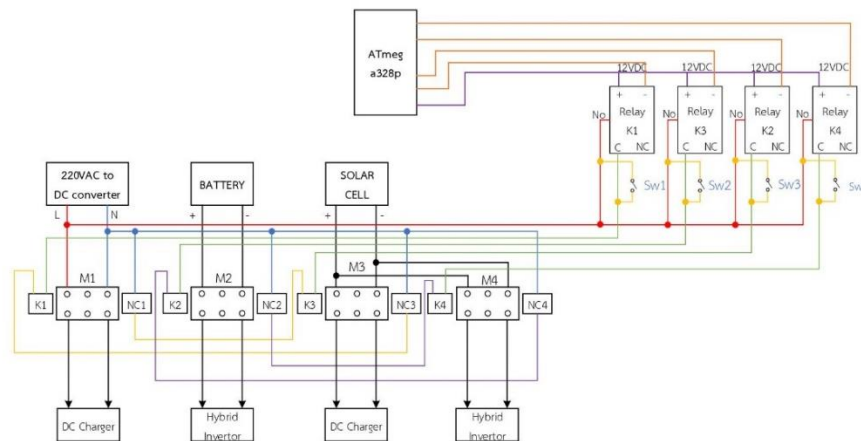


Figure 3. Control circuit diagram

In this system, ten 325 Wp solar panels were connected in a series mode to generate the power at 3.2 kWp and voltage at 340-380 V (depending on solar intensity). This solar panel connects to the controller on the M2 and M3 to distribute to either the DC charger (SC-MH, SC-MH 20A model) or the solar hybrid inverter (Siemens, Sinamics V20 model 2.2kW). After the solar hybrid inverter, the air stone type aerator is connected with an air blower motor that consumes the power by 2.2 kW depending on connected load. Next, the DC charger is the battery module (Chilwee, 6-DZF-22, 12V 20Ah 24 pieces) that is connected in a series mode and has a 5,760 Wh capacity.

New operational plan: Daytime and normal electricity:

The aerator mainly uses electrical energy from the solar cell (M4 turned on) unless electrical energy from the solar cell is insufficient, in which case it will be supplemented by the utility grid. However, if electrical energy from the solar cell is over demand, it will be bypassed to the DC charger to pass to the battery module (M3 turned on). At night under normal electricity and DO conditions, the aerator largely uses electrical energy from the utility grid until the early morning hours (4.00 a.m.), after that it will be supplemented by the battery module (M2 turned on) to discharge the battery and decrease the electrical energy consumption from the utility grid. The off-peak period

begins at 10.00 p.m., and the M1 is turned on for additional battery module charging. If the battery module is full, the charger automatically turns off.

Utility grid failure at night and DO levels enter a critical event:

The DO measuring system is designed as a floating buoy [11] and is movable on the water. The fishpond has

four specific measurement points, with each point having a distance of 10 meters. The floating buoy moves to the next point every 30 minutes. The direction of movement of the floating buoy is shown in Figure 4, in which it moves from position 1 to 4, before returning from position 4 to 1. Figure 5 depicts the *Nile Tilapia* fishpond studied in this research.

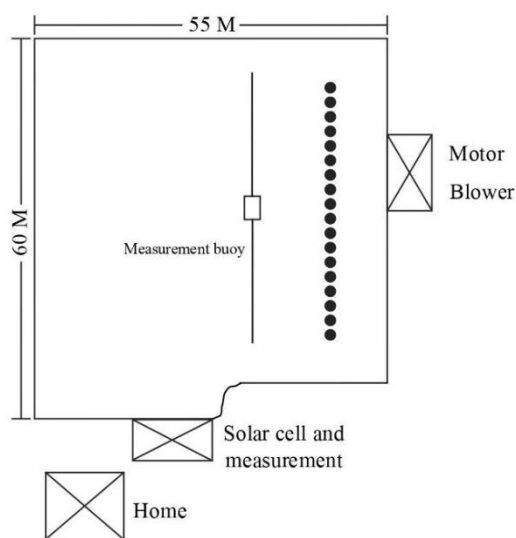


Figure 4. Nile Tilapia fish pond layout



Figure 5. The direction of movement of floating buoy in the fish pond

The DO and energy data is recorded and exchanged on the cloud server, they are the indicators that indicate entering the critical event. The controller will play in the roles as shown in Table 1.

Table 1 The role base determination of the events in *Nile Tilapia* fish pond

	6.00 a.m.-8.59 a.m.	9.00 a.m.-10.59 a.m.	11.00 a.m.-12.59 a.m.	1.00 p.m.-5.59 p.m.
Daytime	B(off)+S2H	B(off)+S2H)	B(off)+S2Ba	B(on)+S2H
	-	If $P_o < 100W = S2Ba$		
	6.00 p.m.-7.59 p.m.	8.00 p.m.-9.59 p.m.	10.00 p.m.-3.59 a.m.	4.00 a.m.-5.59 a.m.
Nighttime	All off	B(on)+G2H	B(on)+G2HBa	B(on)+GBc2H
	-	-	G2Ba	-
	6.00 p.m.-9.59 p.m.	10.00 p.m.-5.59 a.m.		
critical event			DO \geq 3.00	DO $<$ 3.00
			-	Bc2H

Note: B = Blower, S2Ba= Solar to battery charging, S2H = Solar to hybrid inverter, G2H=Grid to hybrid inverter, G2Ba= Grid to battery charging, G2HBa= Grid to hybrid inverter and battery charging, GBc2H= Grid and battery discharge to hybrid inverter and Bc2H= battery discharge to hybrid inverter.

The designed flowchart procedure consists of reading the energy parameters, including voltage (V), current (I), power (P), and energy (W). The flowchart

procedure is developed as a program and run on the ESP-8266 that acts as reader the energy parameters and waits for the command from ATmega328P (Figure 6). It also stores environmental data, such as the DO, critical events, and UNIX time. Meanwhile, the administration and energy management system flowchart is shown in Figures 7 and 8 and are run on ATmega328P that request data from ESP-8266 to analyze and manage the system following the role base.

