

การจำลองแบบสถานะไม่คงตัวของระบบสูบน้ำแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์และ  
พลังงานลมโดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ TRNSYS 16.01  
The Simulation of a Hybrid Solar-Wind Water Pumping System using TRNSYS 16.01

ชัยนุสนธ์ เกษตรพงศ์ศาล<sup>1</sup> จอมภพ เววศักดิ์<sup>2</sup> และ นพนันท์ นานคงเนบ<sup>3</sup>  
Chainuson Kasagepongsan<sup>1</sup>, Jompob Waewsak<sup>2</sup> and noppapun nankongnab<sup>3</sup>

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษากำลองแบบระบบสูบน้ำแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม โดยอาศัยข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของจังหวัดพิจิตรในช่วงระยะเวลา 1 ปี (ม.ค.-ธ.ค. 2552) เป็นอินพุทให้กับโปรแกรม TRNSYS16.01 พบว่าค่าความเข้มรังสีอาทิตย์รวมบนพื้นราบมีค่าอยู่ในช่วง 490-620 W/m<sup>2</sup> และค่าความเข้มรังสีอาทิตย์รวมบนพื้นราบเฉลี่ยรายเดือนประมาณ 446.70 W/m<sup>2</sup> อัตราเร็วลมมีค่าอยู่ในช่วง 3.20-4.45 m/s และค่าอัตราเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนประมาณ 2.94 m/s และอุณหภูมิแวดล้อมมีค่าอยู่ในช่วง 28-29°C อุณหภูมิแวดล้อมเฉลี่ยรายเดือนมีค่าประมาณ 28.45°C ผลการจำลองแบบพบว่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ในเดือนมกราคมมีกำลังผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 500 W ได้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 407.64 W กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ได้จากกังหันลมอยู่ในเดือนสิงหาคมมีกำลังผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 213.80 W ได้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 67.47 W โดยกำลังไฟฟ้าส่วนใหญ่สำหรับประจุแบตเตอรี่เพื่อป้อนกำลังไฟฟ้าให้กับปั๊มได้มาจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์คิดเป็นร้อยละ 85.80 และกำลังไฟฟ้าที่ได้จากกังหันลมคิดเป็นร้อยละ 14.20 สามารถสูบน้ำได้เฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 1,098 m<sup>3</sup> และมีปริมาตรการสูบน้ำทั้งปีเท่ากับ 13,176 m<sup>3</sup>

คำสำคัญ : ระบบพลังงานแบบผสมผสาน พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม ระบบสูบน้ำ

<sup>1</sup> นิสิตบัณฑิตศึกษา ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

<sup>2</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ห้องปฏิบัติการวิจัยพลังงานลม-แสงอาทิตย์ ศูนย์วิจัยและสาธิตระบบพลังงานทดแทน ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ (วิทยาเขตพัทลุง) 93110

<sup>3</sup> อาจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

\* Corresponding author: โทร. 074-693975 โทรสาร 074-693975 e-mail: chainuson1@hotmail.com

### Abstract

This research presents the simulation of hybrid solar and wind water pumping system using the environmental condition of Phatthalung province form January to December 2009 as an input data of computer program TRNSYS 16.01. It found that the global solar radiation intensity was in the range of 490-620 W/m<sup>2</sup> and monthly average solar radiation intensity was 446.70 W/m<sup>2</sup>. The mean wind speed was in the range of 3.20-4.45 m/s and the monthly average mean wind speed was 2.94 m/s. The ambient temperature was in the range of 28-29 °C and the monthly average ambient temperature was 28.45 °C. Simulated results showed that the maximum power output of 500 W produced by PV was occurred in January and the annual average power output of PV was 407.64 W. The maximum power output of 213.80 W produced by wind turbine generator was obtained in August whereas the annual average was 67.47 W. Most of power output was charged into the battery bank for water pumping which account of 85.80% from PV and the rest from wind turbine generator. The hybrid solar and wind water pumping system could pump the water of 1,098 m<sup>3</sup> in monthly basis and 13,176 m<sup>3</sup> in yearly basis

**Keywords:** Hybrid Energy System, Solar Energy, Wind Energy, Water Pumping System

### คำนำ

ในปัจจุบันทั่วโลกได้ประสบกับภาวะการขาดแคลนทรัพยากรธรรมชาติ [1] และปัญหาของน้ำมันดิบซึ่งเป็นทรัพยากรที่ไม่มั่นคงและมีราคาเพิ่มสูงขึ้นและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ [2] เนื่องจากแหล่งพลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลเริ่มลดลงและประกอบกับอัตราการผลิตที่มีค่าน้อยกว่าอัตราการใช้งานอันเนื่องมาจากอัตราการเพิ่มขึ้นของประชากร ดังนั้นพลังงานทดแทนจึงเป็นแนวทางที่ดีที่สุดในขณะนี้โดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมซึ่งเป็นพลังงานหมุนเวียนที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติใช้ได้โดยไม่สิ้นวันหมดสิ้น ยั่งยืนและเป็นพลังงานสะอาด [3] ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม อีกทั้งสามารถนำมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์พลังงานลมของจังหวัดพัทลุงพบในปี 2547 พบว่าค่าความเข้มรังสีอาทิตย์โดยเฉลี่ยมีค่าประมาณ 848 W/m<sup>2</sup> กำลังจากพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยประมาณ 2,258 W/m<sup>2</sup>

กำลังไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้เฉลี่ยประมาณ 100.4 W/m<sup>2</sup> [4] อัตราเร็วลมเฉลี่ยรายปีประมาณ 1.77 m/s และมีกำลังลมเฉลี่ยรายปีประมาณ 7.09 W/m<sup>2</sup> ที่ระดับความสูง 10m ประกอบกับจังหวัดพัทลุงมีความถี่ของลมสงบน้อยมากประมาณ 1.71% เนื่องจากอิทธิพลจากลมมรสุมตลอดทั้งปีแสดงให้เห็นว่าจังหวัดพัทลุงมีศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมพอเพียงที่จะสามารถออกแบบและติดตั้งระบบสูบน้ำแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม [5] ดังนั้นจึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมที่จะทำให้เกิดการลดใช้น้ำมันดีเซลและลดต้นทุนในการผลิตทางการเกษตร โดยเฉพาะพื้นที่ในชนบท ถือได้ว่าเป็นสิ่งสำคัญ และจำเป็นมากสำหรับประเทศไทย [6, 7]

งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าส่วนใหญ่ได้ทำการศึกษาระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Stand alone system) ซึ่งเป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ได้รับการออกแบบสำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้า [8] และระบบกังหันลมเพื่อใช้สูบน้ำแบบแกนหมุนแนวอนหลายใบพัด (Multi Blade) ซึ่งเป็นชุด

เครื่องจักรกลที่สามารถเปลี่ยนพลังงานจลน์จากการเคลื่อนที่ของลมให้เป็นพลังงานกลและนำพลังงานกลมาใช้สูบน้ำในการ เกษตรและปศุสัตว์ในพื้นที่ห่างไกล เช่นชนบทที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าใช้ [9] ระบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม (Solar-Wind Hybrid System) นั้นเป็นระบบที่ควบคุมและผสมผสานการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าไว้ด้วยกันเพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างต่อเนื่องเกิดประสิทธิภาพสูงสุดและเพิ่มข้อดีลดข้อเสียของระบบ (แสดงดังตารางที่ 1)

การพัฒนาแบบสูบน้ำแบบผสมผสานเพื่อนำมาผลิตไฟฟ้าให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องทราบถึงศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งสามารถประมาณได้เบื้องต้นจากข้อมูลค่ารังสีอาทิตย์ที่ได้จากการวัดจำนวนชั่วโมงที่มีแดด อุณหภูมิแวดล้อม ความเข้มรังสีอาทิตย์รวมบนพื้นเอียง [10, 11]

และศักยภาพของพลังงานลมซึ่งสามารถประมาณได้เบื้องต้นจากข้อมูลของ อัตราเร็วลมทิศทางของลมรวมถึงลักษณะพื้นที่ของบริเวณนั้นๆ ก่อนที่จะนำระบบพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ [12] โดยการใช้โปรแกรม TRNSYS 16.01 สำหรับการคำนวณทางคณิตศาสตร์เพื่อประเมินศักยภาพทางด้านกำลังไฟฟ้าและแก้ไขปัญหาการติดตั้งระบบโดยใช้ต้นทุนที่ถูกที่สุดของระบบ [13]

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินทางเทคนิคของระบบสูบน้ำแบบผสมผสานระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมทำการจำลองแบบระบบด้วยโปรแกรม TRNSYS 16.01 โดยอาศัยข้อมูลสภาพแวดล้อมโดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมในพื้นที่ของจังหวัดพัทลุง

ตารางที่ 1 ข้อดีและข้อเสียของระบบสูบน้ำแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม

ข้อดี	ข้อเสีย
1. สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง	1. เมื่อไม่มีพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมระบบไม่สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าสำหรับจ่ายให้กับแบตเตอรี่ได้
2. เมื่อแสงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอหรือความเข้มรังสีอาทิตย์ไม่เพียงพอสำหรับผลิตกำลังไฟฟ้าระบบก็ยังสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าจากกังหันลมได้	2. ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบมีราคาก่อนข้างสูง
3. เมื่ออัตราเร็วลมต่ำไม่เพียงพอสำหรับผลิตกำลังไฟฟ้าระบบก็ยังสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้	-
4. เมื่อไม่มีพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมระบบสามารถนำพลังงานจากแบตเตอรี่ได้ ซึ่งขึ้นกับจำนวนการใช้งาน	-
5. ระบบไม่มีอินเวอร์เตอร์และระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ยังยากในการบำรุงรักษา	-

