

■ Research Article



เรือไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการพัฒนาการท่องเที่ยวทางน้ำในมหาวิทยาลัย

Solar electric boat for waterway tourism development in the university

ปิยะพงษ์ ยงเพชร¹, สุปจน์ ทรายแก้ว¹, อุษา โพธิ์สุวรรณ¹,
ปราโมทย์ บุณยมี¹, เทอดเกียรติ แก้วพวง² และนิสา พักตร์วิไล³*

¹ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์, เลขที่ 1 หมู่ 20, ตำบลคลองหนึ่ง, อำเภอคลองหลวง, จังหวัดปทุมธานี, 13180

² มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สระแก้ว, เลขที่ 1177 หมู่ 2, ตำบลท่าเกษม, อำเภอเมือง, จังหวัดสระแก้ว, 27000

³ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์, เลขที่ 1 หมู่ 20, ตำบลคลองหนึ่ง, อำเภอคลองหลวง, จังหวัดปทุมธานี, 13180

บทคัดย่อ

เรือไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ได้พัฒนาขึ้นโดยการประยุกต์ใช้พลังงานทดแทนมาใช้ในการขับเคลื่อนเรือปี๊บขนาด กว้าง 1.1 เมตร ยาว 4.5 เมตร และน้ำหนักรวมประมาณ 300.0 กิโลกรัม ใช้ไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ (PV) ขนาดกำลังไฟฟ้า 200.0 วัตต์ เลือกใช้แบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟต (iFePO₄) ความจุของกระแสไฟฟ้าอยู่ที่ 100.0 แอมป์ และแรงดันไฟฟ้า 25.9 โวลต์ จ่ายกระแสไฟฟ้าไปใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์โทด (Trolling motor) ที่มีกำลัง 414.0 วัตต์ (รุ่น 40.0 ปอนด์) ทดสอบบรรทุกผู้โดยสารรวมคนขับจำนวน 3 คน (น้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 81.67 กิโลกรัม/คน) อัตราเร่งที่ 25% 50% 75% และ 100% ตามลำดับ พบว่าเรือสามารถแล่นด้วยความเร็วเฉลี่ยที่ 2.0 กิโลเมตร/ชั่วโมง, 4.0 กิโลเมตร/ชั่วโมง, 6.0 กิโลเมตร/ชั่วโมง, และ 8.0 กิโลเมตร/ชั่วโมง ตามลำดับ และแบตเตอรี่สามารถแล่นเรือได้ติดต่อกันเป็นเวลา 4.5-8.0 ชั่วโมง/รอบ

คำสำคัญ: เรือไฟฟ้า พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานทดแทน ท่องเที่ยวทางน้ำ ความยั่งยืน

Abstract

Solar-electric boats have been developed by applying renewable energy to propel small boats with a width of 1.1 meters, a length of 4.5 meters, and a total weight of about 300.0 kilograms. It used a photovoltaic (PV) power of 200.0 Watt and used a lithium phosphate battery (iFePO₄) with a capacity of 100.0 Amp and a voltage of 25.9 Volt. Supply electricity to drive a trolling motor with a power of 414.0 Watt (Model 40 LBS). It has a test carried a total of three passengers and a driver (average weight is 81.67 kg/person). Motor acceleration at 25%, 50%, 75% and 100% respectively. Found that the boats were able to sail at average speeds of 2.0 km/h, 4.0 km/h, 6.0 km/h and 8.0 km/h, respectively. And the battery can sail continuously for 4.5-8.0 hours/cycle.

Keywords: Electric boat, Solar power, Renewable energy, Water tour route, Sustainability

Received:
10 Nov 2022

Revised:
15 Jan 2023

Accepted:
26 Jan 2023

Published:
31 Jan 2023

***Corresponding Author:**
nisa@vru.ac.th

Copyright:
© Rajamangala
University of
Technology Lanna.
All right reserved

ISSN
Print: 2586-8500
Electronic: 2586-8632

1. บทนำ

ปัญหาพลังงานเป็นนโยบายระดับชาติที่รัฐบาลกำหนดมาตรการและโครงการต่าง ๆ มารองรับ เช่น แผนการสำรวจและผลิตพลังงาน แผนการศึกษาและผลิตพลังงานทดแทน และแผนการประหยัดพลังงาน รวมทั้งการรณรงค์ให้สังคมเห็นถึงความสำคัญของปัญหาพลังงาน จึงทำให้หลายหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนให้ความสนใจที่จะส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนแทนที่แหล่งพลังงานเดิมที่ใช้อยู่ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ได้เร่งเห็นความสำคัญของการส่งเสริมพลังงานทดแทนสำหรับเพิ่มโอกาสให้หน่วยงานได้นำพลังงานทดแทนมาลดค่าใช้จ่าย สร้างแหล่งเรียนรู้ให้กับนักศึกษาและประชาชนทั่วไปได้มีแหล่งเรียนรู้ด้านพลังงานทดแทนที่หลากหลาย (Yongphet *et al.*, 2021) และพร้อมที่จะพัฒนาศักยภาพบุคลากรให้มีความเชี่ยวชาญในการปฏิบัติงานสร้างและติดตั้งเทคโนโลยีพลังงานทดแทนรวมถึงสามารถเป็นวิทยากรถ่ายทอดความรู้ด้านพลังงานทดแทน พร้อมส่งเสริมสนับสนุนการพัฒนา Soft Skills ด้วยกระบวนการวิศวกรสังคม ในการเรียนรู้เชิงพัฒนาการแบบมีส่วนร่วมกับท้องถิ่นโดยการพัฒนาพลังงานชุมชนอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน การสร้างแหล่งเรียนรู้ด้านพลังงานทดแทนในมหาวิทยาลัยอย่างครบวงจรยังสามารถช่วยให้คำแนะนำสำหรับผู้ประกอบการและวิสาหกิจชุมชนสำหรับลดต้นทุนในการใช้พลังงานผลิตสินค้าให้มีมาตรฐาน สร้างมูลค่าเพิ่ม สู่การสร้างความเข้มแข็งให้กับเศรษฐกิจฐานรากตั้งแต่ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ

ดังนั้นมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้มีแผนการสร้างพื้นที่การเรียนรู้ด้านนวัตกรรมพลังงานทดแทนแบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้และประสิทธิภาพการใช้พลังงานของมหาวิทยาลัยสำหรับส่งเสริมการสร้างต้นแบบศูนย์เรียนรู้พลังงานทดแทน (Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, 2022) โดยการให้ความสำคัญในการสร้างต้นแบบเรือโดยสารพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับส่งเสริมการใช้พลังงานทางเลือกในมหาวิทยาลัย เป็นการออกแบบเรือโดยสารที่มีประสิทธิภาพในการขนส่งทางน้ำที่ประยุกต์ใช้พลังงานสะอาด และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Nasirudina *et al.*, 2017) มีการออกแบบเรือพลังงานแสงอาทิตย์ระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ (PV) ที่มีต้นทุนต่ำ และสร้างเป็นจุดเด่นของมหาวิทยาลัยในการนำร่องสร้างต้นแบบศูนย์เรียนรู้พลังงานทดแทน ที่ส่งเสริมการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีด้านพลังงานทดแทนและเป็นศูนย์ถ่ายทอดความรู้ให้บุคคลที่สนใจ มีการส่งเสริมบุคลากรภายใต้สังกัดของมหาวิทยาลัยมีองค์ความรู้ระดับเชี่ยวชาญในการปฏิบัติงานสร้างและติดตั้งต้นแบบเรือโดยสารไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ การวางแผนการใช้ประโยชน์เชิงพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพในการเตรียมความพร้อมยกระดับแบบมีส่วนร่วมมหาวิทยาลัยสีเขียว ต้นแบบแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศน์และสร้างการตลาดภายในมหาวิทยาลัยแบบมีส่วนร่วม ในการขับเคลื่อนท้องถิ่นอย่างต่อเนื่องให้เข้มแข็งและมั่นคงด้านพลังงาน โดยที่ชุมชนสามารถพึ่งตนเองได้ ส่งผลให้ชุมชนเกิดความมั่นคง มั่งคั่ง และสร้างความยั่งยืนของประเทศชาติต่อไป

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบ ติดตั้งและเพิ่มศักยภาพต้นแบบเรือโดยสารพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับส่งเสริมการใช้พลังงานทางเลือกในมหาวิทยาลัย
2. เพื่อส่งเสริมการใช้ประโยชน์เชิงพื้นที่เตรียมความพร้อมยกระดับแบบมีส่วนร่วมมหาวิทยาลัยสีเขียว (Green University) สำหรับพื้นที่การเรียนรู้ที่หลากหลายด้านพลังงานทดแทนในมหาวิทยาลัย

3. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้มีวัตถุประสงค์ในการออกแบบเรือไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการพื้นที่เส้นทางการท่องเที่ยวทางน้ำของมหาวิทยาลัย ปัจจุบันมหาวิทยาลัยมีคลองน้ำหลายสายที่สามารถเชื่อมต่อกันและตัดผ่านสถานที่ฐานเรียนรู้ต่างๆ ของมหาวิทยาลัย ทั้งนี้มหาวิทยาลัยยังมีสระน้ำขนาดใหญ่ที่เป็นจุดเด่นอยู่กลางมหาวิทยาลัยถึง 2 จุด มหาวิทยาลัยจึงมีแนวความคิดสร้างเป็นแหล่งท่องเที่ยวทางน้ำ และเป็นแหล่งพักผ่อนของนักศึกษา บุคลากร คณาจารย์ภายในมหาวิทยาลัยและประชาชนผู้สนใจจากภายนอก จึงจำเป็นต้องมีการใช้เรือที่เกี่ยวข้อง หากใช้เรือที่เกี่ยวข้องที่ใช้เครื่องยนต์และเชื้อเพลิงจะก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศภายในพื้นที่ของมหาวิทยาลัยและพื้นที่โดยรอบ มหาวิทยาลัยจึงมีแนวความคิดออกแบบและพัฒนาเรือไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการพื้นที่ ลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ อีกทั้งจะสร้างความสนใจและดึงดูดผู้คนเข้ามาเยี่ยมชมนำไปสู่การสร้างฐานการเรียนรู้เกิดขึ้น และประชาชนทั่วไปได้นำแนวคิดนี้ไปใช้ในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวในพื้นที่ของตนเองได้ จากงานวิจัยของ Jaikaew and Theepharaksapan, 2019 ได้ทำการวิจัยพัฒนาเรือพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อตรวจวัดคุณภาพน้ำ จากการศึกษาโดยการออกแบบระบบเรือพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ด้านการตรวจวัดคุณภาพของน้ำ เรือพลังงานทดแทนที่ออกแบบมีขนาดเล็กน้ำหนักรวมอยู่ที่ 8.0 กิโลกรัม มีความเร็วสูงสุด 10.0 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทำการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไว้บนเรือที่สามารถสร้างกระแสไฟฟ้าได้ประมาณ 54.24 วัตต์ ทำงานได้สูงสุดที่ 10 ชั่วโมงต่อการชาร์จหนึ่งรอบ ทำให้เห็นว่าการออกแบบเรือขนาดเล็กมีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาให้มีขนาดใหญ่ขึ้นและสามารถบรรจุผู้โดยสารบนเรือได้ด้วย และจากที่ Sunaryo and Ramadhani, 2018 ได้ทำการวิจัยออกแบบเรือท่องเที่ยวพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar-powered tourism recreational boat) โดยทำการศึกษาและออกแบบเรือที่มีขนาดยาว 12.0 เมตร สำหรับนักท่องเที่ยว จากการศึกษาพบว่าระบบไฟฟ้าเรือสำหรับพลังงานแสงอาทิตย์ประกอบด้วย 3 ระบบหลัก คือ ระบบผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV) ระบบกักเก็บด้วยแบตเตอรี่ และระบบอุปกรณ์ไฟฟ้าภายใน มีการออกแบบระบบแผงโซลาร์เซลล์ติดตั้งบนหลังคาเรือจำนวน 36 แผง (กำลังสูงสุด (Wp) เท่ากับ 140.0 วัตต์/แผง) สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 24.38 กิโลวัตต์/วัน มีการเก็บพลังงานไว้ในแบตเตอรี่ (SUN 26650) จำนวน 16 ลูก (แบตเตอรี่ประกอบ 4 ชุด ทำการเชื่อมต่อเป็นอนุกรมและขนาน (4S4P)) ระบบบรรจุพลังงานสามารถปล่อยกระแสไฟฟ้าได้ถึง 33.46 กิโลวัตต์ชั่วโมง มีการออกแบบระบบผลิตพลังงานไว้สำหรับวันที่สภาพอากาศไม่มีแสงแดดด้วย ไฟฟ้าที่ผลิตได้ถูกนำมาใช้สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าบนเรือ ทั้งนี้จากงานวิจัยสามารถนำมาประยุกต์ใช้สำหรับโครงสร้างของเรือ รูปแบบการต่อชุดบรรจุพลังงานและการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนเรือ ก็ยังมีการคำนึงถึงต้นทุนในการสร้างเพื่อให้เหมาะสมต่อการใช้งานของแต่ละพื้นที่ และในงานวิจัยของ Nasirudina *et al.*, 2017 ได้เสนอวิธีการออกแบบเรือพลังงานแสงอาทิตย์โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดขนาดของระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ (PV) ที่มีการออกแบบที่ใช้ต้นทุนต่ำ ได้มีการเสนอการเพิ่มประสิทธิภาพ 2 วิธี คือ วิธีที่หนึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพขนาดเรืออย่างง่ายด้วยการออกแบบเรือที่มีอยู่เพื่อให้ได้พลังขับเคลื่อนขั้นต่ำ และวิธีที่สองคือการปรับขนาดระบบ PV ให้เหมาะสมเพื่อให้ได้จำนวนโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์ (PV) และแบตเตอรี่ที่มีต้นทุนต่ำและประสิทธิภาพสูงสุด ทำการทดสอบบนเรือที่สามารถบรรจุผู้โดยสารได้ 42 คน สำหรับเป็นกรณีศึกษาในการทดลองในครั้งนี้ ความเร็วในการเล่นในน้ำของเรือคือ 5.0 knots รวมระยะเวลาล่องเรือประมาณ 5 ชั่วโมง 280.0 วัตต์ เลือกใช้

