

AXIAL-FLOW WATER PUMP WITH A SCREW SHAFT DRIVEN BY A BRUSHLESS MOTOR.

กำไร จันทรพร¹ ดวงเงิน เพชรกำแหง² นริศ เกตุรูป³ และ เอกชัย ชูเกียรติ⁴
Kamrai Janprom¹ Tungngern Phetkamhang² Narit Keadtoob³ and Ekachai Chootieng⁴

วันที่รับบทความ 20 ตุลาคม 2568 แก้ไขบทความ 11 ธันวาคม 2568 ตอรับบทความ 25 ธันวาคม 2568

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบและสร้างเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกนที่มีเพลาสกรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว ยาว 3.6 เมตร โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการขับเคลื่อนมอเตอร์บัสเลส 2) หาประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกนที่มีเพลาสกรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว ยาว 3.6 เมตร โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการขับเคลื่อนมอเตอร์บัสเลส เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือแบบสอบถาม สถิติที่ใช้ในการวิจัย คือ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย พบว่า 1) ผลการออกแบบและสร้างเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกนที่มีเพลาสกรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว ยาว 3.6 เมตร โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการขับเคลื่อนมอเตอร์บัสเลส ขนาด 3 แรงม้า กับท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว ยาว 3.6 เมตร ในช่วงเวลากลางคืนในตอนที่ไม่ได้มีแสงแดด สามารถใช้ไฟฟ้า 230 โวลต์ จากการไฟฟ้าแทนการใช้ไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์ ในการใช้งานใช้แผงโซล่าเซลล์ 250 วัตต์ จำนวน 4 แผง 2) ผลประเมินความเหมาะสมและความเป็นไปได้ของการออกแบบ การติดตั้ง และการทำงานของเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกนที่มีเพลาสกรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว ยาว 3.6 เมตร ทั้งด้านความเหมาะสมและด้านความเป็นไปได้ ในภาพรวมอยู่ในระดับดี และค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของเครื่อง สูบน้ำอยู่ที่ 21.36% และได้ปริมาณน้ำโดยเฉลี่ยต่อวันประมาณ 84 m³

^{1 2 3 4} อาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า (ต่อเนื่อง) สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3

^{1 2 3 4} Professor, Bachelor of Technology, Program in Electrical Technology, Northern Institute of Vocational Education3.

*Corresponding Author, E-mail: ek2529@gmail.com

คำสำคัญ: เครื่องสูบน้ำ, เพลาสกรู, พลังงานแสงอาทิตย์, มอเตอร์บัสเลส

Abstract

The objectives of this research were to design and construct an axial-flow water pump equipped with a screw shaft of 5-inch diameter and 3.6-meter length, powered by a brushless motor driven by solar energy, and to evaluate its pumping efficiency. The pump performance was assessed when operated with a 3-horsepower brushless motor using solar power during daytime and 230 V utility electricity during nighttime when solar energy was unavailable. The system utilized four 250 W photovoltaic panels as the primary energy source. The statistical methods employed in this research were mean and standard deviation.

The evaluation results regarding the suitability of the pump design, installation, and operation conducted by experts indicated that the overall suitability was rated as good. The average pumping efficiency of the axial-flow pump was found to be 21.36%, with an average daily discharge volume of approximately 84 m³

Keywords: Water pump, Screw Shaft, Solar cell, Brushless Motor

บทนำ

ในพื้นที่จังหวัดสุโขทัย มีการทำการเกษตรเป็นส่วนใหญ่ น้ำจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการทำการเกษตรมีการใช้น้ำจากคลองขนาดใหญ่ไปยังคลองขนาดเล็ก ซึ่งการเดินทางของน้ำจากคลอง ขนาดใหญ่ไปยังคลองขนาดเล็กเป็นไปด้วยความลำบาก ในการลำเลียงน้ำมีด้วยกันหลายวิธี แต่เครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกนเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถลำเลียงน้ำจากคลองเพื่อนำมาใช้ในการเกษตรหรือบริหารจัดการน้ำในพื้นที่การเกษตร ซึ่งในอดีตใช้เครื่องยนต์ดีเซล ในการขับเครื่องสูบน้ำเพื่อลำเลียงน้ำ พลังงานเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญใน

การตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของประชาชนและยังเป็นปัจจัยพื้นฐานทางด้านการเกษตร โดยมีความต้องการในการใช้พลังงานดังกล่าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จนส่งผลให้พลังงาน ถ่านหิน น้ำมันดิบ น้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซธรรมชาติ หรือเรียกว่า พลังงานสิ้นเปลือง ไกล่หมดไปจากโลกนี้ จึงทำให้ทั่วโลกเริ่มหันมาใช้พลังงานทดแทน ซึ่งก็คือ พลังงานที่ได้จากไม้ แกลบ กากอ้อย ชีวมวล น้ำ ลม แสงอาทิตย์ เป็นต้น

โดยพลังงานทดแทนที่ดีจะต้องเป็นพลังงานสะอาด เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ มีจำนวนไม่จำกัดในช่วงชีวิตของโลกสามารถสร้างขึ้นใหม่ได้อย่างต่อเนื่อง สามารถใช้งานได้หลากหลายวัตถุประสงค์ และควรมีต้นทุนที่ไม่สูงจากต้นทุนเดิมอีกด้วย โดยพลังงานทดแทนที่กำลังเป็นที่สนใจในช่วงนี้ก็คือ พลังงานจากแสงอาทิตย์ (Solar Energy) ซึ่งนับว่าเป็น พลังงานที่สะอาด ปราศจากมลพิษ และมีศักยภาพสูง อีกทั้งยังสามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องมีที่สิ้นสุด การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า ใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า เซลล์แสงอาทิตย์

คณะผู้จัดทำจึงค้นคว้าหาวิจัยเรื่องสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกนที่มีเพลาสกรูมาสนับสนุนและเปรียบเทียบกรณีที่มีและไม่มีเพลาสกรู ปรากฏว่าเครื่องสูบน้ำที่มีเพลาสกรูที่ใช้เครื่องยนต์ขับเคลื่อน สามารถลำเลียงน้ำได้เร็วและเยอะมากกว่า จึงมองเห็นทางเลือกที่จะเพิ่มประสิทธิภาพ การสูบน้ำโดยเครื่องสูบน้ำที่มีเพลาสกรูเสริมแรง ความยาว 1 เมตร กับแหล่งน้ำผิวดิน โดยใช้พลังงานฟรีจากธรรมชาติขับเคลื่อนมอเตอร์บัสเลสที่ ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้ลดปัญหาเรื่องของการบำรุงรักษาและการสิ้นเปลืองพลังงานที่เกิดจากเชื้อเพลิงเพื่อการเกษตร

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกนที่มีเพลาสกรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว ยาว 3.6 เมตร โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการขับเคลื่อนมอเตอร์บัสเลส
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกนที่มีเพลาสกรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว ยาว 3.6 เมตร โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการขับเคลื่อนมอเตอร์บัสเลส

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อัตราการไหลเชิงปริมาตรของของเหลวทางด้านทฤษฎี $\left(\dot{Q}_{cal}\right)$ [1] ที่ได้จากใบพัดของเครื่องสูบน้ำแบบไหลแนวแกนนอน สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1), (2), (3) และ (4) ดังต่อไปนี้

$$\left(\dot{Q}_{cal}\right) = C_a A \quad (1)$$

$$C_a = \frac{U}{\cot \beta_1 + \cot \beta_2} \quad (2)$$

$$A = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \quad (3)$$

$$U = \frac{\pi N D_m}{60} \quad (4)$$

โดย

C_a = ความเร็วในแกนนอนของของเหลว ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย $D_m (m/s)$

A = ขนาดพื้นที่หน้าตัดการไหลที่มีลักษณะเป็นช่องวงกลมระหว่างใบพัดและคุมใบพัด (m^2)

U = ความเร็วปลายใบพัดในแนวเส้นสัมผัสส่วนโค้งที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $D_m (m/s)$

β_1 = มุมทางเข้าของปลายใบพัด, (degree)

β_2 = มุมทางออกของปลายใบพัด, (degree)

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกใบพัด, (m)

d = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของคุมใบพัด, (m)

D_m = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย, $(D+d)/2$

N = ความเร็วรอบ, (rpm)

โดยประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกน จะขึ้นอยู่กับ กำลังของของเหลวที่ไหลออกมาผ่านท่อได้ (P_{out}) โดยสามารถคำนวณได้จากสมการด้านล่าง

$$P_{out} = \rho g \dot{Q} H \quad (kW) \quad (5)$$

โดย

ρ = ค่าความหนาแน่นของน้ำ, (kg / m^3)

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก, ($9.81 \text{ m} / \text{s}^2$)

$\dot{Q}$ = อัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำ, (m^3 / s)

H = ความสูงที่มอเตอร์ปั๊มทำงาน, (m)

ซึ่งเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกนที่ทำการทดสอบ ใช้มอเตอร์ปั๊มที่มีขนาด 3 แรงม้า โดยการใช้งานใช้แผงโซลาร์เซลล์ 250 วัตต์ จำนวน 4 แผง ในการขับมอเตอร์ ดังนั้นสามารถที่จะคำนวณกำลังที่ใช้ในการขับมอเตอร์เพื่อจุดเครื่องสูบน้ำดังนี้

กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ปั๊ม 1 HP = 746 W

กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ปั๊ม = $P \times HP$, (W) (6)

ประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency) ประสิทธิภาพของมอเตอร์ η โดยทั่วไปอยู่ที่ 85% - 90% ใช้ค่า $\eta = 90$ กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ต้องการจากระบบโซลาร์เซลล์

ดังนั้น

$$P_{input} = \frac{P_{motor}}{\eta_{motor}}, (W) \quad (7)$$

การคำนวณจำนวนแผงโซลาร์เซลล์ที่ต้องใช้กำหนดกำลังไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้ต่อวัน จำนวนแผงโซลาร์เซลล์ที่ต้องการ (N) คำนวณจากกำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ต้องการต่อวัน

$$N = \frac{P_{input}}{P_{panel}}, (\text{แผ่น}) \quad (8)$$

โดย

N = จำนวนแผงโซลาร์เซลล์

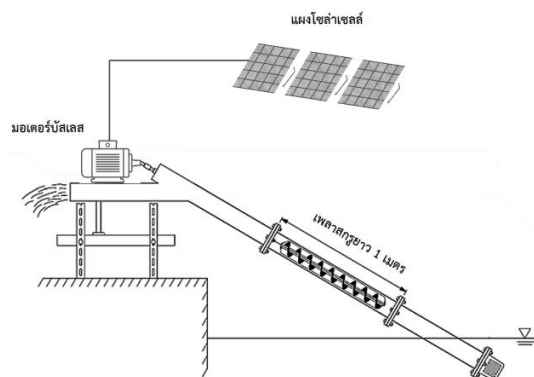
P_{input} = กำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์

P_{panel} = กำลังไฟฟ้าต่อแผ่นโซลาร์เซลล์

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษางานวิจัยเรื่องเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกนที่มีเพลาสกรูและไม่มีเพลาสกรู (Comparison of Performance of the Axial Flow Pump with and

without Screw Axle)[2], [3] ซึ่งได้ทำการทดสอบระบบสูบน้ำโดยใช้ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว ยาว 3.6 เมตร พบว่า ขนาดดังกล่าวช่วยให้การไหลของน้ำเป็นไปอย่างราบรื่นและลดการสูญเสียพลังงานในท่อ ได้อย่างมีนัยสำคัญ ด้วยเหตุนี้ ในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ขนาดท่อดังกล่าว เพื่อให้ระบบสามารถ มีอัตราการไหลของน้ำได้เร็วเพิ่มขึ้นเป็น 11.03 1/s และ 68.96 1/s ที่ความเร็วรอบ 1500 และ 4000 rpm. และได้มีการออกแบบเพลาสกรูที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 85 มิลลิเมตร และความยาว 1 เมตร ทำมุม 30 องศา ดังภาพที่ 2-3 สำหรับระบบสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกน ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเพลาสกรูขนาดดังกล่าวสามารถช่วยเพิ่มอัตราการไหลของน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในงานวิจัยนี้จึงนำขนาดดังกล่าวมาใช้ โดยปรับปรุงให้เหมาะสมกับการทำงานร่วมกับมอเตอร์บัสเลส ซึ่งได้ออกแบบตามภาพที่ 1



ภาพที่ 1 Schematic diagram [4], [5]



