

การพัฒนาระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานลมเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า

ในมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

Development of monitoring system for solar energy and wind energy to generate electricity  
in Sakon Nakhon Rajabhat University

วาสนา เกษมสินธุ์\* กฤษณา พรหมพินิจ ปริญญา รจนา

Wassana Kasemsin\*, Krisada Prompinit, Parinya Rojchana

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จังหวัดสกลนคร 47000 ประเทศไทย

\* ผู้เขียนหลัก: [wassana\\_kasemsin@hotmail.com](mailto:wassana_kasemsin@hotmail.com)

Received: 24 June 2015; Revised: 1 September 2015; Accepted: 15 October 2015; Available online: 15 December 2015

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการพัฒนาการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร โดยประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ dsPIC30F3013 มาใช้วัดค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์และความเร็วลม เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครและบริเวณใกล้เคียงที่ต้องการนำข้อมูลไปใช้งาน ซึ่งระบบการวัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมจะมีรูปแบบที่ถูกติดตั้งเป็นสถานีการตรวจวัด โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ เซ็นเซอร์และระบบเก็บข้อมูล ซึ่งระบบเก็บข้อมูลจะบันทึกค่าลงบนฐานข้อมูลและแสดงผลแบบเวลาปัจจุบัน โดยข้อมูลจากการตรวจวัดสามารถใช้วิเคราะห์เพื่อประเมินศักยภาพพลังงานและใช้สำหรับวางแผนการนำศักยภาพพลังงานมาใช้ในอนาคตได้ จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าระบบวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมที่สร้างขึ้นมีความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ มีประสิทธิภาพที่สูง และสามารถนำไปใช้งานได้จริง ซึ่งสามารถยืนยันได้จากผลการทดสอบค่าความเที่ยงตรงของระบบการวัดพลังงานเทียบกับซอฟต์แวร์และเครื่องมือมาตรฐาน

**คำสำคัญ:** พลังงานแสงอาทิตย์, ระบบบันทึกและแสดงผล, พลังงานลม

### Abstract

This paper presents the development of a monitoring system for solar energy and wind energy to generate electricity at Sakon Nakhon Rajabhat University by applying dsPIC30F3013 microcontroller for measuring solar radiation and wind speed. This information will be used as reference information for producing electricity in Sakon Nakhon Rajabhat University and nearby areas. The developed system was installed as a measuring station. The major components of this system are sensors and a data acquisition system. The data will be collected and recorded into a database and then displayed in real time format. The recorded data can be used for assessing the potential of energy and planning for the use of potential energy in the future. The results showed that the developed system was accurate within the accepted level, high efficiency, and could be practical. The accuracy

of the developed system could be confirmed by comparing the measurement results with standard software and equipment.

**Keywords:** Solar Energy, Monitoring System, Wind Energy

## 1. บทนำ

ปัจจุบันพลังงานจากแสงอาทิตย์และพลังงานลมถือเป็นแหล่งพลังงานที่มีความสำคัญ และเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่ไม่มีวันหมดสิ้น การนำพลังงานเหล่านี้มาใช้ถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ไม่สามารถจะหลีกเลี่ยงได้ในอนาคต การนำพลังงานดังกล่าวมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุดนั้นสิ่งที่สำคัญเป็นอันดับต้น ๆ คือ ข้อมูลจากแสงอาทิตย์และความเร็วลม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมเพื่อเก็บเป็นข้อมูล และเพื่อแสดงให้เห็นว่าพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมในแต่ละวันเป็นอย่างไร [1] นอกจากนี้ยังสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาค่าศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าให้มีความเหมาะสมได้ต่อไป