แผงชนิด Multi-crystalline PV และแบตเตอรี่ 12.0 โวลต์ 90.0 แอมป์ จากการทดลองพบว่าการออกแบบเรือที่เหมาะสมที่สุดใช้แผงโซลาร์เซลล์จำนวน 32 แผง (8.96 กิโลวัตต์) แบตเตอรี่จำนวน 32 ลูก (34.56 กิโลวัตต์ชั่วโมง), ความยาวที่สัมผัสกับน้ำ 14.44 เมตร, กว้าง 4.37 เมตร รวมน้ำหนักเรือ 16.26 ตัน จากผลงานวิจัยดังกล่าว คณะวิจัยได้ออกแบบเรือไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเป็นต้นแบบการเรียนรู้และส่งเสริมการท่องเที่ยวทางน้ำของมหาวิทยาลัย ที่มีจุดเด่นที่แตกต่างด้วยการนำเรือไม้ของไทยมาประยุกต์ใช้งานร่วมกับระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ สร้างเสน่ห์ให้กับเรือไม้ของไทยดั้งเดิม ส่งเสริมการประยุกต์ใช้พลังงานทดแทนในชีวิตประจำวัน และสร้างพื้นที่เรียนรู้ในมหาวิทยาลัยอีกด้วย โดยการพัฒนากระบวนการทำงานของพลังงานแสงอาทิตย์เชื่อมต่อเป็นระบบชาร์จพลังงานให้มีความเสถียร เพื่อขับเคลื่อนเครื่องยนต์ใช้สำหรับขับเคลื่อนเรือได้อย่างต่อเนื่อง ลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิง ที่ก่อให้เกิดมลพิษ และรักษาสสิ่งแวดล้อมและอนุรักษ์ไว้ซึ่งการเลือกประยุกต์ใช้กับเรือที่มีอยู่ในชุมชนและวิถีชีวิตของคนไทย

4. วิธีดำเนินการวิจัย

คณะวิจัยได้ออกแบบเรือและระบบการทำงาน เพื่อศึกษาและพัฒนาเรือไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับนำมาใช้ในเส้นทางท่องเที่ยวทางน้ำของมหาวิทยาลัย โดยการนำเอาเรือปีาบขนาด กว้าง 1.10 เมตร และยาว 4.50 เมตร น้ำหนักรวมประมาณ 300.0 กิโลกรัม ซึ่งเป็นเรือต่อจากไม้สัก มีลักษณะหัวเรือเรียว พื้นที่บริเวณส่วนกลางของตัวเรือจะกว้าง ก่องเรือกลมเกือบแบน ทั้งนี้มีการพัฒนามาจากเรืออีแปะของภาคกลาง (The National Maritime Museum, 2023) ได้ถูกนำมาออกแบบระบบการทำงานและติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (รูปที่ 1) โดยเลือกใช้แผงโซลาร์เซลล์ (Mono-Crystalline) กำลังไฟฟ้าสูงสุด (P_{max}) เท่ากับ 200.0 วัตต์ กำลังโวลต์สูงสุด (V_{mp}) เท่ากับ 37.94 โวลต์ ผลิตรกระแสไฟฟ้าสูงสุด (I_{mp}) เท่ากับ 5.28 แอมป์ เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้า ขนาดของแผงโซลาร์เซลล์ กว้าง 80.8 เซนติเมตร ยาว 158.0 เซนติเมตร และน้ำหนักแผง 14.0 กิโลกรัม เมื่อทำการคำนวณค่ากำลังการผลิตไฟฟ้าที่ผลิตได้ในแต่ละวันของแผงโซลาร์เซลล์นั้นสามารถคำนวณเบื้องต้นได้ดังนี้

