

# การพัฒนาระบบเก็บข้อมูลและควบคุมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานหมุนเวียนแบบผสมผสาน

DEVELOPMENT OF DATA ACQUISITION AND CONTROL SYSTEMS FOR HYBRID RENEWABLE ENERGY SYSTEM

## สิทธิชัย คล้ายแจ็ก

นักศึกษาระดับปริญญาโท คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ  
สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
E-mail: baanklayjek@hotmail.co.th

## ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นริส ประทินทอง

คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ  
สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
E-mail : naris.pra@kmutt.ac.th

## ดร.อุสาศห์ บุญบำรุง

หัวหน้าห้องปฏิบัติการวิจัยบูรณาการระบบพลังงานสะอาด  
สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
E-mail : usaboonbumroong@gmail.com

## บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบเก็บข้อมูลและควบคุมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานหมุนเวียนแบบผสมผสานประกอบไปด้วย โซลาร์เซลล์ กังหันลมและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลโดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ราสเบอร์รี่พาย (Raspberry pi) เชื่อมต่อกับระบบผ่าน Port RS 485 โดยใช้ระบบปฏิบัติการ ลินุกซ์ (Linux) เขียนด้วยโปรแกรมภาษา C, C++ เพื่อแสดงและเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความดันไฟฟ้าต่างๆ ในระบบ สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ระบบและควบคุมการทำงานของระบบอย่างเหมาะสมต่อไป โดยการติดตั้งทดสอบกับระบบผลิตไฟฟ้าชนิดเคลื่อนย้ายได้รุ่น PHPS 39-25 ที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน ผลจากงานวิจัยพบว่าบอร์ดราสเบอร์รี่พาย ที่พัฒนาขึ้นสามารถแสดงผลค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในระบบผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ได้อย่างรวดเร็วและมีเสถียรภาพ พร้อมทั้งดาวน์โหลดข้อมูลในรูปแบบไฟล์หรือโหลดข้อมูลผ่านเมมโมรี่การ์ด (SD card) ที่เชื่อมต่ออยู่ภายในตัวบอร์ด ซึ่งบอร์ดยังมีราคาถูกกว่าการนำเข้าระบบเก็บข้อมูลจากต่างประเทศประมาณ 10 เท่า นอกจากนี้บอร์ดที่พัฒนาขึ้นยังสามารถควบคุมการทำงานของควิเซลเจเนอเรเตอร์อัตโนมัติจากปริมาณประจุของแบตเตอรี่ และสามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการทำงานด้วยโปรแกรมได้ตามต้องการ

**คำสำคัญ :** ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานหมุนเวียนแบบผสมผสาน, บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์, การเก็บข้อมูลและควบคุม

## ABSTRACT

The purpose of this study was to develop a data acquisition and control system for electricity production system using hybrid renewable energy sources including solar cell, wind and diesel generators. The system was connected through microcontroller board 'Raspberry Pi' and transmitted meteorological data via Port RS 485. Weather data and electrical potential energy values were processed on Linux operating system written in C, C++ language to be used for analysis and control of the system. The results indicate that Raspberry Pi board can display parameters on web browser and download Excel data file to be connected with memory storage. The board also is cheaper than imported data acquisition system. This system enables the user to control autonomous diesel generator and transform it in various appropriate ways.

**KEYWORDS :** Electricity production system using hybrid renewable energy sources, Microcontroller board, Data acquisition and control

## ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แม้ว่าการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซลในพื้นที่ห่างไกลที่ระบบไฟฟ้าเข้าไม่ถึงนั้นสามารถทำได้สะดวกและรวดเร็วแต่ปัจจุบันราคาน้ำมันเชื้อเพลิงมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง การนำแหล่งผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมเข้าไปในระบบจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถดำเนินการได้ เพื่อลดค่าใช้จ่ายในด้านเชื้อเพลิงและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ระบบแต่ระบบดังกล่าวจะมีความซับซ้อนเพิ่มขึ้นจำเป็นต้องมีการติดตั้งระบบแสดงผล และเก็บข้อมูลเพิ่มเข้าไปในระบบ เพื่อให้ในการการควบคุมให้ระบบทำงานที่ประสิทธิภาพสูงสุด แต่ในปัจจุบันระบบดังกล่าวมีราคาค่อนข้างสูงขึ้นไป ประกอบกับระบบเก็บข้อมูลส่วนมากไม่รองรับเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย ดังนั้นข้อมูลของระบบจะถูกบันทึกไว้ที่อุปกรณ์เก็บข้อมูล ณ ที่ติดตั้งระบบเท่านั้นหากต้องการวิเคราะห์หรือเรียกดูข้อมูลของระบบจำเป็นต้องเดินทางไปเก็บข้อมูลซึ่งเป็นการไม่สะดวกทำให้เสียเวลาแต่อย่างไรก็ตามในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์มีการพัฒนาการอย่างต่อเนื่องโดยมีการพัฒนาด้านความเร็วประสิทธิภาพและลักษณะของระบบปฏิบัติการมีหลาย ๆ ตระกูลที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการเก็บข้อมูลอัตโนมัติได้อย่างเหมาะสม เช่น AVR (Arduino), ARM7 cortex