ภาพที่ 2 ใบเกลียวหมุนซ้ายขนาด OD 4.5 นิ้ว ID 1.5 นิ้ว



ภาพที่ 3 เฟลสกรูที่ผ่านการเชื่อมเสร็จสมบูรณ์

จากภาพที่ 2,3 ได้จัดทำใบเกลียวหมุนและนำไปยึดติดกับเฟลสกรูเมื่อเสร็จสมบูรณ์แล้ว จำเป็นที่จะต้องจัดทำ ชุดประกอบบูช จากการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในท่อได้ 6.25 เซนติเมตร โดยการนำแผ่นเหล็กมาตัดให้ได้ขนาด 39.285 ซม. โดยใช้สูตร $2\pi r = 2 \times \frac{22}{7} \times 6.25$ และทำการเชื่อมให้ติดกันเป็นวงกลมดัง ภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ชุดประกอบบูชของเฟลสกรู

แบ่งท่อพญานาคออกเป็น 2 ส่วน โดยวัดระยะจากบริเวณด้านบนของท่อมา 1.2 เมตร จากนั้นทำการตัดท่อในตำแหน่งที่กำหนด แล้วประกอบท่อทั้งสองส่วนเข้าด้วยกัน โดยใช้หน้างานเชื่อมสำหรับยึดและขันน็อตให้แน่นดังในภาพที่ 5



**ภาพที่ 5 การประกอบท่อทั้งสองส่วนเข้าด้วยกัน
โดยใช้หน้าจานเชื่อมสำหรับยึดและขันน็อต**

ทำแท่นวางมอเตอร์ ออกแบบแท่นวางมอเตอร์กำหนดขนาดและน้ำหนักของมอเตอร์ วัดขนาดมอเตอร์และน้ำหนักเพื่อออกแบบแท่นวางให้รองรับได้อย่างมั่นคงเลือกใช้วัสดุที่แข็งแรง เช่น เหล็ก กำหนดตำแหน่งการติดตั้งจะยึดมอเตอร์กับแท่นโดยใช้นอตยึด

จากสมการที่ (6) กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์บัสเลส มีค่า 1,100 W กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์บัสเลส จาก สมการที่ (7) เมื่อคิดค่า η ที่ 90 มีค่า 1,222.22 W ทำให้ทราบค่าจำนวนแผ่นโซล่าเซลล์ที่ใช้ในการวิจัย จากสมการที่ (8) คือ 4.4 แผ่น ดังนั้นในการวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงเลือกใช้แผ่นโซล่าเซลล์ที่จำนวน 4 แผ่น เพื่อเป็นการถนอมมอเตอร์บัสเลสให้ทำงานในสภาวะที่โหลดสูงสุดได้อย่างปลอดภัย

การทำแท่นวางมอเตอร์ วัดขนาดของมอเตอร์และพื้นที่ที่จะติดตั้งแท่น และตัดเหล็กเจาะรูขนาด 19 ซม. และ 25 ซม. เจาะรูเพื่อใช้ยึดมอเตอร์กับแท่นรองมอเตอร์ เชื่อมเหล็กที่ตัดให้เป็นที่ยึดรองรับมอเตอร์และนำไปเชื่อมติดกับ เครื่องสูบน้ำ ติดตั้งมอเตอร์วางมอเตอร์บนแท่นและยึดด้วยนอต พร้อมทั้งชุดควบคุมการทำงานของระบบ ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ติดตั้งมอเตอร์กับแท่นวางมอเตอร์พร้อมชุดควบคุม



ภาพที่ 7 ติดตั้งมอเตอร์กับแท่นวางมอเตอร์พร้อมชุดควบคุม

จากภาพที่ 7 เป็นการทดสอบอุปกรณ์การทำงานและเก็บผลการทดลอง วิจัย ตามค่าที่ต้องการข้อมูล

ผลการวิจัย

1. ผลการประเมินความเหมาะสมและความเป็นไปได้ของเครื่องสูบน้ำแบบไฮดรอลิกตามแนวแกน ที่มีเพลาสกรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว ยาว 3.6 ม.

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความเหมาะสมและความเป็นไปได้ของด้านการออกแบบ

รายการประเมิน	ความเหมาะสม (Propriety)		ระดับ ความ คิดเห็น	ความเป็นไปได้ (Feasibility)		ระดับ ความ คิดเห็น
	ค่าเฉลี่ย	S.D.		ค่าเฉลี่ย	S.D.	
1. ด้านการออกแบบ						
1.1 ความเหมาะสม						
ในการออกแบบ ชิ้นงาน	4.33	0.33	ดี	4.33	0.33	ดี
1.2 ขนาดและ						
น้ำหนักของเครื่องสูบน้ำ	4.33	0.33	ดี	4.33	0.33	ดี
น้ำมีความเหมาะสม						
1.3 ความแข็งแรง						
ของวัสดุที่ใช้ในการ ออกแบบ	5	0.00	ดีมาก	5	0.00	ดีมาก
1.4 การออกแบบให้						
สามารถบำรุงรักษา และซ่อมแซมได้ง่าย	5	0.00	ดีมาก	5	0.00	ดีมาก
รวมค่าเฉลี่ยความ คิดเห็น	4.67	0.49	ดี	4.67	0.49	ดี

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลประเมินความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการออกแบบเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกนที่มีเพลาสกรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว ยาว 3.6 ม. โดยผู้เชี่ยวชาญ ด้านความเหมาะสม ในภาพรวมอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.49 และด้านความเป็นไปได้ ในภาพรวมอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.49

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความเหมาะสมและความเป็นไปได้ของด้านการติดตั้ง

รายการประเมิน	ความเหมาะสม		ระดับ	ความเป็นไปได้		ระดับ
	(Propriety)		ความ	(Feasibility)		ความ
	ค่าเฉลี่ย	S.D.	คิดเห็น	ค่าเฉลี่ย	S.D.	คิดเห็น
2. ด้านการติดตั้ง						
2.1 ความสะดวกใน						
การเชื่อมต่อกับแผงโซ	4.67	0.57	ดี	4.67	0.57	ดี
ล่าเซลล์						
2.2 ความง่ายในการ						
ติดตั้งและถอด	4.33	0.57	ดี	4.33	0.57	ดี
ประกอบ						
2.3 ความปลอดภัยใน						
การใช้งาน	4.33	0.57	ดี	4.33	0.57	ดี
รวมค่าเฉลี่ยความ						
คิดเห็น	4.44	0.53	ดี	4.44	0.53	ดี

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลประเมินความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการติดตั้งของเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกนที่มีเพลาสกรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว ยาว 3.6 ม. โดยผู้เชี่ยวชาญ ด้านความเหมาะสม ในภาพรวมอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.44 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.53 และด้านความเป็นไปได้ ในภาพรวมอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.44 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.53

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความเหมาะสมและความเป็นไปได้ด้านการทำงาน

รายการประเมิน	ความเหมาะสม		ระดับ	ความเป็นไปได้		ระดับ
	(Propriety)		ความ	(Feasibility)		ความ
	ค่าเฉลี่ย	S.D.	คิดเห็น	ค่าเฉลี่ย	S.D.	คิดเห็น
3. ด้านการทำงาน						
3.1 ประสิทธิภาพของระบบมอเตอร์บีสเลสในการทำงานร่วมกับแผง โซล่าเซลล์	4.00	0.00	ดี	4.00	0.00	ดี
3.2 การควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ	4.00	0.00	ดี	4.00	0.00	ดี
3.3 ความเสถียรของระบบในการทำงานต่อเนื่อง	4.33	0.33	ดี	4.33	0.33	ดี
รวม ค่าเฉลี่ย ความคิดเห็น	4.11	0.33	ดี	4.11	0.33	ดี

จากตารางที่ 3 พบว่า ผลประเมินความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการทำงานของเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกนที่มีเพลาสกรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว ยาว 3.6 ม. โดยผู้เชี่ยวชาญพบว่า ด้านความเหมาะสม ในภาพรวมอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.11 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.33 และด้านความเป็นไปได้ ในภาพรวมอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.11 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.33

2. ผลรวมด้านความเหมาะสมและด้านความเป็นไปได้ของเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกนที่มีเพลาสกรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว ยาว 3.6 ม.

ตารางที่ 4 ผลรวมด้านความเหมาะสมและความเป็นไปได้ของด้านการออกแบบ ด้านการติดตั้งและด้านการทำงาน

รายการประเมิน	ความเหมาะสม		ระดับ	ความเป็นไปได้		ระดับ
	(Propriety)		ความ	(Feasibility)		ความ
	ค่าเฉลี่ย	S.D.	คิดเห็น	ค่าเฉลี่ย	S.D.	คิดเห็น
1. ด้านการออกแบบ	4.67	0.49	ดี	4.67	0.49	ดี
2. ด้านการติดตั้ง	4.44	0.53	ดี	4.44	0.53	ดี
3. ด้านการทำงาน	4.11	0.33	ดี	4.11	0.33	ดี
รวมค่าเฉลี่ยความ คิดเห็น	4.41	0.28	ดี	4.41	0.28	ดี

จากตารางที่ 4 พบว่า ความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในด้านการออกแบบด้านการติดตั้ง และด้านการทำงาน ของเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกนที่มีเพลาสกรู โดยผู้เชี่ยวชาญ ด้านความเหมาะสม ในภาพรวมอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.41 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.28 และด้านความเป็นไปได้ ในภาพรวมอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.41 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.28

3. ผลการหาประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกนที่มีเพลาสกรู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว ยาว 3.6 ม. โดยใช้ความสูงส่งน้ำ (H) = 2.1 เมตร

ใช้ผลการทดลองช่วง 12:00 น.

อัตราการไหล $Q = 13.5 \text{ m}^3/\text{h} = 0.00375 \text{ m}^3/\text{s}$

กำลังน้ำ $P_{\text{water}} = 1000 \times 9.81 \times 0.00375 \times 2.1 = 77.3 \text{ w}$

กำลังไฟฟ้าขาเข้า $= P_{\text{in}} = 310 \text{ w}$ (จากแผง + MPPT)

ประสิทธิภาพปั๊มต่อพยานาคช่วงเที่ยง

$$\eta = \frac{77.3}{310} \times 100 = 24.9\%$$

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพจากการทดสอบแต่ละช่วงเวลา

เวลา	08.00	10.00	12.00	14.00	16.00
Efficiency (%)	17.5	22.8	24.9	23.4	18.2

จากตารางที่ 5 พบว่า ประสิทธิภาพสูงสุดจะอยู่ในช่วงที่แสงจากดวงอาทิตย์มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพรวมทั้งวันจะอยู่ที่ 21.36 %

ผลการวิจัย

1. ด้านการออกแบบ ผลการประเมินความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการออกแบบเครื่องสูบน้ำโดยผู้เชี่ยวชาญประเมิน ด้านความเหมาะสม ในภาพรวมอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.67 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) 0.49 ขณะที่ ด้านความเป็นไปได้ ในภาพรวมอยู่ในระดับดี เช่นกัน โดยมีค่าเฉลี่ย 4.67 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) 0.49 แสดงให้เห็นว่าแนวคิดและหลักการออกแบบเครื่องสูบน้ำมีความเหมาะสม

2. ด้านการติดตั้ง ผลการประเมินความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการติดตั้งเครื่องสูบน้ำ โดยผู้เชี่ยวชาญประเมิน ด้านความเหมาะสม ในภาพรวมอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.44 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) 0.53 และ ด้านความเป็นไปได้ ในภาพรวมอยู่ในระดับดี เช่นกัน โดยมีค่าเฉลี่ย 4.44 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) 0.53 แสดงให้เห็นว่าการนำ เครื่องสูบน้ำไปติดตั้งสามารถดำเนินการได้จริง แม้อาจมีปัจจัยบางอย่างที่ส่งผลต่อระดับความเหมาะสมและความเป็นไปได้ เช่น การปรับพื้นที่ติดตั้งและการเชื่อมต่อบรรบบพลังงาน

3. ด้านการทำงาน ผลการประเมินความเหมาะสมของเครื่องสูบน้ำโดยผู้เชี่ยวชาญประเมิน ในภาพรวมอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.11 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) 0.33 และ ด้านความเป็นไปได้ ในภาพรวมอยู่ในระดับดี เช่นกัน โดยมีค่าเฉลี่ย 4.11 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) 0.33 แสดงให้เห็นว่าเครื่องสูบน้ำสามารถทำงานได้จริงและมีประสิทธิภาพ แม้ว่าค่าคะแนนเฉลี่ยจะลดลงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับผลการประเมินการออกแบบและติดตั้ง ซึ่งอาจสะท้อนถึงข้อจำกัดบางประการในกระบวนการใช้งานจริง

การอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการทดลองงานวิจัยพบว่า ความเข้มของแสงมีผลโดยตรงต่อการหมุนของมอเตอร์และอัตราการสูบน้ำของเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกน โดยเฉพาะในช่วงเวลา 11:00–13:00 น. ซึ่งมีค่าความเข้มแสงเฉลี่ยมากกว่า 800 W/m^2 พบว่าอัตราการไหลของน้ำสูงที่สุดอยู่ที่ $13.5 \text{ m}^3/\text{h}$ และประสิทธิภาพของระบบเพิ่มขึ้นถึง 24.9% การเพิ่มขึ้นของแสงทำให้แผงโซลาร์เซลล์จ่ายกำลังไฟฟ้าได้มากขึ้น ส่งผลให้มอเตอร์ BLDC ให้ความเร็วรอบสูงขึ้นและสร้างแรงบิดเพียงพอในการหมุนเพลาสกรู เมื่อเข้าสู่ช่วง 14:00 น. ค่าความเข้มของแสงเริ่มลดลง แม้ว่าจะระบบจะยังคงทำงานได้ แต่ประสิทธิภาพเริ่มลดลงเหลือประมาณ 18.2% ในเวลา 16:00 น. แสดงให้เห็นว่าระบบนี้มีความไวต่อแสงอาทิตย์ค่อนข้างมาก และควรกำหนดการใช้งานให้เหมาะสมกับช่วงที่มีพลังงานเพียงพอ อีกปัจจัยหนึ่ง คือ ความสูงส่งน้ำ (Head) คงที่ที่ 2.1 เมตร ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมกับการทำงานของเครื่องสูบน้ำที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว ยาว 3.6 เมตร หากเพิ่มความสูงส่งน้ำมากกว่านี้ความสามารถในการสูบน้ำอาจลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากเครื่องสูบน้ำเป็นระบบที่ออกแบบมาเพื่อ “ปริมาณน้ำมาก แต่ส่งสูงน้อย”

จากผลทั้งหมดนี้ แสดงให้เห็นว่าเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกนร่วมกับระบบพลังงานแสงอาทิตย์สามารถทำงานได้ดี เมื่อออกแบบให้เหมาะสมกับสภาพแสง และมีการจัดการโหลดของมอเตอร์อย่างถูกต้อง โดยเฉพาะการเลือกขนาดมอเตอร์และมุมเอียงของเพลาสกรูให้สัมพันธ์กับแรงบิดที่ต้องการ

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

เนื่องด้วยการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกใช้แผงโซลาร์เซลล์จากการคำนวณแผ่นได้ 4.4 แผ่น แต่เพื่อเป็นการถนอมมอเตอร์จึงใช้จำนวน 4 แผ่น ดังนั้นในการวิจัยในครั้งต่อไปควรใช้จำนวนแผงโซลาร์เซลล์ 5 แผ่น เนื่องด้วยความเข้มของแสงไม่คงที่ ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Kasantikul, B. and Laksitanonta, S. 2014. **Study and Develop the Thai-Made Irrigation Pump System (Tor Payanak) in a Large Aquaculture Pond**. International Journal of Agricultural Technology 2014 Vol. 10(5):1051-1064 Available online <http://www.ijat-aatsea.com>
- [2] เบญญา กษานติกุล. 2556. **การจำลองเชิงตัวเลขการทำงานของเครื่องสูบน้ำไทย (ท่อนพวนาค)**. Journal of Science and Technology Vol. 2, No.4, 2013 วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 2 ฉบับที่ 3 2556.
- [3] Xiaorui Chenga and Rennian Li. **Parameter equation study for screw centrifugal pump**. International Conference on Advances in Computational Modeling and Simulation. Procedia Engineering 31 (2012) 914 – 921
- [4] มานพ พิพัฒน์หัตถกุล และ วินัส ทัดเนียม. 2556. **ผลกระทบมุมเพลาสกรูที่มีต่อสมรรถนะของเครื่องสูบบ่อยไหลตามแนวแกน**. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 27
- [5] มานพ พิพัฒน์หัตถกุล และ วินัส ทัดเนียม. 2556. **การเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องสูบบ่อยไหลตามแนวแกนที่มีและไม่มีเพลาสกรู**. วิศวกรรมวารสารฉบับวิจัยและพัฒนา, หน้า 41- 47.