ระบบแจ้งเตือนเหตุขัดข้องแบบอัตโนมัติสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์
Automatic Malfunction Warning System for Photovoltaic Energy System

นภัทร วัจนเทพินทร์[1]* และไชยยันต์ บุญมี[2]

[1]รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จังหวัดนนทบุรี 11000
[2]อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จังหวัดนนทบุรี 11000

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาระบบแจ้งเตือนเหตุขัดข้องแบบอัตโนมัติ มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อเข้ากับระบบขนาด 5 kWp พร้อมระบบวัด บันทึกและแสดงผลด้วยระบบคอมพิวเตอร์แบบเวลาจริง ซึ่งติดตั้งอยู่ที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี ระบบดังกล่าวสามารถวัดพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า สภาวะอากาศ และแสดงผลแบบเวลาจริงได้ ซอฟต์แวร์ของระบบพัฒนาด้วยโปรแกรม LabVIEW โดยรับสัญญาณอินพุตจากระบบเฝ้าสังเกตที่มีอยู่เดิม ระบบดังกล่าวจะทำหน้าที่ตรวจสอบความบกพร่องของอุปกรณ์สำคัญในระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ และสามารถแจ้งเตือนผู้ดูแลระบบได้ทันที ผลการทดสอบ พบว่า การทำงานของระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์เป็นไปตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ โดยสามารถส่งข้อมูลแจ้งสาเหตุความผิดปกติของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ด้วยข้อความที่ปรากฏบนข้อความสั้น และจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ ได้อย่างถูกต้องทุกครั้ง ส่งผลให้ผู้ดูแลระบบสามารถแก้ไขให้ระบบผลิตไฟฟ้าทำงานได้อย่างสมบูรณ์อีกครั้งในเวลาอันรวดเร็ว

Abstract

This paper presents the development of Automatic Malfunction Warning System (AMWS). The objective is to improve the performance of 5-kWp Grid-connected PV system with real time PC based monitoring system installed at Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi Nonthaburi, Thailand. The system is able to measure electrical parameters and air condition with real-time display. The AMWS comprises of hardware and software. The software was developed by LabVIEW. The AMWS's function is to monitor important equipment in the PV energy system. If there is a malfunction or any detected faults, the AMWS would directly warn the operator of the PV energy system instantly. Results showed that the AMWS can complete programmed operation according to specified condition. The AMWS can send the right details and the cause of malfunction by SMS and E-mail every time the system did not work properly. The benefit of this system is that the operator can get the system to run properly and fix problems in a short period of time.

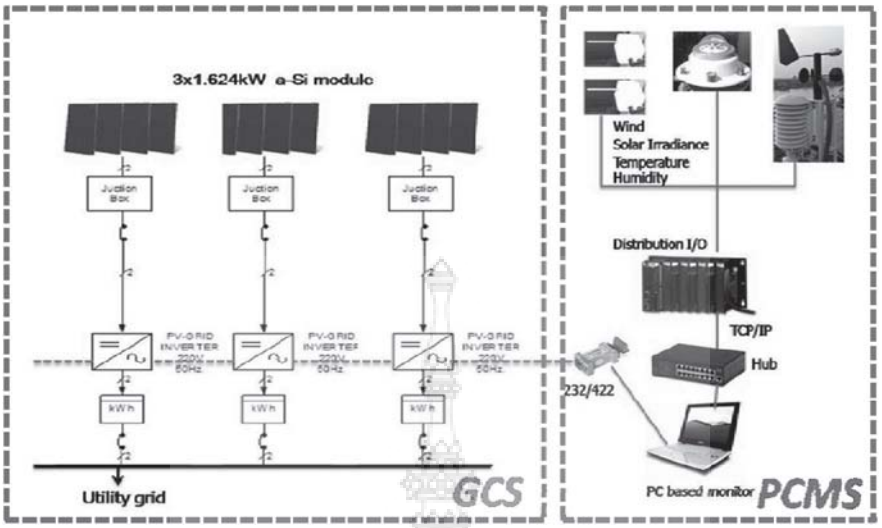
คำสำคัญ : ระบบแจ้งเตือนเหตุขัดข้อง ระบบวัด บันทึกและแสดงผล ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์
Keywords : Malfunction Warning System, Grid-connected PV System, Photovoltaic Energy System

* *ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ watjanatepin@rmutsb.ac.th โทร. 0 2969 1521*

1. บทนำ

การทำงานของระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่าย (Grid-Connected System, GCS) คือ การผลิตกระแสไฟฟ้าจ่ายให้กับระบบจำหน่ายไฟฟ้าอย่างเป็นอัตโนมัติเมื่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์เพียงพอ และระบบจะสามารถจ่ายพลังงานได้มากหรือน้อยนั้นจะแปรผันตามปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ และระยะเวลาที่มีแสงอาทิตย์ อีกทั้งยังรวมถึงระยะเวลาที่ระบบทำงานตามปกติและประสิทธิภาพของระบบอีกด้วย เนื่องจากการควบคุมปริมาณแสงอาทิตย์ไม่สามารถทำได้ เพราะเป็นพลังงานที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติและมีปริมาณแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล

ดังนั้น แนวทางการทำให้ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุดสามารถทำได้โดยการเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง และการรักษาเวลาการจ่ายพลังงานของระบบให้ยาวนานที่สุด นั่นหมายความว่า ระบบจะต้องทำงานตลอดช่วงเวลาที่ระบบได้รับปริมาณความเข้มรังสีแสงอาทิตย์เพียงพออย่างมีประสิทธิภาพอย่างสม่ำเสมอ หากระบบไม่ทำงานในช่วงที่มีแสงอาทิตย์เพียงพอ จะเกิดการสูญเสียพลังงานไปทันที นั่นคือ สมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์จะลดลงด้วยเช่นกัน โดยทั่วไประบบดังกล่าวจะมีจอแอลซีดี แสดงผลการทำงานว่าทำงานได้ปกติหรือติดตั้งอยู่ที่อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ซึ่งติดตั้งอยู่ในห้องควบคุม ประกอบกับเป็นระบบที่ต้องการการบำรุงรักษาน้อยมาก ผู้ดูแลระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ไม่จำเป็นต้องตรวจสอบการทำงานบ่อย ๆ ดังนั้น เมื่อมีเหตุขัดข้องเกิดขึ้นในระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ จึงทำให้ผู้ดูแลระบบไม่ทราบถึงปัญหาดังกล่าว บางครั้งกว่าจะทราบว่าระบบมีปัญหาอาจใช้เวลานานกว่า 1-2 วันและหากเป็นวันหยุดสุดสัปดาห์อาจใช้เวลานานกว่านั้น ปัญหาดังกล่าวจึงส่งผลให้ระบบผลิตไฟฟ้าไม่ทำงานและสูญเสียพลังงานที่ควรจะผลิตได้ไปจำนวนหนึ่ง ค่าสัดส่วนสมรรถนะ (Performance Ratio) ของระบบจะลดลงตามทันที จากการศึกษา [1] พบว่า จำนวนเวลาที่ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาดกำลังผลิตติดตั้ง 5kWp ไม่สามารถทำงานระหว่างปี 2004-2006 จากสาเหตุต่าง ๆ รวมทั้งสิ้นเท่ากับ 232 ชั่วโมง ซึ่งเทียบได้กับการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ประมาณ 300 kWh ปัจจัยที่ทำให้ระบบหยุดทำงานหรือมีประสิทธิภาพและสมรรถนะลดลงนั้นมีหลายสาเหตุ เช่น การตัดตอนของสวิตช์ป้องกันทางด้านไฟตรงหรือไฟสลับ การผลิตไฟฟ้าน้อยลงของเซลล์แสงอาทิตย์ (อันอาจเกิดจาก Blocking Diode ชำรุด หรือการสูญเสียในสายไฟฟ้า) ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์เชื่อมต่อระบบ อุปกรณ์ในระบบเกิดความเสียหายหรือไม่ทำงาน ฯลฯ การที่จะสามารถวิเคราะห์และแจ้งเตือนเหตุขัดข้องได้ตรงตามอาการที่เกิดขึ้นให้กับผู้ดูแลระบบได้ทราบอย่างรวดเร็ว จำเป็นจะต้องมีอุปกรณ์ตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ และวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบว่าการทำงานยังคงทำอย่างปกติหรือไม่อยู่ตลอดเวลา ในบทความนี้จะเรียกระบบตรวจวัดนี้ว่า ระบบเฝ้าสังเกต (The Monitoring System) ซึ่งจะวัดและแสดงค่าต่าง ๆ ทางไฟฟ้า ประกอบด้วย ค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า ทั้งทางด้านไฟตรงและไฟสลับของระบบ



รูปที่ 1 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ และระบบเฝ้าสังเกต ซึ่งเป็นระบบเดิมที่ติดตั้งใช้งานตั้งแต่ พ.ศ. 2548

รวมถึงค่าพารามิเตอร์ ที่จำเป็นสำหรับวิเคราะห์สมรรถนะของระบบ เช่น ค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ (Solar Radiation) เป็นต้น ข้อมูลทั้งหมดจะถูกเก็บเป็นฐานข้อมูล (Database) การหาสมรรถนะและประสิทธิภาพ ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ จะต้องนำข้อมูลเหล่านี้ไปประมวลและวิเคราะห์โดยสมการมาตรฐาน ซึ่งตัวแปรที่ใช้ส่วนใหญ่สัมพันธ์กับกำลังไฟฟ้า และระยะเวลา นอกจากนี้ ข้อมูลยังใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์สภาพการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ในระยะยาว หากมีการเพิ่มเติมระบบการวัดและแจ้งเตือนดังกล่าวทำงานร่วมไปด้วยจะทำให้ช่วยเพิ่มระยะเวลาการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพให้กับระบบ ผลิตไฟฟ้าได้อย่างเต็มที่ นั้นคือ เพิ่มสมรรถนะในการผลิตกระแสไฟฟ้าให้กับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ [2] คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ได้วิจัยและพัฒนาระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อเข้าระบบ ขนาด 5 kWp และได้มีการพัฒนาระบบบันทึกและแสดงผลด้วยระบบคอมพิวเตอร์แบบเวลาจริงขึ้นเมื่อปี 2007 ระบบดังกล่าวสามารถวัดพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า และทางสภาพอากาศโดยใช้ พีซี เป็นตัวเก็บข้อมูลและแสดงผลแบบเวลาจริงได้ โดยใช้โปรแกรม LabVIEW ในการพัฒนา ดังแสดงในรูปที่ 1 [3] แต่ระบบเดิมยังไม่มีความสามารถในการแจ้งเตือนเหตุขัดข้องแบบอัตโนมัติ ผู้วิจัยเกิดแนวคิดในการพัฒนาระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพ และสามารถแจ้งเตือนโดยส่งข้อความให้กับผู้ดูแลระบบแบบทันทีทันใดหากมีการตรวจพบว่าระบบทำงานผิดปกติหรือขัดข้อง เช่น ระบบไม่จ่ายพลังงานในเวลากลางวัน อินเวอร์เตอร์หยุดทำงาน ฯลฯ เป็นต้น