และ ARM9 เป็นต้น เนื่องจากมีความละเอียดสูงประมวลผลเร็ว (32 Bit) ราคาไม่สูงมาก สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ได้หลายชนิด เช่น จอแสดงผล บอร์ดมีขนาดเล็ก และสามารถส่งสัญญาณแบบไร้สายได้ เป็นต้น

ดังนั้นเพื่อให้ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานหมุนเวียนแบบผสมผสานเกิดประโยชน์สูงสุด ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำเทคโนโลยีทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์ใช้งานด้านการแสดงผลและติดตามข้อมูลของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานที่สามารถทำงานได้แม่นยำ เสถียร และราคาถูก (Rosiek and Battles, 2008)

เพื่อติดตั้งใช้งานและสามารถควบคุมอุปกรณ์ของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานหมุนเวียนแบบผสมผสานภายในประเทศที่ทำการติดตั้งโดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (ห้องปฏิบัติการบูรณาการระบบพลังงานสะอาด, 2557) และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับระบบอื่นๆ อีกด้วย

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาระบบแสดงผลและควบคุมการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน ที่สามารถแสดงผลและควบคุมการทำงานด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ราคาเบอรรี่ผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์

## วิธีดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาการทำงานและการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทางด้านฮาร์ดแวร์ของระบบผลิตไฟฟ้าชนิดเคลื่อนย้ายได้ รุ่น PHPS 39-25 ที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียนประกอบด้วย

- อินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมต่อสายส่งกำลังไฟฟ้า ยี่ห้อ SMA รุ่น Sunny Tripower6000TL ขนาด 6 kW เชื่อมต่อกับแผงโซลาร์เซลล์ชนิด Poly Crystalline Silicon (240W) จำนวน 24 แผง
- อินเวอร์เตอร์แบบสองทิศทาง ยี่ห้อ SMA รุ่น Sunny Island2224 ขนาด 2.2 kW จำนวน 3 เครื่อง
- ดีเซลเจนเนอเรเตอร์ ขนาด 26 kW 3 เฟส 230/400 V 50 Hz
- กังหันลมผลิตไฟฟ้ายี่ห้อ A-Wing ขนาด 1 kW ที่ความเร็วลม 5 m/s
- ระบบสะสมพลังงานใช้แบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด 2 V 600 Ah จำนวน 24 ลูก รวมความจุของระบบสะสมพลังงาน 28 kWh
- อุปกรณ์ตรวจวัดข้อมูลทางอุตุนิยมหาวิทยาลัยยี่ห้อ SMA รุ่น Sunny Sensor Box
- ระบบเก็บข้อมูลของบริษัท SMA Solar Technology AG รุ่น SUNNY WEBBOX ซึ่งจะถูกแทนที่ด้วยบอร์ด