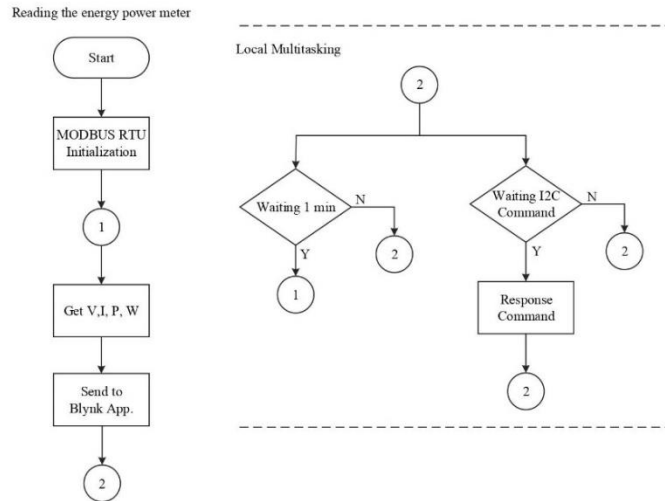


Figure 6. Flowchart of reading the energy parameters

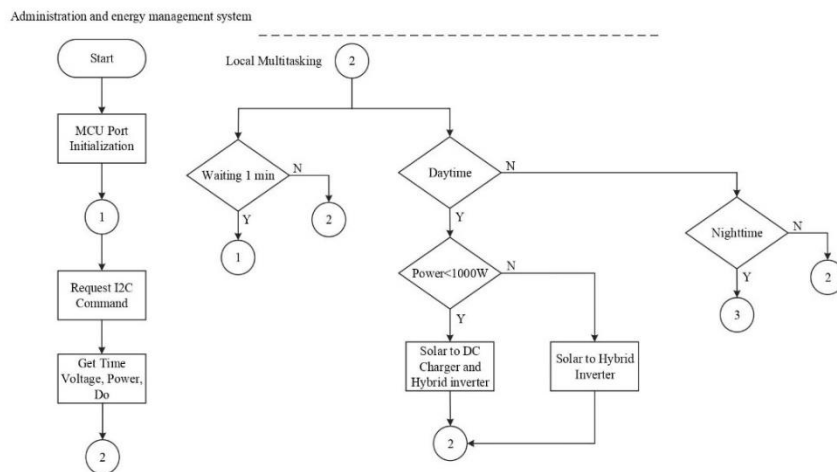


Figure 7. Administration and energy management system page

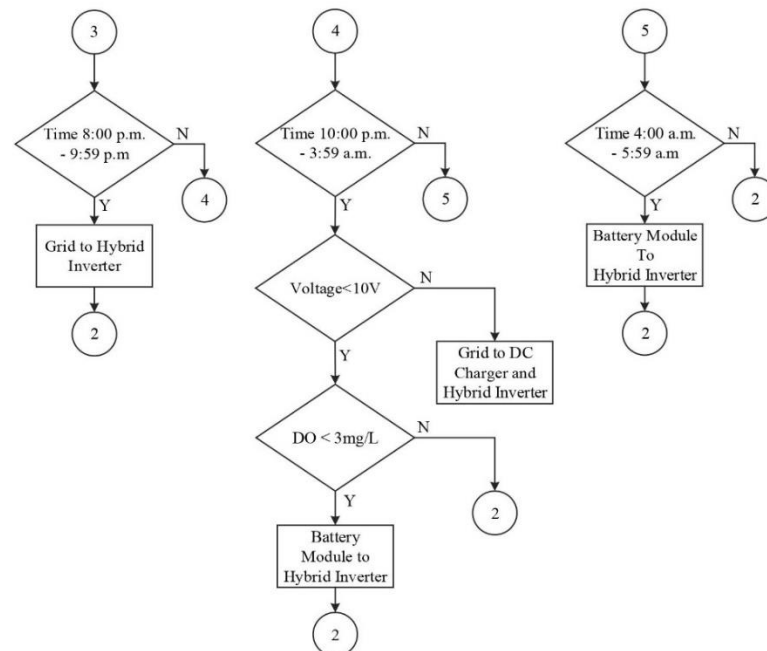


Figure 8. Administration and energy management system page (cont.)

Design of electrical power systems for using in Nile Tilapia fish pond can be designed as follows [12]:

Electrical energy reserve for an aerator system requires 1 hour at power as 2.2 kW and the minimal DC voltage for the solar hybrid inverter needs 288V. While, the specification of the solar panel is 315 Wp, 37.4 V of Vmp and 8.4. A of Imp.

In summary, the solar system is designed by connecting in series with 10 panels that provides the maximum power at 3,150Wp. The solar hybrid inverter is selected by the capacity of the blower at 2.2kW. In the part of the energy backup, the battery module is employed by the local market as 12V and 20Ah that is connected in series amount 24 pieces and provides the maximum energy reserve as 5,760 Wh. While, the battery charger can charge the

power at 288 V and 10 Ah (special design for this job).

2.3 Electrical energy administration and energy management software in the Nile Tilapia fishpond

Software was developed to manage the activities or events in the fishpond and to monitor the control system responsiveness. The software runs on the ESP8266 and ATmega328P which are built into the controller system. The monitoring system runs on the online Blynk server. Figure 9 provides details of the monitoring system, as shown on a smartphone. The monitoring system consists of: (1) real-time DO level; (2) date and time; (3) status of control circuits on LED indicator type (M1-M4); (4) real-time graphs of the DO level, AC voltage, and AC power consumption; (5)

temperature and humidity; (6) AC voltage level; (7) AC power consumption; (8) status of control circuits on a real-time graph (M1-M4); and (9) the parameters for critical events, i.e. DO level, AC voltage level, and AC power consumption. The

software is always run by the roles of daytime and nighttime (Table. 1) unless the administrator adjusts the parameters for critical events. It will use adjusted parameters for decision together with the previous role.

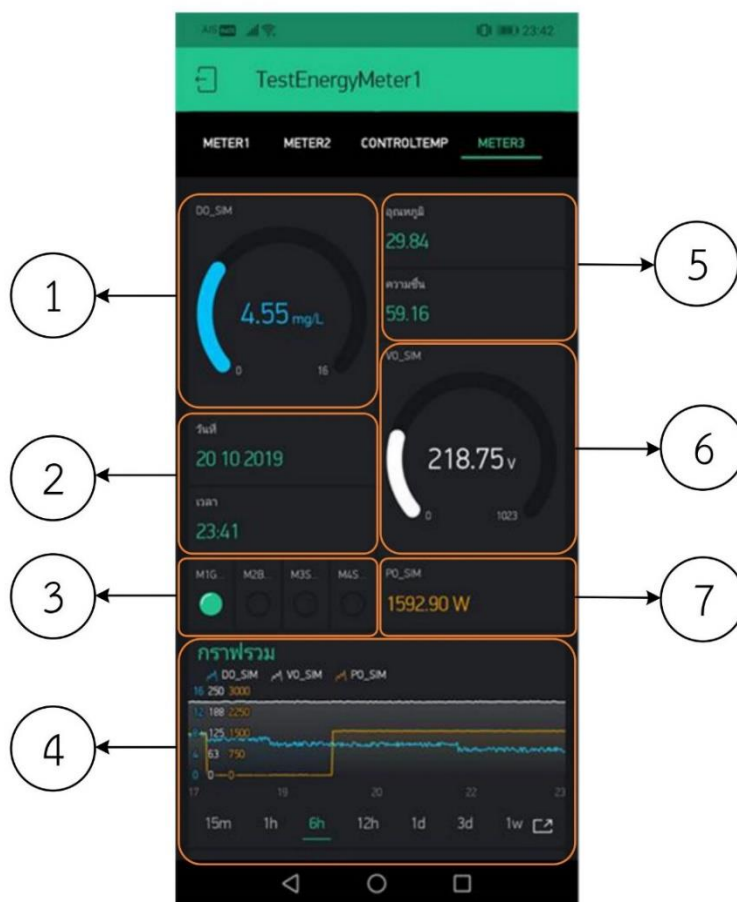


Figure 9. Monitoring on Blynk application

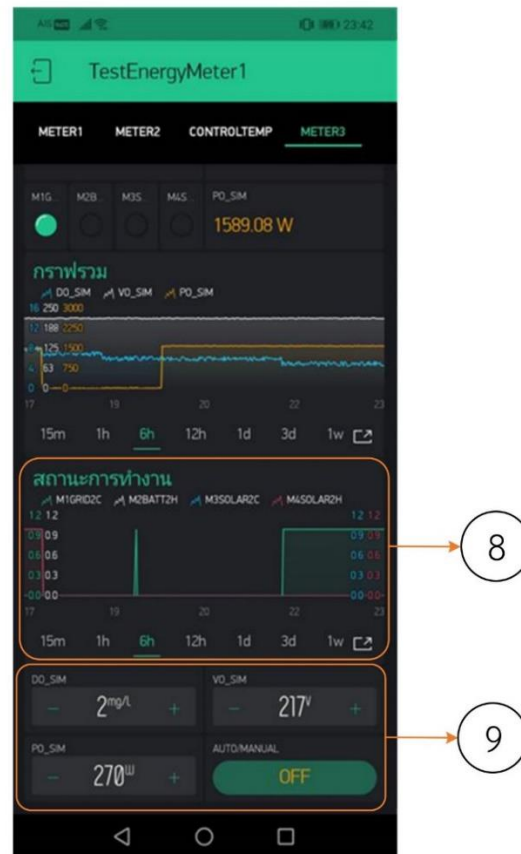


Figure 9. Monitoring on Blynk application (Continue)