1.1 การศึกษาสภาพของปัญหาและวิเคราะห์

จากการศึกษาข้อมูลการทำงานของระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการวิจัย ในรอบหลายปี พบว่า ปัญหาจะเกิดขึ้นเมื่อมีการหยุดทำงานของอุปกรณ์ตัวใดตัวหนึ่งในระบบ หรืออุปกรณ์การวัด บันทึกและแสดงผลทำงานผิดพลาด ทำให้ระบบต้องหยุดทำงานบางส่วน หรือทั้งระบบ ส่งผลให้ต้องสูญเสียพลังงานที่ควรได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลานั้นไป ปัญหานี้สามารถแก้ไขได้ถ้ามีระบบแจ้งเตือนเหตุขัดข้องของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ เพื่อทำหน้าที่แจ้งสาเหตุการหยุดทำงานของระบบ หรืออุปกรณ์ทันทีทันใดโดยแจ้งข้อความสั้น (SMS) ผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ และส่งไปยัง E-mail ของผู้ดูแลระบบโดยตรงเพื่อให้ผู้ดูแลระบบ เข้ามาแก้ไขให้ระบบกลับมาทำงานได้ตามปกติ จากการวิเคราะห์ข้อมูลข้อขัดข้องของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ และจากระบบเฝ้าสังเกตและแสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์ที่พบบ่อย ๆ ตัวอย่างเช่น ไฟฟ้าดับ อินเวอร์เตอร์ขัดข้อง อุปกรณ์สื่อสารข้อมูลกับอินเวอร์เตอร์ขัดข้อง (RS232) อุปกรณ์สื่อสารข้อมูลกับตัวตรวจรู้หรือแลนขัดข้อง และการซ่อมบำรุงระบบ ฯลฯ

ผู้วิจัยได้นำข้อขัดข้องจากการทำงานข้างต้นมาวิเคราะห์ว่าสาเหตุนั้นเกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ใดบ้าง และหากต้องการตรวจสอบเหตุขัดข้องดังกล่าวนั้นจะต้องออกแบบเงื่อนไขของการตรวจสอบอย่างไร เนื่องจากอุปกรณ์ที่ติดตั้งในระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์มีจำนวนมาก ผู้วิจัยจึงเลือกอุปกรณ์หลักโดยแบ่งเป็นในส่วน ดีซี คือ ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV Arrays) ในส่วนเอซี คือ อินเวอร์เตอร์ (Inverters) ในส่วนระบบรับ-ส่งข้อมูล คือ สายสัญญาณของระบบแลน และตัวตรวจรู้ คือ Pyranometer จากนั้นจึงออกแบบเงื่อนไขต่าง ๆ เพื่อนำมาตรวจสอบอุปกรณ์ทั้ง 4 รายการ ว่ามีในแต่ละเงื่อนไขการตรวจสอบจะเกี่ยวข้องกับพารามิเตอร์ใดบ้าง และควรกำหนดค่าของพารามิเตอร์เหล่านั้นที่เท่าใดจึงจะสมเหตุสมผล ตัวอย่างเช่น ในเวลากลางวันแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ควรจะจ่ายแรงดันไฟฟ้าได้มากกว่า 200 โวลต์ ที่ค่า Solar Radiation > 300 วัตต์ต่อตารางเมตร ดังนั้น หากเงื่อนไขข้อนี้เป็นจริง หมายความว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้า ดีซี ได้ตามปกติ รายละเอียดของรายการการตรวจสอบ และเงื่อนไขของการตรวจสอบการทำงานผิดพลาดของอุปกรณ์ ในระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 4 รายการแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายการตรวจสอบการทำงานที่ผิดพลาดของอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

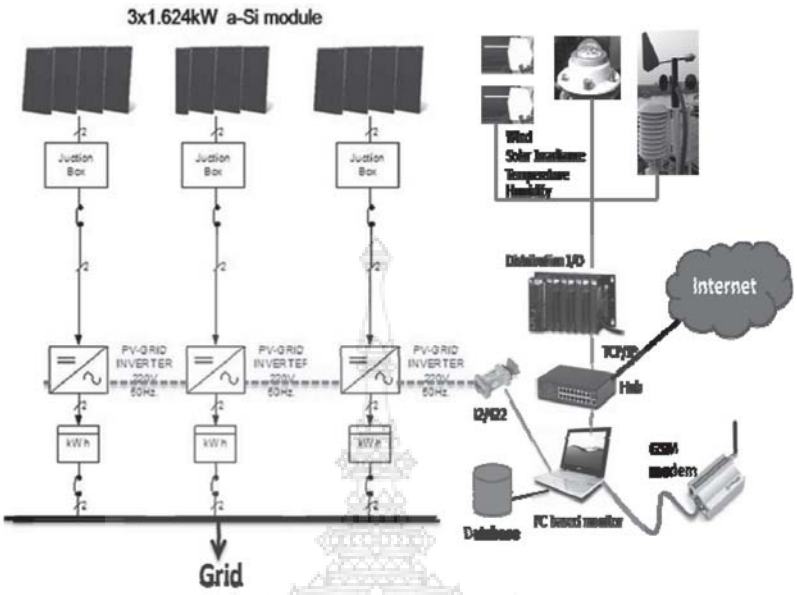
List	Analyzing Equipments	Analyzing Conditions	Expected Results
1.	PV array	1. Day time 2. Solar radiation > 300 W/m2	PV voltage > 200 V.
2.	Pyranometer	1. Day time 2. PV voltage > 200 V.	Solar Radiation >200W/m2
3.	LAN Connection	1. Solar radiation > = 0	LAN for eld Point good
4.	The inverter in each phase	1. Day time 2. Solar radiation> 300 W/m2 3. PV voltage >=165 V	PV voltage >= 165 V