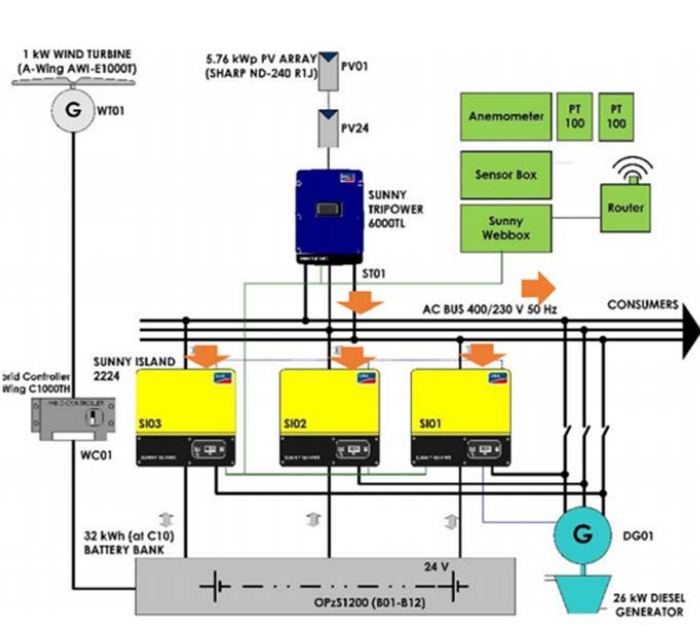
## รึาสเบอร์รี่พาย

- อุปกรณ์ตรวจวัดของบริษัท SMA Solar Technology AG รุ่น SUNNY SENSOR BOX ประกอบด้วย ตรวจวัดความเข้มของแสงอาทิตย์ ตรวจวัดความเร็วลม ตรวจวัดอุณหภูมิใต้แผงโซลาร์เซลล์และอุณหภูมิแวดล้อม

- รีโมทคอนโทรลของบริษัท SMA Solar Technology AG รุ่นSUNNY REMOTE CONTROL เชื่อมต่อกับอินเวอร์เตอร์แบบสองทิศทางที่ตัว Master เพื่อใช้ในการตั้งค่าต่างๆ และควบคุมระบบทั้งหมด

อุปกรณ์ในระบบทั้งหมดข้างต้นนำมาเชื่อมต่อกับบอร์ดรึาสเบอร์รี่พายผ่าน Port RS-485 โดยใช้ตัวแปลงสัญญาณจาก RS-485 to RS232 to USB เพื่อเชื่อมต่อกับบอร์ดรึาสเบอร์รี่พายดังภาพที่ 1

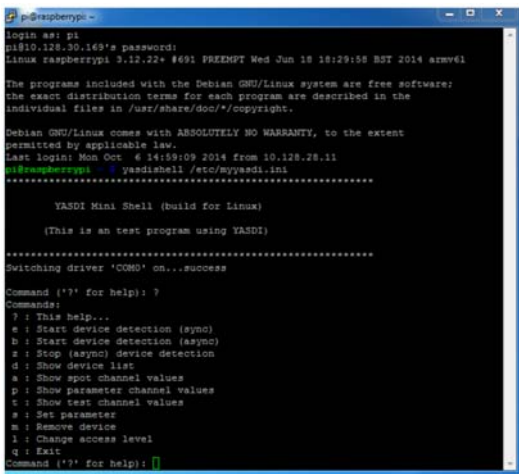
2. การนำบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์รึาสเบอร์รี่พายเข้ามาแทนที่อุปกรณ์เก็บข้อมูลเดิมของทางบริษัท SMA จะมีโปรแกรมที่ชื่อว่า YASDI เขียนด้วยภาษา C ทำหน้าที่เชื่อมต่อสื่อสารกับตัวอุปกรณ์ของบริษัท SMA เพื่อให้ นักพัฒนาเข้ามาศึกษาที่ใช้ในการปรับปรุงพัฒนาระบบ ซึ่งใช้ได้ทั้งระบบปฏิบัติการวินโดว (Window32) และระบบปฏิบัติการลินุกซ์ โดยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้งานวิจัยนี้เป็นระบบปฏิบัติการลินุกซ์ ซึ่งถือว่าโปรแกรม YASDI เป็นการเชื่อมต่อที่จะให้บอร์ด



ภาพที่ 1 ส่วนประกอบของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน และการเชื่อมต่อบอร์ดรึาสเบอร์รี่พาย

ไมโครคอนโทรลเลอร์กับชุดอุปกรณ์ของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานหมุนเวียนแบบผสมผสานสามารถเชื่อมต่อสื่อสารระหว่างกันและสามารถค้นหาพารามิเตอร์ของอุปกรณ์แบบ Real Time โดยจะต้องติดตั้งโปรแกรม ซึ่งดาวน์โหลดข้อมูลได้จาก <http://www.sma.de/en/products/monitoring-systems/yasdi.html> เมื่อโหลดโปรแกรมเสร็จเรียบร้อย ต่อไปเป็นการติดตั้งโปรแกรมลงบอร์ดราสเบอร์รี่พายโดยพิมพ์คำสั่งต่อไปนี้