### อุปกรณ์และวิธีการ

#### 1. การออกแบบระบบมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1.1 ประเมินจำนวนชั่วโมงของการใช้ปั๊ม (hr)
- 1.2 หาค่าพลังงานไฟฟ้าของปั๊ม (Wh)
- 1.3 คำนวณหาขนาดอุปกรณ์แต่ละชนิดในระบบการหาขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถหาได้ดังสมการที่ (1)

$$P_{pv} = \frac{P_I}{Q \times A \times B \times D} \quad (1)$$

โดยที่

- $P_{pv}$  คือ กำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่จะต้องใช้ (W)
- $P_I$  คือ ภาระทางไฟฟ้าทั้งหมด (Wh)
- $Q$  คือ ค่าพลังงานรังสีอาทิตย์รวมบนพื้นราบ ( $\text{kWh/m}^2$ )
- $A$  คือ ค่าขดเชยการสูญเสียของเซลล์แสงอาทิตย์ (0.8)
- $B$  คือ ค่าขดเชยการสูญเสียทางความร้อน (0.85)
- $D$  คือ ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ที่ภาวะทดสอบมาตรฐาน ( $1 \text{ kW m}^2$ )

การหาขนาดของแบตเตอรี่สามารถหาได้ดังสมการที่ (2)

$$C_B = 10 \times P_{pv} \quad (2)$$

โดยที่

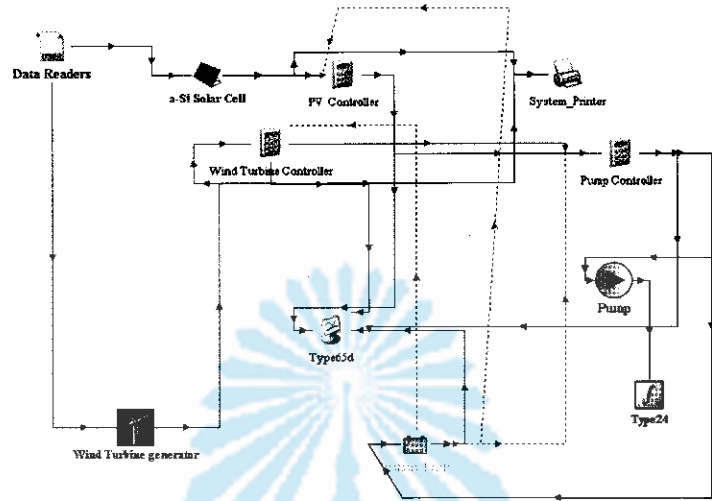
- $C_B$  คือ ความจุของแบตเตอรี่(kWh)

#### 2. การจำลองแบบระบบสูบน้ำผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม

ระบบเริ่มทำงานโดยการสูบน้ำตั้งแต่เวลา 07.00 น. ถึง 17.00 น. ของทุกวันโดยปั๊มน้ำมีอัตราการไหลเชิงปริมาตรสูงสุด 3,600 L/h สูบน้ำขึ้นไปเก็บในถังเก็บน้ำขนาด 1,500 L ที่ความสูง 2.5 m โดยการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟิสซิลิคอน มีขนาดพื้นที่ต่อแผงเท่ากับ 0.89  $\text{m}^2$  ติดตั้งที่ความลาดเอียง 150 หันหน้าไปทางทิศใต้ ขนาดกำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 1.08 kW ผสมผสานกับกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าติดตั้งที่ความสูง 15 m ขนาดผลิตกำลังไฟฟ้าเต็มพิกัด 1 kW อัตราเร็วลมเริ่มต้นที่ทำให้กังหันลมหมุนแล้วได้ไฟฟ้า 3.1 m/s อัตราเร็วลมสูงสุดที่ทำให้กังหันลมหมุนแล้วได้ไฟฟ้าเต็มพิกัด 11.6 m/s โดยกระแสไฟฟ้าที่ได้จากแหล่งกำเนิดทั้ง 2 แหล่งจะผ่านชุดควบคุมการประจุไฟฟ้าประกอบด้วยชุดควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV Controller) ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการประจุไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สู่แบตเตอรี่ชุดควบคุมกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า (Wind Turbine Controller) ทำหน้าที่ควบคุมการประจุไฟฟ้าจากกังหันลมสู่แบตเตอรี่และชุดควบคุมปั๊ม (Pump Controller) ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำกระแสตรง แบบจำลองระบบสูบน้ำแสดงดังรูป 1 ระบบสูบน้ำแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมขนาดเล็กติดตั้ง ศูนย์วิจัย และสาธิตระบบพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยทักษิณ (วิทยาเขตพัทลุง)

ส่วนประกอบ (Component) ของอุปกรณ์ประกอบระบบสูบน้ำผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมประกอบไปด้วยชนิด (Type) ต่างๆ ดังต่อไปนี้

- Type109a (Data Reader For Generic) เป็นส่วนประกอบสำคัญสำหรับการจำลองแบบของข้อมูลทางสภาพอากาศสำหรับภูมิศาสตร์นั้นๆ สำหรับการกำหนดการให้ค่าใน Type 109a แบ่งออกเป็น 4 พารามิเตอร์ดังนี้



