วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นงานวิจัยที่เกิดจากการค้นคว้าและวิจัย ขณะที่ข้าพเจ้าศึกษาอยู่ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ดังนั้นงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถือเป็นลิขสิทธ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และข้อความต่างๆในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอรับรองว่าไม่มีการคัดลอกหรือนำงานวิจัยของผู้อื่นมานำเสนอในชื่อของข้าพเจ้า

ไชยยันต์ บุญมี

COPYRIGHT © 2010 ลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2553
FACULTY OF ENGINEERING คณะวิศวกรรมศาสตร์
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THANYABURI มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาระบบตรวจวัด บันทึกและแสดงผลด้วยระบบคอมพิวเตอร์แบบเวลาจริงเพื่อวิเคราะห์สมรรถนะและประสิทธิภาพระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบต่อเข้าสายส่ง DEVELOPMENT OF COMPUTER BASED DATA MONITORING SYSTEM FOR ANALYSIS THE PERFORMANCE AND EFFICIENCY OF PV GRID CONNECTED SYSTEM
ชื่อนักศึกษา	นายไชยยันต์ บุญมี
รหัสประจำตัว	034820401001-4
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง
วัน เดือน ปี ที่สอบ	25 เมษายน 2553
สถานที่สอบ	ห้องชมพูพันธุ์ทิพย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพนธ์ เกตุจ้อย)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชัย หิรัญวโรดม)

.....กรรมการ
(ดร.วันชัย ทรัพย์สิงห์)

..... กรรมการ
(ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง)

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชัย หิรัญวโรดม)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาระบบตรวจวัด บันทึกและแสดงผลด้วยระบบคอมพิวเตอร์แบบเวลาจริงเพื่อวิเคราะห์สมรรถนะและประสิทธิภาพระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบต่อเข้าสายส่ง
นักศึกษา	นายไชยยันต์ บุญมี
รหัสประจำตัว	034820401001-4
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา	2552
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง

บทคัดย่อ

การพัฒนาระบบตรวจวัด บันทึกและแสดงผลด้วยระบบคอมพิวเตอร์แบบเวลาจริงเพื่อวิเคราะห์สมรรถนะและประสิทธิภาพระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบต่อเข้าสายส่ง (PVGCS) ขนาด 4.872 kWp ที่มีระบบแจ้งเตือนทันทีเมื่อพบเหตุขัดข้องระบบ PVGCS ผ่านทาง SMS และ Email

ระบบตรวจวัด บันทึก และแสดงผลค่าตัวแปรของระบบ PVGCS ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์แบบเวลาจริง มีวัตถุประสงค์เพื่อวัด บันทึก และแสดงผลค่าตัวแปร ที่มีผลต่อสมรรถนะของระบบ PVGCS เพื่อนำไปวิเคราะห์สมรรถนะ และประสิทธิภาพของระบบ PVGCS ตามมาตรฐาน IEC 61724 รประกอบด้วย ค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ อุณหภูมิ และค่าตัวแปรทางไฟฟ้าของระบบ PVGCS ส่งข้อมูลให้คอมพิวเตอร์ด้วยสัญญาณดิจิตอล งานวิจัยนี้ใช้ LabVIEW เป็นโปรแกรมควบคุม จากการทดสอบข้อมูลด้วยการเปรียบเทียบผลกับทฤษฎีและเครื่องมือวัดมาตรฐาน พบว่าข้อมูลมีความถูกต้อง เมื่อทดสอบใช้งานจำนวน 12 เดือน พบว่าข้อมูลจากระบบวัดฯ สามารถวิเคราะห์สมรรถนะและประสิทธิภาพของระบบ PVGCS ได้ ตัวอย่างเช่น ระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้ระบบจำหน่ายได้เท่ากับ 5,827.22 kWh ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์เฉลี่ย ค่าสมรรถนะของระบบ (PR)และอัตราการจ่ายพลังงานให้ระบบจำหน่ายโดยเฉลี่ยต่อวัน (Yf) เท่ากับ 6.05 % 0.74 และ 3.47 kWh/kWp ตามลำดับ จากการทดสอบระบบแจ้งเตือนพบว่าสามารถแจ้งข้อความเตือนผ่าน SMS และ Email ได้ทันทีเมื่อพบความผิดปกติของระบบ PVGCS ได้จำนวน 4 เหตุการณ์