2.4 Laboratory-scale testing of the electrical energy administration and energy management system in the Nile Tilapia fishpond

The laboratory-scale was undertaken to test the feasibility and potentiality of the devices used in this system prior to onsite installation. The testing largely focused on battery charging using the solar cell and utility grid, as well as how the battery discharged to the aerator.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Design and development results

The *Nile Tilapia* fishpond is located in a 5 rai area in Sansai District, Chiang Mai Province, Thailand. Ten solar panels are built as a roof and the solar hybrid inverter and controller were installed underneath it, as show in Figures 10 (a) and (b)

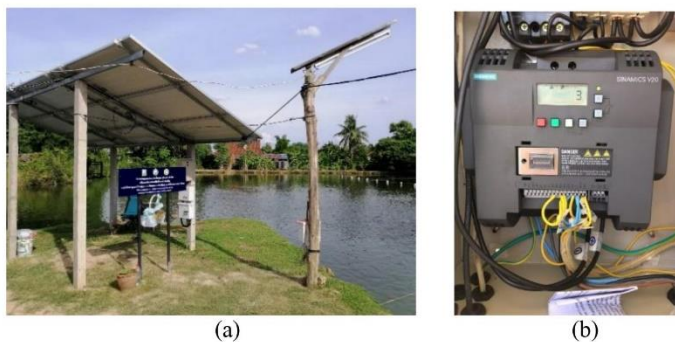


Figure 10. (a) Nile Tilapia fishpond and (b) solar hybrid inverter

The aeration system uses a three-phase air blower motor (Norvax, NVT-160) which provides the power as three horsepower and are connected to 12 air stone nozzles and are arranged in the pond

as shown in Figures 11 (a) and (b), respectively. The battery module (Chilwee, 6- DZF-22) is wired in series mode and connected to the DC charger, as shown in Figures 10 (c) and (d), respectively.

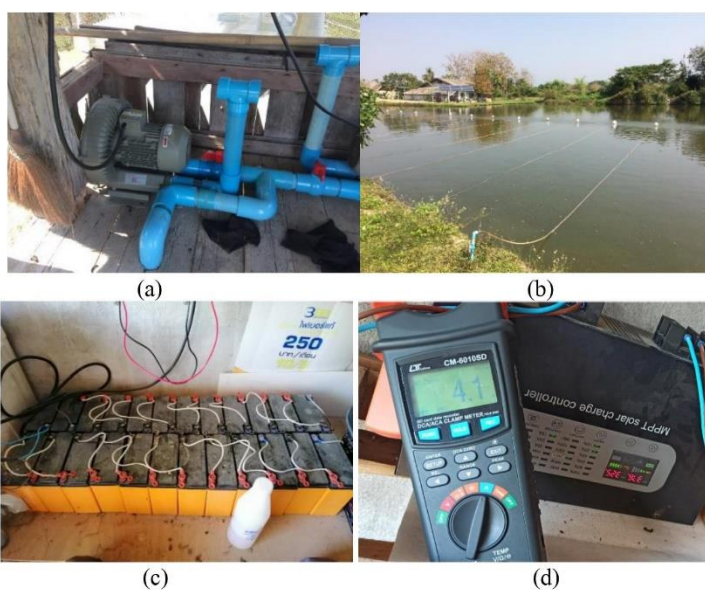


Figure 11 (a) and (b) Aeration system with air stone type, (c) Battery module and (d) MPPT solar charger

3.2 Administration and energy management system results

The results of the activities or events in the fish pond that run by the role based in Table 1 as shown in Figure 12. and Figure 13. The parameters in the activities

and events in the fishpond consist of measuring the voltage from the utility grid (1), measuring the power of the air stone aerator in event that always occur in the fishpond such as regular event (2), utility grid failure (3) and power sharing (4).

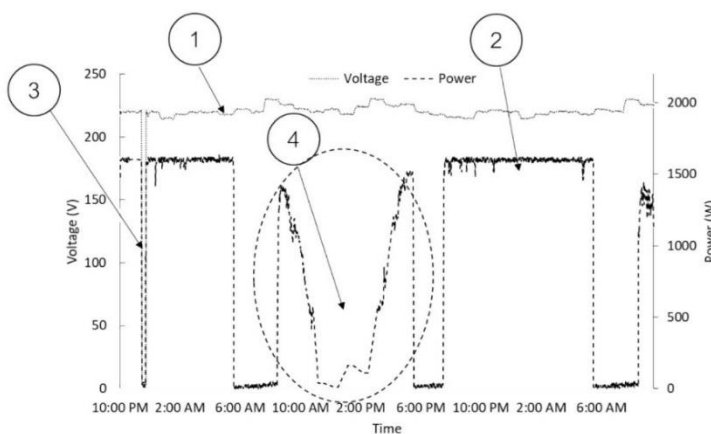


Figure 12. An electrical status in fishpond

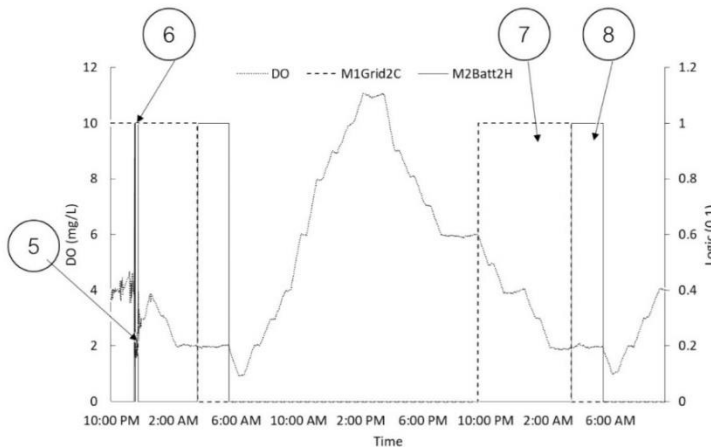


Figure 13. The activities or events in the fishpond run by the role base

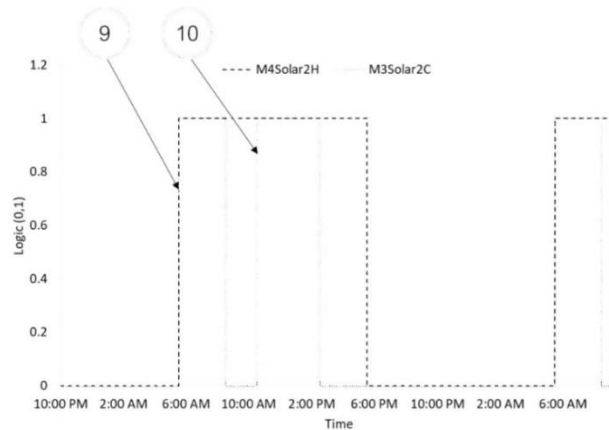


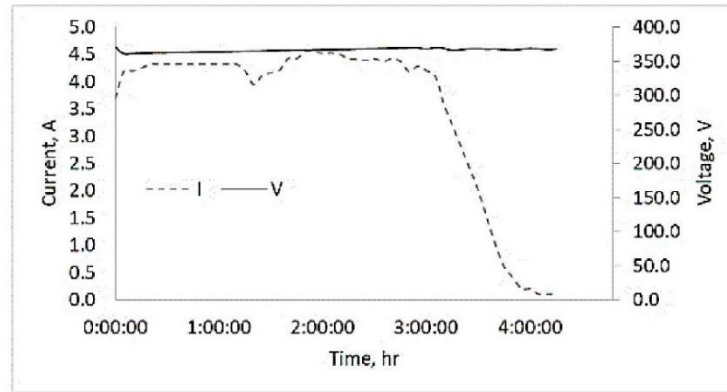
Figure 14. The activities or events in the fishpond run by the role base from solar cell

In the case of the critical period, (5) the utility grid fails close to midnight while the DO level is also below 3.00 mg/L. The controller supplies electrical energy from the battery module to the hybrid inverter suddenly (6:M2BATT2H). Yet if the utility grid fails and the DO level is not lower than 3.00 mg/L, the controller will not supply electrical energy to the hybrid inverter. For normal conditions at night, the battery module is charged by the DC charger after 10.00 p.m. which is the off-peak period (7:M1GRID2C), while the electrical energy from the battery module supplements the hybrid inverter in the early morning hours (8: M2BATT2H).