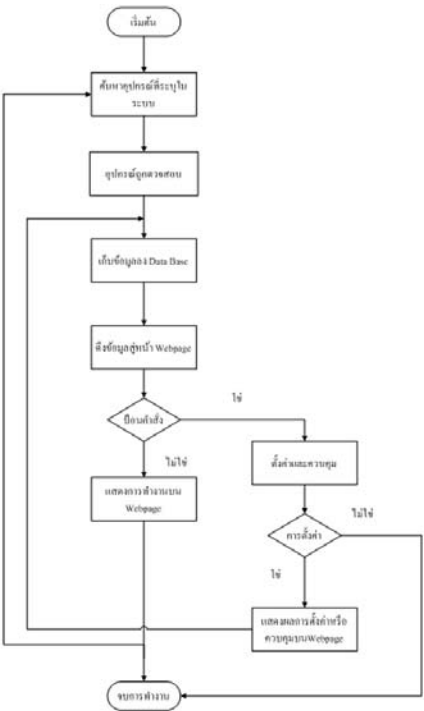
```
cd /usr/local/src/libyasdi_1_8_1/
cd projects/generic-cmake
mkdir build-gcc
cd build-gcc
cmake ..
make
sudo make install
export LD_LIBRARY_PATH=$LD_LIBRARY_PATH:/usr/local/lib
sudo ldconfig /usr/local/lib
```



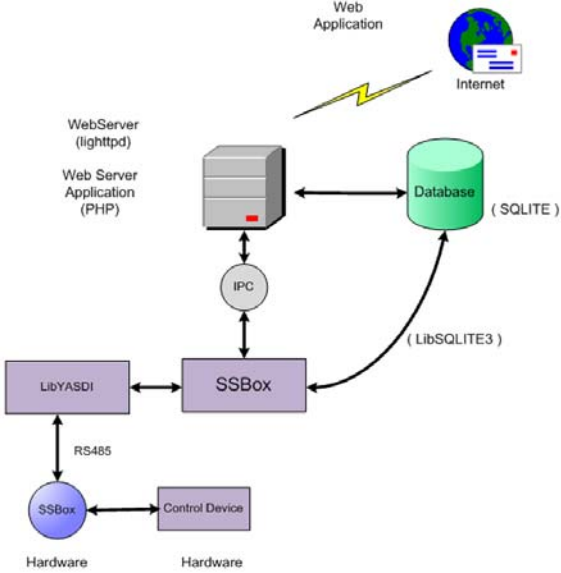
ภาพที่ 2 แสดงผลการเชื่อมต่อโปรแกรม YASDI บนหน้าจอ

เมื่อทำการตั้งค่าลงโปรแกรมในบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์หลังจากนั้นทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ผ่าน RS-485 to RS232 to USB และทำการทดสอบโดยพิมพ์คำสั่งบนหน้าจอ command : yasdishell /etc/myyasdi.ini จะแสดงดังในภาพที่ 2

3. เมื่อบอร์ดราสเบอร์รี่พาย สามารถเชื่อมต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ที่ติดตั้งในระบบได้แล้วต่อไปจะเป็นการออกแบบการทำงานในลักษณะตามโฟลว์ชาร์ตภาพที่ 3 ซึ่งจะเห็นขั้นตอนการทำงานแต่ละขั้นตอนเพื่อที่จะทำให้ง่ายในการออกแบบโปรแกรม



ภาพที่ 3 โครงสร้างแสดงการออกแบบโปรแกรม



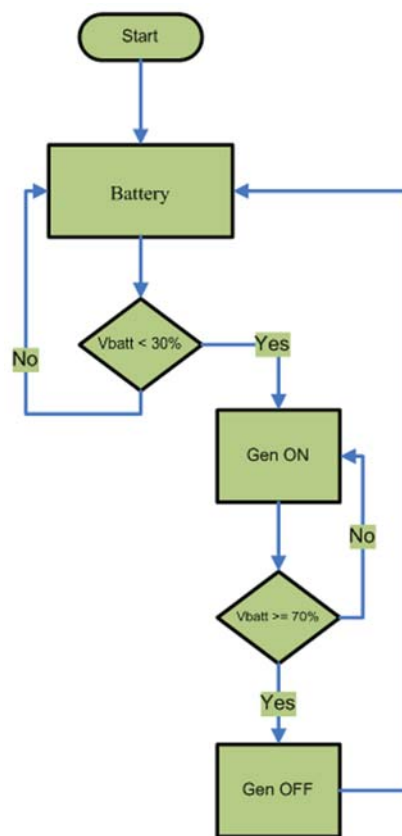
จากภาพที่ 3 โครงสร้างการทำงานของระบบผ่านโปรแกรม โดยจะเห็นได้ว่าชุดของซอฟต์แวร์นั้นถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ

(1) ซอฟต์แวร์สำเร็จรูป คือ ส่วนของซอฟต์แวร์ที่มีผู้ออกแบบได้พัฒนาขึ้นมาอยู่แล้ว ซึ่งตรงกับความต้องการของระบบที่สามารถนำมาใช้งานในระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานได้โดยไม่ต้องมีการเข้าไปแก้ไข Code ใดๆ ทั้งสิ้น ได้แก่ Lighttpd และ PHP