ระบบตรวจวัด บันทึกและแสดงผลด้วยระบบคอมพิวเตอร์แบบเวลาจริงที่พัฒนาขึ้นสามารถวัดค่าตัวแปรของระบบ PVGCS ได้ถูกต้อง นำไปใช้วิเคราะห์สมรรถนะและประสิทธิภาพระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบต่อเข้าสายส่งได้ตามมาตรฐานและมีระบบแจ้งเตือนเมื่อระบบ PVGCS ขัดข้องได้ทันทีทำให้ลดเวลาหยุดทำงานของระบบ PVGCS ส่งผลให้การสูญเสียพลังงานลดลง

คำสำคัญ : ระบบตรวจวัดตัวแปรระบบ PVGCS, สมรรถนะระบบ PVGCS, แจ้งเตือนด้วย SMS และ Email

Thesis Title :	DEVELOPMENT OF COMPUTER BASED DATA MONITORING SYSTEM FOR ANALYSIS THE PERFORMANCE AND EFFICIENCY OF PV GRID CONNECTED SYSTEM
Student Name :	MR. CHAIYANT BOONMEE
Student ID :	034820401001-4
Degree Award :	Master of Engineering
Study Program :	Electrical Engineering
Academic Year :	2009
Thesis Advisor/s :	DR. BOONYANG PLANGKLANG

ABSTRACT

This Computer based data real time monitoring system was developed with LabVIEW software for measuring, recording and displaying the parameters effect to performance of PV grid connected system (PVGCS) and sending the alarm text when the accident happened to maintainer through SMS and Email.

Design of computer based data monitoring system measured the irradiance ambient temperature and electrical parameters from PVGCS and sent them to record at PC by digital signal communication. The data from monitoring system was tested by comparing the result with theory and result of PV array efficiency testing from standard equipments. The result was found that the parameters which were measured from PVGCS 4.872 kWp were correct. The system has been in operation during 12 months. All of data from the PC based monitor system was analyzed to find the performance of PVGCS. The performance study follows the IEC 61724.The example results were PVarray efficiency is equal to 6.05%, performance ratio is equal to 0.74, and final yield (Yf) is equal to 3.47. The summarizes of energy to grid is equal to 5,827.22kWh. This computer base data monitoring system have the SMS and Email alarms system which can send the text alarm to maintainer immediately when it found 4 type of accidents .

The computer based data monitoring system for analysis the performance and efficiency of PVGCS can measure, record and display the correct PVGCS parameters. They can be used for analyze the performance and efficiency of PVGCS correctly. It can alarm directly to maintainer by sending the alarm text through SMS and Email when 4 type of PVGCS accidents happened. To use this monitoring system can reduce the energy losses from decreasing PVGCS stop duration and Increase the efficiency of PVGCS.

Keywords: data monitoring system of PVGCS, performance of PVGCS, Alarm through SMS and Email

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง และท่านอาจารย์ทุกท่าน ผู้ที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดีในทุกด้านต่อการทำงานวิจัย ทำให้การทำวิทยานิพนธ์นี้ได้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ ขอขอบพระคุณผู้บังคับบัญชาและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ที่สนับสนุนงบประมาณในการศึกษาและการนำเสนอผลงานวิจัยเพื่อการศึกษาครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ รศ.นภัทร วัจนเทพินทร์ คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์และ เพื่อนผู้ร่วมงานที่ให้การสนับสนุนการเรียนและการทำวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณครอบครัวของข้าพเจ้าที่ให้กำลังใจและให้ความเข้าใจสำหรับการใช้เวลาที่ข้าพเจ้าต้องใช้สำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ขอบคุณคุณรัตนภรณ์ แผนฟู ที่ช่วยพิมพ์เอกสาร ขอบคุณคุณวนิดา ภู่สอน ที่ช่วยประสานงานทำให้การทำงานวิจัยครั้งนี้มีความสะดวกมากขึ้น