1.2 การออกแบบระบบแจ้งเตือนเหตุขัดข้องแบบอัตโนมัติ

1.2.1 ฮาร์ดแวร์ระบบส่งข้อความอิเล็กทรอนิกส์ผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ด้วย SMS

อุปกรณ์การรับข้อมูลที่เป็นข้อความจากคอมพิวเตอร์และส่งไปยังเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ ในโครงการนี้เลือกใช้ GSM Modem WaveCom รุ่น M1268B-ON และ SIM Card ดังแสดงในรูปที่ 2 ใช้การเชื่อมโยงกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรมต่อเข้ากับระบบเฝ้าสังเกตและแสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์ (ระบบเดิม) ดังแสดงในรูปที่ 3 รูปแบบการสื่อสารข้อมูลที่เป็นข้อความอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นคำสั่งข้อความที่กำหนดโดยผู้ผลิต GSM Modem ที่เลือกใช้

รูปที่ 2 อุปกรณ์ GSM โมเดม WaveCom รุ่น M1268B-ON และ SIM card



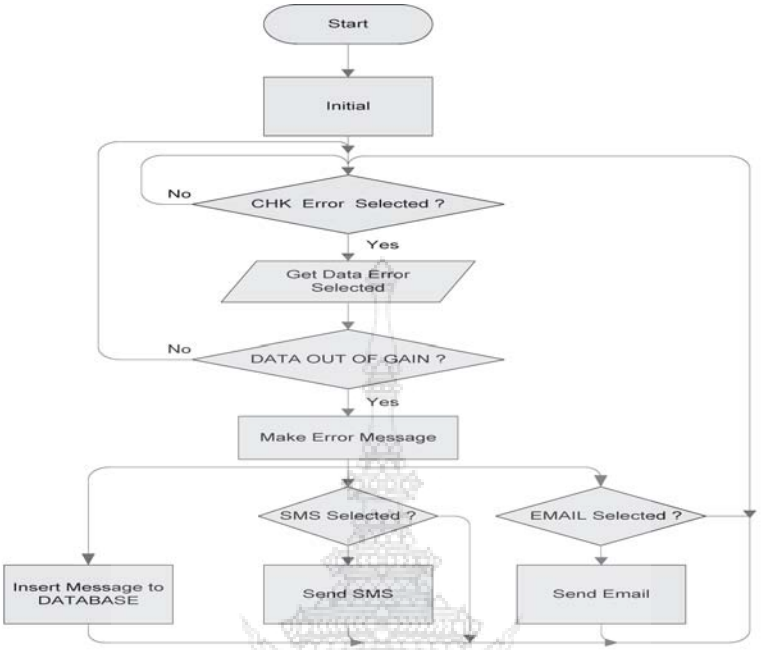
รูปที่ 3 ไดอะแกรมการเชื่อมโยง GSM Modem ร่วมกับระบบเดิม

1.2.2 ระบบส่งข้อความอิเล็กทรอนิกส์ผ่านอินเทอร์เน็ต (E-mail)

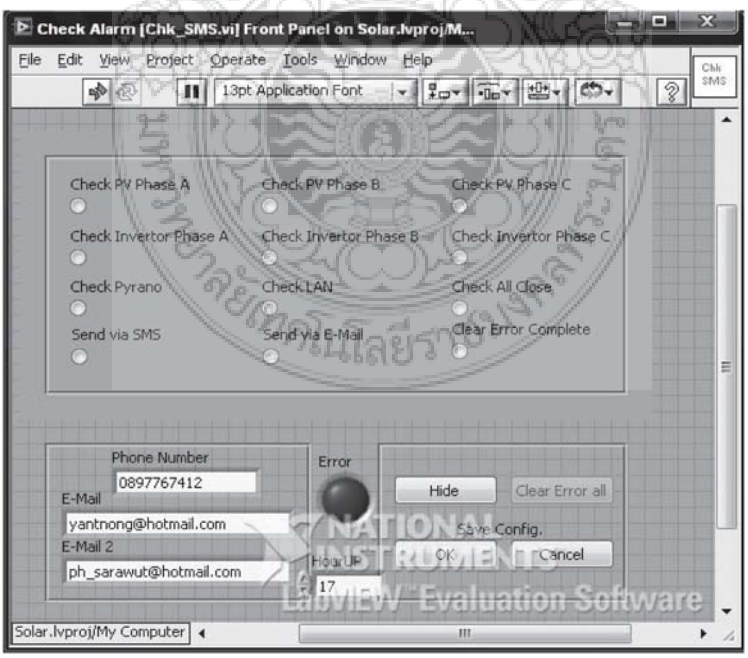
ฮาร์ดแวร์ของระบบการแจ้งเตือนโดยการส่งข้อความอิเล็กทรอนิกส์ผ่านอินเทอร์เน็ตด้วย E-mail จำเป็นต้องเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งโปรแกรมควบระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติกับระบบอินเทอร์เน็ตผ่านฮับ (Hub) และระบบแลน และเลือกใช้ E-mail Web Server ที่มีการอนุญาตให้ส่ง E-mail ออกได้อัตโนมัติจากผู้ดูแลระบบเครือข่ายของมหาวิทยาลัยฯ