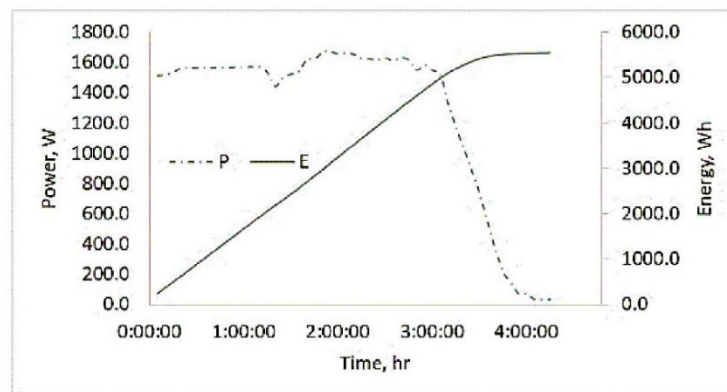
For normal conditions during the day, the electrical energy from the solar cell is supplied to the hybrid inverter (9:M4SOLAR2H), but if the solar intensity during the afternoon is relatively high and the electrical energy from the solar cell is over demand, less electricity from the utility grid will be used. The remaining electrical energy is charged into the battery module (10:M3SOLA2C). All the roles show relatively good responses to the new operational plan in each event in the fishpond.

3.3 Laboratory-scale testing results

The study of the feasibility and potential of a battery module charged by the utility grid shows that it uses an average current at 4.3 A for 3.5 hours, as shown in Figure 15a. A total of 5,509.4 Whr (Fig 15b) of energy was accumulated, which is less than the battery capacity since the efficiency of the DC charger is around 92-97 %. Together, this means that if the battery module is empty, it charges for 3.5 hours. However, if the battery is partially charged with the solar cell during the daytime, the battery will be charged less by the utility grid during the night. The current of the solar cell charging tended to continuously increase, depending on the solar intensity. The time to full charge was almost 6 hours which is about twice as long as the utility grid charging time, as shown in Figures 16 (a) and (b), since the solar intensity is not constant. If considering the possibility to store power during the day, the peak solar hour (PSH) of Chiang Mai province is 4.5 hours [13]. This means that the battery module will be charged by the solar cell and will last for 4-5 hours per day, or about 4.0 - 4.5 kWh. At night this is fulfilled by utility grid charging.

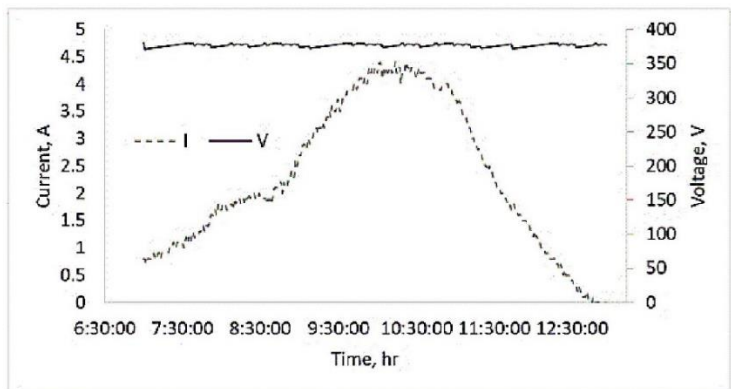


(a)

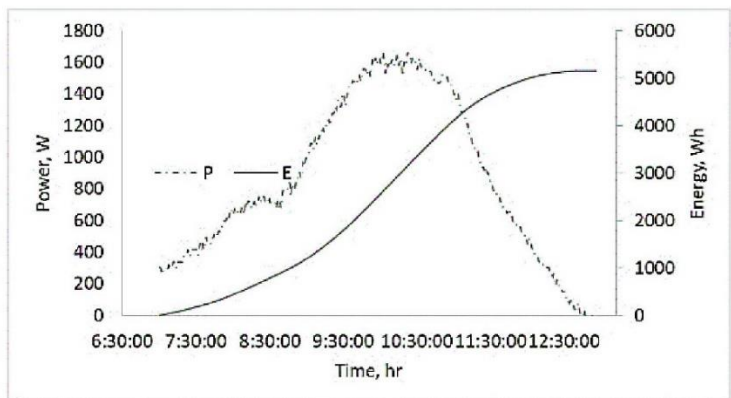


(b)

Figure 15. The parameters on utility grid charging



(a)



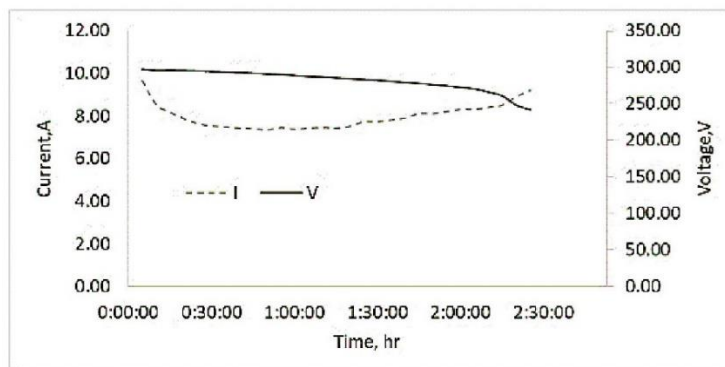
(b)

Figure 16 The parameters on utility grid charging

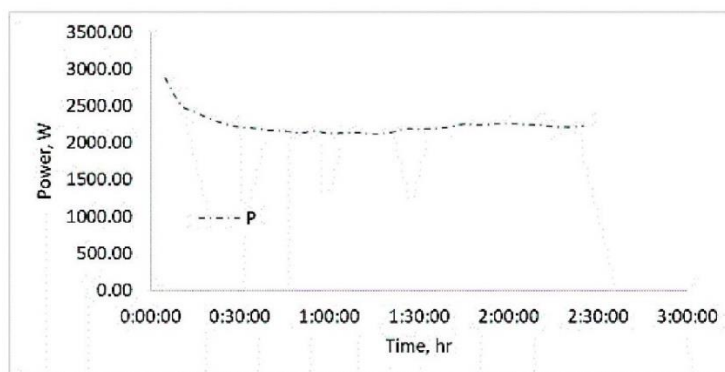
In the case of the battery module discharging as shown in Figure 17, the battery module can supply the aerator with electricity for 2.4 hour. The line graph in Figure 17a shows that the electrical energy still exists, but the voltage of the middle cell of the battery module is lower than the safety zone, or 9 V which risks resulting in a dead battery cell. This issue can be resolved by dividing the battery into three

modules, with each module made up of eight pieces. The agriculturist should rotate the battery module a few times per month by rotating the first module with the last module, the second module with the first module, and the last module with the second module.