ไชยยันต์ บุญมี

25 เมษายน 2553

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ซ
คำอธิบายสัญลักษณ์	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 สมมุติฐานของการวิจัย	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.5 ขั้นตอนการวิจัย	4
1.6 ข้อจำกัดของการวิจัย	5
1.7 ลักษณะรายละเอียดของวิทยานิพนธ์	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 เซลล์แสงอาทิตย์	7
2.2 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้าระบบจำหน่ายไฟฟ้า	8
2.3 ระบบ PVGCS ที่ใช้ในการวิจัยนี้	11
2.4 ประสิทธิภาพและสมรรถนะของระบบ PVGCS	18
2.5 โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อสร้างระบบการวัด บันทึก การแสดงผล และการแจ้งเตือนให้ระบบ PVGCS แบบเวลาจริง	21
2.6 การประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์ของระบบ PVGCS	22
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	25
2.8 สรุปผลการศึกษาทฤษฎีหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	25
บทที่ 3 ออกแบบระบบตรวจวัด บันทึกและแสดงผลตัวแปรระบบ PVGCS ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์แบบเวลาจริง	27
3.1 ศึกษาระบบ PVGCS ชนิด อะมอฟัสซิลิคอนเชื่อมต่อระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบ 4.872 kWp	28

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2 ออกแบบระบบการวัด การบันทึก การแสดงผลแบบเวลาจริง 28
3.3 การติดตั้งระบบการวัด การบันทึก การแสดงผลของ PVGCS แบบเวลาจริง 36
3.4 พัฒนาระบบการวัด การบันทึก การแสดงผลของ PVGCS ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 40
3.5 ทดสอบระบบการวัด การบันทึก การแสดงผลของ PVGCS ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 50
3.6 ทดลองใช้การวัด การบันทึก การแสดงผลของ PVGCS ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 63
3.7 การประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์ของระบบ PVGCS 64
3.8 ออกแบบและสร้างระบบแจ้งเตือนโดยการส่งข้อความอิเล็กทรอนิกส์ผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ (SMS) และระบบอินเตอร์เน็ต (Email) 66
3.9 สรุปท้ายบท 70
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ 71
4.1 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพและสมรรถนะของระบบ PVGCS 4.872 kWp 71
4.2 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพและสมรรถนะของระบบ PVGCS 4.872 kWp 74
4.3 ผลการทดสอบระบบการแจ้งเตือน 88
4.4 การประเมินระบบทางด้านเศรษฐศาสตร์ 91
4.5 สรุปผลการการทดสอบข้อมูลที่ได้จากระบบตรวจวัด บันทึกและแสดงผล ระบบ PVGCS2 92
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 97
5.1 สรุปผลการวิจัย 97
5.2 เสนอแนะทางการพัฒนาปรับปรุงระบบ 99
เอกสารอ้างอิง 101
ภาคผนวก
ก รายละเอียดของอุปกรณ์ 102
ข ตัวอย่างข้อมูลตัวแปรระบบ PVGCS 4.872 kWp 114
ค ผลงานวิจัยตีพิมพ์เผยแพร่ 142
ประวัติผู้เขียน 165