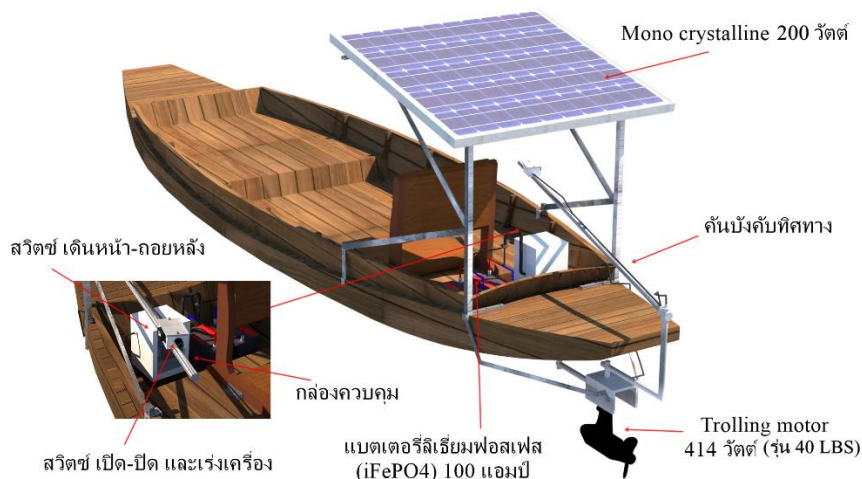
จากสมการ

$$\text{การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากระบบพลังงานแสงอาทิตย์ต่อวัน (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)} = \text{กำลังการผลิตของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ (วัตต์)} \times \text{จำนวนชั่วโมงที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ในแต่ละวัน (ชั่วโมง)} \quad (1)$$

เมื่อเติมค่าลงในสมการแล้ว พบว่า แผงโซลาร์เซลล์ที่เลือกในการใช้งานมีกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ 200.0 วัตต์ ในการพิจารณาช่วงแสงอาทิตย์ตกกระทบแผง ทำให้แผงโซลาร์เซลล์ทำหน้าที่ผลิตกระแสไฟฟ้าได้อย่างเต็มประสิทธิภาพอยู่ที่ 5 ชั่วโมงต่อวัน ดังนั้น จากสมการที่ 1 การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากระบบพลังงานแสงอาทิตย์ต่อวัน คำนวณได้จาก $200.0 \text{ วัตต์} \times 5 \text{ ชั่วโมง} \times 1 \text{ วัน}$ จะผลิตกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 1.0 กิโลวัตต์-ชั่วโมง และได้มีการติดตั้งเครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า (Charge controller) ทำหน้าที่ควบคุมการชาร์จประจุไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ ลงในแบตเตอรี่ เพื่อเพิ่มพลังงานให้แก่แบตเตอรี่ระหว่างการใช้งานและช่วยในการยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่จำเป็นต้องมีขนาดเท่ากับหรือมากกว่า กระแสไฟฟ้า (Amp) ที่ไหลผ่านจากแผงโซลาร์เซลล์สู่แบตเตอรี่ จากแผงโซลาร์เซลล์ที่ใช้มีสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ 5.28 แอมป์/ชั่วโมง จึงเลือกใช้เครื่องควบคุมการประจุ

กระแสไฟฟ้าขนาด 10.0 แอมป์ และนำแบตเตอรี่มาใช้ในจะทำหน้าที่กักเก็บสำรองไฟฟ้าและนำไปใช้ขับเคลื่อนมอเตอร์ ซึ่งการเลือกขนาดระบบกักเก็บพลังงานควรพิจารณาจากกำลังวัตต์สูงสุดของระบบผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ จากการเลือกใช้แผงโซลาร์เซลล์ที่มีขนาดกำลังวัตต์สูงสุดที่ 37.94 วัตต์ จึงสามารถที่จะเลือกใช้ระบบกักเก็บพลังงานขนาด 24 วัตต์ ทั้งนี้แรงดันไฟฟ้าของระบบผลิตพลังงานแสงอาทิตย์สูงกว่าจึงทำให้สามารถดันพลังงานเข้ามาในระบบกักเก็บพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในงานวิจัยนี้การชาร์จจะออกแบบไว้ 2 วิธี คือ การชาร์จไฟฟ้าโดยตรงจากแผงโซลาร์เซลล์ และการนำแบตเตอรี่ไปชาร์จด้วยเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ สำหรับในกรณีชาร์จประจุด้วยเครื่องชาร์จแบตเตอรี่นั้นออกแบบไว้ใช้สำหรับกรณีที่ท้องฟ้ามีแดดครึ้มไม่มีแสงแดดนานติดต่อกันเป็นเวลามากกว่า 2 วัน ในการออกแบบและทดสอบต้นแบบสำหรับเรือขนาดเล็กโดยการเลือกใช้มอเตอร์ในการขับเคลื่อน คือ มอเตอร์โทด (Trolling motor) ที่มีกำลัง 414.0 วัตต์ (รุ่น 40.0 ปอนด์) ระบบ 24.0 โวลต์ ดังนั้นในกรณีที่มีการชาร์จจากระบบผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ในระยะเวลา 1 วัน ระบบนี้จะสามารถใช้งานได้ต่อเนื่อง 2.42 ชั่วโมงจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผลิตได้ จึงเป็นเหตุผลสำหรับการติดตั้งแบตเตอรี่เพื่อเอาไว้ ทั้งนี้ได้มีการออกแบบวงจรกำลังหลักสำหรับควบคุมการทำงานและการปล่อยพลังงาน และมีการทดสอบอัตราเร็วที่ผู้โดยสาร 1 คน (คนขับเรือ) 2 คน และ 3 คน น้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 81.67 กิโลกรัม/คน โดยทำการใช้ GPS ระยะทางการเคลื่อนที่ของเรือพร้อมทำการจับเวลาเก็บบันทึกข้อมูลทุก 10 วินาที โดยมีการบันทึก VDO ช่วยในการเก็บข้อมูลให้ถูกต้องยิ่งขึ้นขณะทำการทดสอบ การทดสอบในสระน้ำลึกประมาณ 7.0 เมตร



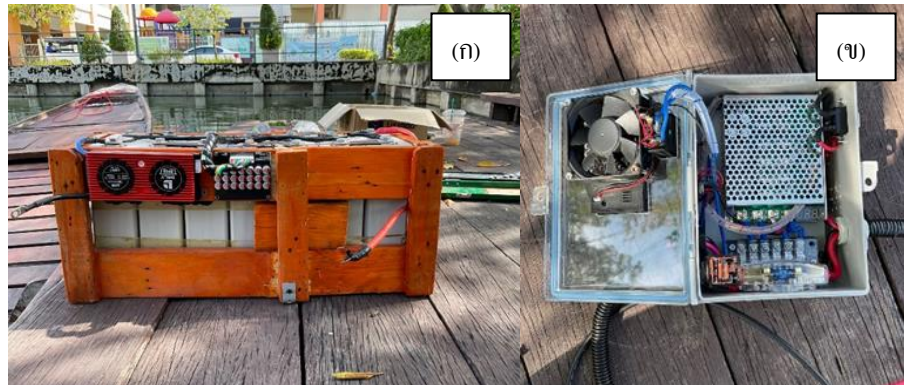
รูปที่ 1 เรือไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับผู้โดยสารรวมคนขับไม่เกิน 3 คน