1.2.3 ซอฟต์แวร์

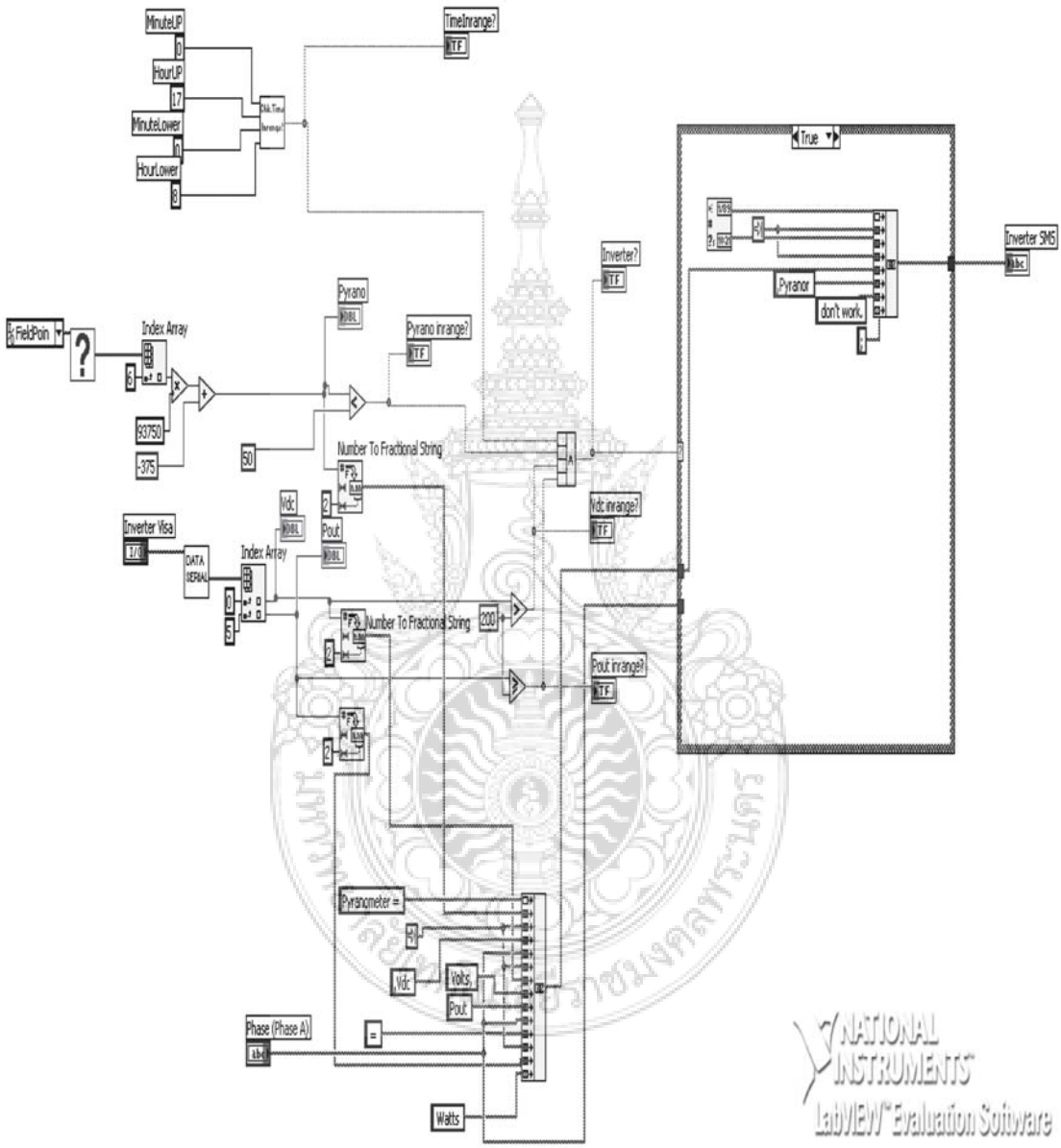
การออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของระบบแจ้งเตือนเหตุขัดข้องแบบอัตโนมัติ ในโครงการวิจัยนี้ เพื่อตรวจสอบเงื่อนไขการทำงานผิดพลาดของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการแจ้งเตือน ให้ผู้ดูแลระบบโดยผ่านทางการส่งข้อความสั้นไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ด้วยข้อความสั้น และทางระบบอินเทอร์เน็ตด้วยจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยเลือกใช้โปรแกรม LabVIEW เป็นเครื่องมือในการพัฒนาหลักการออกแบบโปรแกรมเป็นไปตามผังงานของโปรแกรม Accidents Alarm ดังแสดงในรูปที่ 4 ลักษณะของหน้าต่างโปรแกรมแจ้งเตือนดังกล่าวแสดงในรูปที่ 5 สำหรับตัวอย่าง Control Block ของโปรแกรม Accidents Alarm ส่วนการตรวจสอบเงื่อนไข และ Control Block ของโปรแกรม Accidents Alarm ส่วนการตรวจสอบคำสั่งเพื่อเลือกการตรวจเหตุขัดข้องเฉพาะที่ผู้ใช้ต้องการแสดงในรูปที่ 6 และ 7 ตามลำดับ