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ชนิดของแผงเซลล์แบ่งตามวัสดุและประสิทธิภาพการใช้งานในห้องทดลองและใช้ในงานจริง	8
2.2	ลักษณะสมบัติของแผงโมดุลเซลล์แสงอาทิตย์รุ่น LSU58	12
2.3	คุณสมบัติของอินเวอร์เตอร์รุ่น G303	15
	คุณสมบัติของอินเวอร์เตอร์รุ่น G303 (ต่อ)	16
2.4	ตัวคูณปรับค่าเข้าสู่มูลค่าปัจจุบัน	24
3.1	ค่าตัวแปรที่วัดได้ นำไปคำนวณหาประสิทธิภาพและสมรรถนะของระบบ	30
3.2	สรุปค่าการวัดพารามิเตอร์ของระบบ PVGCS อุปกรณ์และการแสดงผลข้อมูล	35
3.3	คอมพิวเตอร์และอุปกรณ์การสื่อสารเพื่อเข้าถึงข้อมูลการวัดค่าพารามิเตอร์ของ PVGCS	36
3.4	พารามิเตอร์จากระบบ PVGCS 4.872 kWp ที่ต้องการวัดและบันทึกในฐานข้อมูล	40
	พารามิเตอร์จากระบบ PVGCS 4.872 kWp ที่ต้องการวัดและบันทึกในฐานข้อมูล(ต่อ)	41
3.5	ตัวอย่างข้อมูลการวัดค่าพารามิเตอร์จากระบบ PVGCS 4.872 kWp วันที่ 8 ตุลาคม 2549	51
3.6	หลักการและผลการวิเคราะห์ความถูกต้องของข้อมูลที่วัดได้เบื้องต้นจากรูปกราฟ	57
3.7	การวิเคราะห์หาสมรรถนะและประสิทธิภาพของระบบ PVGCS โดยใช้ข้อมูลที่วัดได้	58
3.8	ตัวอย่างผลการวัดและหาค่า $\eta_{a\ mean}$ โดยใช้ข้อมูลจากเครื่องวัด IV Checkerใน 1 วัน	61
3.9	ตัวอย่างผลการหาค่า $\eta_{a\ mean}$โดยใช้ระบบการวัดและบันทึกค่าที่พัฒนาขึ้นใน 1 วัน	62
3.10	ผลการเปรียบเทียบค่า η_a เฉลี่ยแต่ละเฟส โดยใช้วิธีการหาทั้ง2 รูปแบบจำนวน 5 วัน	62
3.11	รายการค่าใช้จ่ายเริ่มต้นของ PVGCS 4.872 kWp	64
3.12	รายการตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ระบบ PVGCS	67
4.1	จำนวนวันที่ระบบสามารถวัดและบันทึกค่าตัวแปรแต่ละเฟสได้อย่างสมบูรณ์	76
4.2	ค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยในเวลากลางวัน ค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์สูงสุดที่วัดได้ในแต่ละเดือนของระบบ PVGCS	76
4.3	สรุปผลการประเมินตัวแปรที่มีผลกระทบต่อสมรรถนะของระบบเฉลี่ยรายวันของเดือนมกราคม 2550	78
4.4	พลังงานจากแผงเซลล์(Ea) พลังงานป้อนเข้าระบบจำหน่าย (Egrid)และพลังงานแสงอาทิตย์ตกกระทบแผงเซลล์ (Gt)	79
4.5	ผลการคำนวณค่าตัวแปรสมรรถนะและประสิทธิภาพของระบบ PVGCS 12 เดือน	83
4.6	สรุปผลการประเมินตัวแปรที่มีผลกระทบต่อสมรรถนะของระบบเฉลี่ยทั้ง 12 เดือน	84
4.7	ตารางสรุปประสิทธิภาพของเครื่องอินเวอร์เตอร์	88

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.8 การตรวจสอบการทำงานของระบบแจ้งเตือนเมื่อระบบทำงานผิดเงื่อนไข ไม่มีระบบวัด บันทึกและแสดงผล 89

4.9 ลักษณะข้อความที่ปรากฏบน SMS และ Email เมื่อระบบทำงานผิดเงื่อนไข 89

4.10 ผลการทดสอบการแจ้งเตือน เมื่อระบบทำงานผิดเงื่อนไข 90

4.11 รายละเอียดการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ระบบ PVGCS 4.872 kW 93

4.12 รายละเอียดการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ระบบ PVGCS 4.872 kW ไม่มีระบบวัด บันทึกและแสดงผล 94

4.13 รายละเอียดการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ระบบ PVGCS 4.872 kWp ที่วัดจริง 95

4.14 ค่าไฟฟ้าที่ระบบ PVGCS 4.872 kWp ประหยัดได้ต่อปีเมื่อเปลี่ยนแปลงราคาค่าไฟฟ้า เปรียบเทียบระหว่างพลังงานประมาณการณ์กับใช้จริง 96