(2) ซอฟต์แวร์กึ่งสำเร็จรูป (Library) คือ ส่วนประกอบของโปรแกรมที่มีผู้ออกแบบได้พัฒนาขึ้นมา เพื่อจะนำไปใช้เป็นตัวช่วยในการพัฒนาโปรแกรมต่อไป ซึ่งโปรแกรมกึ่งสำเร็จรูปนี้ไม่สามารถทำงานด้วยตัวเองได้จะต้องถูกเรียกใช้จากทางโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาอีกที ได้แก่ libSqlite3 และ libYasdi

(3) ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้น คือ โปรแกรมที่ผู้วิจัยทำการพัฒนาขึ้นมา และผนวกเข้ากับโปรแกรมกึ่งสำเร็จรูปเพื่อให้สามารถทำงานตามที่ต้องการโดยซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นคือ Web Application, Web Service Application และ SSBx

4. ออกแบบการควบคุมดีเซลเจเนอเรเตอร์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์จะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การแสดงผล เก็บข้อมูลซึ่งดูผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์และยังสามารถควบคุมอุปกรณ์ได้เพราะบอร์ดราสเบอร์รี่พาย มีขา I/O สำหรับเชื่อมต่อ ต่ออินพุตเอาต์พุต GPIO, SPI, I<sup>2</sup>C, I<sup>2</sup>S และ UART ซึ่งในงานวิจัยนี้จะทำการควบคุมการทำงานของดีเซลเจเนอเรเตอร์ผ่านอินพุตเอาต์พุต GPIO โดยรับคำสั่งจากสถานะของ % แบตเตอรี่ จากการออกแบบสร้างระบบควบคุมผ่านบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้นเพื่อควบคุมการทำงานของระบบจะขึ้นอยู่กับปริมาณประจุของแบตเตอรี่โดยกำหนด ดีเซลเจเนอเรเตอร์ทำงานจ่ายกำลังไฟฟ้าเข้าระบบเมื่อค่าปริมาณประจุของแบตเตอรี่ลดลงถึงค่าที่กำหนด (30%) และจะทำงานจนกระทั่งประจุแบตเตอรี่จนถึงค่าที่กำหนด (70%) จึงทำการหยุดการทำงานดีเซลเจเนอเรเตอร์ ดังจากภาพที่ 4