A total of 2.2 kWh of electricity used to supply the aerator throughout the working time, as shown in Figure 17b.



(a)



(b)

Figure 17 The parameters on battery module discharging

3.4 Return on investment estimation

The present paper focuses on the return on investment (ROI) benefits by estimating the resulting decreased energy consumption and solar panel system costs. The solar panel system cost 94,500 Thai baht (30 Thai baht per watt of solar power). Meanwhile, the energy consumption decrease over the course of one year equates to 9,015.5 Thai baht (3.8 baht per unit of utility grid electricity and 6.5 hours per day, including discharging in the early morning). The solar panel system has a lifetime of 15

years. Hence, the ROI is 43.10%. If considered in terms of the simple payback period, this project will have a payback period of 10.48 years. It appears that this would not be worth the investment, but when considering it carefully, utility grid failures can occur at any time which can affect the fish. A backup energy system is subsequently necessary to limit the potential impacts of a utility grid failure.

4. CONCLUSIONS

This paper designed and developed an electrical energy administration and

energy management system to be applied to a Nile Tilapia fishpond. The solar hybrid system was already in use with the fishpond and functions using three electrical energy sources, including the solar panel (10 panels, 325 W polycrystalline), the utility grid, and the battery module (24 pieces, 20 Ah 12 V). The experimental results are divided into three parts. The first result shows the aeration system which uses a three-phase air blower motor with the solar hybrid system and three electrical energy sources. The second result demonstrates a relatively good response to the new operation plan in each event in the fishpond. The third result evidences the feasibility and potential of the battery module under various operations and under varying electrical energy sources. The ROI is 43.10%, while the battery module can accumulate an energy reserve of up to 5,509.4 Whr and can supply the blower for 2.4 hours. Finally, this system has an investment budget of 127,575 Thai baht and a payback period of 10.48 years.

5. ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to express a deep gratitude to National Research Council of Thailand (NRCT) under Development of Alternative Energy and Its Applications in Green Communities project for funding the project. The authors would also like to express an appreciation to School of Renewable Energy, Maejo University for the assistance and support. The author expresses gratitude to the scholarship for graduate students in the 2018 academic year that supports the study.

6. REFERENCES

- [1] National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. Agricultural product standards. [Internet]. 2010. Available From: https://acfs.go.th/standard/Download/GAP_tilapia_farm.pdf.
- [2] Gokay B, Mehmet C. A pv based automation system for fish farms: an Application. 2011 7th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO) ; 2011; IEEE; 2011.
- [3] Tamal C, Hermal C, Piyal C, et al. Analysis of a Solar PV System for Aeration System in Aquaculture. International Conference on Mechanical, Industrial and Energy Engineering 2018; 2018 December 23-24; Khulna, Bangladesh. 2018 .
- [4] Ali A. Optimum design and Evaluation of solar water pumping system for rural Areas. International Journal of Renewable Energy Research. 2017; 7(1):12-20.
- [5] Moataz K. Mohamed K. Fish farm management and microcontroller based Aeration control system. Agricultural Engineering International: CTGR Journal. 2013; 15(1):87-9.
- [6] Igib P, Agus S, Ahmad AS. Design Optimization of Solar Powered Aeration System for fish pond in Sleman Regency, Yogyakarta by Homer Software. Energy Procedia. 2013; 32: 90-8.
- [7] Qorry A, Sri EA. Energy Consumption of Pond-Based Intensive Tilapia Aquaculture System (Case Study in Wunut, Central Java, Indonesia). The 22 nd Tri-U International Joint Siminar and Symposium Jiangsu University; 2015 Oct 18-25; Jiangsu, China. 2015.
- [8] Siriwan T. Smart Environmental Monitoring and Aerator Control System by Sharing Energy Source in An Aquatic Animal Pond [dissertation]. Chiangmai, Thailand: Maejo University; 2018.
- [9] Siriwan T, Chawaroj J, Thongchai M, et al. Dissolved Oxygen Monitoring System in Nile Tilapia Fish pond. The 10 Thailand Renewable Energy for

- Community Conference; 2016 Nov 29, 30 – Dec 1. Thaksin University, Phatthalung Campus. Phatthalung ; 2016.308-15.
- [10] Mohammad T, Sivakumar M. A Conceptual Approach for Development of Solar powered Aeration System in Aquaculture Farms. International Journal of Science, Environment and Technology. 2016; 5(5): 2921-5.
- [11] Chaiwat R, Sirachat A. Estimation of the dissolved oxygen monitoring system via the NB IoT technology for aquaculture pond. [dissertation]. Chiangmai, Thailand: Maejo University; 2019.
- [12] Wittawat T, Chawaroj J, Siriwan T, et al. Optimum Design and Evaluation of Solar Aerator System for Animal Pond. The 2nd Maejo-Engineo International Conference on Renewable Energy (MEICRE 2018), 2018 Dec 14-15; Maejo University, Chiangmai, Thailand. 2018. 1-9.
- [13] Sayeed U R M, Riasat A, David F. Designing a solar microgrid system for powering an off-grid fish hatchery and nearby households in Bangladesh. the 3rd International Conference on Mechanical Engineering (ICOME 2017); 2017 Oct 5-6; Surabaya, Indonesia. AIP Publishing; 2018.



ภาคผนวก ข
ผลประหยัดพลังงานของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

การคำนวณผลประหยัดพลังงานบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 1

เดือน มกราคม

ใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด = 990 kWh/month

สามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมด = 444.41 kWh/month

$100 \times 2.09 = 209$ บาท

$(990 - 100) \times 3.24 = 2,883.60$ บาท

รวมทั้งหมด 3,092.60 บาท

$990 - 444.41 = 545.59$

$100 \times 2.09 = 209$ บาท

$(545.59 - 100) \times 3.24 = 1,443.71$ บาท

ผลประหยัด = ค่าไฟที่ต้องเสียทั้งหมด - ค่าไฟที่สามารถประหยัดได้
 $= 3,092.60 - 1,443.71$ บาท
 $= 1,648.89$ บาท

เดือน กุมภาพันธ์

ใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด = 990 kWh/month

สามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมด = 458.17 kWh/month

$100 \times 2.09 = 209$ บาท

$(990 - 100) \times 3.24 = 2,883.60$ บาท

รวมทั้งหมด 3,092.60 บาท

$990 - 458.17 = 531.83$

$100 \times 2.09 = 209$ บาท

$(531.83 - 100) \times 3.24 = 1,399.12$ บาท

ผลประหยัด = ค่าไฟที่ต้องเสียทั้งหมด - ค่าไฟที่สามารถประหยัดได้
 $= 3,092.60 - 1,399.12$ บาท
 $= 1,693.48$ บาท

เดือน มีนาคม

ใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด = 990 kWh/month

สามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมด = 541.38 kWh/month

$$100 \times 2.09 = 209 \text{ บาท}$$

$$(990-100) \times 3.24 = 2,883.60 \text{ บาท}$$

$$\text{รวมทั้งหมด } 3,092.60 \text{ บาท}$$

$$990-541.38 = 448.62$$

$$100 \times 2.09 = 209 \text{ บาท}$$

$$(448.62-100) \times 3.24 = 1,129.52 \text{ บาท}$$

$$\begin{aligned} \text{ผลประหยัด} &= \text{ค่าไฟที่ต้องเสียทั้งหมด} - \text{ค่าไฟที่สามารถประหยัดได้} \\ &= 3,092.60 - 1,129.52 \text{ บาท} \\ &= 1,963.08 \text{ บาท} \end{aligned}$$