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	รูปแบบการนำพลังงานแสงอาทิตย์นำไปใช้ประโยชน์ของแต่ละประเทศ แบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ PV stand aloneและ PV Grid Connected ปี 2003	1
1.2	ไดอะแกรมของระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ แบบเชื่อมโยงกับระบบจำหน่าย	2
2.1	แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน	7
2.2	ไดอะแกรมของระบบ PVGCS	8
2.3	กราฟลักษณะสมบัติการจ่ายกระแสและแรงดันเมื่อได้รับพลังงานแสงอาทิตย์	9
2.4	กราฟลักษณะสมบัติการจ่ายกระแสและแรงดัน (V-I Curve)	10
2.5	ตัวอย่างอินเวอร์เตอร์ ที่มีให้บริการในปัจจุบัน	11
2.6	แผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 84 โมดุลติดตั้งบนอาคารเรียนขนาด 4.872 kWpที่ใช้ในงานวิจัยนี้	12
2.7	วงจรการเชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละเฟส จำนวน 28 โมดุล ขนาด 1.624 kWp	13
2.8	วงจรการเชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 3 เฟส ขนาด 4.872 kWp	14
2.9	วงจรการเชื่อมต่อไดโอดป้องกันกระแสไหลย้อยเข้าแผงเซลล์จำนวน 7 ตัวต่อเฟส	14
2.10	อินเวอร์เตอร์ รุ่น G303 2.2 kW 230 V 50 Hz Nominal 1 เฟส	15
2.11	มิเตอร์วัดพลังงานที่ PVGCS จ่ายให้กับระบบจำหน่าย	16
2.12	ภาพจำลองด้านข้างของอาคารเรียนที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 4.872 kWp	17
2.13	ทิศทางการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 4.872 kWpจากภาพถ่ายผ่านดาวเทียม	18
2.14	ไดอะแกรมของระบบ PVGCS และค่าตัวชี้วัดประสิทธิภาพและสมรรถนะ	21
3.1	ไดอะแกรมวงจรของระบบ PVGCS ขนาด 4.872 kWp	28
3.2	ไดอะแกรมการวัดค่าตัวแปรเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพและสมรรถนะของ PVGCS	29
3.3	ระบบการวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าภายในอินเวอร์เตอร์รุ่น G303 LEONIC	30
3. 4	Pyranometer ของ Novalynx รุ่น 240-8102	31
3.5	ตัวรับรู้อุณหภูมิแวดล้อม และความชื้นสัมพัทธ์ พร้อมอุปกรณ์ป้องกันรังสีแสงอาทิตย์	32
3.6	ไดอะแกรมการส่งข้อมูลการวัดค่าพารามิเตอร์จากอินเวอร์เตอร์ผ่านระบบRS422 และจากตัวตรวจรู้ มาที่คอมพิวเตอร์ควบคุม	33
3.7	อุปกรณ์แปลงข้อมูลการสื่อสารจาก มาตรฐาน RS232 เป็น RS422 รุ่น ETT-RS422/RS485	33
3.8	โมดูลแอนาลอกอินพุต และโมดูลตัวควบคุมการอินเตอร์เฟซ	34
3.9	ตัวต่อสัญญาณ และโมดูล Backplanes	34

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.10 การติดตั้งอุปกรณ์เก็บรวบรวมข้อมูล และควบคุมอินเตอร์เฟส Compact Field Point 35

3.11 ไดอะแกรมการการติดตั้งระบบการวัด การบันทึก การแสดงผลของ PVGCS แบบเวลาจริงบนอาคารเรียน 37

3.12 การติดตั้ง ตัววัดค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์รุ่น 240-8102 ของ Novalynx 37

3.13 การติดตั้งวัดอุณหภูมิและความชื้นแวดล้อมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 38

3.14 การติดตั้งตู้ควบคุมการอินเตอร์เฟส 39

3.15 การ์ดอินเตอร์เฟซ PCI-485/4 (ผลิตภัณฑ์ NI) 39

3.16 ระบบฐานข้อมูลและประมวลผลการเฝ้าสังเกตด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 39

3.17 ผังงานของโปรแกรม Data acquire and logging 42

3.18 หน้าจอแสดงผลการวัดค่าพารามิเตอร์ของระบบ PVGCS 4.872 kWp 3 phase 43

3.19 ผังงานของโปรแกรม Setting parameter 43

3.20 ผังงานของโปรแกรม Status Checking 44

3.21 ผังงานของโปรแกรม Report 45

3.22 หน้าจอแรกของโปรแกรม Report ที่ผู้ใช้สามารถเลือกรูปแบบและช่วงเวลาการรายงานได้ 45

3.23 การเลือกรายการ Analysis By 46

3.24 การเลือกรายการ Select Data 46

3.25 หน้าต่างการเลือกแบบ Average two period parameter 47

3.26 ผลของกราฟที่ได้ออกมาจากการเลือกแบบ Day เป็นข้อมูลความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์รายวัน (W/m^2) 47