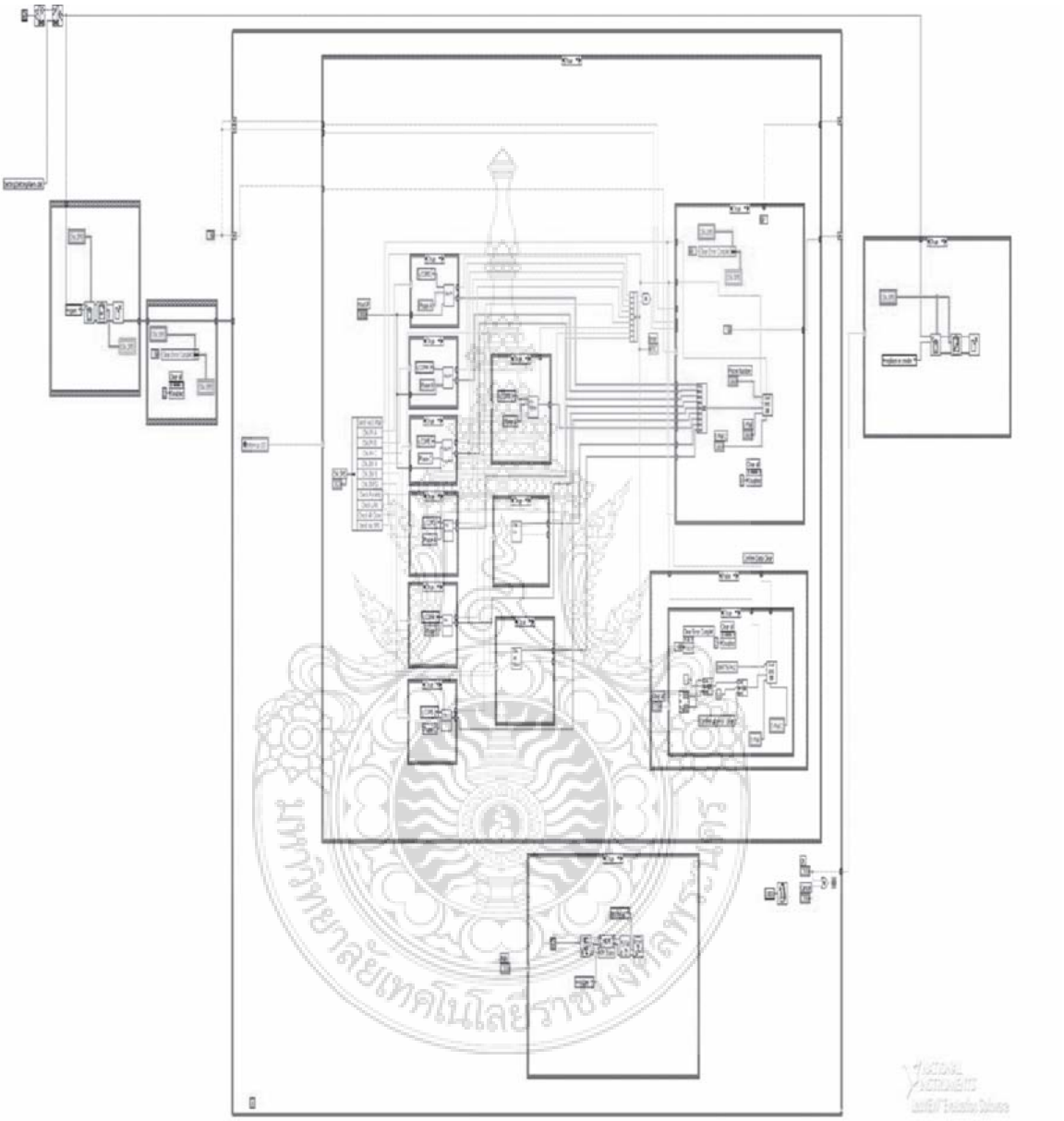
รูปที่ 4 ผังงานการออกแบบโปรแกรมของ Accidents Alarm ตรวจสอบการทำงานอุปกรณ์ของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 5 Control Panel ของโปรแกรม Accidents Alarm



รูปที่ 6 ตัวอย่าง Control Block ของโปรแกรม Accidents Alarm ส่วนการตรวจสอบเงื่อนไข



รูปที่ 7 ตัวอย่าง Control Block ของโปรแกรม Accidents Alarm ส่วนการตรวจสอบคำสั่งเพื่อการตรวจเหตุขัดข้องเฉพาะที่ผู้ใช้ต้องการ

2. วิธีการทดลอง

การทดสอบการทำงานของระบบแจ้งเตือนเหตุขัดข้องของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ ผู้วิจัยทำการทดสอบระหว่างวันที่ 8-9 กันยายน 2552 โดยการทดสอบแต่ละเงื่อนไขจำนวนเงื่อนไขละ 5 ครั้ง โดยผู้วิจัยจำลองสถานการณ์ของข้อขัดข้องขึ้น (Faults Simulation) จำนวน 4 สถานการณ์ คือ