เดือน เมษายน

$$\text{ใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด} = 990 \text{ kWh/month}$$

$$\text{สามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมด} = 539.55 \text{ kWh/month}$$

$$100 \times 2.09 = 209 \text{ บาท}$$

$$(990-100) \times 3.24 = 2,883.60 \text{ บาท}$$

$$\text{รวมทั้งหมด } 3,092.60 \text{ บาท}$$

$$990-539.55 = 450.45$$

$$100 \times 2.09 = 209 \text{ บาท}$$

$$(450.45-100) \times 3.24 = 1,135.45 \text{ บาท}$$

$$\begin{aligned} \text{ผลประหยัด} &= \text{ค่าไฟที่ต้องเสียทั้งหมด} - \text{ค่าไฟที่สามารถประหยัดได้} \\ &= 3,092.60 - 1,135.45 \text{ บาท} \\ &= 1,957.15 \text{ บาท} \end{aligned}$$

เดือน พฤษภาคม

$$\text{ใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด} = 990 \text{ kWh/month}$$

$$\text{สามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมด} = 491.10 \text{ kWh/month}$$

$$100 \times 2.09 = 209 \text{ บาท}$$

$$(990-100) \times 3.24 = 2,883.60 \text{ บาท}$$

$$\text{รวมทั้งหมด } 3,092.60 \text{ บาท}$$

$$990-491.10 = 498.90$$

$$100 \times 2.09 = 209 \text{ บาท}$$

$$(498.90 - 100) \times 3.24 = 1,292.43 \text{ บาท}$$

$$\begin{aligned} \text{ผลประหยัด} &= \text{ค่าไฟที่ต้องเสียทั้งหมด} - \text{ค่าไฟที่สามารถประหยัดได้} \\ &= 3,092.60 - 1,292.43 \text{ บาท} \\ &= 1,800.17 \text{ บาท} \end{aligned}$$

เดือน มิถุนายน

$$\text{ใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด} = 990 \text{ kWh/month}$$

$$\text{สามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมด} = 421.07 \text{ kWh/month}$$

$$100 \times 2.09 = 209 \text{ บาท}$$

$$(990 - 100) \times 3.24 = 2,883.60 \text{ บาท}$$

$$\text{รวมทั้งหมด } 3,092.60 \text{ บาท}$$

$$990 - 421.07 = 568.93$$

$$100 \times 2.09 = 209 \text{ บาท}$$

$$(568.93 - 100) \times 3.24 = 1,519.33 \text{ บาท}$$

$$\begin{aligned} \text{ผลประหยัด} &= \text{ค่าไฟที่ต้องเสียทั้งหมด} - \text{ค่าไฟที่สามารถประหยัดได้} \\ &= 3,092.60 - 1,519.33 \text{ บาท} \\ &= 1,573.27 \text{ บาท} \end{aligned}$$

เดือน กรกฎาคม

$$\text{ใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด} = 990 \text{ kWh/month}$$

$$\text{สามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมด} = 377.95 \text{ kWh/month}$$

$$100 \times 2.09 = 209 \text{ บาท}$$

$$(990 - 100) \times 3.24 = 2,883.60 \text{ บาท}$$

$$\text{รวมทั้งหมด } 3,092.60 \text{ บาท}$$

$$990 - 377.95 = 612.05$$

$$100 \times 2.09 = 209 \text{ บาท}$$

$$(612.05 - 100) \times 3.24 = 1,659.04 \text{ บาท}$$

$$\begin{aligned} \text{ผลประหยัด} &= \text{ค่าไฟที่ต้องเสียทั้งหมด} - \text{ค่าไฟที่สามารถประหยัดได้} \\ &= 3,092.60 - 1,659.04 \text{ บาท} \end{aligned}$$

$$= 1,433.56 \text{ บาท}$$

เดือน สิงหาคม

ใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด = 990 kWh/month

สามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมด = 379.77 kWh/month

$$100 \times 2.09 = 209 \text{ บาท}$$

$$(990 - 100) \times 3.24 = 2,883.60 \text{ บาท}$$

รวมทั้งหมด 3,092.60 บาท

$$990 - 379.77 = 610.23$$

$$100 \times 2.09 = 209 \text{ บาท}$$

$$(610.23 - 100) \times 3.24 = 1,653.14 \text{ บาท}$$

$$\begin{aligned} \text{ผลประหยัด} &= \text{ค่าไฟที่ต้องเสียทั้งหมด} - \text{ค่าไฟที่สามารถประหยัดได้} \\ &= 3,092.60 - 1,653.14 \text{ บาท} \\ &= 1,439.46 \text{ บาท} \end{aligned}$$

เดือน กันยายน

ใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด = 990 kWh/month

สามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมด = 380.55 kWh/month

$$100 \times 2.09 = 209 \text{ บาท}$$

$$(990 - 100) \times 3.24 = 2,883.60 \text{ บาท}$$

รวมทั้งหมด 3,092.60 บาท

$$990 - 380.55 = 609.45$$

$$100 \times 2.09 = 209 \text{ บาท}$$

$$(609.45 - 100) \times 3.24 = 1,650.61 \text{ บาท}$$

$$\begin{aligned} \text{ผลประหยัด} &= \text{ค่าไฟที่ต้องเสียทั้งหมด} - \text{ค่าไฟที่สามารถประหยัดได้} \\ &= 3,092.60 - 1,650.61 \text{ บาท} \\ &= 1,441.99 \text{ บาท} \end{aligned}$$

เดือน ตุลาคม

ใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด = 990 kWh/month

สามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมด = 392.34 kWh/month

$$100 \times 2.09 = 209 \text{ บาท}$$

$$(990-100) \times 3.24 = 2,883.60 \text{ บาท}$$

$$\text{รวมทั้งหมด } 3,092.60 \text{ บาท}$$

$$990-392.34 = 597.66$$

$$100 \times 2.09 = 209 \text{ บาท}$$

$$(597.66-100) \times 3.24 = 1,612.41 \text{ บาท}$$

$$\begin{aligned} \text{ผลประหยัด} &= \text{ค่าไฟที่ต้องเสียทั้งหมด} - \text{ค่าไฟที่สามารถประหยัดได้} \\ &= 3,092.60 - 1,480.19 \text{ บาท} \\ &= 1,612.41 \text{ บาท} \end{aligned}$$

เดือน พฤศจิกายน

$$\text{ใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด} = 990 \text{ kWh/month}$$

$$\text{สามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมด} = 382.29 \text{ kWh/month}$$

$$100 \times 2.09 = 209 \text{ บาท}$$

$$(990-100) \times 3.24 = 2,883.60 \text{ บาท}$$

$$\text{รวมทั้งหมด } 3,092.60 \text{ บาท}$$

$$990-382.29 = 607.71$$

$$100 \times 2.09 = 209 \text{ บาท}$$

$$(607.71-100) \times 3.24 = 1,644.98 \text{ บาท}$$

$$\begin{aligned} \text{ผลประหยัด} &= \text{ค่าไฟที่ต้องเสียทั้งหมด} - \text{ค่าไฟที่สามารถประหยัดได้} \\ &= 3,092.60 - 1,644.98 \text{ บาท} \\ &= 1,447.62 \text{ บาท} \end{aligned}$$

เดือน ธันวาคม

$$\text{ใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด} = 990 \text{ kWh/month}$$

$$\text{สามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมด} = 410.30 \text{ kWh/month}$$

$$100 \times 2.09 = 209 \text{ บาท}$$

$$(990-100) \times 3.24 = 2,883.60 \text{ บาท}$$

$$\text{รวมทั้งหมด } 3,092.60 \text{ บาท}$$

$$990-410.30 = 579.70$$

$$100 \times 2.09 = 209 \text{ บาท}$$

$$(579.70 - 100) \times 3.24 = 1,554.22 \text{ บาท}$$

$$\begin{aligned} \text{ผลประหยัด} &= \text{ค่าไฟที่ต้องเสียทั้งหมด} - \text{ค่าไฟที่สามารถประหยัดได้} \\ &= 3,092.60 - 1,554.22 \text{ บาท} \\ &= 1,538.38 \text{ บาท} \end{aligned}$$

การคำนวณผลประหยัดพลังงานบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่ 2

เดือน มกราคม

$$\text{ใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด} = 990 \text{ kWh/month}$$

$$\text{สามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมด} = 242.45 \text{ kWh/month}$$

$$100 \times 2.09 = 209 \text{ บาท}$$

$$(990 - 100) \times 3.24 = 2,883.60 \text{ บาท}$$

$$\text{รวมทั้งหมด } 3,092.60 \text{ บาท}$$

$$990 - 682.60 = 307.4$$

$$100 \times 2.09 = 209 \text{ บาท}$$

$$(307.40 - 100) \times 3.24 = 671.97 \text{ บาท}$$

$$\begin{aligned} \text{ผลประหยัด} &= \text{ค่าไฟที่ต้องเสียทั้งหมด} - \text{ค่าไฟที่สามารถประหยัดได้} \\ &= 3,092.60 - 671.97 \text{ บาท} \\ &= 2,420.63 \text{ บาท} \end{aligned}$$

เดือน กุมภาพันธ์

$$\text{ใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด} = 990 \text{ kWh/month}$$

$$\text{สามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมด} = 242.45 \text{ kWh/month}$$

$$100 \times 2.09 = 209 \text{ บาท}$$

$$(990 - 100) \times 3.24 = 2,883.60 \text{ บาท}$$

$$\text{รวมทั้งหมด } 3,092.60 \text{ บาท}$$

$$990 - 703.73 = 286.27$$

$$100 \times 2.09 = 209 \text{ บาท}$$

$$(286.07 - 100) \times 3.24 = 603.51 \text{ บาท}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ผลประหยัด} &= \text{ค่าไฟที่ต้องเสียทั้งหมด} - \text{ค่าไฟที่สามารถประหยัดได้} \\
 &= 3,092.60 - 603.51 \text{ บาท} \\
 &= 2,489.09 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

เดือน มีนาคม

$$\begin{aligned}
 \text{ใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด} &= 990 \text{ kWh/month} \\
 \text{สามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมด} &= 242.45 \text{ kWh/month} \\
 100 \times 2.09 &= 209 \text{ บาท} \\
 (990-100) \times 3.24 &= 2,883.60 \text{ บาท} \\
 \text{รวมทั้ง} &\text{รวมทั้งหมด 3,092.60 บาท} \\
 990-831.53 &= 158.47 \\
 100 \times 2.09 &= 209 \text{ บาท} \\
 (158.47-100) \times 3.24 &= 189.44 \text{ บาท} \\
 \text{ผลประหยัด} &= \text{ค่าไฟที่ต้องเสียทั้งหมด} - \text{ค่าไฟที่สามารถประหยัดได้} \\
 &= 3,092.60 - 189.44 \text{ บาท} \\
 &= 2,903.16 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

เดือน เมษายน

$$\begin{aligned}
 \text{ใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด} &= 990 \text{ kWh/month} \\
 \text{สามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมด} &= 242.45 \text{ kWh/month} \\
 100 \times 2.09 &= 209 \text{ บาท} \\
 (990-100) \times 3.24 &= 2,883.60 \text{ บาท} \\
 \text{รวมทั้ง} &\text{รวมทั้งหมด 3,092.60 บาท} \\
 990-828.73 &= 161.27 \\
 100 \times 2.09 &= 209 \text{ บาท} \\
 (161.27-100) \times 3.24 &= 198.51 \text{ บาท} \\
 \text{ผลประหยัด} &= \text{ค่าไฟที่ต้องเสียทั้งหมด} - \text{ค่าไฟที่สามารถประหยัดได้} \\
 &= 3,092.60 - 198.51 \text{ บาท} \\
 &= 2,894.09 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

เดือน พฤษภาคม

ใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด = 990 kWh/month

สามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมด = 242.45 kWh/month

$100 \times 2.09 = 209$ บาท

$(990-100) \times 3.24 = 2,883.60$ บาท

รวมทั้งหมด 3,092.60 บาท

$990-754.31 = 235.69$

$100 \times 2.09 = 209$ บาท

$(235.69-100) \times 3.24 = 439.63$ บาท

ผลประหยัด = ค่าไฟที่ต้องเสียทั้งหมด - ค่าไฟที่สามารถประหยัดได้

= $3,092.60 - 439.63$ บาท

= 2,652.97 บาท

เดือน มิถุนายน

ใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด = 990 kWh/month

สามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมด = 242.45 kWh/month

$100 \times 2.09 = 209$ บาท

$(990-100) \times 3.24 = 2,883.60$ บาท

รวมทั้งหมด 3,092.60 บาท

$990-646.74 = 343.26$

$100 \times 2.09 = 209$ บาท

$(343.26-100-100) \times 3.24 = 788.16$ บาท

ผลประหยัด = ค่าไฟที่ต้องเสียทั้งหมด - ค่าไฟที่สามารถประหยัดได้

= $3,092.60 - 788.16$ บาท

= 2,304.44 บาท

เดือน กรกฎาคม

ใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด = 990 kWh/month

สามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมด = 242.45 kWh/month

$100 \times 2.09 = 209$ บาท

$(990-100) \times 3.24 = 2,883.60$ บาท

รวมทั้งหมด 3,092.60 บาท

$$990-580.51 = 409.49$$

$$100 \times 2.09 = 209 \text{ บาท}$$

$$(409.49-100) \times 3.24 = 1,002.74 \text{ บาท}$$

$$\begin{aligned} \text{ผลประหยัด} &= \text{ค่าไฟที่ต้องเสียทั้งหมด} - \text{ค่าไฟที่สามารถประหยัดได้} \\ &= 3,092.60 - 1,002.74 \text{ บาท} \\ &= 2,089.86 \text{ บาท} \end{aligned}$$

เดือน สิงหาคม

ใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด = 990 kWh/month

สามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมด = 242.45 kWh/month

$$100 \times 2.09 = 209 \text{ บาท}$$

$$(990-100) \times 3.24 = 2,883.60 \text{ บาท}$$

รวมทั้งหมด 3,092.60 บาท

$$990-583.31 = 406.69$$

$$100 \times 2.09 = 209 \text{ บาท}$$

$$(406.69-100) \times 3.24 = 993.67 \text{ บาท}$$

$$\begin{aligned} \text{ผลประหยัด} &= \text{ค่าไฟที่ต้องเสียทั้งหมด} - \text{ค่าไฟที่สามารถประหยัดได้} \\ &= 3,092.60 - 993.67 \text{ บาท} \\ &= 2,098.93 \text{ บาท} \end{aligned}$$

เดือน กันยายน

ใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด = 990 kWh/month

สามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมด = 242.45 kWh/month

$$100 \times 2.09 = 209 \text{ บาท}$$

$$(990-100) \times 3.24 = 2,883.60 \text{ บาท}$$

รวมทั้งหมด 3,092.60 บาท

$$990-584.51 = 405.49$$

$$100 \times 2.09 = 209 \text{ บาท}$$

$$(405.49-100) \times 3.24 = 989.78 \text{ บาท}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ผลประหยัด} &= \text{ค่าไฟที่ต้องเสียทั้งหมด} - \text{ค่าไฟที่สามารถประหยัดได้} \\
 &= 3,092.60 - 989.78 \text{ บาท} \\
 &= 2,102.82 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