รูปที่ 1 การจำลองระบบสูบน้ำแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมโดยใช้โปรแกรม TRNSYS 16.01

พารามิเตอร์ที่ 1 คือ จำนวนชั่วโมงที่ทำการจำลองระบบเท่ากับ 1 ปี หรือ 8,760 ชั่วโมง

พารามิเตอร์ที่ 2 คือ ค่าอุณหภูมิแวดล้อมเฉลี่ยรายเดือน (°C)

พารามิเตอร์ที่ 3 คือ ค่าอัตราเร็วลมเฉลี่ยรายเดือน (m/s)

พารามิเตอร์ที่ 4 คือ ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์รวมบนพื้นราบ (W/m<sup>2</sup>)

- Type 180a (PV Generator) เป็นส่วนประกอบสำหรับการจำลองแบบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยในการศึกษาวิจัยนี้ระบบได้ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟิซิลิคอนขนาดกำลังการผลิตเต็มพิกัดแผงละ 40 WP จำนวน 27 แผง ขนาดกำลังการผลิตที่ 1,080 W ต่อวงจรเป็นวงจรแบบผสมโดยต่อขนาน 3 แฉงและต่ออนุกรม 9 แฉง สำหรับประสิทธิภาพ ( $\eta$ ) ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถคำนวณได้โดยอาศัยสมการที่ (3)

$$\eta = \frac{P_{cell}}{A_{cell} \cdot G_T} \quad (3)$$

โดยที่

$P_{cell}$  คือ กำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ (W)  
 $A_{cell}$  คือ พื้นที่ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (m<sup>2</sup>)  
 $G_T$  คือ รังสีอาทิตย์รวมบนพื้นที่ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (W/m<sup>2</sup>)

- Type90 Wind Turbines (WECS) เป็นส่วนประกอบที่จำลองแบบของกังหันลม โดยในระบบเป็นกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าขนาดกำลังผลิตไฟฟ้าเต็มพิกัด 1,000 W<sub>p</sub> จำนวน 1 ตัว ให้กำลังไฟฟ้าเริ่มต้นที่อัตราเร็วลม 3.1 m/s ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่อัตราเร็ว 11.6 m/s อัตราเร็วลมที่พัดผ่านจุดหมุน ( $U_R$ ) และกำลังที่ได้จากกังหันลมสามารถคำนวณได้โดยอาศัยสมการที่ (4) และ (5) ตามลำดับ

$$U_R = \frac{(U_0 + U_w)}{2} \quad (4)$$

โดยที่

$U_0$  คือ ความเร็วลมในกระแสอิสระ (m/s)

$U_w$  คือ ความเร็วลมหลังผ่านกังหันลม (m/s)

$$P = \frac{1}{2} \rho A_R (U_0^2 - U_w^2) \quad (5)$$

โดยที่

$\rho$  คือ ความหนาแน่นของกระแสลม

$A_R$  คือ พื้นที่ใบกวาดของกังหันลม (m<sup>2</sup>)

- Equa เป็นเครื่องมือภายในโปรแกรม TRNSYS 16.01 สำหรับการกำหนดการให้ค่าเพื่อควบคุมการทำงานของ PV Charge Controller /Wind Turbine Controller และ Pump Controller โดยการป้อนคำสั่งทางคณิตศาสตร์ให้กับแบบจำลอง

- Type47d (Electrical Storage Battery) เป็นส่วนประกอบสำหรับการจำลองแบบของแบตเตอรี่โดยระบบใช้แบตเตอรี่ 3K ขนาด 12 V 125 Ah จำนวน 4 ลูกสำหรับเก็บพลังงานไฟฟ้าโดยปริมาณแรงดันไฟฟ้าที่ถูกถ่ายเทสู่แบตเตอรี่ ( $V_{in}$ ) เมื่อ  $I > 0$  และปริมาณแรงดันไฟฟ้าที่ออกจากแบตเตอรี่ ( $V_{out}$ ) เมื่อ  $I < 0$  สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (6) และ (7) ตามลำดับ

เมื่อ  $I < 0$

$$V_{in} = V_{oc} + V_{zp} - g_c H + I r_{qc} \left( 1 + \frac{m_c H}{Q_c / Q_m - H} \right) \quad (6)$$

เมื่อ  $I > 0$

$$V_{out} = V_{oc} - V_{zp} - g_c H + I r_{qc} \left( 1 + \frac{m_c H}{Q_c / Q_m - H} \right) \quad (7)$$

โดยที่

$I$  คือ กระแสไฟฟ้า (A)

$V_{oc}$  คือ แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด (V)

$V_{zp}$  คือ แรงดันวงจรไฟฟ้าเสริม (V)

$g_c$  คือ สัมประสิทธิ์ค่าน้อยของ  $H$  ในสมการของสถานะประจุกระแสแรงดัน

$H$  คือ  $(1-F); F=Q/Q_m$

$r_{qc}$  คือ สภาพต้านทานภายในเซลล์ไฟฟ้า ณ ประจุเต็มและคายประจุ ( $\Omega$ )