จากปัญหาเหล่านี้ทางผู้ทำวิจัยจึงได้เห็นถึงความสำคัญในการพัฒนาระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมมีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน แต่การจัดเก็บและการแสดงผลข้อมูลยังยากต่อการเข้าถึงและนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องวิจัยและพัฒนาสร้างระบบที่เข้าถึงข้อมูลได้ง่าย เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการประเมินศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม และเพื่อแสดงให้เห็นว่าพลังงานของแสงอาทิตย์และพลังงานลมแต่ละวันเป็นอย่างไร ซึ่งจะแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ การวัดพลังงานจากแสงอาทิตย์และพลังงานลม ระบบการวัดจะมีรูปแบบที่ถูกติดตั้งเป็นสถานีการตรวจวัด ระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม ประกอบด้วย เซ็นเซอร์ (Sensor) จะเป็นส่วนที่วัดแสงแดด กระแสลม และฐานข้อมูล (Database) จะเป็นชุดที่อ่านค่าจากเซ็นเซอร์และนำค่ามาประมวลผลเพื่อจัดเก็บข้อมูล และส่งต่อไปที่ชุดแสดงผล ชุดแสดงผลนี้จะเป็นชุดแสดงผลที่มีความสามารถพิเศษที่จะแสดงผลโดยโปรแกรมเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งแสดงเป็นแบบเวลาปัจจุบันบนเว็บเซิร์ฟเวอร์ [2] และนอกจากนี้ระบบประมวลผลจะสามารถต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อที่จะสามารถนำค่าพลังงานมาใช้ได้อย่างง่าย ๆ ซึ่งระบบวัดและแสดงผลพลังงานจากแสงอาทิตย์และพลังงานจากลมนี้มีความสำคัญมากในการนำพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์และกังหันลมมาใช้งาน และการสร้างระบบวัดผลและจัดเก็บข้อมูลรวมทั้งระบบแสดงผลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต [3] ยังเป็นสิ่งที่ยุ่งยากและซับซ้อน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องวิจัยและพัฒนาสร้างขึ้นมาเพื่อสร้างเทคโนโลยีใหม่รวมทั้งส่งเสริมการนำพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์และพลังงานจากลมมาใช้งานอย่างสูงสุด โครงสร้างของระบบการวัดและแสดงผลพลังงานจากแสงอาทิตย์และพลังงานจากลมประกอบด้วยส่วนที่สำคัญดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โครงสร้างระบบวัดและแสดงผลพลังงานจากแสงอาทิตย์และพลังงานจากลม

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้น มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครเป็นหน่วยงานราชการที่มีขนาดใหญ่ และมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในอัตราที่สูงขึ้นทุกปี แม้ว่ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครจะมีนโยบายและโครงการรณรงค์ในการประหยัดพลังงานก็ตาม จากแนวความคิดของโครงการวิจัยจึงเป็นตัวช่วยวิเคราะห์หาค่าศักยภาพของพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์และพลังงานจากลม เพื่อนำพลังงานเหล่านี้มาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และก่อให้เกิดประโยชน์ได้อย่างสูงสุดต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร และชุมชนใกล้เคียงสามารถนำผลที่ได้ไปใช้งานด้านพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม และพลังงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป

## 2. วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม และเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานกับเครื่องมือมาตรฐาน

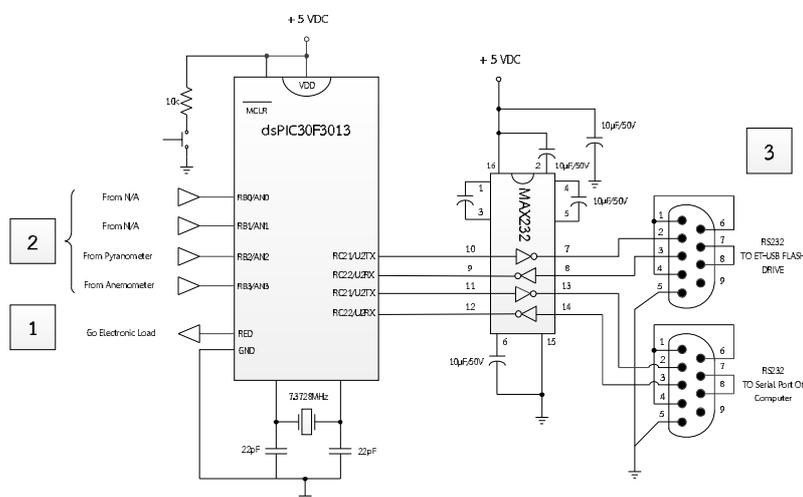
## 3. อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

### ไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F3013

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F3013 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ประยุกต์ใช้สำหรับงานวิจัย โดยงานวิจัยนี้จะเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น 28 พิน เบอร์ dsPIC30F3013 ของ Microchips เป็น MCU ประจำบอร์ด โดย dsPIC30F3013 เป็น MCU ซึ่งใช้การประมวลผลข้อมูลแบบ 16 บิต เช่นเดียวกับบอร์ด ET-BASE dsPIC30F2010/4011 แบบเดิม [4] นอกจากนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F3013 ยังมีจุดเด่นในด้านของความสามารถในการแปลงข้อมูลขนาด A To D 12 บิต ที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัยได้ ซึ่งสามารถแปลงข้อมูลได้มากกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น dsPIC30F2010/4011

### วงจรควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

จากวงจรควบคุมการทำงานของระบบได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น 28 พิน เบอร์ dsPIC30F3013 แสดงดังภาพที่ 2 โดยในการควบคุมนั้นจะประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ คือ 1) การส่งสัญญาณไฟฟ้าไปควบคุมอิเล็กทรอนิกส์โหลด 2) การรับส่งสัญญาณจากภายนอก 3) การส่งสัญญาณข้อมูลเพื่อบันทึกค่าลงในคอมพิวเตอร์ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการส่งผ่านข้อมูลโดยใช้โมดูล UART เพื่อติดต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ตอนุกรม จากนั้นทำการคัดลอกข้อมูลที่บันทึกค่าได้ลงบนคอมพิวเตอร์แล้วนำไปพล็อตกราฟด้วยโปรแกรม Microsoft Excel หรือโปรแกรมพล็อตกราฟอื่น ๆ

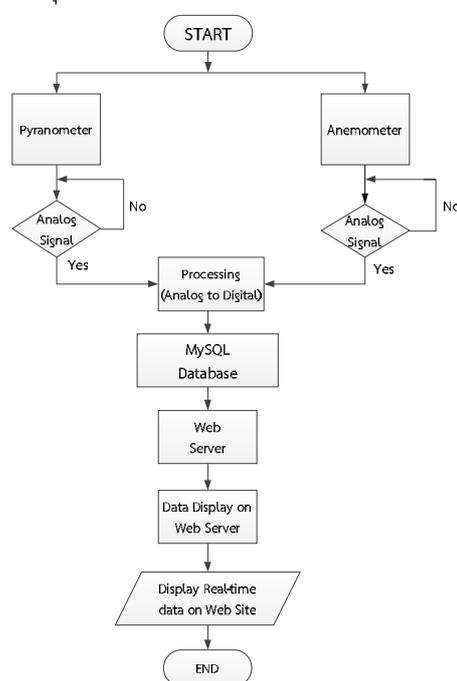


ภาพที่ 2 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น 28 พิน เบอร์ dsPIC30F3013

### วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม

ในส่วนนี้ จะกล่าวถึงวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ซึ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลจะดำเนินการเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

- ขั้นตอนที่ 1 เริ่มต้นที่การตั้งค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดในระบบควบคุมของเครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องวัดพลังงานลม
- ขั้นตอนที่ 2 ระบบควบคุมจะทำการตรวจสอบค่ารังสีแสงอาทิตย์และตรวจสอบค่าความเร็วลมที่วัดได้ เพื่อแปลงเป็นสัญญาณแบบอนาล็อก
- ขั้นตอนที่ 3 ทำการแปลงสัญญาณแบบอนาล็อกเป็นสัญญาณแบบดิจิทัล โดยใช้อุปกรณ์แปลงสัญญาณที่พัฒนาขึ้น โดยเฉพาะ
- ขั้นตอนที่ 4 เขียนโปรแกรมเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล MySQL โดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Studio ที่พัฒนาขึ้น โดยเฉพาะ
- ขั้นตอนที่ 5 สร้างฐานข้อมูล MySQL Database เพื่อจัดเก็บข้อมูลลงบนฐานข้อมูล
- ขั้นตอนที่ 6 สร้างหน้าเว็บเพจเพื่อแสดงข้อมูลในฐานข้อมูล MySQL
- ขั้นตอนที่ 7 แสดงข้อมูลแบบเวลาปัจจุบันบนเว็บไซต์