การทำงานของวงจรกำลังหลัก คือ จากวงจรตามไดอะแกรม (รูปที่ 2) เริ่มต้นการทำงานจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 24.0 โวลต์ (24Vdc) ให้กับชุดวงจรกำลัง โดยผ่านชุดต่อระบบฟิวส์ป้องกันไฟฟ้ากระแสเกิน F1 (Fuse ไม่ควรเกิน 30.0 แอมป์) แล้ววงจรจะผ่านชุดต่อไปที่สวิทช์ควบคุม 24.0 โวลต์ เพื่อเป็นการเปิดปิดการควบคุมการทำงานของวงจรหลัก ทิศทางการไหลของไฟฟ้ากระแสตรงจะไหลจากขั้วบวก (+) จากวงจรชุดที่ต้องการกระแสไฟฟ้าสูงจะไปรอที่จุดตำแหน่งของหน้าคอนแทกเตอร์ของรีเลย์ปกติเปิดที่สามารถทนกระแสได้สูง เมื่อทำการเปิดสวิทช์

[illegible]

การออกแบบแหล่งกักเก็บพลังงาน วงจรการประกอบแบตเตอรี่ iFePO₄ (ลิเทียมไอรอนฟอสเฟต) เป็นการออกแบบแบตเตอรี่ที่นำมาใช้งานเป็นแบตเตอรี่ที่นำมาประกอบกันสำหรับเป็นแหล่งกักเก็บพลังงานที่ได้จากระบบการชาร์จด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และชาร์จด้วยไฟฟ้า ซึ่งได้นำแต่ละเซลล์หรือก้อนของแบตเตอรี่มาประกอบรวมกัน ทำการประกอบเป็นวงจรไฟฟ้าอนุกรม โดยเรียงลำดับการประกอบจากขั้วลบของเซลล์หนึ่งหรือก้อนหนึ่งไปยังขั้วบวกของอีกเซลล์หนึ่งหรือก้อนหนึ่ง โดยผ่านมิสบากองแดงแต่ละชุดพร้อมแหวนรองแล้วขันน็อตให้แน่น เพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมกับการนำมาใช้งาน ในที่นี้แต่ละเซลล์หรือก้อนของแบตเตอรี่ที่นำมาประกอบจะมีความจุของแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ (Voltage) 3.70 โวลต์ และกระแสไฟฟ้าอยู่ที่ประมาณ (Capacity) 100.0 แอมป์ นำมาต่ออนุกรมกัน 7 เซลล์

หรือ 7 ก้อน จะได้แรงดันไฟฟ้ารวมที่ (Voltage) 25.90 โวลต์ (รูปที่ 3) เพื่อนำมา
เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับชุดวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์เรือไฟฟ้าที่ออกแบบไว้



รูปที่ 3 (ก) แบตเตอรี่ที่นำมาประกอบจะมีความจุของกระแสไฟฟ้าอยู่ที่ประมาณ
(Capacity) 100.0 แอมป์ และแรงดันไฟฟ้ารวมที่ (Voltage) 25.9 โวลต์ และ (ข)
ชุดควบคุมแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 24.0 โวลต์ (24Vdc) เรือไฟฟ้าขนาดเล็ก

พลังงานของแบตเตอรี่ (The energy of battery) คำนวณโดยสมการ (1). ทั้งนี้
ไม่พิจารณาปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลต่อความจุของแบตเตอรี่ เช่น อุณหภูมิ กระแสการ
ชาร์จ หรือการคายประจุ

$$E_{batt} = \frac{V_{batt} \cdot C_{batt} \cdot x}{1000 \cdot \eta_d} \quad (2)$$

จากสมการที่ (2) เมื่อแทนค่าในสมการ พบว่า พลังงานของแบตเตอรี่ที่ใช้ใน
การทดลองนั้นมีพลังงานเท่ากับ 3.05 กิโลวัตต์ ซึ่งเพียงพอต่อการขับเคลื่อนเรือใน
ระยะเวลามากกว่า 5 ชั่วโมง

การคำนวณระยะเวลาการใช้งานของของแบตเตอรี่ ในกรณีที่มีการประจุพลังงานไว้
เต็มที่ คำนวณโดยสมการ (3). ทั้งนี้ไม่พิจารณาปัจจัยที่มากการชาร์จด้วยพลังงาน
พลังงานแสงอาทิตย์จากแผงโซลาร์เซลล์ในขณะที่มีการใช้งาน

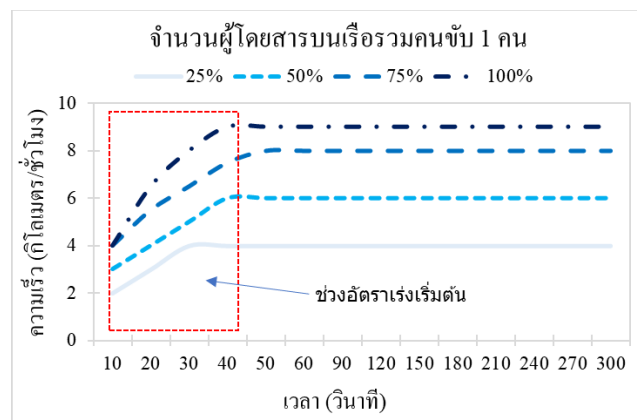
$$U_{batt} = \frac{V_{batt} \cdot C_{batt} \cdot x \cdot \eta_d}{P_{moter}} \quad (3)$$