3.27 ผลของกราฟที่ได้ออกมาจากการเลือกแบบ Avg_Day แสดงความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ ของวันที่ 4 ถึง วันที่ 8 ของเดือนๆหนึ่ง 48

3.28 ผลของกราฟที่ได้ออกมาจากการเลือกแบบ Avg_Month แสดงค่าความเร็วลม (ไมล์ต่อชั่วโมง)และ ทิศทางลม (องศา) ระหว่างเดือนสิงหาคม 2006 ถึง เดือนธันวาคม 2006 (ข้อมูลสมมุติ) 48

3.29 ผลของกราฟที่ได้ออกมาจากการเลือกแบบ Avg_Year แสดงค่าความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ระหว่างปี 2001 ถึง ปี 2006 (ข้อมูลสมมุติ) 49

3.30 ลำดับการทำงานของโปรแกรม Report 49

3.31 พฤติกรรมค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ ของวันที่ 8-14 ตุลาคม 2549 52

3.32 พฤติกรรมค่ากระแสไฟฟ้าทางด้านไฟตรง ของวันที่ 8-14 ตุลาคม 2549 52

3.33 พฤติกรรมค่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านไฟตรง ของวันที่ 8-14 ตุลาคม 2549 53

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.34 พฤติกรรมค่ากำลังไฟฟ้าทางด้านไฟตรง(Watt) ของวันที่ 8-14 ตุลาคม 2549 53

3.35 พฤติกรรมค่ากระแสไฟฟ้าทางด้านไฟสลับของวันที่ 8-14 ตุลาคม 2549 54

3.36 พฤติกรรมค่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านไฟสลับของวันที่ 8-14 ตุลาคม 2549 54

3.37 พฤติกรรมค่ากำลังไฟฟ้าทางด้านไฟสลับของวันที่ 8-14 ตุลาคม 2549 55

3.38 พฤติกรรมค่าอุณหภูมิแวดล้อมระบบ PVGCS ของวันที่ 8-14 ตุลาคม 2549 55

3.39 พฤติกรรมค่าความชื้นสัมพัทธ์แวดล้อม PVGCS ของวันที่ 8-14 ตุลาคม 2549 56

3.40 กราฟค่า Reference Yield(Yr) Final yield(Yf) Capture Loss(Lc) และSystem Loss(Ls) ของระบบ PVGCS 4.872 kWp วันที่ 8-14 ตุลาคม 2549 58

3.41 เครื่องมือวัด IV Checker รุ่น MP140 60

3.42 การวัดค่า ηa mean โดยใช้ข้อมูลจาก IV checker 61

3.43 กราฟแสดงพฤติกรรมการทำงานของระบบ PVGCSแต่ละวันของ เดือนกันยายน 2550 63

3.44 โฟลชาร์ตหลักการออกแบบโปรแกรมตรวจสอบการทำงานอุปกรณ์ระบบ PVGCS เพื่อการแจ้งเตือนผ่าน SMS และ Email (Accidents alarm) 68

3.45 อุปกรณ์ GSM Modem WaveCom รุ่นM1268B-ON และ SIM card 69

3.46 ไดอะแกรมการเชื่อมโยง GSM Modem กับ คอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม 69

4.1 หน้าจอแสดงผลการวัดค่าตัวแปรของโปรแกรมที่ 1-4 71

4.2 ตัวอย่าง Control Block ของ โปรแกรม Report 72

4.3 หน้าจอ Control Panel ของโปรแกรม Accidents Alarm 72

4.4 ตัวอย่าง Control Block ของโปรแกรม Accidents Alarm ส่วนการตรวจสอบเงื่อนไข 73

4.5 ตัวอย่าง Control Block ของโปรแกรม Accidents Alarm ส่วนการตรวจสอบคำสั่งเพื่อการตรวจเหตุขัดข้องเฉพาะที่ผู้ใช้ต้องการ 73

4.6 พฤติกรรม การทำงานของระบบ PVGCS ของเดือน พฤศจิกายน 2549 74

4.7 พฤติกรรม การทำงานของระบบ PVGCS ของเดือน มีนาคม 2550 75

4.8 ความสัมพันธ์ระหว่าง Hi, Ea, Egrid รายวันของเดือน มกราคม 2550 77

4.9 ค่าตัวแปรสมรรถนะและประสิทธิภาพของระบบ PVGCSเดือน มกราคม 2550 78

4.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง Gt, Ea, Egrid รายวันของเดือน มกราคม 2550 79

4.11 พฤติกรรม การทำงานของระบบPVGCS ของเดือน พฤศจิกายน 2549 80

4.12 พฤติกรรม การทำงานของระบบPVGCS ของเดือน เมษายน 2550 81

4.13 เปรียบเทียบพลังงานที่ระบบ PVGCS ที่แต่ละเฟสป้อนเข้าระบบจำหน่ายรายเดือน 81

4.14 ความสัมพันธ์ของ ค่า Yr, Ya, Yf, Lc, Ls รายเดือน ของระบบ PVGCS 4.872 kWp 82

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.15	กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงกลาง	83
4.16	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ 3 ม.ค.2550	85
4.17	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ เดือน มกราคม 2550	85
4.18	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์กับค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ 3 ม.ค.2550	86
4.19	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์กับค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ เดือน มกราคม 2550	87
4.20	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าจ่าย Gridกับค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ 3 ม.ค.2550	87

คำอธิบายสัญลักษณ์

A_A	คือ	พื้นที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (m^2)
ALCC	คือ	ค่าสมมูลประจำปีของราคาระบบตลอดช่วงอายุการใช้งานของระบบ (Annual Equivalent of the Life Cycle Cost : บาท)
C_C	คือ	ราคาเริ่มต้นของการติดตั้งระบบ (บาท)
C_{rm}	คือ	ราคาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เปลี่ยนทดแทน (บาท)
C_{rs}	คือ	ราคาระบบย่อยที่เปลี่ยนทดแทน (บาท)
C_s	คือ	มูลค่าซากของระบบ (บาท)
C_w	คือ	ราคาค่าไฟฟ้าต่อหน่วย (บาท)
E_A	คือ	พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ (kWh)
E_{BU}	คือ	พลังงานที่ผลิตได้จากระบบพลังงานเสริม (kWh)
Egrid	คือ	พลังงานไฟฟ้าที่ผ่านเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (kWh)
E_L	คือ	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริงโดยภาระทางไฟฟ้า (kWh/kWp)
E_{PV}	คือ	พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกใช้โดยภาระทางไฟฟ้า (kWh)
E_y	คือ	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ระบบผลิตได้ตลอดทั้งปีและถูกนำไปใช้งาน (kWh)
eff.PV	คือ	ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (%)
eff.lnv	คือ	ประสิทธิภาพของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบสองทาง (%)
eff.PV	คือ	ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Amorphous Silicon (%)
Gt	คือ	ค่ารังสีดวงอาทิตย์ (W/m^2)
G_{STC}	คือ	ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่สภาวะมาตรฐานการทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ STC = 1 kW/m^2
H_i	คือ	พลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิวแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh/m^2)
I_{DC}	คือ	กระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
I_{AC}	คือ	กระแสไฟฟ้ากระแสสลับของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
L_C	คือ	พลังงานที่สูญเสียในแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh/kWp)
L_S	คือ	พลังงานที่สูญเสียในระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh/kWp)
n_m	คือ	จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์
n_s	คือ	จำนวนระบบย่อย
Pa	คือ	ตัวปรับค่าเข้าสู่มูลค่าในปัจจุบันของระบบ (Present Worth Factor)
Pch	คือ	กำลังไฟฟ้าจากเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอร์รี่ (W)

P_o	คือ	กำลังไฟฟ้าติดตั้งสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์(Wp)
P_{pv}	คือ	กำลังไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์(W)
PR	คือ	สมรรถนะของระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์(Performance Ratio)
Tab	คือ	อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ (ºc)
V_{AC}	คือ	แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
V_{DC}	คือ	แรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
V_{PV}	คือ	แรงดันไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์(V)
Wt	คือ	กำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จากการทดสอบ
Ya	คือ	พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ต่อกำลังติดตั้ง(kWh/kWp)
Yr	คือ	พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ต่อกำลังติดตั้งในทางทฤษฎี (kWh/kWp)