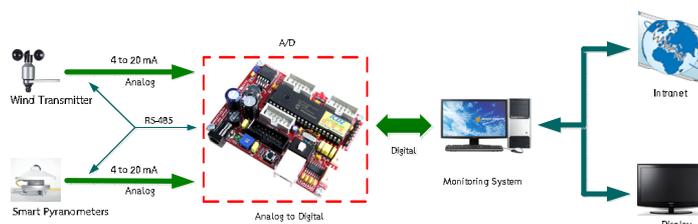


ภาพที่ 3 กระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลของระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม

จากภาพที่ 3 การพัฒนาโปรแกรมเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม จะเขียนคำสั่งเพื่อรับค่าจากไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Studio และเขียนคำสั่งเพื่อเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล MySQL เพื่อให้สามารถบันทึกค่าพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมที่ได้ลงบนฐานข้อมูล MySQL โดยใช้ภาษา VB.net จากนั้นจึงสร้างหน้าเว็บเพจเพื่อแสดงค่าในฐานข้อมูล MySQL [2]

#### การออกแบบระบบควบคุมการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม

การออกแบบระบบควบคุมการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมประกอบไปด้วย เครื่องมือวัดความเร็วลม (Wind Transmitter) [5] เครื่องมือวัดความเข้มแสงอาทิตย์ (Smart Pyranometers) มีค่า Sensitivity  $16.27 \mu\text{V/Watt}\cdot\text{m}^2$  [6] อุปกรณ์แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นค่าดิจิทัล (Analog to Digital) ระบบบันทึกและแสดงผล (Monitoring System) และวงจรโครงข่ายอินทราเน็ต (Intranet) ดังแสดงในภาพที่ 4

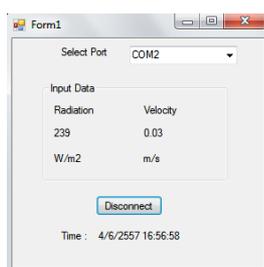


ภาพที่ 4 โครงสร้างของระบบควบคุมการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม

ซึ่งจะเห็นได้ว่าจากภาพที่ 4 ไม่สามารถทำให้คอมพิวเตอร์ติดต่อรับค่าจาก Smart Pyranometers และ Wind Transmitter โดยตรงได้ เนื่องจากอุปกรณ์ส่งค่าเป็นอนาล็อก ขนาด 4-20 มิลลิแอมป์ ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกใช้เครื่องมือวัดที่ส่งค่าเป็นกระแสไฟฟ้า เนื่องจากสามารถส่งค่าไปได้ไกลและมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าการส่งค่าเป็นแรงดัน จากนั้นจึงหาทางติดต่อด้วยการทำให้ค่าที่รับมานั้นเปลี่ยนเป็นบิตดิจิตอลก่อน เนื่องจากสัญญาณดิจิตอลนี้เป็นสัญญาณที่คอมพิวเตอร์ใช้ในการทำงาน และติดต่อสื่อสารกัน จากนั้นบิตที่ส่งมาต้องเปลี่ยนค่าให้เป็นแรงดันไม่เกิน 5 โวลต์ จึงได้มีการนำวงจรแปลงอนาล็อกเป็นค่าดิจิตอล หรือที่เรียกว่า A to D (Analog to Digital circuit) มาทำการแปลงค่าก่อนโดยทำการต่อกระแสไฟฟ้าที่ได้จาก หัววัด Smart Pyranometers และ Wind Transmitter ที่มีค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดคือ 20 มิลลิแอมป์ ดังนั้นเพื่อให้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ส่งเข้าพอร์ตรับค่าของวงจรควบคุม ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงต้องทำการต่อค่าความต้านทานขนาด 250 โอห์ม ขนานกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ของทั้งสองหัววัด เพื่อให้ได้ค่าเป็นแรงดันเต็มพิคที่ 5 โวลต์ จากนั้นโปรแกรมจะไปรับค่ามาประมวลผลเพื่อแสดงผล และเก็บต่อไปด้วยระบบคอมพิวเตอร์