จากสมการที่ (3) เมื่อนำสมการแบตเตอรี่มาใช้งานเพื่อให้มอเตอร์ทำงาน
พบว่า ระยะเวลาการจ่ายพลังงานของของแบตเตอรี่ต่อเนื่องเท่ากับ 5.32 ชั่วโมงต่อ
การชาร์จแบตเตอรี่เต็ม 1 ครั้ง

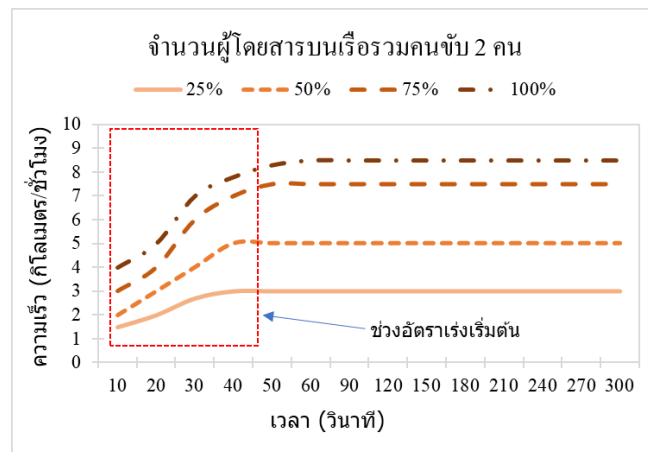
เมื่อ	E_{batt}	คือ พลังงานของแบตเตอรี่ (กิโลวัตต์)
	U_{batt}	คือ ระยะเวลาการใช้งานของของแบตเตอรี่ (ชั่วโมง)
	V_{batt}	คือ แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ (โวลต์)
	C_{batt}	คือ กระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่ (แอมป์)
	P_{moter}	คือ กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ (วัตต์)
	x	คือ จำนวนของของแบตเตอรี่
	η_d	คือ ประสิทธิภาพการคายประจุแบตเตอรี่ (85%)

5. ผลการวิจัย และการอภิปรายผล

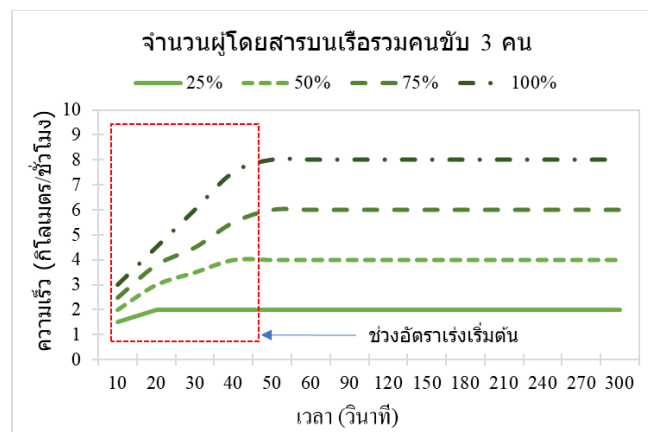
การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิจัยและพัฒนาต้นแบบสำหรับเรือขนาดเล็กที่มีการติดตั้งและเพิ่มศักยภาพต้นแบบเรือโดยสารพลังงานแสงอาทิตย์ ลดการใช้เครื่องยนต์เชื้อเพลิงที่ก่อให้เกิดมลภาวะเป็นพิษและสิ่งแวดล้อม เป็นแหล่งดึงดูดนักท่องเที่ยวทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย และส่งเสริมการใช้พลังงานทางเลือกในมหาวิทยาลัย อีกทั้งเป็นการพัฒนาศักยภาพบุคลากรให้มีความเชี่ยวชาญในการปฏิบัติงานสร้างและติดตั้งต้นแบบเรือโดยสารพลังงานแสงอาทิตย์ ตลอดจนสามารถเป็นวิทยากรด้านพลังงานทดแทน พร้อมด้วยการส่งเสริมการใช้ประโยชน์เชิงพื้นที่ที่เตรียมความพร้อมกระดับแบบมีส่วนร่วมมหาวิทยาลัยสีเขียวของมหาวิทยาลัยที่สามารถเป็นศูนย์เรียนรู้และสร้างต้นแบบด้านพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับถ่ายทอดสู่ชุมชนในอนาคต สร้างพื้นที่การเรียนรู้ที่หลากหลายด้านพลังงานทดแทนในมหาวิทยาลัย และศึกษาความเป็นไปได้ในการส่งเสริมการใช้ประโยชน์เชิงพื้นที่สำหรับการขนส่งและส่งเสริมการท่องเที่ยวชุมชน และส่งเสริมสนับสนุนการพัฒนา Soft Skills ด้วยกระบวนการวิศวกรสังคม ในการดำเนินงานออกแบบพัฒนาต้นแบบสำหรับเรือขนาดเล็ก ที่สามารถต่อยอดองค์ความรู้สู่ชุมชนเพื่อนำไปพัฒนาเส้นทางท่องเที่ยวในพื้นที่ของตนเองได้ด้วย และเป็นแนวทางสำหรับการขับเคลื่อนการใช้พลังงานทดแทนในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จากการทดสอบพบว่า ต้นแบบสำหรับเรือขนาดเล็ก เรือป้ายขนาด กว้าง 1.1 m และยาว 4.5 m น้ำหนักรวมประมาณ 300.0 กิโลกรัม ออกแบบใช้มอเตอร์โตร์ด (Trolling motor) ที่มีกำลัง 414.0 วัตต์ (รุ่น 40 LBS) ทดสอบแล่นในสระน้ำที่มีความลึกประมาณ 7.0 เมตร และมีน้ำพุที่อยู่ในสระน้ำที่ส่งผลให้เกิดคลื่นน้ำด้วย จากการทดลองบรรทุกผู้โดยสารรวมคนขับไม่เกิน 3 คน ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยที่ 81.65 กิโลกรัม/คน โดยทดสอบอัตราการเร่งที่ 25% 50% 75% และ 100% ตามลำดับ ผลลัพธ์ที่ได้ คือ ผู้โดยสารจำนวน 1 คน (รูปที่ 4) เรือสามารถแล่นด้วยความเร็วเฉลี่ยที่ 4.0 กิโลเมตร/ชั่วโมง, 6.0 กิโลเมตร/ชั่วโมง, 8.0 กิโลเมตร/ชั่วโมง, และ 9.0 กิโลเมตร/ชั่วโมง ตามลำดับ สำหรับบรรทุกผู้โดยสารรวมคนขับจำนวน 2 คน (รูปที่ 5) เรือสามารถแล่นด้วยความเร็วเฉลี่ยที่ 3 กิโลเมตร/ชั่วโมง, 5.00 กิโลเมตร/ชั่วโมง, 7.5 กิโลเมตร/ชั่วโมง, และ 8.5 กิโลเมตร/ชั่วโมง ตามลำดับ และสำหรับการขับทุกผู้โดยสารรวมคนขับจำนวน 3 คน (รูปที่ 6) เรือสามารถแล่นด้วยความเร็วเฉลี่ยที่ 2.0 กิโลเมตร/ชั่วโมง, 4.0 กิโลเมตร/ชั่วโมง, 6.0 กิโลเมตร/ชั่วโมง, และ 8.0 กิโลเมตร/ชั่วโมง ตามลำดับ