1. Remove the PV line phase A, B, and C at day time.

2. Cover the pyranometer by hand.

3. Remove the LAN cable.

4. Turn off the inverter phase A, B, and C.

จากนั้นรันโปรแกรมเพื่อให้ระบบแจ้งเตือนเหตุขัดข้อง ตรวจสอบเงื่อนไขการทำงานและแจ้งเตือนผลการตรวจสอบอัตโนมัติโดยส่งข้อความผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ ข้อความสั้น และผ่านทางอินเทอร์เน็ตทางจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ และนำผลการทำสอบมาวิเคราะห์ หาสาเหตุว่าเป็นไปตามเงื่อนไขของการวิจัยหรือไม่

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 ผลการทดลอง

จากการออกแบบและสร้างโปรแกรมการแจ้งเตือนให้ผู้ดูแลระบบผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ทางข้อความสั้น และผ่านทางอินเทอร์เน็ตทางจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ มีลักษณะหน้าจอแสดงผลที่จอคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 5 ผู้ใช้สามารถเลือกหรือยกเลิกการเลือกใช้ระบบทำการตรวจสอบการทำงานของระบบได้อย่างอิสระ และสามารถใส่หมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่และที่อยู่จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ของผู้ที่ต้องการรับแจ้งได้ทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ การสั่งรันโปรแกรม จะมีระบบรักษาความปลอดภัย ถามชื่อและรหัสผ่านของผู้มีหน้าที่รับผิดชอบทุกครั้ง เงื่อนไขการทดสอบแสดงในตารางที่ 2 การทดสอบการทำงานของระบบแจ้งเตือนทุกเงื่อนไขโดยแต่ละเงื่อนไขทดสอบจำนวน 5 ครั้ง โดยแต่เงื่อนกำหนดให้มีข้อความเตือนแสดงข้อความที่ปรากฏบนข้อความสั้น และจดหมายอิเล็กทรอนิกส์เมื่อระบบทำงานผิดเงื่อนไขในตามลักษณะในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 การตรวจสอบการทำงานของระบบแจ้งเตือนเมื่อระบบทำงานผิดเงื่อนไข

Analyzing Equipments	Analyzing Conditions	Expected Results	Experiment
PV array	1. Day time 2. Solar radiation > 300W/m2	PV voltage > 200 V.	Remove the PV Line
Pyranometer	1. Day time 2. PV voltage > 200 V. 3. Grid Power > 200 W	Radiation >200 W/m2	Cover the sensorm by hand
LAN Connection	1. Solar radiation >= 0	LAN cable good connection	Remove LAN cable
The inverter in each phase	1. Day time 2. Solar radiation > 300 W/m2 3. PV voltage >=165V	Grid Power > 200 W	Turn off the inverter at day time

ตารางที่ 3 ลักษณะข้อความที่ปรากฏบน SMS และ E-mail เมื่อระบบทำงานผิดเงื่อนไข

Experiment	Messages on SMS and E-mail
Remove the PV line phase A at day time.	2009-03-25 19:42 Vdc input Phase A = 0.40 Volt. PV Phase A don't work.
Cover the pyranometer by hand.	2009-02-22 17:22 Vdc Pyranometer = 122.4, input Phase A = 216.10 Volt., Pout Phase B 232.00 Watts., Pyranometer don't work.
Remove the LAN cable.	2008-10-12 20:22 LAN Conection Fail.
Turn off the inverter phase B.	2009-09-08 10:57 Pyranometer = 457.52, Pout Phase B 0.00 Watts, Inverter Phase B don't work.

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบการแจ้งเตือน จำนวน 5 ครั้ง เมื่อระบบทำงานผิดเงื่อนไข

Experiment	Number of Experiment		Messages on SMS and E-mail
	SMS	E-mail	
Remove the PV line phase A, B, and C at day time.	5	5	2009-09-08 9:44 Vdc input Phase A = 0.40 Volt. PV Phase A don't work. 2009-09-08 9:49 Vdc input Phase B = 0.50 Volt. PV Phase B don't work. 2009-09-08 9:54 Vdc input Phase C = 0.40 Volt. PV Phase C don't work. 2009-09-08 10:04 Vdc input Phase A = 0.40 Volt. PV Phase A don't work. 2009-09-08 10:09 Vdc input Phase B = 0.50 Volt. PV Phase B don't work.
Cover the pyranometer by hand.	5	5	2009-09-08 15:04 Vdc Pyranometer = 122.4, input Phase A = 212.40 Volt., Pout Phase A = 309 Watts., Pyranometer don't work. 2009-09-08 15:09 Vdc Pyranometer = 143.09, input Phase A = 211.70 Volt., Pout Phase A = 434 Watts., Pyranometer don't work. 2009-09-08 15:14 Vdc Pyranometer = 132.4, input Phase A = 218.10 Volt., Pout Phase A = 797 Watts., Pyranometer don't work. 2009-09-08 15:24 Vdc Pyranometer = 143.09, input Phase A = 207.40 Volt., Pout Phase A = 874 Watts., Pyranometer don't work. 2009-09-08 15:34 Vdc Pyranometer = 151.7, input Phase A = 208.8 Volt., Pout Phase A = 453 Watts., Pyranometer don't work.
Remove the LAN cable.	5	5	2009-09-08 17:34 LAN Connection Fail. 2009-09-08 17:39 LAN Connection Fail. 2009-09-08 17:41 LAN Connection Fail. 2009-09-08 17:44 LAN Connection Fail. 2009-09-08 17:49 LAN Connection Fail.
Turn off the inverter phase A, B, and C.	5	5	2009-09-09 10:54 Pyranometer = 502.80, Pout Phase A 0.00 Watts, Inverter Phase A don't work. 2009-09-09 11:04 Pyranometer = 809.15, Pout Phase B 0.00 Watts, Inverter Phase B don't work. 2009-09-09 11:19 Pyranometer = 661.05, Pout Phase C 0.00 Watts, Inverter Phase C don't work. 2009-09-09 11:29 Pyranometer = 486.86, Pout Phase A 0.00 Watts, Inverter Phase A don't work. 2009-09-09 11:39 Pyranometer = 612.38, Pout Phase B 0.00 Watts, Inverter Phase B don't work.

3.2 วิจารณ์ผล

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ระบบแจ้งเตือนเหตุขัดข้องแบบอัตโนมัติสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถแจ้งเตือนข้อผิดพลาดจากการทำงานได้ทุกครั้งสอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนดให้โดยจำลองสถานการณ์ ข้อความสั้นที่ได้รับทางข้อความสั้นและจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ ถูกส่งมาจากโปรแกรมที่สร้างขึ้นผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่อันประกอบด้วยข้อมูลที่ครบถ้วนสมบูรณ์ ทั้งวัน เวลา พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง และสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น ข้อมูลตัวเลขที่ระบบส่งออกมา เช่น แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า หรือค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ ถูกดึงมาจากฐานข้อมูลที่เก็บไว้ในระบบเฝ้าสังเกต จึงเป็นข้อมูลที่ตรงกับข้อมูลการผลิตไฟฟ้าจริง อย่างไรก็ตาม ระบบการแจ้งเตือนอัตโนมัตินี้ต้องพึ่งพาข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลเพื่อนำมาประมวลผล ดังนั้น ผู้วิจัยควรหาวิธีการป้องกันระบบฐานข้อมูลให้มีเสถียรภาพ และควรจัดให้มีฐานข้อมูลสำรองอย่างเหมาะสม และสำหรับโปรแกรม Accidents Alarm ควรพัฒนาให้สามารถป้อนข้อมูลหมายเลขโทรศัพท์ได้มากกว่าหนึ่งเลขหมาย เพื่อเพิ่มขีดความสามารถของโปรแกรม อย่างไรก็ตาม ระบบแจ้งเตือนเหตุขัดข้องดังกล่าวสามารถแจ้งเตือนได้เพียง 4 เงื่อนไขเท่านั้น จึงควรพัฒนาระบบนี้ต่อไปเพื่อให้สามารถวิเคราะห์เหตุขัดข้องในลักษณะอื่น ๆ ที่ครอบคลุมการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ให้สมบูรณ์ขึ้นอีกในอนาคต

4. สรุป

ระบบแจ้งเตือนเหตุขัดข้องของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติที่ได้พัฒนาขึ้นมานี้ ช่วยให้ผู้ดูแลระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์สามารถทราบถึงข้อผิดพลาดจากการทำงานของอุปกรณ์ที่อยู่ในระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่อาจส่งผลให้ระบบหยุดทำงาน และสมรรถนะการผลิตไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงได้ทันทีทันใด เพื่อจะได้เข้ามาแก้ไขให้ระบบกลับมาทำงานได้ตามปกติในระยะเวลาที่สั้นที่สุด อันจะทำให้สมรรถนะการผลิตไฟฟ้าดีขึ้นกว่าการที่ไม่มีระบบแจ้งเตือน นอกจากนี้ การที่มีระบบแจ้งเตือนอัตโนมัตินี้ยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการจ้างผู้ดูแลระบบที่จะต้องประจำอยู่ที่หน้าเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อเฝ้าสังเกตการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ตลอดเวลาลงไปได้อีกเป็นจำนวนมาก ปัจจุบันนี้มีกิจการจัดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1-2 MW ที่ติดตั้งในประเทศไทยเพิ่มขึ้นหลายโครงการ เนื่องจากผลของโครงการ VSPP และค่า Adder นั่นหมายความว่า แนวคิดของผู้วิจัยเกี่ยวกับระบบแจ้งเตือนอัตโนมัตินี้ จะมีส่วนช่วยลดค่าใช้จ่ายและเพิ่มผลผลิตได้ไม่มากก็น้อย

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ที่สนับสนุนงบประมาณจากกองทุนวิจัย ทำให้โครงการวิจัยดังกล่าวสำเร็จได้ตามเป้าหมาย

6. เอกสารอ้างอิง

Napat Watjanatepin. “Implementation for Maintaining the Building-Top GPV System” Renewable Energy.

International Journal, February 2009, Volume 34. No 2. (444-449) www.iea-pvps-task2.org/public/index.htm

นภัทร วัจนเทพินทร์ และเฉลิมพล เรืองพัฒนาวิวัฒน์. **ระบบเฝ้าสังเกตการณ์ทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อเข้าระบบ.** การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 3, พ.ศ. 2550.