$m_c$  คือ ชนิดของเซลล์ไฟฟ้าที่มีอิทธิพลต่อ I-V-Q (m)

$Q_m$  คือ ค่าความจุของประจุไฟฟ้าในขณะประจุและคายประจุ (C)

$Q_m$  คือ ค่าความจุประจุของเซลล์ไฟฟ้า (C)

- Type3b เป็นส่วนประกอบสำหรับการจำลองแบบของปั๊ม โดยในระบบนี้ใช้ปั๊มน้ำกระแสตรงขนาด 48 V 13.5 A การวิเคราะห์กำลังของปั๊ม ( $P_{pump}$ ) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (8)

$$P_{pump} = P_{max} [c_0 + c_1 \gamma + c_2 \gamma^2 + \dots + c_i \gamma^i] \text{ if } m)0 \quad (8)$$

โดยที่

$P_{max}$  คือ กำลังไฟฟ้า (A)

$\gamma$  คือ แรงดันไฟฟ้า (V)

$m$  คือ แรงดันไฟฟ้าเสริม (V)

เมื่อ  $c_0, c_1, c_2, \dots, c_i$  คือ ตัวแปรข้อมูลนำเข้า 5, 6, 7, ..., i+5

- Type24 Quantity Integrator เป็นส่วนประกอบที่ใช้ในการหาปริมาณรวมจากการสูบน้ำของปั๊มสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (9)

$$Y_i = \int_{\text{time}} X_i dt \quad (9)$$

โดยที่

- X คือ ปริมาณสำหรับการหาปริพันธ์
- Y คือ เวลาครบรอบของ

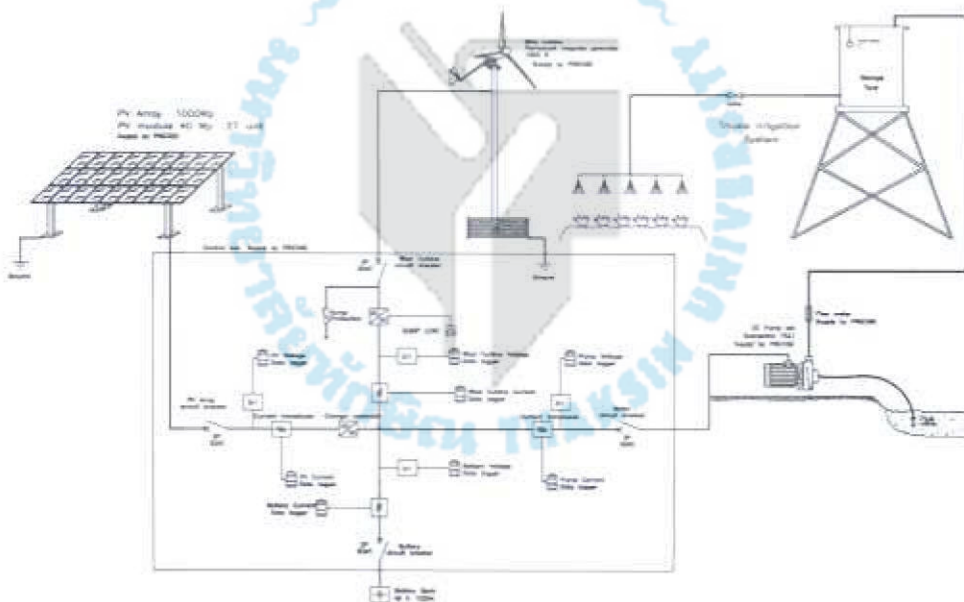
### 3. การติดตั้งระบบสูบน้ำแบบผสมผสานด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม

หลังจากการจำลองแบบด้วยโปรแกรม TRNSYS 16.01 แล้วนั้นขั้นตอนต่อไปคือการติดตั้งระบบสูบน้ำที่แสดงไว้ดังรูปที่ 2 โดยกำหนดขนาดและวิธีการติดตั้งตลอดจนกำหนดอุปกรณ์และเครื่องมือ

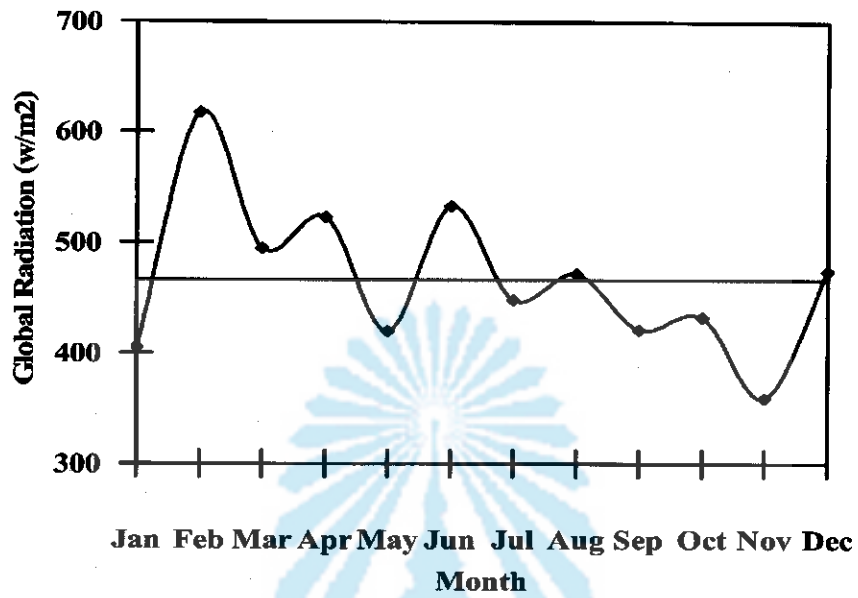
ควบคุมต่างๆ เพื่อให้ระบบสูบน้ำทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์อย่างมีประสิทธิภาพและประหยัดที่สุด