เดือน ตุลาคม

$$\begin{aligned}
 \text{ใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด} &= 990 \text{ kWh/month} \\
 \text{สามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมด} &= 242.45 \text{ kWh/month} \\
 100 \times 2.09 &= 209 \text{ บาท} \\
 (990-100) \times 3.24 &= 2,883.60 \text{ บาท} \\
 \text{รวมทั้ง} &\text{รวมทั้งหมด 3,092.60 บาท} \\
 990-602.62 &= 387.38 \\
 100 \times 2.09 &= 209 \text{ บาท} \\
 (387.38-100) \times 3.24 &= 931.11 \text{ บาท} \\
 \text{ผลประหยัด} &= \text{ค่าไฟที่ต้องเสียทั้งหมด} - \text{ค่าไฟที่สามารถประหยัดได้} \\
 &= 3,092.60 - 931.11 \text{ บาท} \\
 &= 2,161.49 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

เดือน พฤศจิกายน

$$\begin{aligned}
 \text{ใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด} &= 990 \text{ kWh/month} \\
 \text{สามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมด} &= 242.45 \text{ kWh/month} \\
 100 \times 2.09 &= 209 \text{ บาท} \\
 (990-100) \times 3.24 &= 2,883.60 \text{ บาท} \\
 \text{รวมทั้ง} &\text{รวมทั้งหมด 3,092.60 บาท} \\
 990-587.18 &= 402.82 \\
 100 \times 2.09 &= 209 \text{ บาท} \\
 (402.82-100) \times 3.24 &= 981.13 \text{ บาท} \\
 \text{ผลประหยัด} &= \text{ค่าไฟที่ต้องเสียทั้งหมด} - \text{ค่าไฟที่สามารถประหยัดได้} \\
 &= 3,092.60 - 981.13 \text{ บาท} \\
 &= 2,111.47 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

เดือน ธันวาคม

ใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด = 990 kWh/month

สามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมด = 242.45 kWh/month

$100 \times 2.09 = 209$ บาท

$(990 - 100) \times 3.24 = 2,883.60$ บาท

รวมทั้งหมด 3,092.60 บาท

$990 - 630.20 = 359.80$

$100 \times 2.09 = 209$ บาท

$(359.80 - 100) \times 3.24 = 841.75$ บาท

ผลประหยัด = ค่าไฟที่ต้องเสียทั้งหมด - ค่าไฟที่สามารถประหยัดได้

= $3,092.60 - 841.75$ บาท

= 2,250.85 บาท





บรรณานุกรม

- 2016 Energy Balance of Thailand. (2016). *Department of Alternative Energy Development and Efficiency*.
- Al-Waeli, A., El-Din, M., Al-Kabi, A., Al-Mamari, A., Kazem, H. A., & Chaichan, M. T. (2017). Optimum design and evaluation of solar water pumping system for rural areas. *International Journal of Renewable Energy Research*, 7(1), 12-20.
- Bayrak, G., & Lebeli, M. (2011). *A PV based automation system for fish farms: An application study*. Paper presented at the Electrical and Electronics Engineering (ELECO), 2011 7th International Conference on.
- El-Nemr, M. K., & El Nemr, M. K. (2013). Fish farm management and microcontroller based aeration control system. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 15(1), 87-99.
- KLC BRIGHT. (2018). แบตเตอรี่. Retrieved from https://www.klcbright.com/product.php?url=fp_showpd_detail.php&pdid=223
- Prasetyaningsari, I., Setiawan, A., & Setiawan, A. A. (2013). Design optimization of solar powered aeration system for fish pond in Sleman Regency, Yogyakarta by HOMER software. *Energy Procedia*, 32, 90-98.
- Solar CELL THAILAND. (2013). ชนิดและความหมายของ โซลาร์เซลล์ SolarCell หรือเซลล์แสงอาทิตย์. Retrieved from <http://solarcellthailand96.com/knowledge/what-solar-cell/>
- Solpico, D. B., Libatique, N. J., Tangonan, G. L., Cabacungan, P. M., Girardot, G., Macaraig, R. M., . . . Teran, A. (2014). Solar-powered field server and aerator development for Lake Palakpakin. *Journal of Advanced Computational Intelligence Vol*, 18(5).
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2552). เทคโนโลยีระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่. Retrieved from http://www2.dede.go.th/km_berc/downloads/menu4/%E0%B9%80%E0%B8%97%E0%B8%84%E0%B9%82%E0%B8%99%E0%B9%82%E0%B8%A5%E0%B8%A2%E0%B8%B5/%E0%B9%82%E0%B8%A3%E0%B8%87%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99/07%20%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%9A%E0%B8%9A%E0%B9%80%E0%B8%95%E0%B8%B4%E0%B8%A1%E0%B8%AD%E0%B8%B2%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A8%E0%B9

[%81%E0%B8%9A%E0%B8%9A%E0%B9%80%E0%B8%A7%E0%B8%99%E0%B8%88%E0%B8%B9%E0%B8%A3%E0%B8%B5%E0%B9%88.pdf](#)

เกரியงไกร ไชยสุข. (2549). การศึกษาการออกแบบระบบควบคุมปริมาณออกซิเจนละลายในบ่อเลี้ยงกุ้งขาว. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,

เจษฎา, ส., วราห์. (2560). ประสิทธิภาพและดุลออกซิเจนของการเลี้ยงปลาทับทิมในระบบน้ำหมุนเวียน. ประสิทธิภาพและดุลออกซิเจนของการเลี้ยงปลาทับทิมในระบบน้ำหมุนเวียน. Retrieved from <https://research.rmutsb.ac.th/fullpaper/2560/research.rmutsb-2560-20200110165522421.pdf>

บริษัท เอเชียทพลัส (ไทยแลนด์) จำกัด. (2018). โซลาร์เซลล์ (Solar Cell). Retrieved from <http://www.asetplus.co.th/s0117/index.php?tpid=0016>

ปรีชา มหาไม้, ส. ส. ภ. (2014). ระบบ รายงาน ผล ออกซิเจน ใน น้ำ แบบ อัตโนมัติ สำหรับ เครื่อง เต็ม อากาศ ที่ ผิว น้ำ. *Industry Technology Lampang Rajabhat University*, 7(2), 29-41.

วิทยาลัยการอาชีพลอง, ส. (2018). รีเลย์และคอนแทคเตอร์. Retrieved from <http://en-lic.atwebpages.com/doc/Training%20doc/Relay%20and%20contactor.pdf>

ศิริวรรณ ทำนุ. (2561). การพัฒนาระบบควบคุมเครื่องเต็มอากาศแบบอัตโนมัติในบ่อเลี้ยงปลานิล. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย, 19.

สมพล โคศรี. (2554). ระบบ ควบคุม และ จัดการ พลังงาน ส มา ร ์ ท กริด สำหรับ ระบบ ผลิต ไฟฟ้า แบบ แยก เตี่ยว จาก พลังงาน ทดแทน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. คณะ วิศวกรรมศาสตร์. ภาค วิชา วิศวกรรม ไฟฟ้า.,

สรารุช พลวงษ์ศรี. (2558). เศรษฐศาสตร์พลังงาน.

อนุศักดิ์ ประพัฒน์. (2552). ระบบตรวจสอบปริมาณออกซิเจนในน้ำโดยอัตโนมัติโดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับฟาร์มกุ้ง. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ,

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	ว่าที่ รต. วิทวัส ไทยเดช
เกิดเมื่อ	28 พฤศจิกายน 2532
ประวัติการศึกษา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ล้านนา เชียงใหม่
ประวัติการทำงาน	Project Engineer Aegistek Corporation Ltd.