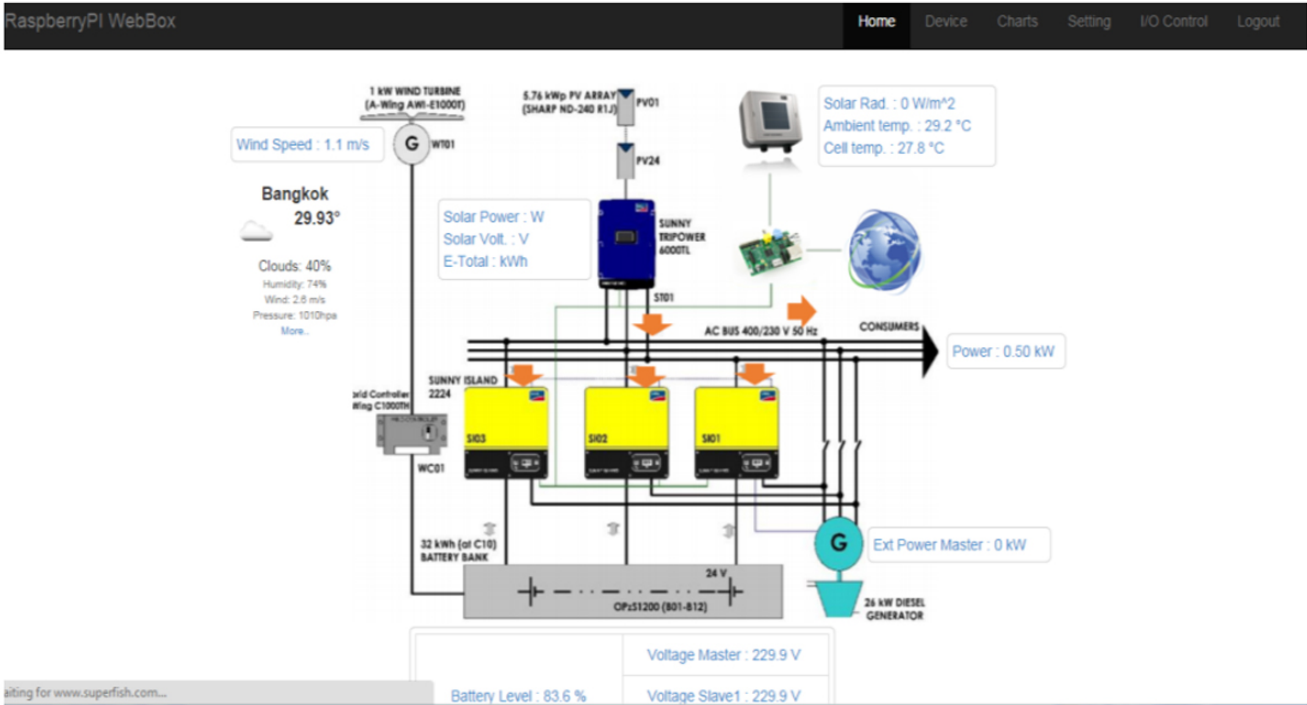


ภาพที่ 4 โฟลว์ชาร์ตแสดงการควบคุมดีเซลเจเนอเรเตอร์

### ผลการวิจัย

ผลการศึกษาวิจัยจากการศึกษาทางด้านฮาร์ดแวร์ ทำให้มีความเข้าใจระบบและสามารถออกแบบโปรแกรมและเลือกบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างเหมาะสมเพราะมีการติดตามผลการทำงานและปรับปรุงแก้ไข ซึ่งดูได้จากข้อมูลที่ได้ในกรณีเก็บบันทึกเป็นเวลาประมาณ 2 เดือน และผลออกมาข้อมูลไม่มีการสูญหาย และมีการประมวลผลได้รวดเร็วเสถียรภาพกว่าอุปกรณ์เก็บข้อมูลเดิม ซึ่งจะอธิบายการแสดงผลและการควบคุมได้ดังนี้

1. นำข้อมูลขึ้นแสดงผลแบบ Real Time และโดยการเชื่อมต่อทางอินเทอร์เน็ต



ภาพที่ 5 การแสดงผลหน้าเว็บบราวเซอร์

จากภาพที่ 5 โดยเป็นการแสดงค่าพลังงานแต่ละอุปกรณ์บนหน้านี้ เพื่อต้องการให้ทราบถึงค่าคุณนียมวิทยา และค่าพลังงานไฟฟ้าหลักๆ ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนแบบผสมผสานนี้ เพื่อให้ง่ายและสะดวกเห็นระบบได้โดยรวม ซึ่งหน้านี้จะประกอบไปด้วยค่าต่างๆ ที่สำคัญดังนี้

- ค่าพลังงานโซล่าเซลล์ที่จ่ายให้กับระบบ
- แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจากแผงโซล่าเซลล์
- ค่ากำลังไฟฟ้ากิโลวัตต์รวมทั้งหมดต่อชั่วโมง (kW/h)
- ค่าความเข้มแสงอาทิตย์วัดต่อตารางเมตรW/m
- ค่าความเร็วลม เมตรต่อวินาที (m/s)
- ค่าอุณหภูมิที่มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียสโดยถูกแบ่ง

เป็นสองส่วนคือค่าอุณหภูมิได้แผงโซล่าเซลล์และค่าอุณหภูมิแวดล้อมทั่วไป

- ค่าพลังงานประจุแบตเตอรี่ที่เป็นเปอร์เซ็นต์ (%)
- ค่าภาระโหลดที่มีการถูกจ่ายออกจากระบบในรูปแบบกำลังไฟฟ้า (kW) และแสดงค่าเมื่อระบบได้รับพลังงานในรูปแบบกำลังไฟฟ้า(kW)