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

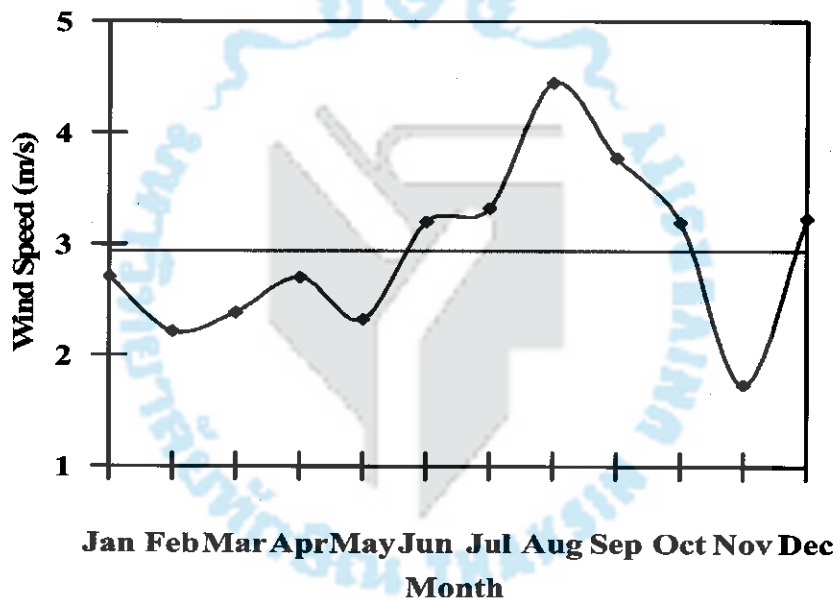
จากการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาของจังหวัดพัทลุง พบว่าค่าความเข้มรังสีอาทิตย์รวมบนพื้นราบมีค่าความเข้มสูงสุดในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายนมีค่าความเข้มรังสีอยู่ในช่วง 490-620  $W/m^2$  และค่าความเข้มรังสีอาทิตย์รวมบนพื้นราบเฉลี่ยรายเดือนประมาณ 446.70  $W/m^2$  แสดงดังรูปที่ 3 อัตราเร็วลมในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคมมีค่าเฉลี่ยเร็วลมอยู่ในช่วง 3.20-4.45  $m/s$  และค่าเฉลี่ยเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนมีค่าประมาณ 2.94  $m/s$  แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 2 แบบระบบสูบน้ำแบบผสมผสานด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม



รูปที่ 3 กราฟความเข้มรังสีอาทิตย์รวมบนพื้นราบรายเดือนของจังหวัดพัทลุง ปี 2552



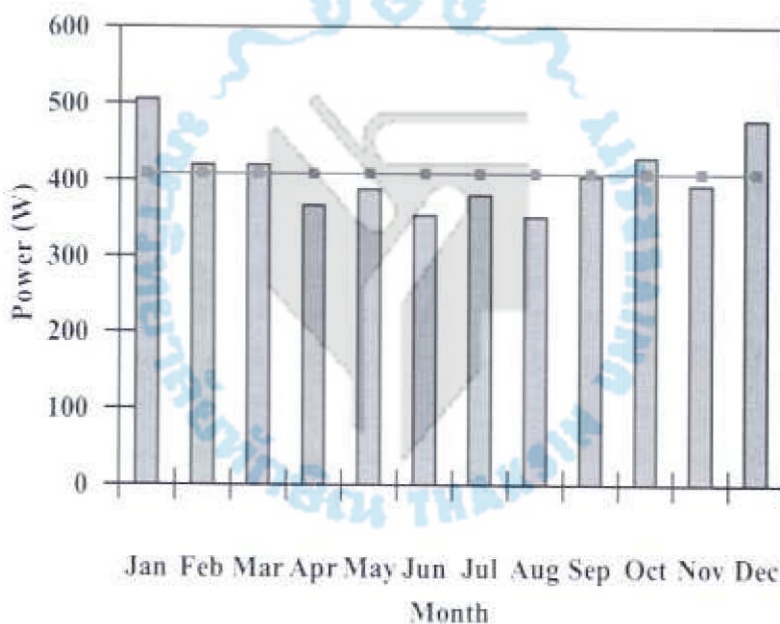
รูปที่ 4 กราฟอัตราเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนเฉลี่ยของจังหวัดพัทลุง ปี 2552