### โปรแกรม Visual Basic

โปรแกรม Visual Basic ทำหน้าที่ควบคุมการบันทึกค่าจากบอร์ด A to D ไปยังฐานข้อมูล MySQL Database โดยการสร้าง Window Form เพื่อใช้สำหรับติดต่อฐานข้อมูล MySQL Database ซึ่งจะใช้ภาษา VB.net ในการเขียนโปรแกรมคำสั่งติดต่อฐานข้อมูล MySQL Database ซึ่งในโปรแกรม Microsoft Visual Studio จะมีเครื่องมือในการสร้าง Window Form ที่ช่วยให้ผู้ใช้งานสร้าง Window Form ที่ง่ายและรวดเร็วขึ้น แสดงดังภาพที่ 5

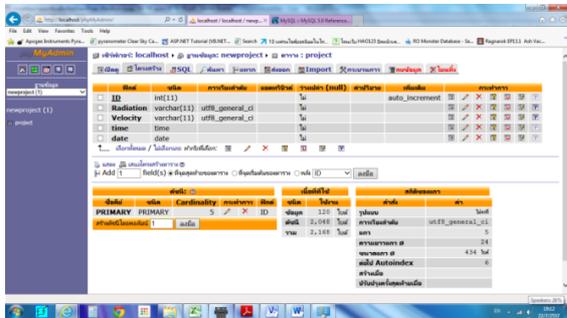


ภาพที่ 5 Windows Form ติดต่อฐานข้อมูล MySQL Database

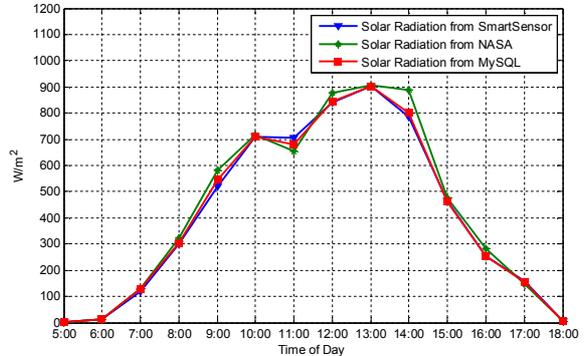
### การบันทึกค่าลงฐานข้อมูล MySQL Database

งานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม Appserv ซึ่งเป็นโปรแกรมที่รวม Open Source Software หลายอย่างที่เป็นต่อการเขียนเว็บไซต์มารวมกัน ประกอบไปด้วย PHP Apache MySQL Database และ phpMyAdmin ทำให้การติดตั้งและการใช้งานโปรแกรมง่ายขึ้น การสร้างฐานข้อมูลและตารางฐานข้อมูล MySQL Database บนโปรแกรม Appserv เพื่อบันทึกค่าพลังงานแสงอาทิตย์

และพลังงานลมลงบนฐานข้อมูล MySQL Database โดยการสร้างฐานข้อมูลด้วย PHP-MyAdmin ใน AppServ การติดตั้งซอฟต์แวร์ที่จะทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์มีการทำงานเหมือนกับ hosting เมื่อติดตั้งเสร็จก็พร้อมใช้งานได้ทันที ดังแสดงในภาพที่ 6



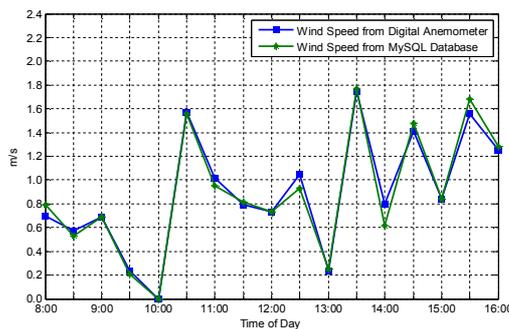
ภาพที่ 6 ตารางฐานข้อมูล MySQL Database



ภาพที่ 7 พลังงานแสงอาทิตย์จากฐานข้อมูล MySQL เปรียบเทียบกับโปรแกรม Smart Sensor และองค์การ NASA

**ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม**

งานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร โดยการวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้ข้อมูลที่บันทึกผลได้โดยตรงจากโปรแกรมบันทึกค่าฐานข้อมูล MySQL ที่สร้างขึ้นมา ซึ่งจะสามารถ download ข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในรูปแบบของ Excel File สำหรับการนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดตามมาตรฐานและซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ จากภาพที่ 7 เป็นการนำข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ที่บันทึกผลได้โดยตรงจากโปรแกรม Smart Sensor Demo Version 1.0 และองค์การ NASA มาพล็อตกราฟเปรียบเทียบกับโปรแกรมบันทึกค่าฐานข้อมูล MySQL ที่สร้างขึ้น (ข้อมูล ณ วันที่ 23 เมษายน 2557) โดยเส้นสีน้ำเงินจะแสดงค่าที่ได้จากโปรแกรม Smart Sensor Demo Version 1.0 เส้นสีเขียวจะแสดงค่าที่ได้จากองค์การ NASA และเส้นสีแดงจะแสดงค่าที่ได้จากฐานข้อมูล MySQL และจากภาพที่ 8 เป็นผลการวัดความเร็วลมจากฐานข้อมูล MySQL แบบเต็มวัน (ข้อมูล ณ วันที่ 30 มิถุนายน 2557) โดยเส้นสีน้ำเงินจะแสดงค่าที่ได้จากเครื่องมือทดสอบความเร็วลม VICTOR 816 Digital Anemometer และเส้นสีเขียวจะแสดงค่าที่ได้จากฐานข้อมูล MySQL



ภาพที่ 8 ความเร็วลมจากฐานข้อมูล MySQL เปรียบเทียบกับ VICTOR 816 Digital Anemometer

จากวิธีดำเนินการวิจัยและการทดสอบวิเคราะห์ผลการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เป็นการทดสอบวัดบันทึกผลระบบวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมแบบเต็มวัน แสดงให้เห็นว่าระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมที่สร้างขึ้นสามารถตรวจวัดและบันทึกผลได้จริง อีกทั้งระบบวัดพลังงานแสงอาทิตย์และ

พลังงานลมสามารถแสดงผลพลังงานได้อย่างครอบคลุมในทุกส่วนของระบบ อยู่ในรูปกราฟิกหรืออาจจะแสดงในรูปของ Excel File ก็ได้ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และเมื่อนำข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้จากฐานข้อมูล MySQL ที่สร้างขึ้นมาเปรียบเทียบกับโปรแกรม SmartSensor ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของ Kipp & Zonen พบว่า มีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ในช่วงที่มีแสงแดดเท่ากับ 3.11 เปอร์เซ็นต์ และเปรียบเทียบกับองค์การ NASA จากโปรแกรม HOMER [7] พบว่า มีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยเท่ากับ 4.52 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำข้อมูลพลังงานลมจากฐานข้อมูล MySQL มาเปรียบเทียบกับเครื่องมือทดสอบความเร็วลม VICTOR 816 Digital Anemometer พบว่า มีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยเท่ากับ 1.48 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลที่ได้จากการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมมีค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้

#### 4. ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ที่มีการแสดงผลบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

1) การแสดงผลการตรวจสอบจะแสดงผลที่เครื่องคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์สื่อสารได้ทั้งแบบไร้สายที่ต่ออยู่กับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแบบ Wireless หรือ เครือข่าย LAN โดยผ่านโปรแกรมบราวเซอร์

2) การตรวจสอบด้วยระบบตรวจสอบพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตจะทำการตรวจสอบพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมที่มีความละเอียดทุก ๆ 10 วินาที และเก็บบันทึกลงฐานข้อมูล MySQL Database

3) จากการทดสอบหาประสิทธิภาพของระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม โดยทดสอบจากความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดตามมาตรฐานและซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ พบว่าค่าที่วัดได้มีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยน้อยและมีความเที่ยงตรงสูง ซึ่งสามารถยืนยันคุณภาพของเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้นได้ว่ามีประสิทธิภาพสูง

4) จากการพัฒนาระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม พบว่า พลังงานแสงอาทิตย์จากการตรวจวัดต่อวัน ได้ค่าประมาณ 5.80 KW/m<sup>2</sup>/d ซึ่งเหมาะสำหรับการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้เป็นพลังงานทดแทนในการผลิตกระแสไฟฟ้าและความเร็วลมเฉลี่ยจากการตรวจวัด ได้ค่าประมาณ 0.89 m/s ซึ่งพบว่ายังมีความไม่เหมาะสมสำหรับการนำพลังงานลมไปใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า เนื่องจากมีค่าความเร็วลมอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่าจุดทำงานของกังหันลมในการผลิตกระแสไฟฟ้า

#### 5. สรุปผลการวิจัย

จากผลการออกแบบและสร้างระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมที่สร้างขึ้นสามารถวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมได้ โดยค่าจากการวัดพลังงานแสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับโปรแกรม Smart Sensor ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของ Kipp & Zonen และเปรียบเทียบกับองค์การ NASA จากโปรแกรม HOMER ผลการวิจัยที่ได้แสดงให้เห็นว่ามีค่าความผิดพลาดของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ยอมรับได้ และความเร็วมเปรียบเทียบเครื่องมือวัดความเร็วลม VICTOR 816 Digital Anemometer แบบพกพา ผลการวิจัยที่ได้แสดงให้เห็นว่ามีค่าความผิดพลาดของความเร็วลมที่ยอมรับได้เช่นเดียวกัน จากการใช้งานระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสามารถต่อเข้ากับระบบเครือข่าย Wireless หรือ เครือข่าย LAN และเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยระบบวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมนี้อาจมีหมายเลข IP Address เหมือนกับคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์เครือข่ายอื่น ๆ โดยในการเข้าถึงข้อมูลของระบบวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมของผู้ใช้จะอ้างอิงหมายเลข IP Address โดยใช้โปรแกรมบราวเซอร์ และสามารถเรียกดูข้อมูลบนฐานข้อมูลได้จาก Web Server ซึ่งผู้เข้าถึงข้อมูลจำเป็นต้องมี User name และ Password เพื่อการเข้าถึง Database Server โดยข้อมูลที่ได้อาจเก็บบันทึกค่าลงฐานข้อมูล MySQL แต่ละครึ่งถูกตั้งค่าไว้ห่างกันทุก ๆ 10 วินาที เพื่อให้ข้อมูลก็นำมาแสดงเป็นกราฟโดยโปรแกรม Microsoft Excel หรือโปรแกรมอื่น ๆ ที่สามารถแสดงผลเป็นกราฟให้มีความละเอียดมากขึ้น

## 6. ข้อเสนอแนะ

- 1) ควรนำข้อมูลแบบรายปีมาวิเคราะห์เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำมากขึ้น
- 2) ควรพัฒนาระบบเพื่อให้สามารถแสดงผลข้อมูลเป็นกราฟบนเว็บไซต์
- 3) หากนำไปใช้จริงควรมีระบบส่งสัญญาณเมื่อความเร็วลมเกินขีดจำกัดที่กำหนด และส่งสัญญาณย้อนกลับเพื่อไปหยุดการทำงานของใบพัดกังหันลมเพื่อป้องกันความเสียหาย ในกรณีลมแรงเกินขีดจำกัด

## 7. References

- [1] B. Plangklang, Solar Energy Measurement and Display System, Electrical Engineering Program, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani, 2009.
- [2] K. Deepeun, A Development of Anemometer at Height Level 10-15 Meters and Intranet Display and Back Up in USB Flash Drive, Bachelor of Engineering Thesis, Burapha University, Chonburi, 2008.
- [3] W. Jamrasnaew, Solar Cell Monitoring System via Intranet Network, Master of Engineering Thesis, Khon Kaen University, Khon Kaen, 2010.
- [4] A. Kesawattanakul, An Application of Microcontroller to Measure Solar Cell Power and Study of Opto-Electronic Devices' Properties, Master of Engineering Thesis, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, PathumThani, 2010.
- [5] Wind Transmitter, <http://www.Thiesclima.com>, 23 October 2015
- [6] Smart Pyranometers, <http://www.kippzonen.com>, 23 October 2015
- [7] HOMER Software, <http://www.Homerenergy.com>, 25 June 2015