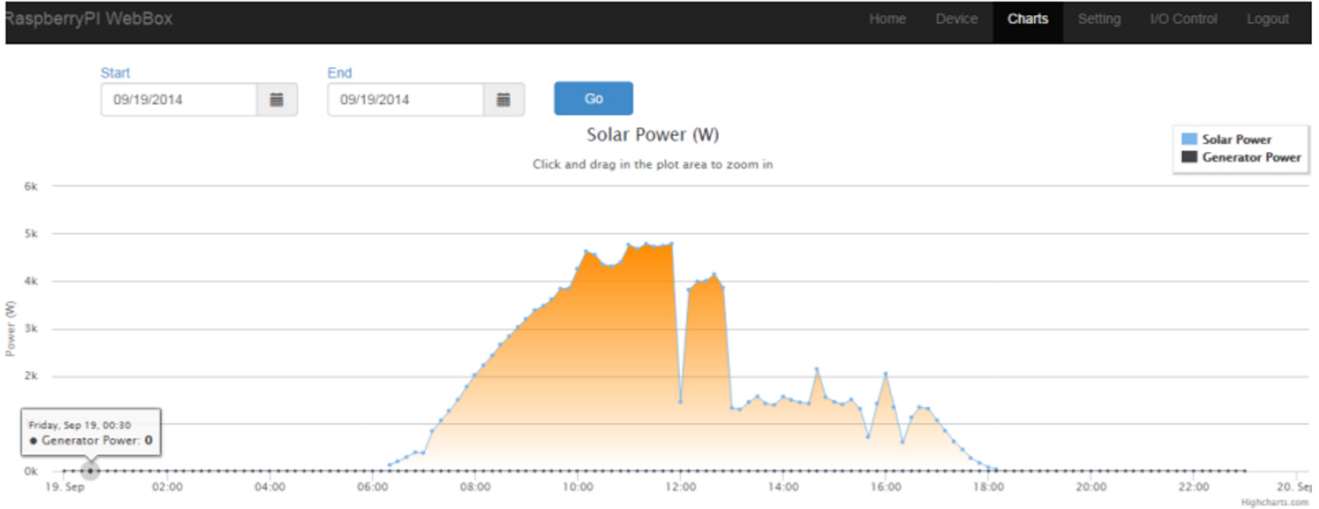
- ค่าพลังงานไฟฟ้าในรูปแบบกำลังไฟฟ้า (kW) ของดีเซลเจเนอเรเตอร์

2. แสดงกราฟบอกถึงค่าพลังงานที่ได้จากโซล่าเซลล์ และดีเซลเจเนอเรเตอร์เลือกดูค่าพลังงาน ปัจจุบันและแบบย้อนหลังโดยสามารถเลือกวันที่ต้องการและการใช้พลังงานแต่ละวัน เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์พลังงานต่อไป ขึ้นดังภาพที่ 6

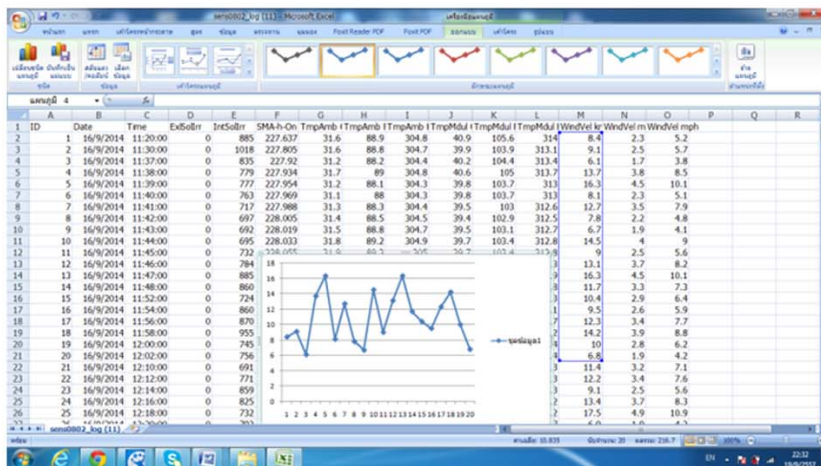
3. สามารถดาวน์โหลดข้อมูลในรูปแบบไฟล์ผ่านหน้าเว็บบราวเซอร์ได้ทันทีหรือกรณีไม่มีสัญญาณอินเทอร์เน็ต ข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในเมมโมรี่การ์ด ภายในตัวบอร์ดราสเบอร์รี่พาย ซึ่งไม่มีการทำให้ข้อมูลสูญหายและเลือกความถี่ในการบันทึกข้อมูลที่สามารถเลือกผ่านหน้าหน้าเว็บบราวเซอร์ตั้งแต่ 10 วินาทีถึง 1 ชั่วโมงต่อการบันทึกดังภาพที่ 7

4. การควบคุมดีเซลเจเนอเรเตอร์สามารถควบคุมผ่านบอร์ดราสเบอร์รี่พายโดยจะมีคำสั่งให้กับชุดรีเลย์ที่เชื่อมต่อกับควบคุมดีเซลเจเนอเรเตอร์และสามารถตั้งค่าการทำงานโดยจะแสดงสถานะบนเว็บบราวเซอร์ซึ่งระบบเดิมการควบคุมจะผ่านรีโมทคอนโทรล โดยจะมีชุดรีเลย์อยู่ภายในอินเวอร์เตอร์แบบสองทิศทางที่ตัวที่ 1 เชื่อมต่อกับควบคุมดีเซลเจเนอเรเตอร์ในการทำงานดังภาพที่ 8