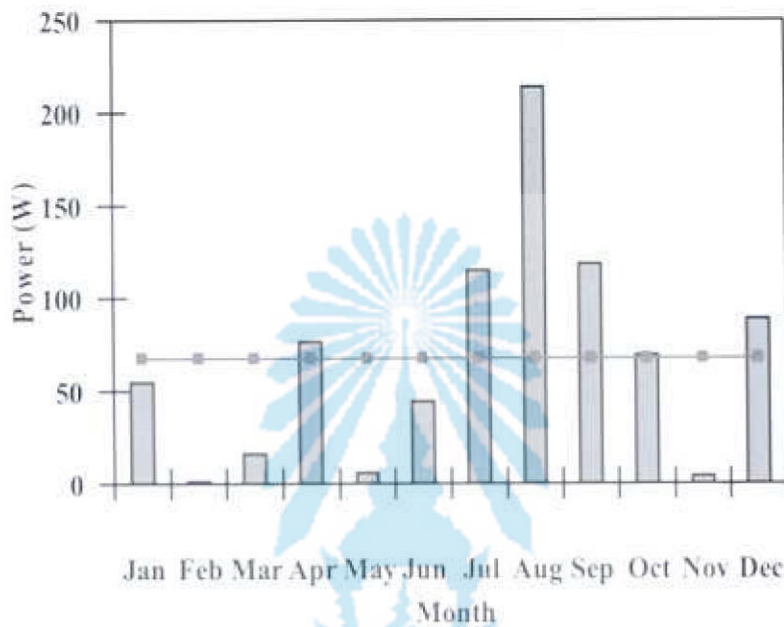
สำหรับผลการจำลองแบบด้วยโปรแกรม TRNSYS 16.01 พบว่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์แสดงดังรูปที่ 5 อยู่ในช่วงเดือนมกราคมมีกำลังผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือนประมาณ 500 W ได้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่อปีประมาณ 407.64 W และกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ได้จากกังหันลมแสดงดังรูปที่ 6 อยู่ในเดือนสิงหาคมโดยสามารถมีกำลังผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือนประมาณ 213.80 W ได้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่อปีประมาณ 67.47 W ปริมาตรของน้ำที่สูบได้เฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 1,098 m<sup>3</sup> แสดงดังรูปที่ 7 และมีปริมาตรการสูบน้ำทั้งหมดปีเท่ากับ 13,176 m<sup>3</sup>

### สรุปผลการวิจัย

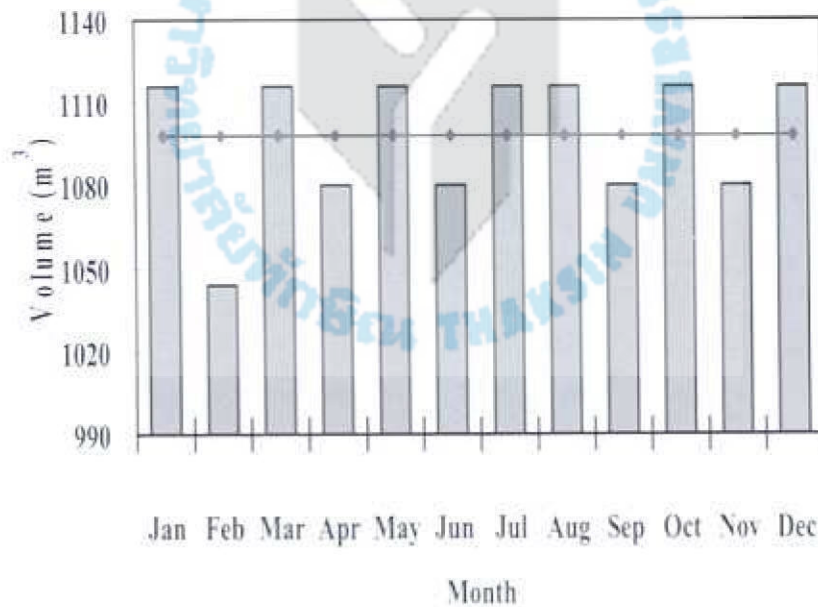
จากการวิเคราะห์และคำนวณข้อมูลอุตุวิทยมวิทยาของจังหวัดพัทลุงในปี 2552 (ม.ศ.-ช.ศ.) โดยโปรแกรม TRNSYS 16.01 พบว่ากังหันลมผลิตกำลังไฟฟ้าที่เฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 67.47 W แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือนได้ถึง 407.64 W และกำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์และจากกังหันลมมีความแตกต่างกันที่ค่ากำลังไฟฟ้าอยู่มาก โดยกำลังไฟฟ้าส่วนใหญ่สำหรับประจุแบตเตอรี่เพื่อป้อนกำลังไฟฟ้าให้กับปั๊มได้มาจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์คิดเป็นร้อยละ 85.80 และกำลังไฟฟ้าที่ได้จาก



รูปที่ 5 กำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 6 กำลังไฟฟ้าที่ได้จากกังหันลมผลิตไฟฟ้า



รูปที่ 7 ปริมาตรของน้ำที่สูบได้เฉลี่ยต่อเดือน

กักเก็บลมคิดเป็นร้อยละ 14.20 เนื่องจากระบบเป็นระบบพลังงานแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมซึ่งแม้ว่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากกังหันลมจะมีค่าน้อยอย่างไรก็ตามระบบก็ยังสามารถทำงานได้ดีสามารถสูบน้ำเฉลี่ยต่อเดือนได้เท่ากับ 1,098 m<sup>3</sup> และมีปริมาตรการสูบน้ำทั้งรอบปีได้เท่ากับ 13,176 m<sup>3</sup>

#### กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) โครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สัญญาเลขที่ MRG-WII505S043) และกองทุนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน รวมทั้งขอขอบคุณบริษัท AML Technology สำหรับทุนสนับสนุนการวิจัยของโครงการและหน่วยวิจัยพลังงานลม-แสงอาทิตย์ สำหรับการเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่รวมทั้งการอำนวยความสะดวกในการศึกษาวิจัยของโครงการ

#### เอกสารอ้างอิง

[1] S. B. and D. P. (2008). Systematic procedure for efficient design of electric water pumping systems fed by PV or/and WECS: Application using measured meteorological data for the city of Xanthi/Thrace, Greece. **Renewable Energy Conversion and Management**.49, 596-607.

[2] Hussain and Abdulsalam. (2010). Low energy architecture and solar rights: Restructuring urban regulations, view from Jordan. **Renewable Energy**.35, 333-342.

[3] Elhadidy and Shaahid. (1999). Feasibility of hybrid (wind + solar) power systems for Dhahran, Saudi Arabia. **Renewable Energy**. 16, 970-976.

[4] สุพรรณิ เพชระ และหอมล๊ะ หมดเบญญา **ประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำภาควิชาชีพสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.**

[5] ชัยพงศ์ สุขขวัญ (2547). การวิเคราะห์พลังงานลมในจังหวัดพัทลุง ภาควิชาชีพสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.

[6] Vick and Clark. (2002). Remote Solar, Wind, and Hybrid Solar/Wind Energy Systems for Purifying Water. **USDA-ARS Conservation and Production Research Laboratory, P.O. Drawer 10, Bushland, TX 79012.125 (107), 5.**

[7] ศิริชัย เทพา ชวัชชัย สุวรรณคำ กฤษณพงศ์ กิรติกร วัฒนพงษ์ รัชวิเชียร สมชาย สุรราหวัรรณ เกรียงศักดิ์ ขุนไชย ช่างแข็ง เลียงจินดาถาวร มารินา นุ้ยหมิม และคณะพลังงานและวัสดุ. (1999). การประเมินความเหมาะสมทางเทคนิค เศรษฐกิจและสังคมของ ระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สืบค้นเมื่อ 8 กุมภาพันธ์ 2553 จาก <http://www.kmutt.ac.th/rippc/pro513.htm>

[8] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงาน. (2548). เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ สืบค้นเมื่อ 8 กุมภาพันธ์ 2553 จาก <http://www.library.dip.go.th/multim5/edoc/14353.doc>

[9] ระบบเครือข่ายสารสนเทศด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย. (2552). **พลังงานลม** สืบค้นเมื่อ 10 กุมภาพันธ์ 2553 [http://www.teenet.tei.or.th/Knowledge/energy\\_wind.html2](http://www.teenet.tei.or.th/Knowledge/energy_wind.html2)

- [10] เกวลี เฟื่องคลั่ง (2548). การประมาณค่ารังสีอาทิตย์ จากข้อมูลชั่วโมงที่มีแดดสำหรับจังหวัดสงขลา. ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- [11] ชะอารี สาอิ (2550). การศึกษาประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอนภายใต้สภาพภูมิอากาศทางภาคใต้ของประเทศไทย. ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- [12] จอมภพ แววศักดิ์ มารีนา มะหิ นพนันท์ นานคงแนบ ยุทธนา ภูริระวณิชย์กุล สุภวรรณ ภูริระวณิชย์กุล ชูานันต์ศักดิ์ เทพญา และ นิรันดร มาแทน. (2008). การประเมินศักยภาพของพลังงานลมเฉพาะพื้นที่ตามแนวชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทย. ศูนย์วิจัยและสาธิตระบบพลังงานทดแทน ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- [13] Usa Boonbumroong, Naris Pratinthong, Sirichai Thepa, Tawatchai Suwannakum, Dokrak Pongchawee, Chaya Jivacate, Wimolsiri Pridasawas and Suwit Tia. (2009). **Model-Based Optimization of Stand Alone Hybrid Power Systems.** School of Energy, Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand.