รูปที่ 4 ผู้โดยสารจำนวน 1 คน (คนขับ) ทดสอบอัตราการเร่งที่ 25% 50% 75% และ 100% ตามลำดับ เก็บข้อมูลการทดสอบที่เวลา 5 นาที



รูปที่ 5 ผู้โดยสารรวมคนขับจำนวน 2 คน ทดสอบอัตราการเร่งที่ 25% 50% 75% และ 100% ตามลำดับ เก็บข้อมูลการทดสอบที่เวลา 5 นาที



รูปที่ 6 ผู้โดยสารรวมคนขับจำนวน 3 คน ทดสอบอัตราการเร่งที่ 25% 50% 75% และ 100% ตามลำดับ เก็บข้อมูลการทดสอบที่เวลา 5 นาที

จะเห็นได้ว่าจากจำนวนผู้โดยสารจะส่งผลต่ออัตราเร็วของเรือ และอีกประเด็นที่พบในการทดสอบคือ ลักษณะการนั่งและบริเวณจุดที่นั่งของผู้โดยสารก็ส่งผลต่ออัตราเร็วของเรือด้วยเช่นกัน เพราะในส่วนของบริเวณหางเสือเรือหากจมลงลึกก็จะสามารถตักน้ำได้ดีขึ้น ในการนั่ง 3 คนน้ำหนักผู้โดยสารส่งผลให้ความเร็วเรือมีความแตกต่างจากผู้โดยสารเพียง 1 คน มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nasirudina *et al.*, 2017 ที่กล่าวว่าการออกแบบเรือจำเป็นจะเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีน้ำหนักไม่มากและที่สำคัญเขาให้ความสำคัญกับราคาต้นทุน แต่ทั้งนี้การที่มีผู้โดยสาร 1 คน คือ คนขับเรือ ก็ทำให้หัวเรือยกขึ้นเนื่องจากน้ำหนักของคนขับได้ถ่ายมายังท้ายเรือหมด ทำให้เรือมีพื้นที่ด้านน้ำมากขึ้น เกิดการโคลงตัวของน้ำทำให้การเคลื่อนที่ของเรือไม่นิ่งเท่าที่ควรเหมือนกับการมีผู้คนที่สามารถถ่วงน้ำหนักหัวเรือ-ท้ายเรือ ให้เท่ากันหรือไม่แตกต่างกันมากได้ การเลือกใช้แบตเตอรี่ขนาด 100.0 แอมป์ ในขณะที่มีการชาร์จประจุอย่างเต็มที่จะสามารถขับเคลื่อนเรือได้ประมาณ 4.5 ชั่วโมง/รอบ และเมื่อมีการขับเคลื่อนเรือในเวลากลางวันที่มีแสงแดดจะช่วยเพิ่มเวลาขับเคลื่อนเรือได้ประมาณ 4.5-8.0 ชั่วโมง/รอบ ซึ่งสอดคล้องกับ Asari *et al.*, 2019 ที่ว่าพลังงาน

แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพสูงสุดในเวลากลางวัน และสามารถสร้างแรงดันไฟฟ้าได้เต็มที่ขึ้นอยู่กับความจุของแผงโซล่าเซลล์ที่เลือกใช้ เป็นการเพิ่มทางเลือกให้กับกรณีที่มีการขับเคลื่อนเรือเป็นเวลานาน ทั้งนี้ Spagnolo *et al.*, 2012 ออกแบบเรือขนาดเล็กที่เดินทางท่องเที่ยวที่มีการกักเก็บพลังงานไว้ในแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (lithium-ion batteries) ที่สามารถชาร์จได้ตลอดเวลาจากพลังงานแสงอาทิตย์ผ่านแผงโซล่าเซลล์ที่ติดตั้งไว้บนโครงสร้างหลังคาของเรือ กล้องควบคุมที่ติดตั้งไว้ในเรือไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นั้น สำหรับเซ็นเซอร์บอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมความเร็ว (Speed control motor) จะทำงานก็ต่อเมื่อทำการกดเปิดสวิตทวงจร Forward หรือ Reward On เพื่อเป็นการบอกทิศทางการหมุนของมอเตอร์ให้ทำงาน และทำการเปิดปุ่มวอร์ลุ่ม On ที่ตำแหน่งจุด VR On ปรับค่า เพื่อเป็นการเปิดรอบและค่อยๆ ทำการหมุนปรับรอบในทิศทางตามเข็มนาฬิกาเพื่อเพิ่มความเร็วรอบของมอเตอร์ จะสังเกตได้ว่ามอเตอร์เริ่มหมุน และในขณะเดียวกันจะมีตัวเลขแสดงบอกรอบความเร็วที่ปรับ เพื่อความแม่นยำในการปรับรอบให้คงที่ ทั้งนี้สำหรับข้อควรระวังในการปรับรอบของมอเตอร์ไม่ควรปรับขึ้นอย่างรวดเร็ว และก่อนทำการกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ ให้ทำการลดความเร็วของรอบมาที่จุดต่ำสุดหรือ Off และค่อยๆทำการกดสวิตซ์ Forward หรือ Reward On และทำการปรับรอบอีกครั้ง จะช่วยรักษาอุปกรณ์ไม่ให้เกิดความเสียหาย การปรับรอบอย่างรวดเร็วและการกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์อย่างรวดเร็ว จะทำให้เกิดการกระชากของมอเตอร์ ในขณะที่มีการขับโหลดหนัก กระแสไฟฟ้าสูงจะไหลผ่านอย่างรวดเร็วทำให้อุปกรณ์และอุปกรณ์ควบคุมความเร็วในบอร์ดอิเล็กทรอนิกส์เกิดความเสียหายหรือไหม้ได้ (รูปที่ 4-6) จึงทำให้เห็นว่าการทดสอบก่อนขับเคลื่อนเรือในช่วง 1 นาทีแรก ช่วงอัตราเร่งเริ่มต้น จะมีการค่อยๆ ปรับความเร็วของเรือขึ้นไปเรื่อยๆ เป็นการช่วยรักษามอเตอร์และการขับเคลื่อนเรืออย่างปลอดภัย

นอกเหนือจากนี้จากผลการดำเนินงานวิจัยการส่งเสริมพลังงานทดแทนเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการด้านพลังงาน มหาวิทยาลัยสีเขียว (Green University) (รูปที่ 7) ส่งเสริมการใช้ประโยชน์เชิงพื้นที่ เป็นพื้นที่การเรียนรู้ที่หลากหลายด้านพลังงานทดแทนในมหาวิทยาลัย ถูกจัดให้เป็นลำดับที่ 1 ของมหาวิทยาลัยในกลุ่มมหาวิทยาลัยราชภัฏทั่วประเทศ



รูปที่ 7 ผลการจัดการพลังงานมหาวิทยาลัยสีเขียว (Green University) มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปี พ.ศ. 2565

6. บทสรุป

จากการวิจัยและพัฒนาต้นแบบเรือไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการประยุกต์ใช้พลังงานทดแทนโดยการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ (Mono crystalline) กำลังไฟฟ้า 200.0 วัตต์ บนเรือปี๊บขนาด กว้าง 1.1 เมตร และยาว 4.5 เมตร น้ำหนักรวมประมาณ 300.0 กิโลกรัม และสำหรับการตัวกักเก็บพลังงานที่นำมาประกอบจะมีความจุของกระแสไฟฟ้าอยู่ที่ 100.0 แอมป์ และแรงดันไฟฟ้า 25.9 โวลต์ และนำไปใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์โทด (Trolling motor) ที่มีกำลัง 414 Wat (40 LBS) มีการทดลองบันทึกผู้โดยสารจำนวน 3 คน ที่อัตราเร่ง 25% 50% 75% และ 100% ตามลำดับ พบว่าสามารถแล่นด้วยความเร็วเฉลี่ยที่ 2.0 กิโลเมตร/ชั่วโมง, 4.0 กิโลเมตร/ชั่วโมง, 6.0 กิโลเมตร/ชั่วโมง, และ 8.0 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตามลำดับ และแบตเตอรี่สามารถแล่นได้ติดต่อกันเป็นเวลา 4.5-8.0 ชั่วโมง/รอบ (โดยปกติจะมีการใช้เรือไม่เกิน 3 ชั่วโมง/วัน) เป็นการส่งเสริมการใช้พลังงานทางเลือกในมหาวิทยาลัย ทำให้บุคลากรมีความเชี่ยวชาญและยังสามารถเป็นวิทยากรเกี่ยวกับการออกแบบเรือโดยสารพลังงานแสงอาทิตย์ ช่วยยกระดับมหาวิทยาลัยสีเขียวและเป็นศูนย์เรียนรู้สำหรับถ่ายทอดสู่ชุมชน และส่งเสริมสนับสนุนการพัฒนา Soft Skills ด้วยกระบวนการวิศวกรสังคม ส่งเสริมการพัฒนาชุมชนแบบมีส่วนร่วมและยั่งยืน ทั้งนี้เรือไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้ออกแบบในงานวิจัยนี้สามารถนำไปปรับประยุกต์ใช้ในชุมชน การเกษตร และการท่องเที่ยวชุมชนได้ เนื่องจากต้นทุนที่ไม่สูงและมีระบบการทำงานที่ไม่ซับซ้อน และมีแนวโน้มที่จะเติบโตในธุรกิจขนส่งทางน้ำและการท่องเที่ยวในอนาคตหากสามารถออกแบบหรือเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีน้ำหนักเบาและมีต้นทุนที่ไม่สูง

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่สนับสนุนการวิจัย กองทุนวิจัยและงานสร้างสรรค์ (ทุนภายใน) วจ. 65 กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม โครงการวิจัย เรื่อง โครงการต้นแบบเรือโดยสารพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับส่งเสริมการใช้พลังงานทางเลือกในมหาวิทยาลัย

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] Asari, A.R. Rosham, R and Ahmmad, S.Z. 2019. Solar powered boat. Test Engineering and Management. 81: 5994-6001.
- [2] Jaikaew, P and Theepharaksapan, S. 2019. Development of solar powered boats for water quality monitoring, Srinakharinwirot University Engineering Journal. 14 (2): 91-97. (in Thai).
- [3] Nasirudina, A. Chao, R.M. Utamab, I.K.A.P. 2017. Solar Powered Boat Design Optimization. 10th International Conference on Marine Technology, MARTEC 2016. Procedia Engineering 194. 260 – 267.
- [4] Spagnolo, G.S. Papalillo, D. Martocchia, A and Makary, G. 2012. Solar-Electric Boat. Journal of Transportation Technologies. 2: 144-149.
- [5] Sunaryo, S and Ramadhani, A.W. 2018. Electrical system design of solar powered electrical recreational boat for Indonesian waters. E3S Web of Conferences 67. 04011.

- [6] The National Maritime Museum. 2023. *pap boat*. Retrieved 15 January 2023, <http://www.virtualmuseum.finearts.go.th/panitnavi/index.php/th/>.
- [7] Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage. 2022. Spatial development through sustainable community foresight process. Bangkok: P.S. Group (1954) Company Limited. (in Thai).
- [8] Yongphet, P. Kwamkhunkoei, J. Pakvilai, N. Nakpibal, P. Yuduang, N and Phunphon, T 2022. Foresight for sustainable management of a model community in renewable energy through participatory work processes between the university and the community. The 7th International (Virtual) Workshop on UI GreenMetric World University Rankings (IWGM 2021). 24-26 August 2021.