ภาพที่ 6 กราฟแสดงค่าพลังงาน



ภาพที่ 7 การแสดงข้อมูล

DB record every :    
   
 Battery Threshold    
   
   
 Battery Threshold    
   
   
   
   
   
   
   
 Password    
 New    
 Confirm



Generator Status : **On**  
 Output 1 :   
 Output 2 :



ภาพที่ 8 แสดงการควบคุมผ่านเว็บเบราว์เซอร์

## อภิปรายผล

ผลจากการพัฒนาระบบเก็บข้อมูลและควบคุมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานหมุนเวียนแบบผสมผสานด้วยบอร์ดราสเบอร์รี่พายทำให้เห็นว่ามีความสามารถทดแทนอุปกรณ์เก็บข้อมูลแบบเดิมได้ คือ แสดงผลแบบ Real Time ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ สามารถเก็บข้อมูลของระบบและสามารถดาวน์โหลดข้อมูลในรูปแบบไฟล์ Excel และทำการควบคุมผ่านบอร์ดราสเบอร์รี่พาย ซึ่งอุปกรณ์เก็บข้อมูลเดิมนั้นไม่สามารถทำได้คือระบบเดิมจะทำการควบคุมผ่านรีโมทคอนโทรลที่เชื่อมต่ออินเวอร์เตอร์แบบสองทิศทางในการควบคุม และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างบอร์ดราสเบอร์รี่พายกับระบบอุปกรณ์เก็บข้อมูลเดิมนั้น จะเห็นถึงความแตกต่างได้ชัดเจน คือ บอร์ดราสเบอร์รี่พายมีการประมวลผลได้รวดเร็ว แม่นยำ และสามารถปรับเปลี่ยนโปรแกรมแสดงผล ได้ตามต้องการซึ่งอุปกรณ์เก็บข้อมูลเดิมไม่สามารถทำได้ นอกจากนั้นตัวบอร์ดยังมีราคาถูกกว่าประมาณ 10 เท่า

## ข้อเสนอแนะ

การโหลดข้อมูลจากเมมโมรี่การ์ดจะโหลดผ่านระบบปฏิบัติการลินุกซ์เท่านั้น อนาคตจะต้องมีการปรับปรุงโปรแกรมเพื่อให้โหลดข้อมูลได้ในระบบปฏิบัติการอื่น เช่น วินโดวส์ เพื่อความสะดวกในการใช้งาน เป็นต้น

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะอาจารย์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีและขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิจัยบูรณาการระบบพลังงานสะอาดที่คอยช่วยเหลือและแก้ปัญหาในทุกๆ ด้านจนทำให้งานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์

## เอกสารอ้างอิง

ห้องปฏิบัติการบูรณาการระบบพลังงานสะอาด. 2557. **คู่มือระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานชนิดเคลื่อนที่ได้ รุ่น PHPS 39-25**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

Rosiek, S. and Battles, F.J. 2008. A microcontroller-based data-acquisition system for meteorological station monitoring. **Energy Conversion and Management**. 49: 3746-3754.





### >> สิทธีชัย คล้ายแจ็ก

สำเร็จการศึกษาปริญญาโท (วศ.ม.) สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน พ.ศ. 2557 จากคณะพลังงาน สิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และปริญญาตรี (วศ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า พ.ศ. 2549 จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม  
ปัจจุบันประกอบอาชีพอิสระ



### >> ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นริศ ประทินทอง

สำเร็จการศึกษา ปริญญาเอก (D.Sc.) สาขา Physics พ.ศ. 2547 จาก Universite de Nice Sophia Antipolis ประเทศฝรั่งเศส ปริญญาโท (วท.ม.) สาขาเทคโนโลยีพลังงาน พ.ศ. 2539 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และปริญญาตรี (วท.บ.) สาขาวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์) พ.ศ. 2534 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
ปัจจุบันดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี



### >> ดร.อุสาศท์ บุญบำรุง

สำเร็จการศึกษา ปริญญาเอก (Ph.D.) สาขาเทคโนโลยีพลังงาน จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปริญญาโท (วศ.ม.) สาขาเทคโนโลยีพลังงาน พ.ศ. 2540 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และปริญญาตรี (ปทส.) สาขาไฟฟ้ากำลัง พ.ศ. 2537 จากสถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน  
ปัจจุบันดำรงตำแหน่งหัวหน้าห้องปฏิบัติการวิจัยบูรณาการระบบพลังงานสะอาด สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี