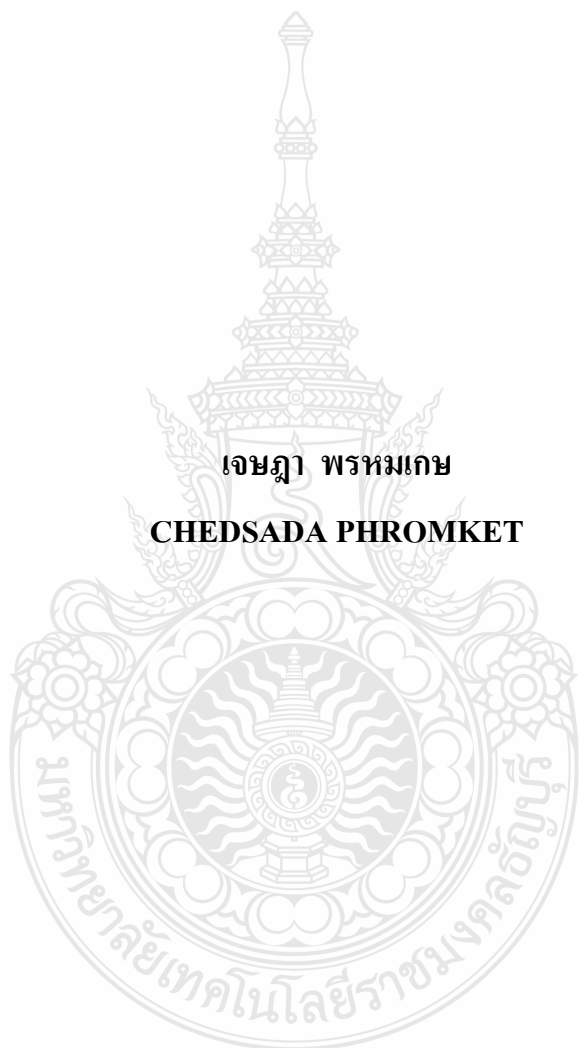


ระบบวัดและแสดงผลชนิดฝังตัวของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

EMBEDDED MONITORING SYSTEM FOR PV POWER SUPPLY



เชษฐา พรหมเกษ

CHEDSADA PHROMKET

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

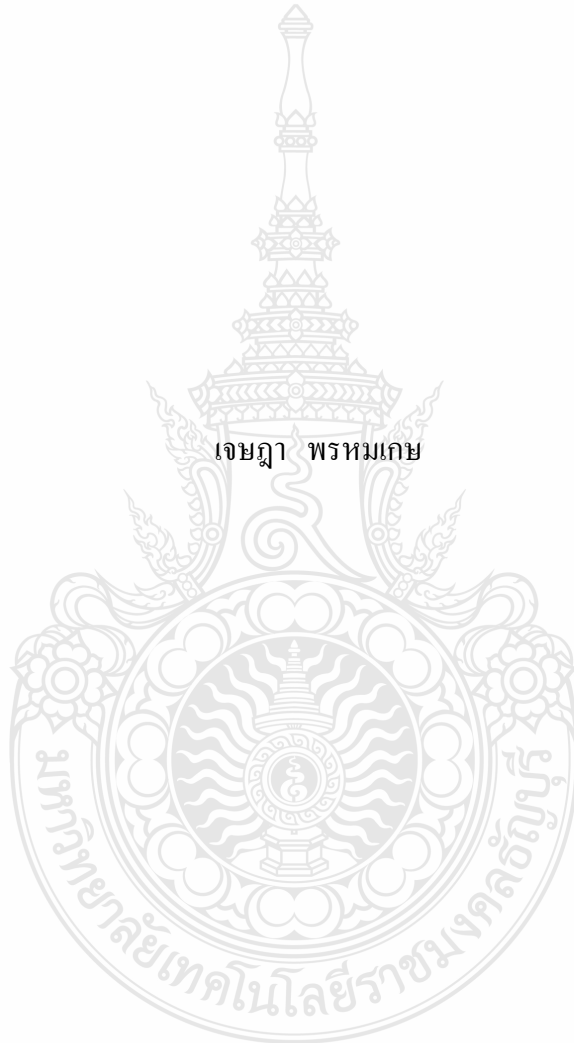
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

พ.ศ. 2554

ระบบวัดและแสดงผลชนิดฝังตัวของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

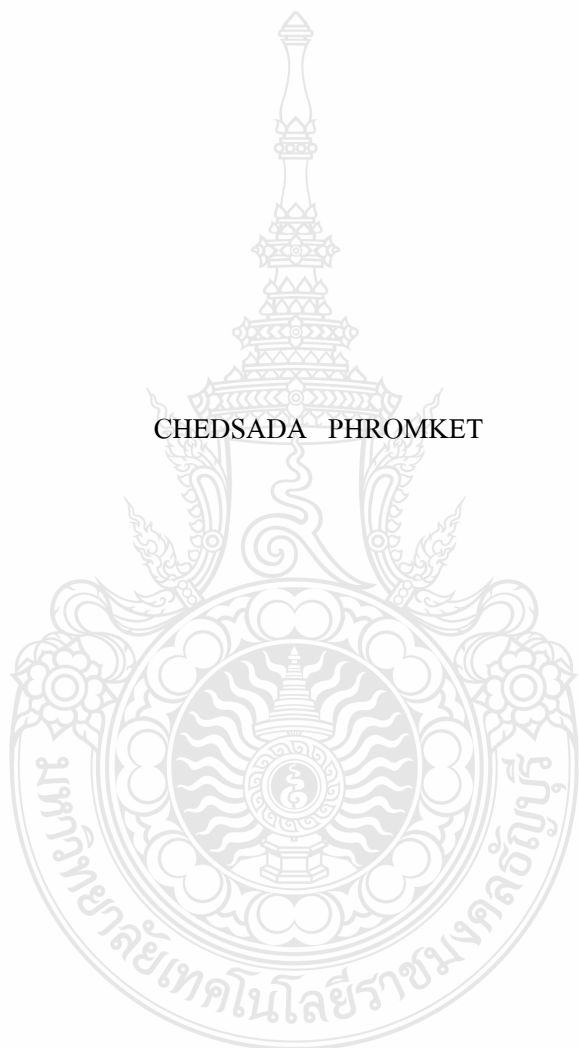
คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

พ.ศ. 2554

EMBEDDED MONITORING SYSTEM FOR PV POWER SUPPLY

CHEDSADA PHROMKET



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING
IN ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THANYABURI

2011

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นงานวิจัยที่เกิดจากการค้นคว้าและวิจัย ขณะที่ข้าพเจ้าศึกษาอยู่ในคณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ดังนั้นงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถือ
เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และข้อความต่างๆในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
ข้าพเจ้าขอรับรองว่าไม่มีการคัดลอกหรือนำงานวิจัยของผู้อื่นมานำเสนอในชื่อของข้าพเจ้า

นายเจษฎา พรหมเกษ





ใบรับรองวิทยานิพนธ์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบวัดและแสดงผลชนิดฝังตัวของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ EMBEDDED MONITORING SYSTEM FOR PV POWER SUPPLY
ชื่อนักศึกษา	นายเจษฎา พรหมเกษ
รหัสประจำตัว	114970402007-6
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร. บุญยัง ปลั่งกลาง
วัน เดือน ปี ที่สอบ	15 พฤษภาคม 2554
สถานที่สอบ	ห้องชมพูนุพัทธ์ทิพย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประมุข อุดมทะเลกะ)

..... กรรมการ
(ดร.สุรินทร์ แห่งงาม)

..... กรรมการ
(ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิภิตติพิชญ์)

..... กรรมการและเลขานุการ
(ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง)

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมหมาย ผิวสะอาด)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบวัดและแสดงผลชนิดฝังตัวของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์
นักศึกษา	นายเจษฎา พรหมเกษ
รหัสประจำตัว	114970402007-6
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา	2553
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอระบบวัดบันทึกชนิดฝังตัวของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ จากค่าปริมาณทางไฟฟ้าที่วัดได้จากระบบ โดยสามารถวัดและแสดงผลค่าต่างๆ ซึ่งสามารถบันทึกข้อมูลและแสดงผลตามเวลาที่ต้องการได้

จากการศึกษาระบบวัดและแสดงผลในรูปแบบต่าง ๆ นั้นพบว่า ระบบวัดและแสดงผลใช้พลังงานไฟฟ้าค่อนข้างมากจึงเสมือนเป็นภาระทางไฟฟ้าอีกชนิดหนึ่งของระบบผลิตไฟฟ้า งานวิจัยนี้จึงมีแนวทางในการนำเอาระบบวัดและแสดงผลชนิดฝังตัวมาประยุกต์ใช้งานแทนระบบแบบเดิมจากการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ต่ำของระบบวัดและแสดงผลจึงทำให้ลดภาระทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่เกิดจากการติดตั้งระบบวัดและแสดงผลเข้าไปในระบบผลิตไฟฟ้า

ผลของงานวิจัยพบว่าสามารถนำระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ไปใช้งานกับระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็กได้ ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ 2.5 วัตต์ และมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสูงสุดในการวัดค่าแรงดันอยู่ที่ $\pm 0.287\%$ ในการวัดกระแสมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสูงสุดในการวัดอยู่ที่ $\pm 1.49\%$ และในการวัดค่าอุณหภูมิมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ $\pm 0.178\%$ และจากการทดสอบการติดต่อสื่อสารผ่านระบบเครือข่ายเฉพาะที่ หรือเครือข่ายอินเทอร์เน็ตนั้น จากการทดสอบแสดงให้เห็นว่าสามารถติดต่อสื่อสารและทำงานได้โดยไม่มีการติดตั้งโปรแกรมเพิ่มเติม

คำสำคัญ: ระบบวัดและแสดงผล ระบบสมองกลฝังตัว ระบบปฏิบัติการ

Thesis Title: EMBEDDED MONITORING SYSTEM FOR PV POWER
SUPPLY

Student Name : Mr. Chedsadar Phromket

Student ID : 114970402007-6

Degree Award : Master of Engineering

Study Program : Electrical Engineering

Academic year : 2010

Thesis Advisor : Dr. Boonyang Plangklang

ABSTRACT

This thesis presents a design and development of Embedded Monitoring System for PV Power Supply. The implemented monitoring system collects all data and then sends the data from PV system to main control unit, The operator can see the display and all data record as digital form at the main unit. The interface program is developed for managing monitored data.

From the study, there are various forms of monitoring system. It is found that monitoring system has high power consumption then also become load of electrical power systems. There for embedded system is selected and used for the monitoring system as low power consumption.

The results of the design and analytical show that the developed Embedded PV Monitoring System works very sustainably with Small PV Power Supply. This is because of the low power consumption at 2.5 watts. The developed PV Monitoring System is connected via local area networks or the internet network. The system has an error value of voltage at 0.287%, error value of currents was 1.27%, error value of temperature is 0.178%. From the experiment, the results show that the monitoring system is working properly and sustainably.

Keywords: PV Monitoring, Embedded System, Operating System

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเป็นอย่างดี เพราะได้รับความอนุเคราะห์ ความช่วยเหลือ และคำแนะนำจากอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ คือ ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง ได้ให้ความกรุณาให้คำปรึกษาแนะนำอันมีค่ายิ่ง ตลอดจนชี้แนะแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงมาไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่าน ผู้ที่ให้คำชี้แนะ แนะนำและความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ต่อการทำงานวิจัย และขอกราบขอบพระคุณคณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ทุนในการทำวิทยานิพนธ์ บริษัทและห้างร้านต่างๆ ที่ให้การสนับสนุนในด้านอุปกรณ์ เพื่อนๆ และอาจารย์ สำหรับคำปรึกษาในครั้งนี้

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัว ตลอดจนญาติพี่น้องทุกคนที่เป็นกำลังใจและให้ความเข้าใจดีสำหรับเวลาที่ข้าพเจ้าต้องใช้สำหรับการศึกษาเพื่ออนาคตในครั้งนี้ รวมทั้งพี่ๆ และทีมงานวิจัย ณ ห้องปฏิบัติการพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ร่วมแรง ร่วมใจ อยู่ด้วยกันปฏิบัติงานตลอดมา

เจษฎา พรหมเกษ

15 พฤษภาคม 2554



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
คำอธิบายสัญลักษณ์ และคำย่อ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา	2
1.4 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.5 ข้อตกลงเบื้องต้น	3
1.6 วิธีการดำเนินการวิจัย	3
1.7 คำสำคัญของการวิจัย	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.2 ระบบวัดบันทึกและแสดงผล	6
2.3 ระบบสมองกลฝังตัว	9
2.4 โครงสร้างพื้นฐานของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์	12
2.5 โพรโทคอล TCP/IP	20
2.6 ไมโครโปรเซสเซอร์	23
2.7 สรุปผลการศึกษาทฤษฎีหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	25
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	26
3.1 การรวบรวมข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัย	26
3.2 กรอบแนวคิดในการศึกษาระบบวัดและแสดงผลของพลังงานทดแทน	27
3.3 การสร้างระบบวัดและแสดงผล บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต	32
3.4 การเชื่อมต่อวงจรการทำงานจากระบบเข้าด้วยกัน	36

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.5 การทดสอบระบบวัดและแสดงผล	37
3.6 สรุปผลการทดสอบกับระบบปฏิบัติการต่างๆ	40
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจัย	41
4.1 การทดสอบประสิทธิภาพของระบบวัดและแสดงผลชนิดฝังตัวของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับฮาร์ดแวร์	41
4.2 สรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ	46
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	47
5.1 สรุปผลการวิจัย	47
5.2 ข้อเสนอแนะ	48
เอกสารอ้างอิง	49
ภาคผนวก	
ก ไดอะแกรมแผงวงจรไมโครโปรเซสเซอร์RCM2200	50
ข ข้อมูลอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ	53
ค วงจรรวมของระบบวัดและแสดงผลชนิดฝังตัวของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์	60
ง โปรแกรมการทำงานของระบบวัดและแสดงผล	62
จ ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่	79
ประวัติผู้เขียน	94

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงช่วงของเลขที่อยู่ไอพีในแต่ละคลาส	23
4.1 การทดสอบประสิทธิภาพการตรวจวัดข้อมูลของเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยระบบวัดและ แสดงผลชนิดฝังตัวของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ วันที่ 29 กันยายน 2553	41
4.2 การทดสอบประสิทธิภาพการตรวจวัดข้อมูลของแบตเตอรี่ด้วยระบบวัดและแสดงผล ชนิดฝังตัวของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ วันที่ 29 กันยายน 2553	42
4.3 การทดสอบประสิทธิภาพการตรวจวัดข้อมูลขณะจ่ายโหลดด้วยระบบวัดและแสดงผล ชนิดฝังตัวของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์	43

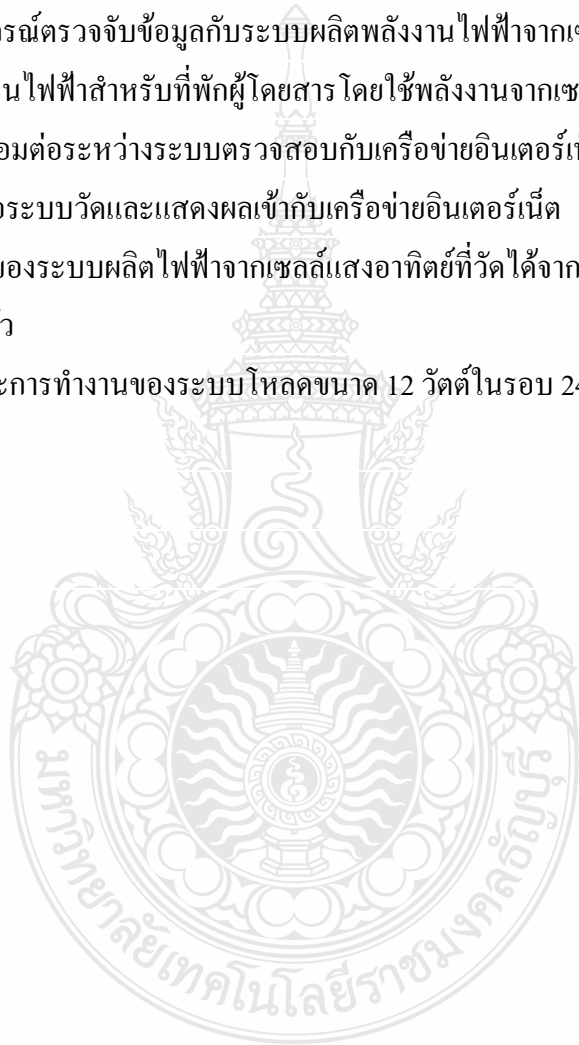


สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ระบบวัดบันทึกและแสดงผลการผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน	7
2.2 โครงสร้างระบบวัดและแสดงผลพลังงานจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์	9
2.3 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์โดยตรง	13
2.4 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ต่อผ่านคอนเวอร์เตอร์	13
2.5 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ	13
2.6 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้าระบบไฟฟ้า	14
2.7 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จุดต่อร่วมกระแสตรง	15
2.8 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จุดต่อร่วมกระแสตรงผสมผสาน	15
2.9 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ใช้กับทั้งอุปกรณ์กระแสตรงและกระแสสลับ	16
2.10 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ผสมผสานใช้กับกระแสตรงและกระแสสลับ	17
2.11 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จุดต่อร่วมกระแสตรงจ่ายอุปกรณ์กระแสสลับ	17
2.12 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จุดต่อร่วมกระแสสลับผสมผสาน	18
2.13 ความสัมพันธ์ระหว่างโพรโทคอลต่างๆ ใน TCP/IP	21
2.14 การกำหนดเลขที่อยู่ไอพีในคลาสต่างๆ	23
2.15 Rabbit Module	23
2.16 โครงสร้างภายใน Rabbit	24
3.1 โฟลว์ชาร์ตแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ต้องการวัด	26
3.2 ชุดพัฒนา core module microprocessors rabbit RCM2200	27
3.3 การติดต่อสื่อสารของ RCM2200	28
3.4 วงจรแบ่งแรงดันเพื่อให้ออกแบบอุปกรณ์วัดค่าแรงดัน	29
3.5 วงจรและอุปกรณ์วัดค่ากระแส	29
3.6 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิได้แมงเซลล์แสงอาทิตย์และอุณหภูมิสภาพแวดล้อม	30
3.7 บอร์ดแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล	30
3.8 วงจรของบอร์ดแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล	31
3.9 การออกแบบลายวงจรพิมพ์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	32
3.10 ผังการทำงานของโปรแกรมวัดและแสดงผลในส่วนการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า	33
3.11 ผังการทำงานของโปรแกรมวัดและแสดงผลในส่วนการวัดค่ากระแสไฟฟ้า	34
3.12 การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครโปรเซสเซอร์ด้วย Dynamic C	35

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.13 ทดลองโปรแกรมบนบอร์ดทดลองก่อนที่จะนำไปลงแผ่นวงจรพิมพ์	35
3.14 การเขียนเว็บโดยใช้ภาษา HTML	36
3.15 การต่อวงจรภายในของตัวเครื่องระบบเซ็นเซอร์	36
3.16 การติดตั้งตัวเครื่องระบบเซ็นเซอร์เข้ากับระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์	37
3.17 การติดตั้งชุดอุปกรณ์ตรวจจับข้อมูลกับระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์	38
3.18 ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าสำหรับที่พักผู้โดยสาร โดยใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์	38
3.19 สาย UTP ที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างระบบตรวจสอบกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต	39
3.20 ตำแหน่งเชื่อมต่อระบบวัดและแสดงผลเข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต	39
4.1 ข้อมูลการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่วัดได้จากระบบวัดและแสดงผลชนิดฝังตัว	45
4.2 การจำลองลักษณะการทำงานของระบบโหลดขนาด 12 วัตต์ในรอบ 24 ชั่วโมง	46



คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

Embedded	ระบบสมองกลฝังตัว
kWh	พลังงานไฟฟ้า
LAN	local area network การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กันหลายๆ ตัวเพื่อแชร์ข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับคอมพิวเตอร์
Monitoring	ระบบวัดและแสดงผล
MPU	Micro Processing Unit
OS	เป็นซอฟต์แวร์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางระหว่างฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ประยุกต์ทั่วไป
PV	Photovoltaic
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
UTP	Unshielded Twisted Pair สายเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างเครื่องข่ายเฉพาะที่
Web browser	โปรแกรมที่ใช้ดูข้อมูลและโต้ตอบกับข้อมูลที่จัดเก็บในหน้าเว็บที่สร้างด้วยภาษาเฉพาะ
Web Server	ทำหน้าที่เป็นเครื่องบริการเว็บเพจแก่ผู้ร้องขอด้วยโปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พลังงานทดแทนจากแหล่งต่างๆ ได้ถูกคิดค้นและนำมาใช้เพื่อทดแทนพลังงานจากแหล่งหลัก เช่น พลังงานจากแสงอาทิตย์ พลังงานลม เป็นต้น พลังงานทดแทนต่างๆ เหล่านี้ได้ถูกนำมาใช้ในโครงการต่างๆ แต่ก็มีข้อจำกัดอยู่ที่พลังงานเหล่านี้ยังไม่มีฐานข้อมูลที่จะนำข้อมูลทางสภาพแวดล้อม เช่น ความเข้มแสง ความเร็วลม มาวิเคราะห์เพื่อใช้ในการประเมินประสิทธิภาพ และความคุ้มค่า ในทางเศรษฐศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม เนื่องจากพลังงานทดแทนไม่ได้มีตลอดเวลา เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ก็มีเฉพาะตอนกลางวัน ดังนั้นการตรวจวัดค่าพลังงานที่ได้จากพลังงานทดแทนมาแสดงผลทางจอแสดงผลของคอมพิวเตอร์ และสามารถแสดงผลฝ่ายเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ตจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในวิเคราะห์ต้นทุนและพัฒนาด้านของพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน อีกทั้งยังให้ผู้คนทั่วไปได้ตระหนักถึงความสำคัญของพลังงานที่ได้จากพลังงานทดแทนอีกด้วย

แหล่งพลังงานทดแทนจากธรรมชาติ ถือเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่ใหญ่ที่สุดและไม่มีวันหมดสิ้น จึงได้มีการค้นหาวิธีการนำพลังงานทดแทนจากธรรมชาติขึ้นมาใช้ประโยชน์ในการผลิตกระแสไฟฟ้า เช่น การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ถือเป็นทางเลือกหนึ่งที่ไม่สามารถจะหลีกเลี่ยงได้ในอนาคต การที่เราจะนำพลังงานมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้นั้น สิ่งที่สำคัญเป็นอันดับต้นๆ ก็คือต้องทราบข้อมูลของพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการวัดพลังงานจากแสงอาทิตย์ เพื่อเก็บเป็นข้อมูลและเพื่อแสดงให้เห็นว่าพลังงานของแสงอาทิตย์แต่ละวันเป็นอย่างไร ระบบการวัดพลังงานจากแสงอาทิตย์จะมีส่วนสำคัญคือเซ็นเซอร์ และระบบเก็บข้อมูล และนอกจากนี้เพื่อเป็นการกระตุ้นให้เห็นได้ชัดเจนถึงขนาดพลังงานจากแสงอาทิตย์ด้วย ระบบแสดงผลจึงมีความสำคัญเช่นเดียวกัน ระบบแสดงผลจะเป็นแบบ Real-Time System ซึ่งแสดงผลให้เห็นว่า พลังงานตอนนี้มีค่าเท่าใดเพื่อจะได้กระตุ้นให้เห็นว่าต้องมีการนำพลังงานมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยการวัดพลังงานจากแสงอาทิตย์จะมีรูปแบบเป็นสถานีการวัดติดตั้งอยู่กลางแจ้งเพื่อเก็บข้อมูลต่างที่เกี่ยวข้องกับพลังงานจากแสงอาทิตย์

จากปัญหาของการวิจัยเกี่ยวกับพลังงานทดแทน ซึ่งขาดแหล่งข้อมูลทางด้านสภาพแวดล้อมของพื้นที่ ที่จะทำการติดตั้งระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลด้านความเข้มของแสงอาทิตย์ ความเร็วลม อุณหภูมิ ตลอดจนความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ จะมีประโยชน์ต่อการประเมินประสิทธิภาพของระบบว่าถ้าหากทำการติดตั้งอยู่ในพื้นที่นั้นจะมีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้าวิจัยเป็น

จึงได้มีการศึกษาระบบวัดและแสดงผลชนิดฝังตัวของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยนำเทคโนโลยีแบบฝังตัวมาใช้งานเนื่องจากมีขนาดเล็ก ใช้กำลังไฟฟ้าต่ำกว่าการนำคอมพิวเตอร์ มาใช้ในการวัดและแสดงผลแทน

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 ศึกษาการออกแบบและสร้างระบบวัดบันทึกชนิดฝังตัวของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

1.2.2 ศึกษาการทดสอบหาประสิทธิภาพของระบบวัดและแสดงผลชนิดฝังตัวของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

1.2.3 ศึกษาการนำข้อมูลที่ได้มาใช้ประโยชน์ทางการศึกษาวิจัยด้านพลังงานทดแทน

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

ในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนจากแหล่งต่างๆ เช่น พลังงานจากแสงอาทิตย์ พลังงานลมยังมีข้อจำกัดอยู่ที่พลังงานเหล่านี้ไม่สามารถจ่ายกำลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดได้อย่างต่อเนื่อง จึงมีความจำเป็นในการศึกษาพฤติกรรมของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนเหล่านี้ ด้วยการติดตั้งระบบวัดและแสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์เข้ามาในระบบผลิตไฟฟ้า แต่ระบบวัดและแสดงผลดังกล่าวยังมีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าค่อนข้างสูง ซึ่งอาจเปรียบได้ว่าเป็นโหลดอีกชนิดหนึ่งของระบบผลิตไฟฟ้าได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการพัฒนาและสร้างระบบวัดและแสดงผลที่มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่ต่ำกว่ามาใช้แทนระบบวัดและแสดงผลแบบเดิม

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

1.4.1 ออกแบบการทำงานของระบบวัดและแสดงผลชนิดฝังตัวของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

1.4.2 สร้างระบบวัดและแสดงผลชนิดฝังตัวของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

1.4.3 สามารถทราบวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบวัดและแสดงผลชนิดฝังตัวให้มีความเหมาะสมกับระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

1.5 ข้อตกลงเบื้องต้น

การวิจัยครั้งนี้จะทำการศึกษาดัง การนำเอาระบบวัดและแสดงผลชนิดฝังตัว มาติดตั้งกับระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

1.6 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.6.1 ศึกษาความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ศึกษาถึงการนำเอาระบบวัดและแสดงผลชนิดฝังตัวมาใช้ในระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

1.6.2 ศึกษาทฤษฎีเบื้องต้น

- ก. ศึกษากระบวนการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์
- ข. ศึกษาการวัดและแสดงผลของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์
- ค. ศึกษาการนำระบบวัดและแสดงผลแบบฝังตัวมาใช้ในระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

1.6.3 ออกแบบและสร้างระบบ

ออกแบบและสร้างระบบวัดและแสดงผลชนิดฝังตัวพร้อมทั้งนำไปติดตั้งเข้ากับระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

1.6.4 ขั้นตอนการทดลอง

เก็บผลของค่าที่วัดได้แล้วนำไปเปรียบเทียบกับระบบวัดและแสดงผลที่ใช้ในปัจจุบัน เพื่อหาประสิทธิภาพและการลดลงของการใช้กำลังไฟฟ้าของระบบวัดและแสดงผลชนิดฝังตัว

1.6.5 วิเคราะห์ผลการทดลอง ตามผลขั้นตอนการทดลอง

1.6.6 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

1.7 คำสำคัญของการวิจัย

1.7.1 ระบบวัดและแสดงผล (Monitoring System)

คือ ระบบสังเกตการทำงานของระบบการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยไม่ได้มีการนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้งานในการวัดและแสดงผล

1.7.2 ระบบฝังตัว (Embedded System)

คือระบบประมวลผลที่ใช้ชิปหรือไมโครโพรเซสเซอร์ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า และสามารถทำงานทดแทนระบบประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์

1.7.3 ระบบปฏิบัติการ (Operating System)

คือ ระบบปฏิบัติการมีหน้าที่หลัก ๆ คือ การจัดสรรทรัพยากรในเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อให้บริการซอฟต์แวร์ประยุกต์ ในเรื่องการรับส่ง และจัดเก็บข้อมูลกับฮาร์ดแวร์ เช่น การส่งข้อมูลภาพไปแสดงผลที่จอภาพ การส่งข้อมูลไปเก็บหรืออ่านจากฮาร์ดดิสก์ หรือจัดสรรพื้นที่ในหน่วยความจำตามที่ซอฟต์แวร์ประยุกต์ร้องขอ รวมทั้งทำหน้าที่จัดสรรเวลาการใช้หน่วยประมวลผลกลาง ในกรณีที่อนุญาตให้รันซอฟต์แวร์ประยุกต์หลายๆ ตัวพร้อมๆ กัน



บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับระบบวัดและแสดงผลระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ที่มีการใช้งานหลัก ๆ อยู่สองชนิดใหญ่ ๆ ทั้งนี้เป็นระบบที่ถูกเลือกนำมาใช้เป็นระบบผลิตกำลังไฟฟ้าส่งจ่ายกับผู้ใช้ไฟฟ้าจึงมีระบบที่มีความสำคัญกับผู้ใช้ไฟฟ้าโดยตรง รูปแบบระบบจะแตกต่างกันออกไปจากโครงสร้างโดยรวม และระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนจากแหล่งต่างๆ ยังมีข้อจำกัดอยู่ที่พลังงานเหล่านี้ไม่สามารถจ่ายกำลังงานให้กับโหลดได้อย่างต่อเนื่อง จึงนำไปสู่การวิจัยและพัฒนาาระบบดังกล่าวขึ้น โดยมีส่วนประกอบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในลำดับต่อไป

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นภัทร วัจนเทพินทร, เกลิมพล เรืองพัฒนาวิวัฒน์ [1] ได้คิดระบบเฝ้าสังเกตการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อตรงเข้าระบบ ระบบดังกล่าวใช้การตรวจวัดจากอุปกรณ์รับรู้กับอุปกรณ์แปลงสัญญาณ อุปกรณ์ควบคุม และตัวอินเทอร์เฟซ ระบบการตรวจสอบที่ออกแบบและสร้างขึ้นนี้ใช้คอมพิวเตอร์เก็บข้อมูลและสร้างรายงานใน รูปแบบของตารางและกราฟ โดยผ่านเครือข่ายเฉพาะที่ (LAN) และ ซอฟต์แวร์ของระบบพัฒนาขึ้น โดยโปรแกรม Lab VIEW

บุญยัง ปลั่งกลาง [2] ได้คิดระบบวัดและแสดงผลสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน โดยเลือกใช้ระบบวัดและแสดงผลชนิดฝังตัวด้วย แผงวงจร PC104 ซึ่งเป็นคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กและใช้ระบบปฏิบัติการลินุกซ์ โดยข้อมูลทั้งหมดจะถูกส่งผ่านแผงวงจรส่งสัญญาณจีเอสเอ็ม โดยถูกจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลของเครื่องรับสัญญาณที่ต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เป็นเซิร์ฟเวอร์ และแสดงผลผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์เครื่องที่ต่อกับเครือข่ายเฉพาะที่ (LAN)

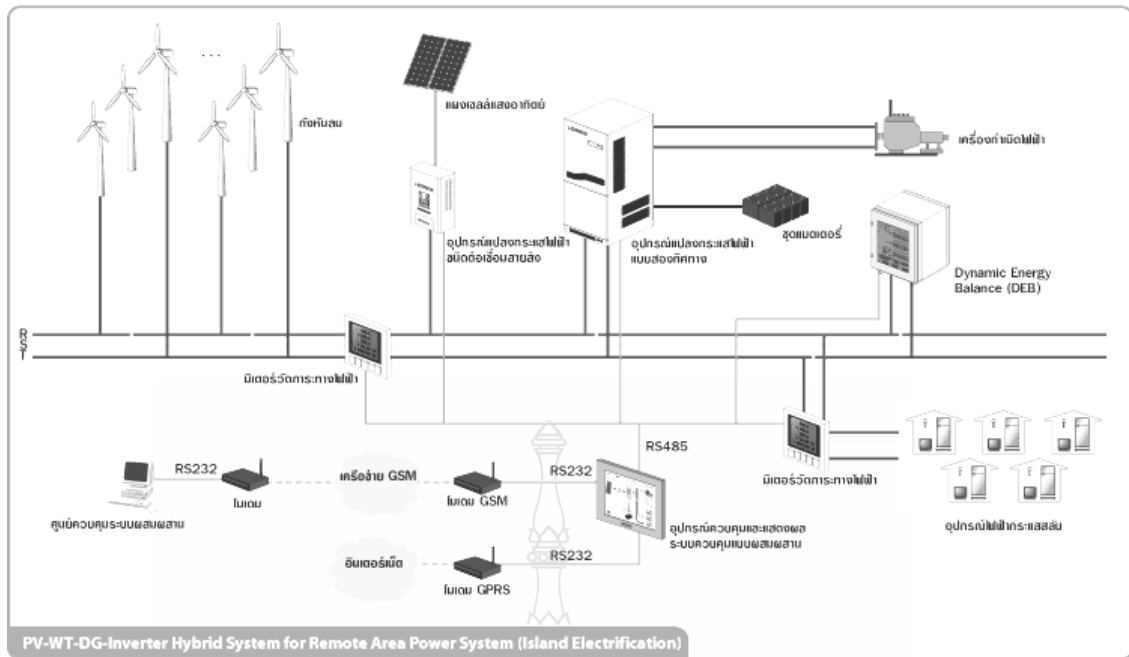
ดี บอร์ดอน (D. Bordon), เอ ริบิก (A. Ribic), ที เบบนิค (T. Babnik), เอฟ กูบินา (F. Gubina) และ บี สตรีมนิค (B. Strmcnik) [3] ได้คิดและสร้างระบบส่งข้อมูล ระบบกำลังไฟฟ้า สำหรับป้องกันและจัดการ ผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และข้อมูลทั้งหมดจะถูกจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลเมื่อมีเหตุการณ์ใดๆ เกิดขึ้นตามข้อกำหนดแล้ว ระบบจะส่งข้อความสั้น ไปยังโทรศัพท์มือถือของผู้ดูแลระบบเพื่อให้ผู้ดูแลระบบมาตรวจสอบข้อผิดพลาดดังกล่าวต่อไป

2.2 ระบบวัดบันทึกและแสดงผล

ระบบวัดบันทึกและแสดงผล คือ ระบบสังเกตการทำงานของระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนแบบผสมผสานในรูปแบบต่างๆ ซึ่งไม่ได้มีรูปแบบที่ตายตัวขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และเทคโนโลยีของเครื่องมือวัดที่ใช้ในโครงการนั้นๆ ในระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานจากพลังงานทดแทนนั้นส่วนมากจะตรวจสอบการทำงานเพื่อประเมินสมรรถนะของระบบ โดยใช้อุปกรณ์ตรวจรู้แบบต่างๆ ประกอบกับซอฟต์แวร์ที่เหมาะสมร่วมกับระบบคอมพิวเตอร์จะเป็นซึ่งจะเป็นเครื่องมือที่สำคัญที่สุด สำหรับระบบสังเกตการทำงานของระบบในปัจจุบันจะตรวจวัดและเก็บข้อมูลในรูปแบบข้อมูล ดิจิทัล จึงจำเป็นที่จะต้องใช้ฮาร์ดแวร์ที่มีคุณสมบัติเป็นตัวเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Acquisition) และสามารถรับส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้ในกรณีที่ต้องการทำงานและการตรวจสอบระยะไกล (Remote Monitoring) หรือผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยการออกแบบระบบสังเกตการทำงานที่ดีจะต้องส่งผลกระทบต่อการทำงานของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนน้อยที่สุด และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการทำงานของระบบเฝ้าสังเกตนั้นไม่ควรเกินกว่า ร้อยละ 5 ของกำลังไฟฟ้าเอาต์พุตของระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์นั้น

ระบบวัดบันทึกแสดงผลนั้น จะทำหน้าที่สังเกตการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนนั้น ซึ่งเปรียบเสมือนผู้ดูแลว่าการผลิตไฟฟ้าดังกล่าวยังคงทำงานอยู่ในสภาวะปกติหรือไม่ โดยปกติควรเฝ้าสังเกตการทำงานของการผลิตไฟฟ้าทุกวันและสามารถรายงานผลการผลิตได้ทั้งในรูปแบบของข้อมูลรายวัน รายเดือน และรายปี เป็นต้น ดังนั้นวิธีการวัดและสังเกตการทำงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์จึงเข้ามามีบทบาทสำคัญเนื่องจากเป็นระบบที่มีความยืดหยุ่นต่ออุปกรณ์รับรู้ เครื่องมือวัด และฮาร์ดแวร์ต่างชนิดกัน อีกทั้งต้องใช้ซอฟต์แวร์ที่มีความยืดหยุ่นสูงสามารถใช้กับฮาร์ดแวร์ที่หลากหลาย และต้องเป็นซอฟต์แวร์ที่พัฒนาง่าย หรือเป็นซอฟต์แวร์ที่มีคุณลักษณะการโปรแกรมด้วยภาษากกราฟิกแบบโมดูล (Modular Graphical Programming Language) ซึ่งซอฟต์แวร์ที่มีคุณสมบัติเหล่านี้มีหลากหลาย แต่ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในกลุ่มนักวิจัยและวิศวกร คือ ซอฟต์แวร์ Visual Basic ของบริษัทไมโครซอฟต์ และซอฟต์แวร์ Lab VIEW ของบริษัทเนชั่นแนลอินสตรูเมนต์ ภาพรวมของระบบวัดบันทึกและแสดงผล (The Monitoring System) แสดงดังรูปที่ 2.1

ระบบวัดบันทึกและแสดงผลดังกล่าว จำเป็นจะต้องใช้การตรวจวัดค่าต่างๆ ที่ต้องทราบค่าจากอุปกรณ์รับรู้ เพื่อส่งค่ามายังอุปกรณ์แปลงสัญญาณ อุปกรณ์ควบคุม และตัวอินเทอร์เฟซกับคอมพิวเตอร์ เนื่องจากระบบการตรวจสอบนี้จะใช้คอมพิวเตอร์ในการเก็บข้อมูลและสร้างรายงานในรูปแบบของตารางและกราฟ โดยผ่านเครือข่ายเฉพาะที่ (LAN) และทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต การที่จะสร้างระบบวัดบันทึกผลที่มีเสถียรภาพสูง จำเป็นจะต้องเลือกฮาร์ดแวร์ให้เหมาะสมกับซอฟต์แวร์ที่เลือกใช้ ไม่ว่าจะเป็น อุปกรณ์รับรู้ อุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์ คาต้าล็อกเกอร์ ตัวรับและกระจายสัญญาณ อินพุต/เอาต์พุต และการอินเทอร์เฟซฮาร์ดแวร์ต่างๆ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตการใช้ซอฟต์แวร์



รูปที่ 2.1 ระบบวัดบันทึกและแสดงผลการผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน [4]

ดังกล่าวในการพัฒนาโปรแกรมที่จะใช้ในระบบวัดบันทึกและแสดงผลเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลและสังเกตการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยเซลล์แสงอาทิตย์เป็นทางเลือกที่ดี ซึ่งการพัฒนาจะสามารถทำได้พร้อมกันกับการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้า การปรับแต่งและแก้ไขโปรแกรมสามารถทำได้ง่าย ระบบสามารถทำงานได้ในระบบปฏิบัติการวินโดวส์ โดยผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ทั้งภายในและภายนอกองค์กรได้ การดาวน์โหลดข้อมูลทำได้ง่ายและไม่มีผลต่อโปรแกรมที่กำลังพัฒนาอยู่ ทำให้ประหยัดเวลาในการอัปเดตโปรแกรมในอนาคตภายใต้โปรโตคอล TCP/IP ได้เป็นอย่างดีอุปกรณ์ดังกล่าวต้องเป็นอุปกรณ์ที่ได้มาตรฐานและมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย อุปกรณ์รับรู้ และเครื่องมือวัดพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า เช่น วัดพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้า เป็นต้น

2.2.1 ตัวแปรที่ต้องการเฝ้าสังเกต

ในการออกแบบระบบวัดบันทึกและแสดงผลจะต้องตอบคำถามแรกให้ได้ว่า เราต้องการรู้ข้อมูลใดบ้าง ข้อมูลใดบ้างที่จะเป็นประโยชน์ และค่าใช้จ่ายที่ต้องลงทุนสำหรับระบบวัดบันทึกที่ต้องการเฝ้าสังเกต ซึ่งควรพิจารณาจากแนวคิด 3 ประการ ต่อไปนี้

1. สารสนเทศด้านพลังงานของระบบ

การเฝ้าสังเกตข้อมูลที่เป็นรายละเอียดด้านพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ของระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ นับว่าเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ทุกระบบการผลิตไฟฟ้าจะต้องมีโดยทั่วไป ข้อมูลเหล่านี้จะประกอบไปด้วย พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kWh) กำลังไฟฟ้ากระแสตรงจากชุดแผง

เซลล์แสงอาทิตย์ กำลังไฟฟ้ากระแสสลับที่เอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์ เป็นต้น ข้อมูลดังกล่าวจะได้จากตัวอินเวอร์เตอร์ ซึ่งบริษัทผู้ผลิตจะมีฟังก์ชันเพิ่มเติมที่สามารถเรียกข้อมูลเหล่านี้ออกมาได้โดยผ่านซอฟต์แวร์ของบริษัทผู้ผลิต ดังนั้นค่าใช้จ่ายสำหรับสารสนเทศด้านพลังงานของระบบจึงค่อนข้างต่ำ

2. สารสนเทศทางวิศวกรรม

ระบบเฝ้าสังเกตที่เหมาะสมเพื่อให้ได้สารสนเทศทางวิศวกรรม สำหรับให้วิศวกรนำไปใช้ในการพัฒนาระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์นั้น การเก็บข้อมูลที่ต้องการจะต้องเก็บในช่วงเวลาอาจจะนานถึง 2 ปี หรือ 5 ปี และการเก็บข้อมูลแต่ละครั้งต้องมีช่วงเวลาตั้งแต่ 5 นาที ถึง 15 นาที หรืออาจต่ำกว่านี้ทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลและสารสนเทศที่แม่นยำ และเห็นแนวโน้มต่างๆ ของสถานการณ์จริงในการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าเช่น จำนวนครั้งของการ Shutdown ช่วงเวลาในการ Start up และ Shutdown เป็นต้น การที่จะได้มาซึ่งสารสนเทศทางวิศวกรรมนี้ค่าใช้จ่ายในการวัดระบบเฝ้าสังเกตการทำงานจะมีค่าใช้จ่ายปานกลางและค่อนข้างสูง

3. สารสนเทศเพื่อการวิจัย

ข้อมูลที่จะนำมาเป็นสารสนเทศเพื่อการวิจัยนั้น เป็นข้อมูลในเชิงลึกอาจต้องใช้เวลาสั้นๆ ในการสุ่มข้อมูลแต่ละค่า เพียง 1 วินาทีถึง 5 วินาที ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการวิจัยแน่นอนว่าค่าใช้จ่ายในการทำระบบสารสนเทศเพื่อการวิจัย สำหรับระบบเฝ้าสังเกตเพื่อให้ได้ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์นั้น ย่อมสูงกว่าสองลักษณะแรกที่ได้กล่าวมาแล้ว

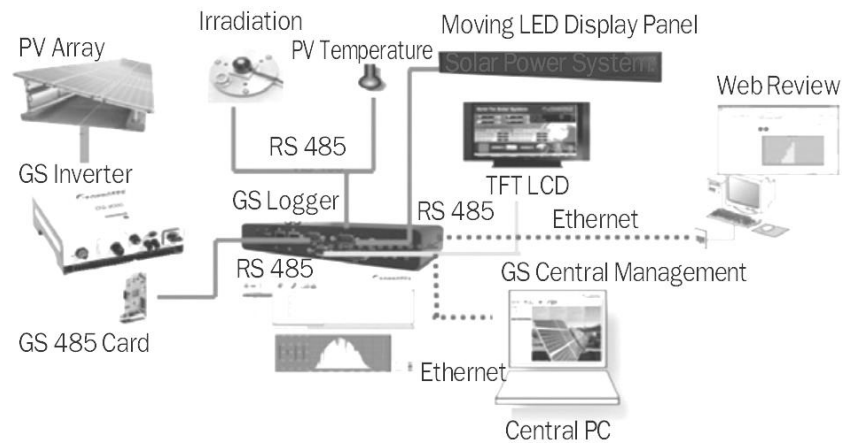
ในการตั้งสมมุติฐานของข้อมูลที่เราต้องการทราบในแต่ละโครงการ เราอาจกำหนดตัวแปรที่ต้องการวัด และเฝ้าสังเกตตามวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย ตัวอย่างเช่นระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์กับพลังงานจากดีเซลเจนเนอเรเตอร์ เราจำเป็นจะต้องทราบตัวแปรต่างๆในระบบจำนวนทั้งสิ้น 8 ตัวแปร เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้มาสร้างเป็นสารสนเทศเพื่อการวิจัยต่อไป ตัวแปรต่างๆ ได้แสดงดังต่อไปนี้

1. แรงดันของชุดเซลล์แสงอาทิตย์
2. กระแสของชุดเซลล์แสงอาทิตย์
3. แรงดันไฟฟ้าของโหลด
4. กระแสไฟฟ้าของโหลด
5. แรงดันเอาต์พุตของแบตเตอรี่
6. กระแสเอาต์พุตของแบตเตอรี่
7. พลังงานไฟฟ้าที่ระบบจ่ายออกมาทั้งหมด
8. เวลา / วันที่ / เดือน / ปี

จะเห็นได้ว่าระบบวัดบันทึกและแสดงผลพลังงานจากแสงอาทิตย์นี้มีความสำคัญมากในการนำพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้งาน และการสร้างระบบวัดผลและจัดเก็บข้อมูลรวมทั้งระบบแสดงผลกลางแจ้งยังเป็นสิ่งที่ยุ่ยากและซับซ้อน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องวิจัย

และพัฒนาระบบขึ้นมาเพื่อสร้างเทคโนโลยีใหม่รวมทั้งส่งเสริมการนำพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้กันอย่างสูงสุด

ระบบวัดบันทึกและแสดงผลพลังงานแสงอาทิตย์เป็นระบบที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการวิจัยด้านพลังงานที่ต้องนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ งาน ระบบจะประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญดังรูปที่ 2.2[5]



รูปที่ 2.2 โครงสร้างระบบวัดและแสดงผลพลังงานจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

2.3 ระบบสมองกลฝังตัว

ระบบสมองกลฝังตัว Embedded System คือระบบที่ทำงานร่วมกันระหว่างซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์หนึ่งๆ มีการประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางทุกวงการ เช่น อุปกรณ์เครื่องใช้ประจำบ้าน เครื่องซักผ้า เตาไมโครเวฟ วิทยุ โทรทัศน์ เครื่องมือวัดทางการแพทย์ โทรศัพท์มือถือ เครื่องเล่นเกม ฯลฯ ถือว่าเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความสนใจในปัจจุบันมากจากภาคอุตสาหกรรมเพื่อนำมาปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพมากขึ้น ในปัจจุบันมีการพัฒนาอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงานในลักษณะที่ต้องใช้การประมวลผลและตัดสินใจในการทำงานระบบควบคุมต่าง ๆ คล้ายกับคอมพิวเตอร์ หากแต่ว่ามีขนาดเล็กกว่า หน่วยความจำน้อยกว่า ความเร็วในการประมวลผลช้ากว่า หากแต่ได้มีการใช้พลังงานน้อยกว่ามากขึ้นมาทดแทนการควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ เราเรียกอุปกรณ์นี้ว่า ระบบสมองกลฝังตัว หรือ Embedded System หลักการทำงานของระบบสมองกลฝังตัวนั้นจะเป็นการนำความสามารถบางอย่างที่มีอยู่ในคอมพิวเตอร์ เพื่อที่จะย่อระบบการทำงานที่จำเป็นให้มีขนาดเล็กลง ซึ่งเป็นจุดประสงค์หลักของการออกแบบระบบสมองกลฝังตัว

ในการควบคุมการทำงานและการรวบรวมข้อมูลในการรายงานการทำงานต่าง ๆ เช่น การควบคุมมอเตอร์, การวัดค่าและการเก็บค่าจากอุปกรณ์ตรวจวัดต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งการควบคุมการสั่งงานและการเก็บรวบรวมผลนั้นสามารถให้การเชื่อมต่อได้หลายทางไม่ว่าจะเป็นการควบคุมโดยตรงจากผู้ใช้งาน, ผ่านเครือข่ายเฉพาะที่ หรือเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

2.3.1 ลักษณะเฉพาะของระบบสมองกลฝังตัวมีความหลากหลายตัวอย่างเช่น

1. ระบบนำทางในรถยนต์
2. หม้อหุงข้าว
3. โทรศัพท์มือถือ
4. กล้องดิจิทัล

ทำไมเทคโนโลยีสมองกลฝังตัวจึงถูกนำไปใช้ร่วมกันในสาขาที่แตกต่างกันได้ ฟังก์ชันงานในสาขาเหล่านี้สามารถอธิบายด้วย Logic และ Timing เหมือนกัน เพื่อไม่ให้เทคโนโลยีที่ใช้ในการพัฒนามีความหลากหลายมากเกินไป จึงนำเอาฟังก์ชันคอมพิวเตอร์มาใช้เพื่อสร้างพื้นฐานร่วมกันในการพัฒนา (จากสาเหตุนี้ทำให้การพัฒนาซอฟต์แวร์มีความสำคัญและมีบทบาทมากขึ้นในการพัฒนาระบบสมองกลฝังตัว) การนำเอาเทคโนโลยีสมองกลฝังตัวมาใช้ นั่น จะทำการแปลงฟังก์ชัน Logic และ Timing ไปเป็นซอฟต์แวร์ ซึ่งทำให้เกิดผลลัพธ์คือ ส่วนของชิ้นส่วนฮาร์ดแวร์มีขนาดเล็กลง และองค์ประกอบเชิงฮาร์ดแวร์ที่เหลือนั้นยังถูกทำให้ไปอยู่บนชิปที่เรียกว่า System on Chip ส่งผลให้เกิดผลดีตามมาหลาย ๆ ด้าน เช่น ความเสี่ยงในการซื้อชิ้นส่วนลดลง, กระบวนการออกแบบและพัฒนา มีความยืดหยุ่นมากขึ้น เป็นต้น ทำให้เราสามารถสร้างฟังก์ชันงานที่ยากหรือซับซ้อนได้ รวมทั้งทำให้เราสามารถใส่ฟังก์ชันที่หลากหลายลงไปให้อุปกรณ์ได้

ระบบสมองกลฝังตัวคือระบบที่ไม่มีใครชิปควบคุมการทำงาน โดยไมโครชิปนี้จะทำตามโปรแกรมที่ฝังตัวอยู่ในไมโครชิปนั้น ๆ เทคโนโลยีหลักที่ประกอบเป็นเทคโนโลยีสมองกลฝังตัวนั้น ได้แก่ เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์, เทคโนโลยีซอฟต์แวร์, เทคโนโลยีสื่อสาร, เทคโนโลยีเน็ตเวิร์ค, เทคโนโลยีการวัดและการควบคุม เป็นต้น[6]

เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวจะใช้องค์ประกอบต่าง ๆ ที่กล่าวไปแล้วมาแปลงความสัมพันธ์เชิงกายภาพระหว่างอินพุตกับเอาต์พุต ให้เป็นความสัมพันธ์เชิงสารสนเทศ ผู้ใช้จะไมู้สึกถึงไมโครคอมพิวเตอร์หรือโปรแกรม แต่จะรู้สึกถึงการใช้อินเตอร์เฟซเหมือนเดิม ตัวอย่างเช่น กล้องดิจิทัล จากเดิมที่มีฮาร์ดแวร์มากมายเช่น ตัวประมวลผลภาพ, ตัวประมวลผลสัญญาณ, ตัวประมวลผลควบคุมการทำงาน, CCD และวงจรรอบข้างอื่น ๆ เปลี่ยนมาเหลือเพียงการใช้ชิปแบบ RISC ร่วมกับ CCD และวงจรรอบข้างอื่น ๆ การเปลี่ยนฟังก์ชันของฮาร์ดแวร์ให้กลายเป็นซอฟต์แวร์นั้นจำเป็นต้องใช้ระบบสมองกลฝังตัวที่เกี่ยวข้องทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ซึ่งมีข้อดีดังนี้

1. การลดต้นทุนและการเพิ่มสมรรถภาพ
2. การลดขนาด
3. การเพิ่มความน่าเชื่อถือ
4. การประหยัดพลังงาน
5. การเพิ่มประสิทธิภาพในการดูแลรักษา
6. การย่นระยะเวลาในการออกแบบและพัฒนา
7. การลดขนาดโรงงานผลิต
8. การลดความยึดติดกับความเชี่ยวชาญของผู้ปฏิบัติงานในกระบวนการผลิต

2.3.2 องค์ประกอบทางฮาร์ดแวร์ของระบบสมองกลฝังตัวประกอบไปด้วย

1. อุปกรณ์อินพุต
2. อินเทอร์เฟซอินพุต
3. พอร์ตอินพุต
4. โมดูลฟังก์ชันงาน
5. พอร์ตเอาต์พุต
6. อินเทอร์เฟซเอาต์พุต
7. อุปกรณ์เอาต์พุต

ข้อมูลจากสิ่งแวดล้อมภายนอกซึ่งได้รับจากอุปกรณ์อินพุต มีลักษณะข้อมูลเป็นสัญญาณอนาล็อกสัญญาณอนาล็อก จะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิทัลที่มีลักษณะใช้งานได้กับไมโครชิปที่อินเทอร์เฟซอินพุต ข้อมูลสัญญาณดิจิทัล จะถูกส่งเข้าไมโครชิปทางพอร์ตอินพุต ซึ่งไมโครชิป จะทำการนำข้อมูลเหล่านั้นมาประมวลผล ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลจะถูกส่งออกไปยังอุปกรณ์เอาต์พุตในลักษณะการทำงานตรงกันข้ามกับอินพุต

ลักษณะพิเศษเชิงโครงสร้างเฉพาะของระบบสมองกลฝังตัว คือ การที่อุปกรณ์ที่เป็นองค์ประกอบในระบบสมองกลฝังตัว เช่น อุปกรณ์อินเทอร์เฟซ หรือ อุปกรณ์อื่นๆ นั้นสามารถเป็นระบบสมองกลฝังตัวได้ด้วย นอกจากนี้ระบบสมองกลฝังตัวยังสามารถเชื่อมโยงกันเป็นเน็ตเวิร์กกลายเป็นระบบสมองกลฝังตัวระดับสูงขึ้นอีกได้ โดยมากฟังก์ชันของระบบสมองกลฝังตัวนั้นจะขึ้นกับซอฟต์แวร์เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับความถูกต้องและความชัดเจนของข้อกำหนดเฉพาะด้านความต้องการของซอฟต์แวร์ที่จะสร้าง (UML) ในการกำจัดการหรือข้อผิดพลาดที่เกิดในซอฟต์แวร์เพื่อให้สามารถใช้งานจริงได้ ถ้าเป็นไปได้เราอาจเลือกระบบที่เคยใช้งานจริงกลับมาใช้ใหม่ถ้ามีความใกล้เคียงกับระบบที่ต้องการ (UML) เวลาในการพัฒนาอาจจะจำกัดทำให้เกิดปัญหาในการเรียนรู้ฮาร์ดแวร์ใหม่ได้ (OS) ระบบสมองกลฝังตัวจะประกอบขึ้นจาก

1. ทรัพยากรระบบเชิงฮาร์ดแวร์ ได้แก่

- MPU (Micro Processing Unit)
- หน่วยความจำ
- อุปกรณ์อินพุต
- อุปกรณ์เอาต์พุต

2. ทรัพยากรเชิงซอฟต์แวร์ ได้แก่

- โปรแกรม
- ข้อมูล

การออกแบบระบบสมองกลฝังตัวคือ การนำเอาข้อกำหนดเฉพาะด้านความต้องการ (Requirement Specification) มาจัดสรรให้เข้ากับทรัพยากรเหล่านั้น ถ้าไม่มีทรัพยากรที่ต้องการอยู่ ก็ จะทำการออกแบบทรัพยากรนั้นใหม่เป็นระบบสมองกลฝังตัว โดยดูจากคุณลักษณะของทรัพยากรที่ ต้องการนั้น เมื่อนำฟังก์ชันที่ต้องการมาแบ่งย่อยลงไปเรื่อย ๆ ในที่สุดเราจะได้เซตของทรัพยากร ระบบที่ประกอบไปด้วย MPU, หน่วยความจำ และ โปรแกรม ซึ่งเราเรียกเซตของทรัพยากรระบบนี้ว่า งานหรือ Task ระบบสมองกลฝังตัวจะประกอบด้วย Task หลายตัวที่ทำงานร่วมกัน เพื่อทำงานให้ตรง ตามข้อกำหนดเฉพาะด้านความต้องการ การเลือก Task ใด Task หนึ่งจาก Task ที่กำลังทำงานพร้อม กันอยู่ขึ้นมาทำงานนั้น ขึ้นกับว่าเหตุการณ์ใดทำให้เกิดความจำเป็นต้องเกิด Task นั้น ในระหว่างการ เกิดความต้องการนั้น ระบบส่วนใหญ่จะมีข้อกำหนดว่า ระบบจะต้องตอบสนองความต้องการภายใน เวลาที่กำหนด และเสร็จสิ้นงานหรือ Task นั้นในเวลาที่กำหนด Task ที่มีข้อจำกัดเรื่องเวลาเช่นนี้ เรียกว่า Real-time task

2.4 โครงสร้างพื้นฐานของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

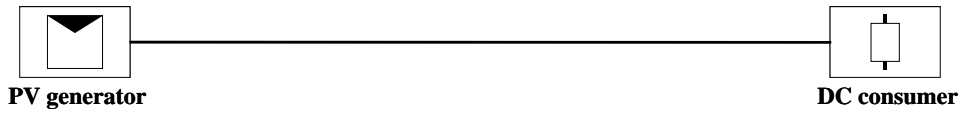
ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สามารถแยกตาม โครงสร้างสำคัญหลักๆได้เป็นแบบที่มี แบตเตอรี่สะสมพลังงานกับแบบที่ไม่มีแบตเตอรี่[7][8]

2.4.1 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ปราศจากแบตเตอรี่สะสมพลังงาน

ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบนี้จะไม่มีแบตเตอรี่สะสมพลังงานที่ผลิตได้ จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ไฟฟ้าหรือผู้ใช้ไฟฟ้าจะได้รับพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลาที่แผงเซลล์ สามารถผลิตไฟฟ้าได้เท่านั้น

1. ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ต่อตรง

ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ต่อตรงดังแสดงในรูปที่ 2.3 ระบบนี้อุปกรณ์ ไฟฟ้าจะต่อตรงกับแผงเซลล์อาทิตย์โดยไม่ผ่านอุปกรณ์อื่นซึ่งอุปกรณ์ไฟฟ้าจะเป็นแบบที่ใช้กับไฟฟ้า กระแสตรง เนื่องจากไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์จะเป็นกระแสตรง พลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้อุปกรณ์จะมี การเปลี่ยนแปลงตามค่าพลังงานที่ผลิตได้จากแผงเซลล์



รูปที่ 2.3 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ต่อตรง

2. ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ผ่านคอนเวอร์เตอร์

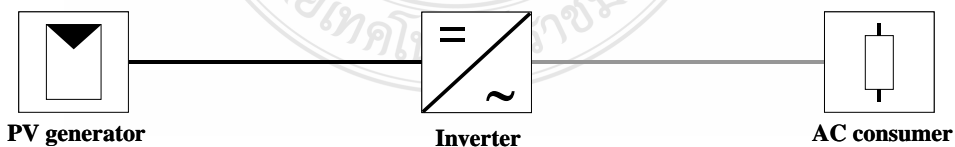
ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ผ่านคอนเวอร์เตอร์ดังแสดงในรูปที่ 2.4 ระบบนี้จะมีคอนเวอร์เตอร์ต่ออยู่ระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งจะคอยรักษาระดับพลังงานจ่ายไปยังอุปกรณ์ให้ได้รับพลังงานที่เหมาะสมตลอดเวลา แต่อุปกรณ์ก็ยังคงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้กับไฟฟ้ากระแสตรง



รูปที่ 2.4 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ผ่านคอนเวอร์เตอร์

3. ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ

ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับแสดงดังรูปที่ 2.5 ระบบนี้จะมีอินเวอร์เตอร์ต่ออยู่ระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์และอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งจะแปลงพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงจากแผงเซลล์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ และควบคุมระดับพลังงานให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ซึ่งเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ

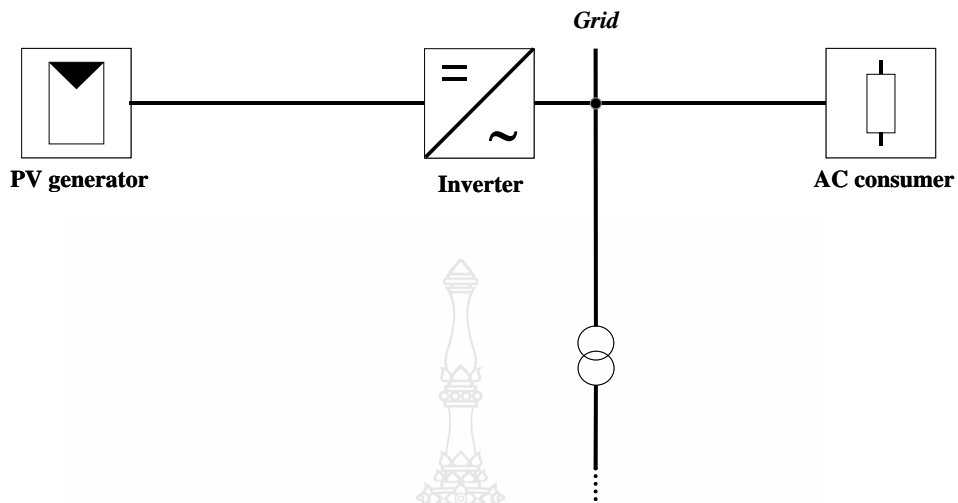


รูปที่ 2.5 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ

4. ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้าระบบไฟฟ้า

ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้าระบบไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 2.6 ระบบนี้ อุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับนอกจากจะได้พลังงานไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แล้ว

ยังได้รับพลังงานไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าจำหน่ายหลักทำให้ได้รับพลังงานที่ต่อเนื่องทั้งตอนที่
พลังงานจากแสงอาทิตย์หรือไม่มีก็ตาม



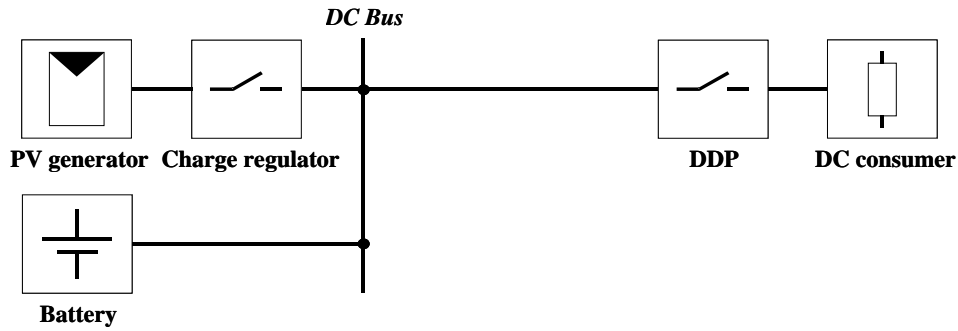
รูปที่ 2.6 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้าระบบไฟฟ้า

2.4.2 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีแบตเตอรี่สะสมพลังงาน

กรณีที่ช่วงเวลาในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์กับช่วงเวลาที่อุปกรณ์ใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่คนละช่วงกัน อุปกรณ์สะสมพลังงานหรือแบตเตอรี่จำเป็นต้องนำมาใช้ ซึ่งระบบที่มีแบตเตอรี่สะสมพลังงาน นอกจากสามารถใช้พลังงานนอกช่วงเวลาผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์แล้วยังรวมถึงในช่วงที่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้แต่สภาพอากาศไม่ดี อุปกรณ์ก็ยังได้รับพลังงานอย่างต่อเนื่อง

1. ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จุดต่อร่วมกระแสตรง

ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จุดต่อร่วมกระแสตรงดังแสดงในรูปที่ 2.7 ระบบนี้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะจ่ายไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง และประจุพลังงานไปยังแบตเตอรี่ไปพร้อมกัน โดยผ่านตัวควบคุมการประจุให้การประจุเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ และตัวควบคุมการคายประจุควบคุมพลังงานที่จ่ายไปยังอุปกรณ์ให้สม่ำเสมอตลอดเวลา

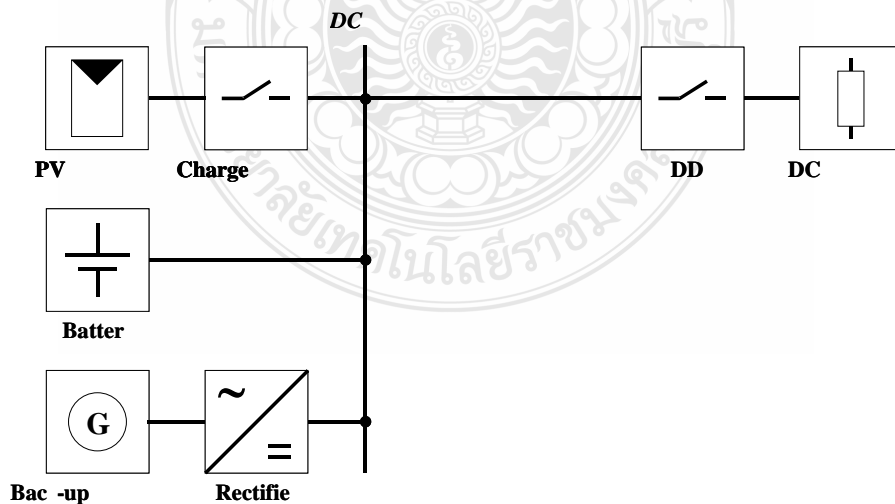


รูปที่ 2.7 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จุดต่อร่วมกระแสตรง

2. ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จุดต่อร่วมกระแสตรงผสมผสาน

ในกรณีที่อุปกรณ์ต้องการพลังงานจำนวนมาก ถ้าใช้แหล่งจ่ายจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์อย่างเดียวจะทำให้มีขนาดใหญ่และค่าใช้จ่ายสูง จึงได้มีการนำแหล่งจ่ายชนิดอื่นเข้ามาจ่ายร่วมเรียกว่าระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จุดต่อร่วมกระแสตรงผสมผสานแสดงดังรูปที่ 2.8 แหล่งจ่ายที่นำมาต่อรวมอาจเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม หรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล

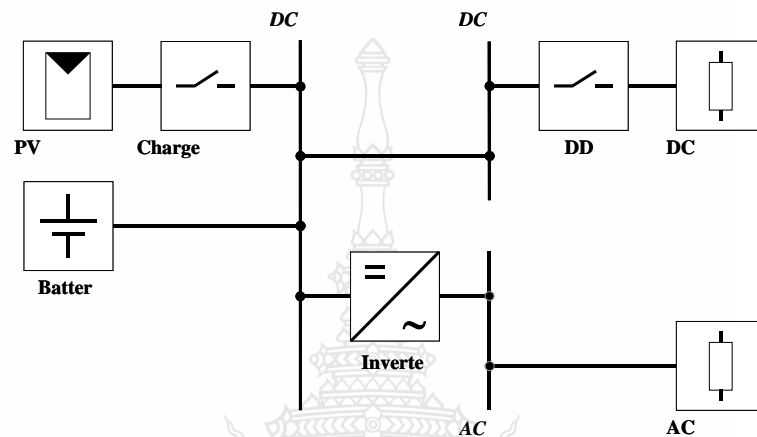
แหล่งที่นำมาต่อรวมจะต่อด้านกระแสตรงโดยต่อผ่านวงจรเรียงกระแส ในช่วงเวลาที่ไม่มีพลังงานจากแผงเซลล์และจากแบตเตอรี่เพื่อจ่ายไปยังอุปกรณ์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองที่ต่อรวมจะจ่ายพลังงานแทน และอีกส่วนหนึ่งจะประจุเก็บไว้ที่แบตเตอรี่ ระบบนี้จะทำให้อุปกรณ์ซึ่งในที่นี้เป็นอุปกรณ์กระแสตรง ได้รับพลังงานที่ต่อเนื่องโดยไม่ต้องใช้แผงเซลล์และแบตเตอรี่จำนวนมาก



รูปที่ 2.8 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จุดต่อร่วมกระแสตรงผสมผสาน

3. ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ใช้กับทั้งอุปกรณ์กระแสตรงและกระแสสลับ

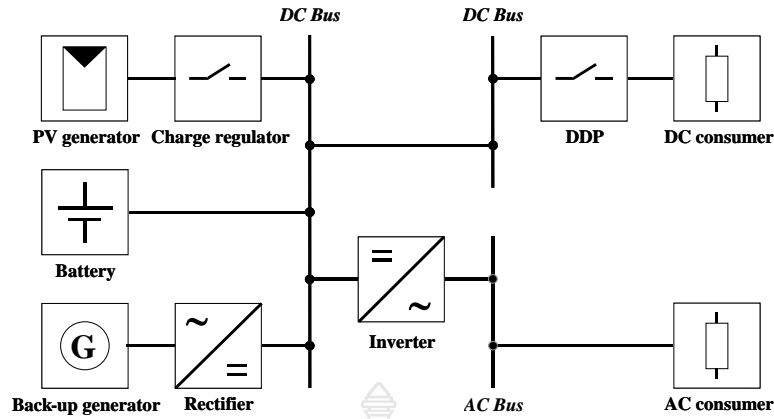
ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ใช้กับทั้งอุปกรณ์กระแสตรงและกระแสสลับแสดงดังรูปที่ 2.8 จะแตกต่างจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จุดต่อร่วมกระแสดังแสดงในรูปที่ 2.6 เพียงแค่เพิ่มอินเวอร์เตอร์เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นกระแสสลับเพื่อจ่ายให้กับอุปกรณ์กระแสสลับเพิ่มขึ้นจากเดิมที่มีเฉพาะอุปกรณ์กระแสตรงในระบบ



รูปที่ 2.9 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ใช้กับทั้งอุปกรณ์กระแสตรงและกระแสสลับ

4. ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ผสมผสานใช้กับกระแสดตรงและกระแสสลับ

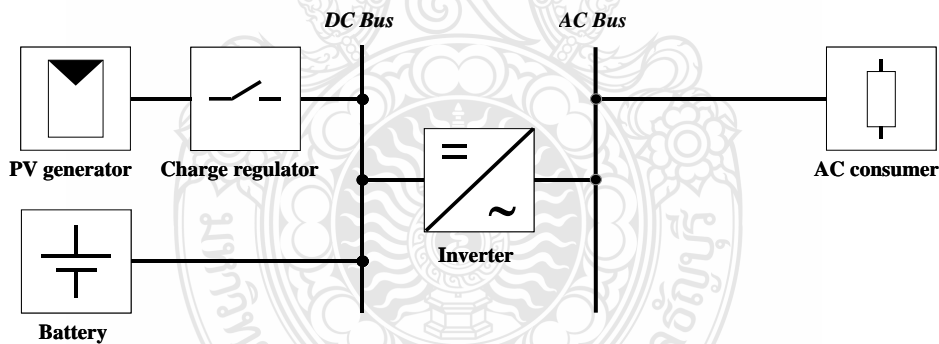
ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ผสมผสาน ใช้กับทั้งอุปกรณ์กระแสตรงและกระแสสลับแสดงดังรูปที่ 2.10 แตกต่างจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จุดต่อร่วมกระแสดังแสดงดังรูปที่ 6 เพียงแค่เพิ่มอินเวอร์เตอร์เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นกระแสสลับเพื่อจ่ายให้กับอุปกรณ์กระแสสลับเพิ่มขึ้นจากเดิมที่มีเฉพาะอุปกรณ์กระแสตรงในระบบ



รูปที่ 2.10 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ผสมผสานใช้กับกระแสตรงและกระแสสลับ

5. ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จุดต่อร่วมกระแสตรงจ่ายอุปกรณ์กระแสสลับ

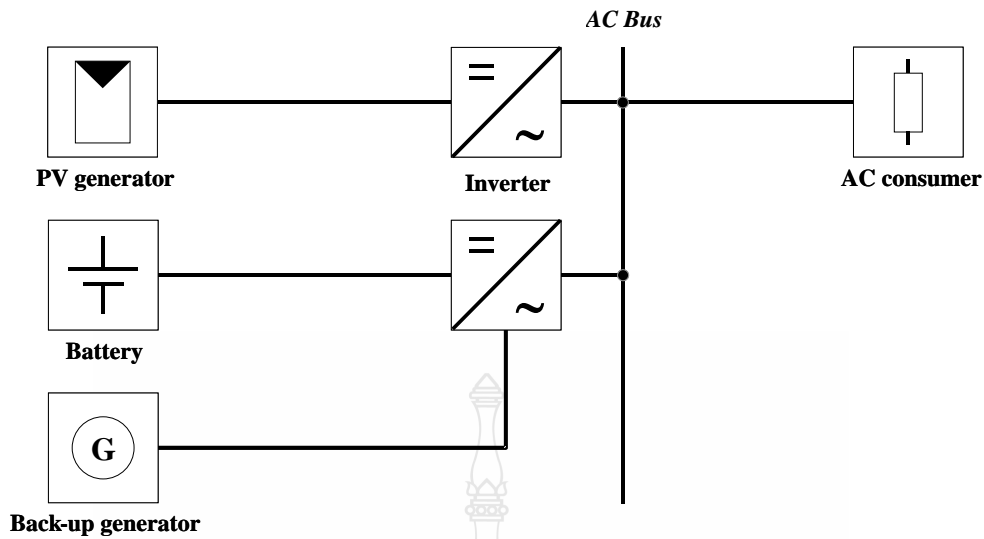
อุปกรณ์ไฟฟ้าที่นิยมใช้ส่วนใหญ่แล้วเป็นอุปกรณ์กระแสสลับ ดังนั้นระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จุดต่อร่วมกระแสตรงจ่ายอุปกรณ์กระแสสลับแสดงดังรูปที่ 2.11 จึงถูกนำมาใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์กับแบตเตอรี่จะต่อเข้าจุดต่อร่วมกระแสตรง อินเวอร์เตอร์จะเป็นตัวเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อจ่ายไปยังอุปกรณ์



รูปที่ 2.11 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จุดต่อร่วมกระแสตรงจ่ายอุปกรณ์กระแสสลับ

6. ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จุดต่อร่วมกระแสสลับผสมผสาน

ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จุดต่อร่วมกระแสสลับผสมผสาน ดังรูปที่ 2.12 ระบบนี้จะมีอินเวอร์เตอร์แปลงพลังงานจากกระแสตรงเป็นกระแสสลับจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และมีอินเวอร์เตอร์ต่อกับแบตเตอรี่ที่เป็นทั้งตัวแปลงพลังงานจากกระแสตรงเป็นกระแสสลับ และเป็นตัวประจุพลังงานให้กับแบตเตอรี่ในตัวเดียวกัน รวมทั้งมีแหล่งจ่ายอื่นเพื่อช่วยในการจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ โดยทั้งหมดจะต่อร่วมกันทางด้านกระแสสลับ



รูปที่ 2.12 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จูดต่อร่วมกระแสสลับผสมผสาน

2.4.3 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

ข้อมูลเบื้องต้นในการออกแบบระบบไฟฟ้าแบบผสมผสาน ด้วยพลังงานสะอาดแยกออกได้สองส่วนคือ ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา และข้อมูลภาระทางไฟฟ้า แยกพิจารณาได้ดังนี้

1. ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา(Meteorological Data)

ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาในตำแหน่งที่ตั้งของโครงการ สามารถหาได้ 3 วิธีคือ

- จากการวัด ในกรณีที่มีการติดตั้งเครื่องมือวัดในสถานที่ดังกล่าว
- ประมาณจากสถานีข้างเคียงที่มีการเก็บข้อมูล
- ประมาณจากสถานีอื่น ที่มีสภาพภูมิอากาศและภูมิศาสตร์คล้ายคลึงกัน

สำหรับในบริเวณพื้นที่ห่างไกลที่เป็นที่ราบ ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาหาได้จากวิธี ประมาณจากสถานีข้างเคียงที่มีการเก็บข้อมูล และ ประมาณจากสถานีอื่น ที่มีสภาพภูมิอากาศและภูมิศาสตร์คล้ายคลึงกัน เนื่องจากข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยามีค่าค่อนข้างสม่ำเสมอครอบคลุมพื้นที่ใหญ่ๆ ดังนั้นการประเมินข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาจากสถานีข้างเคียงที่มีการเก็บข้อมูล จึงสามารถใช้ได้ดี ยกเว้นบางพื้นที่ ที่มีความแตกต่างของสภาพภูมิอากาศและภูมิศาสตร์เป็นพิเศษ แม้ระยะทางห่างกัน ไม่มากนักเช่น บริเวณที่เป็นภูเขาสูงที่อาจมีเมฆหมอกปกคลุม บริเวณใกล้เคียงแหล่งน้ำขนาดใหญ่ และบริเวณที่เป็นหุบเขา เป็นต้น ในกรณีดังกล่าวนี้จะต้องใช้วิธีประมาณจากสถานีที่มีภูมิอากาศ และภูมิศาสตร์คล้ายคลึงกัน หรือใช้ข้อมูลแผนที่พลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับประเทศ จากภาพถ่ายดาวเทียม ของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน

2. ข้อมูลภาระทางไฟฟ้า (Electrical Load)

ค่าภาระที่ใช้ในการออกแบบ ขึ้นอยู่กับวิธีในการออกแบบ อาจเป็นข้อมูลเฉลี่ยรายชั่วโมง(Average Hourly Load) มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt, W) หรือข้อมูลเฉลี่ยรายวัน (Average Daily Load) ที่มีหน่วยเป็นวัตต์ชั่วโมง (Watt-hour. Wh) เป็นผลคูณของขนาดกำลังไฟฟ้าของภาระทางไฟฟ้ากับจำนวนชั่วโมงที่ใช้งานในหนึ่งวัน เช่นภาระทางไฟฟ้าของระบบประกอบด้วย หลอดฟลูออเรสเซนต์ 20 W ใช้งาน 2 ชั่วโมงต่อวัน พัดลมขนาด 60 W ใช้งาน 3 ชั่วโมงต่อวัน ขนาดของภาระทางไฟฟ้าของระบบต่อวันเท่ากับ $(20 \text{ W} \times 2\text{h}) + (60\text{W} \times 3\text{h}) = 220 \text{ Wh}$

2.4.4 การเลือกประเภทของระบบไฟฟ้า

หลักในการเลือกประเภทของระบบไฟฟ้าที่จะใช้งาน แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การเลือกแรงดันไฟฟ้าของระบบ(แรงดันไฟฟ้าของระบบย่อยแบตเตอรี่หรือแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าของอินเวอร์เตอร์) และการเลือกชนิดการทำงาน of ระบบ[9]

1. ระดับแรงดันไฟฟ้าของระบบ (System Voltage)

เป็นองค์ประกอบหลักที่ส่งผลต่อราคา ประสิทธิภาพ และความมั่นคงในการจ่ายพลังงานของระบบ ระบบที่มีแรงดันไฟฟ้าสูงจะมีกระแสไฟฟ้าในระบบต่ำ ซึ่งจะทำให้เกิดกำลังสูญเสีย (เนื่องจากกำลังสูญเสียที่เป็นสัดส่วนกับกระแสไฟฟ้ายกกำลังสอง)และประสิทธิภาพของระบบที่ทำงานด้วยแรงดันต่ำ ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในส่วน of สายไฟฟ้า อุปกรณ์ป้องกัน และอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ ในระบบลดลง ดังนั้นจึงควรกำหนดแรงดันไฟฟ้าของระบบให้มีค่าสูงสุดที่สอดคล้องกับแรงดันไฟฟ้าของอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ ในระบบด้วย เช่น แรงดันไฟฟ้าของอินเวอร์เตอร์ ชุดประจุแบตเตอรี่ ที่มีจำหน่ายเชิงพาณิชย์

ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดขนาดเล็กควรเลือกแรงดันไฟฟ้าของระบบเป็น 12 V หรือ 24 V ระบบผลิตไฟฟ้าขนาดกลาง (ภาระทางไฟฟ้ามากกว่า 25 kWh/day) อาจเป็นระบบ 110 V หรือระบบ 220 V ส่วนในระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานขนาดใหญ่ ควรใช้ระบบ 480 V หรือมากกว่า แต่แรงดันไฟฟ้าของระบบไม่ควรเกิน 600 V เนื่องจากอุปกรณ์อื่นๆในระบบที่ทำงานที่ทำได้ด้วย ระบบแรงดันไฟฟ้านี้มีน้อยมาก

2. ชนิดการทำงาน of ระบบ(System Operation)

เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในตำแหน่งที่มีศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์สูง ดังนั้นระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ จึงสามารถใช้งานได้เกือบพื้นที่ในประเทศ แต่การใช้ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวไม่เหมาะสม เนื่องจากมีความมั่นคงในการจ่ายพลังงานต่ำ และราคาในการลงทุนเบื้องต้นสูง เพื่อออกแบบให้ระบบที่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้าโดยไม่ขาดตอน (ในช่วงฤดูฝนหรือช่วงที่มีพลังงานแสงอาทิตย์ต่ำ) ในกรณีที่ตั้งของโครงการมีความเหมาะสมของแหล่งพลังงานหลายแหล่ง ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด การรวมระบบผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานอื่น เช่น ระบบกักเก็บน้ำเข้ากับ

ระบบ สามารถแก้ปัญหาในช่วงฤดูฝนหรือช่วงที่พลังงานแสงอาทิตย์ต่ำได้ เนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าวจะมีศักยภาพของพลังงานลมสูง นอกจากนี้ยังอาจรวมดีเซลเจนเนอเรเตอร์ ที่มีอยู่เดิมเข้ากับระบบผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานทดแทน เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถนำมาใช้งานได้ เพื่อลดราคาลงทุนเบื้องต้นให้ถูกลง นอกจากนี้ยังทำให้ระบบมีความมั่นคงในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นด้วย

การเลือกชนิดของการทำงานของระบบจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบหลัก 2 ส่วน คือ ลักษณะของภาระทางไฟฟ้าและลักษณะการทำงาน

ในกรณีที่ภาระทางไฟฟ้ากระแสตรงและในระบบไม่มีดีเซลเจนเนอเรเตอร์ ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าแบบผสมผสานแบบอนุกรมมีความเหมาะสมในการทำงานมากที่สุดเนื่องจาก ไม่จำเป็นต้องมีอินเวอร์เตอร์ขนาดใหญ่ในการเปลี่ยนพลังงาน ส่งผลให้เกิดกำลังสูญเสียในระบบน้อย

กรณีภาระทางไฟฟ้าของระบบใช้ไฟฟ้ากระแสสลับและในระบบออกแบบให้มีดีเซลเจนเนอเรเตอร์ไว้ทำหน้าที่จ่ายไฟฟ้าสำรอง ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานแบบสลับแหล่งพลังงาน จะมีความเหมาะสมกว่า เนื่องจากดีเซลเจนเนอเรเตอร์สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้าได้โดยตรง ไม่จำเป็นต้องออกแบบให้มีระบบผสมผสานพลังงานขนาดใหญ่และไม่มีกำลังสูญเสียในสายเปลี่ยนแปลงพลังงาน

ส่วนกรณีที่เป็นระบบขนาดใหญ่ และภาระทางไฟฟ้าของระบบต้องใช้ไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานแบบขนานมีความเหมาะสมในการใช้งานมากที่สุด เนื่องจากพลังงานที่จ่ายให้ภาระทางไฟฟ้ามีความต่อเนื่องไม่ขาดตอน และส่วนประกอบในระบบมีขนาดเล็กกว่าแบบอื่น เนื่องจากแหล่งพลังงานแต่ละแหล่งสามารถจ่ายพลังงานให้กับภาระทางไฟฟ้าได้พร้อมกัน

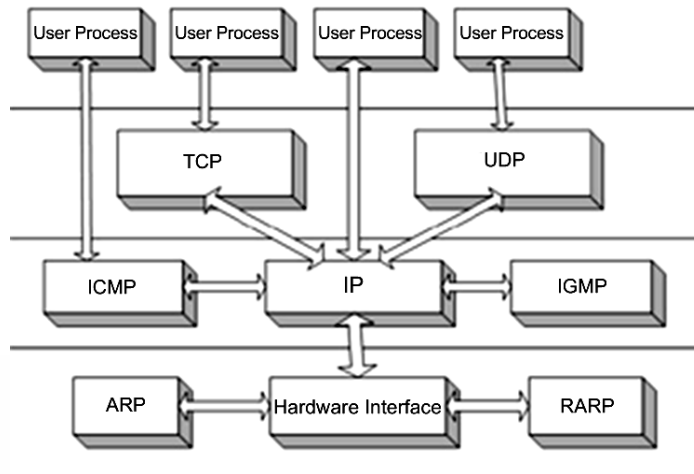
2.5 โพรโทคอล TCP/IP

TCP/IP มีชื่อเต็มว่า Transmission Control Protocol/Internet Protocol เป็น โพรโทคอลที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายตามการขยายตัวของอินเทอร์เน็ต ความจริงแล้วโพรโทคอล TCP/IP เป็นกลุ่มของโพรโทคอลหลายตัวที่ประกอบกันเป็นชุดให้ใช้งาน ซึ่งจากชื่อเต็มทำให้เราทราบอย่างน้อยก็มีโพรโทคอลประกอบกันทำงานร่วมกัน 2 โพรโทคอลคือ TCP และ IP

2.5.1 โครงสร้างของโพรโทคอล TCP/IP

เนื่องจาก TCP/IP เป็นชุดของโพรโทคอล ประกอบด้วยโพรโทคอลหลายตัวทำงานร่วมกันในเลเยอร์ต่างๆ และมีหน้าที่แตกต่างกันออกไป ได้แก่

1. TCP : (Transmission Control Protocol) อยู่ใน Transport Layer ทำหน้าที่จัดการและควบคุมการรับส่งข้อมูล และมีกลไกความคุมการรับส่งข้อมูลให้มีความถูกต้อง (Reliable) และมีการสื่อสารอย่างเป็นทางการ (Connection-orient)



รูปที่ 2.13 ความสัมพันธ์ระหว่างโปรโตคอลต่างๆ ใน TCP/IP

2. UDP : (User Datagram Protocol) อยู่ใน Transport Layer ทำหน้าที่จัดการและควบคุมการรับส่งข้อมูล แต่ไม่มีกลไกการควบคุมการรับส่งข้อมูลให้มีเสถียรภาพและเชื่อถือได้ (Unreliable, Connectionless) โดยปล่อยให้เป็นที่ของแอปพลิเคชันเลเยอร์ แต่ UDP มีข้อได้เปรียบในการส่งข้อมูลได้ทั้งแบบ Unicast, Multicast และ Broadcast อีกทั้งยังทำการติดต่อสื่อสารได้เร็วกว่า TCP เนื่องจาก TCP ต้องเสีย Overhead ให้กับขั้นตอนการสื่อสารที่ทำให้ TCP มีความน่าเชื่อถือในการรับส่งข้อมูลนั่นเอง

3. IP : (Internet Protocol) อยู่ใน Internetwork Layer เป็นโปรโตคอลหลักในการสื่อสารข้อมูล มีหน้าที่ค้นหาเส้นทางระหว่างผู้รับและผู้ส่ง โดยใช้เลขที่อยู่ไอพี (IP Address) ซึ่งมีลักษณะเป็นเลขสี่ชุด แต่ละชุดมีค่าตั้งแต่ 0-255 เช่น 172.17.3.12 ในการอ้างอิงเครื่องแม่ข่ายงานต่างๆ และกลไกการหาเส้นทาง เพื่อส่งต่อข้อมูลไปจนถึงจุดหมายปลายทาง

4. ICMP : (Internet Control Message Protocol) อยู่ใน Internetwork เลเยอร์ มีหน้าที่ส่งข่าวสารและแจ้งข้อผิดพลาดให้แก่เลขที่อยู่ไอพี

5. IGMP : (Internet Group Management Protocol) อยู่ใน Network เลเยอร์ ทำหน้าที่ในการส่ง UDP datagram ไปยัง กลุ่มของเครื่องแม่ข่ายงานหรือเครื่องแม่ข่ายงานหลายๆ ตัวพร้อมกัน

6. ARP : (Address Resolution Protocol) อยู่ใน Link เลเยอร์ ทำหน้าที่เปลี่ยนระหว่างเลขที่อยู่ไอพีให้เป็นเลขที่อยู่ของ Network Interface เรียกว่า MAC Address ในการติดต่อระหว่างกัน MAC Address คือหมายเลขประจำของฮาร์ดแวร์ Interface ซึ่งในโลกนี้จะไม่มี MAC Address ที่ซ้ำกัน มีลักษณะเป็นเลขฐาน 16 ยาว 6 ไบต์ เช่น 23:43:45:AF:3D:78 โดย 3 ไบต์แรกจะเป็นรหัสของผู้ผลิต และ 3 ไบต์หลังจะเป็นรหัสของผลิตภัณฑ์

7. RARP : (Reverse ARP) อยู่ใน Link เลเยอร์เช่นกัน แต่ทำหน้าที่กลับกันกับ ARP คือเปลี่ยนระหว่างเลขที่อยู่ของ Network Interface ให้เป็นเลขที่อยู่ที่ใช้โดยเลขที่อยู่ไอพี

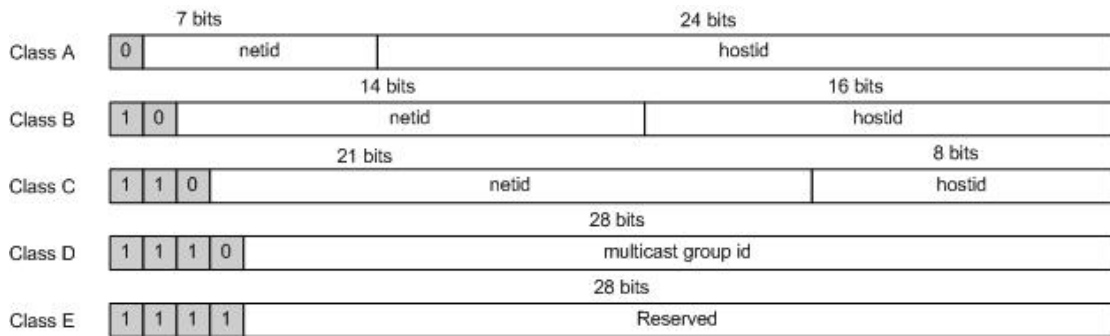
2.5.2 อินเทอร์เน็ตโพรโทคอล

IP (Internet Protocol) เป็นโพรโทคอลหลักในการสื่อสารข้อมูล และถือได้ว่าเป็นหัวใจสำคัญของโพรโทคอล TCP/IP ซึ่งจำเป็นต้องอธิบายก่อน เพื่อให้ง่ายต่อการอธิบายโพรโทคอลตัวอื่นๆ ต่อไปในบทนี้ ผู้เรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับหน้าที่และลักษณะของโพรโทคอล IP, Internet Address, รูปร่างของ IP Header, การ Routing และ การจัดสรร IP ด้วย Subnet IP เป็นโพรโทคอลที่ทำหน้าที่รับภาระในการนำข้อมูลไปส่งยังผู้รับ ที่เชื่อมต่ออยู่ในระบบเครือข่าย ซึ่งทั้งสองฝั่งอาจอยู่คนละเน็ตเวิร์กกันก็ได้ นอกจากนี้ยังมีโพรโทคอลอื่นๆ อีกที่อยู่ในระดับ network เลเยอร์ขึ้นไปทั้ง TCP, UDP, ICMP ต่างก็ต้องอาศัยโพรโทคอล IP ในการรับส่งข้อมูลทั้งสิ้น

โพรโทคอล IP มีความสามารถในการค้นหาเส้นทางจากผู้รับไปยังผู้ส่ง มีกลไกที่ชาญฉลาดในการค้นหาเส้นทาง สามารถค้นหาเส้นทางไปถึงผู้รับได้เองหากมีเส้นทางที่สามารถไปได้ แต่ถ้าไม่ได้ติดต่อกันระหว่างผู้รับกับผู้ส่งโดยตรงและไม่มีการยืนยันว่าข้อมูลถึงผู้รับจริงหรือไม่ ทั้งนี้อาจเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น ที่อยู่ของผู้รับไม่มีการเชื่อมต่ออยู่ในระบบอินเทอร์เน็ตกล่าวได้ว่าโพรโทคอล IP มีหน้าที่ในการค้นหาเส้นทางเท่านั้น ไม่มีการยืนยันผลสำเร็จในการส่งข้อมูล หากเกิดข้อผิดพลาดในการส่งข้อมูล แม้ว่าจะมีการส่ง Icmp Message กลับมารายงานข้อผิดพลาด แต่ก็รับประกันไม่ได้ว่าคุณค่า Icmp Message จะกลับมาถึงเรียบร้อยหรือไม่ ด้วยเหตุนี้จึงถือว่า IP เป็นโพรโทคอลที่ไม่มีความน่าเชื่อถือ (Reliable)

2.5.3 IP Addressing

ทุกอินเทอร์เน็ตเฟสที่ต่ออยู่บนอินเทอร์เน็ตจะต้องมีหมายเลขประจำตัว เพื่อใช้ในการสื่อสารข้อมูลเรียกว่าเลขที่อยู่อินเทอร์เน็ต (Internet Address) หรือเรียกย่อๆ ว่าเลขที่อยู่ไอพี (IP Address) โดยค่าเลขที่อยู่ไอพีนี้จะ เป็นหมายเลขจำนวน 32 บิต แต่แทนที่จะกำหนดให้เลขทั้ง 32 บิตนั้นถูกนับต่อเนื่องกันไปก็จะใช้วิธีการแบ่งหมายเลขดังกล่าวออกเป็นกลุ่มของเลขขนาด 8 บิตจำนวน 4 ชุด และกันแต่ละชุดด้วยจุด ตัวอย่างเช่น 172.17.3.12 นอกจากนี้ในเลขที่อยู่ไอพีนั้นยังถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นแอดเดรสของเน็ตเวิร์ค (Network ID) และส่วนที่เป็นแอดเดรสของเครื่อง (Host ID) ซึ่งข้อมูลในส่วนนี้จะถูกใช้สำหรับ ค้นหาเส้นทางของไอพีในการที่จะขนส่งข้อมูลจากต้นทางให้ถึงปลายทางอย่างถูกต้องเพื่อเป็นการกำหนดขนาดของเน็ตเวิร์คเลขที่อยู่ไอพีต่างๆ ดังนั้นจึงมีการจัดเลขที่อยู่ไอพีในแต่ละช่วงออกเป็นคลาส (Class) ต่างๆ กันจาก A ถึง E เพื่อจะได้ทำการจัดสรรเลขที่อยู่ไอพีได้อย่างเหมาะสมกับขนาดของเน็ตเวิร์ค



รูปที่ 2.14 การกำหนดเลขที่อยู่ไอพีในคลาสต่างๆ

จากข้อกำหนดในการแบ่งคลาสของเลขที่อยู่ไอพีหากลองนำบิตที่อยู่ในตอนต้นของเลขที่อยู่ไอพีในแต่ละคลาสมาแปลงเป็นเลขที่อยู่ไอพีในเลขฐานสิบ จะเห็นว่าแต่ละคลาสครอบคลุมเลขที่อยู่ไอพีช่วงต่างๆ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ช่วงของเลขที่อยู่ไอพีในแต่ละคลาส

Class	IP Range
A	0.0.0.0 - 127.255.255.255
B	128.0.0.0 - 191.255.255.255
C	192.0.0.0 - 223.255.255.255
D	224.0.0.0 - 239.255.255.255
E	240.0.0.0 - 255.255.255.255

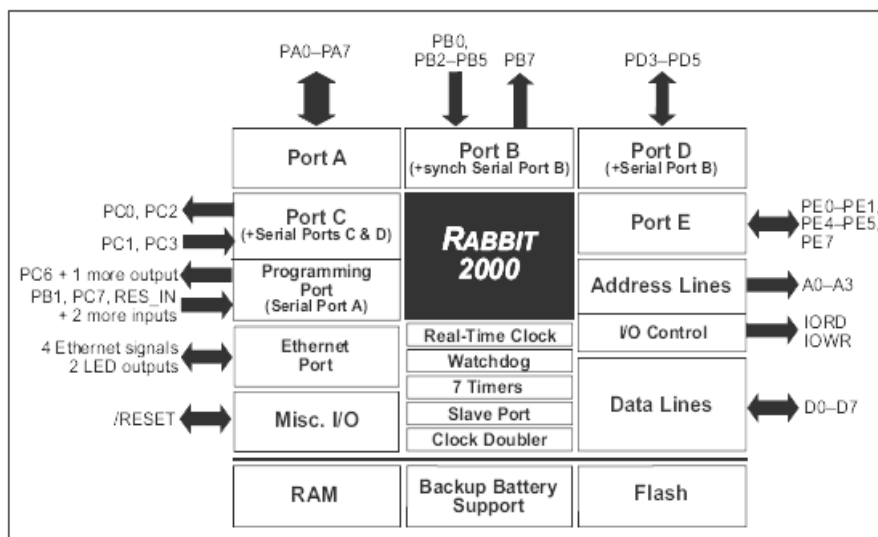
2.6 ไมโครโปรเซสเซอร์



รูปที่ 2.15 Rabbit Module

RCM 2200 เป็นไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 8 บิต เบอร์หนึ่งในตระกูลของ Rabbit 2000 ทำงานที่ความเร็วสัญญาณนาฬิกา 22.1 MHz ทำงาน ทำงานภายใต้แรงดัน 5 โวลต์ แรงดันเปลี่ยนแปลงได้ 5% ช่วงอุณหภูมิที่ใช้งาน 0 ถึง 70 องศาเซลเซียส สามารถกำหนดระดับความสำคัญของการ Interrupt ได้ 4 ระดับมีการตอบสนองการ Interrupt ที่รวดเร็ว ซึ่งเหมาะที่จะใช้งานระดับ Critical Application ต่างๆ และเวลาเร็วที่สุดของการทำคำสั่งแรกใน Interrupt routine คือประมาณ 1 μ S ที่ความเร็วสัญญาณนาฬิกา 25 MHz นอกจากนั้นแล้วยังมี Ethernet Port และ Core Module Microprocessors ของตระกูล Rabbit ออกแบบมาเป็นพิเศษสำหรับการประยุกต์ใช้งานในพื้นที่ขนาดเล็ก RCM2200 ได้จัดการแก้ปัญหาการควบคุมแบบฝังตัวไว้อย่างสมบูรณ์ด้วยขนาดเพียงครึ่งหนึ่งของบัตรเครดิตเท่านั้น โดยใช้ Microprocessors Rabbit2000 ที่ให้ประสิทธิภาพสูง RCM2200 ประกอบด้วยคุณสมบัติพิเศษสำหรับการควบคุมแบบฝังตัว เช่น หน่วยความจำโปรแกรมแบบ Flash, หน่วยความจำแบบ SRAM, พอร์ตอนุกรม, พอร์ตอินพุต / เอาต์พุต, Real-Time Clock และ พอร์ต Ethernet

การออกแบบด้วย Rabbit Core Module หรือแบบลงบอร์ดสำเร็จรูปของตระกูล Rabbit Core ถูกออกแบบมาเพื่อให้สะดวกในการพัฒนาและการนำระบบฝังตัว (Embedded System) ไปใช้งานซึ่ง Rabbit Core ถูกขีดความสามารถโดย Microprocessors ตระกูล Rabbit ที่มีประสิทธิภาพสูงขนาด 8 Bit พร้อมด้วยคุณสมบัติเพิ่มเติมและชุดคำสั่งภาษา C ที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับระบบพัฒนา โดยที่ Rabbit Core จะติดตั้งบนแผงวงจรหลักที่ผู้ใช้ออกแบบและทำหน้าที่เป็นไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมระบบ แม้จะมีขนาดเล็กแต่ก็เต็มไปด้วยประสิทธิภาพ Core Module เหล่านี้บรรจุไว้ได้อย่างสมบูรณ์แบบเพื่อใช้สำหรับควบคุมและการสื่อสาร มีคุณสมบัติทางเทคนิคดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.16 โครงสร้างภายใน Rabbit

คุณสมบัติ

- เป็น CPU ขนาด 8 BIT ตัวถังแบบ 100PIN PQFP
- การเชื่อมต่อ Ethernet 10Base-T, RJ-45 2 LEDs
- หน่วยความจำ Flash 256K และ Static RAM 128K
- 4 CH 8 BIT TIMERS และ 2 CH 10 BIT TIMERS
- ใช้งานได้ที่แรงดัน 4.75-5.25 V DC, 134 mA
- อุณหภูมิ -40°C to + 70°C
- ขนาดของตัวบอร์ด 2.3" x 1.6" x 0.86" (59 x 41 x 22 mm)
- 5 CH Parallel Port, 4 CH Serial Port, สามารถต่อหน่วยความจำต่างๆ ได้โดยตรงจาก CPU
- ความถี่ที่ใช้งาน 22.1 MHz

2.7 สรุปผลการศึกษาทฤษฎีหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากทฤษฎีที่กล่าวมา การที่มีระบบวัดวัดบันทึกและแสดงผลเพื่อทำหน้าที่สังเกตการณ์ทำงานของการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ว่าในแต่ละวัน เดือนและปีสามารถผลิตไฟฟ้าได้เท่าไรบ้าง ซึ่งเราสามารถนำข้อมูลที่เก็บบันทึกไว้มาเปรียบเทียบกับในแต่ละวัน เดือนและปี ว่าพลังงานที่ได้มีค่าแตกต่างกันอย่างไรรวมถึงสามารถวิเคราะห์ ได้ว่าพลังงานที่ได้มากและน้อยในแต่ละวันว่ามีสาเหตุมาจากอะไร เช่น วันที่ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มาก มีอากาศดี แสงแดดมาก และวันที่ผลิตพลังงานได้น้อย เพราะอากาศไม่ดี มีเมฆมาก หรือฝนตก เป็นต้น รวมทั้งการใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาในการเลือกติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน ว่าพื้นที่นั้นๆ เหมาะสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนประเภทใด อาทิเช่น พื้นที่ที่จะติดตั้ง มีลมแรง แสงแดดมาก ก็สามารถเลือกระบบผลิตไฟฟ้าผสมผสานระหว่างพลังงานจากแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานจากลม เป็นต้น เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้าก็อาจจะมีการมีแบตเตอรี่และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อร่วมเข้าไปในระบบ เพื่อช่วงเวลาที่แสงแดดน้อยและลมไม่มี ทำให้พลังงานไม่พอจ่ายให้กับโหลด ก็สามารถนำพลังงานสำรองที่ได้จากการเก็บไว้ในแบตเตอรี่จ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้าแทนและถ้ากำลังไฟฟ้าที่แบตเตอรี่ไม่พอจ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้าก็ใช้เครื่องกำเนิดในการจ่ายพลังงานให้กับภาระทางไฟฟ้ารวมถึงชาร์ตแบตเตอรี่ด้วย

ในงานวิจัยนี้เราเลือกใช้ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดจุดต่อร่วมกระแสตรง ทั้งนี้เนื่องจากงานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่ ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับที่พักผู้โดยสารรถประจำทางระหว่างจังหวัด ซึ่งปัจจุบันที่ที่พักผู้โดยสารยังไม่มีระบบไฟฟ้าให้แสงสว่าง และมุ่งเน้นไปที่ระบบที่ไม่มีอุปกรณ์ซับซ้อนและการดูแลระบบง่าย มีแสงสว่างที่เพียงพอให้ความปลอดภัยสำหรับผู้โดยสาร โดยไม่มีป้ายโฆษณา

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การรวบรวมข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัย

การวิจัย นี้เริ่มจากการรวบรวมข้อมูลต่างๆ ของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้จากระบบวัดและแสดงผลชนิดฝังตัว ว่ามีข้อมูลใดบ้างที่จำเป็นในการออกแบบระบบวัดและแสดงผล เราต้องการรู้ข้อมูลใดบ้าง ข้อมูลใดบ้างที่จะเป็นประโยชน์ และค่าใช้จ่ายที่ต้องลงทุนสำหรับระบบวัดบันทึกและแสดงผล ซึ่งผู้ออกแบบและนักวิจัยที่เกี่ยวข้องพิจารณาจากแนวคิด 3 ประการ ต่อไปนี้

3.1.1 ข้อมูลด้านพลังงานของระบบ

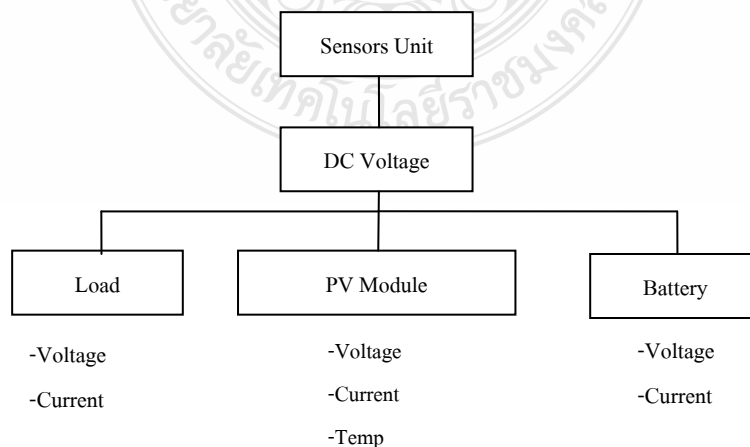
ข้อมูลทางด้านพลังงานของระบบนั้น ถือเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ทุกระบบการผลิตไฟฟ้าจะต้องมีโดยทั่วไป ข้อมูลเหล่านี้จะประกอบไปด้วย พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kW) กำลังไฟฟ้ากระแสตรงจากชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ กำลังไฟฟ้าที่จ่ายโหลด เป็นต้น

3.1.2 ข้อมูลเพื่อสนับสนุนต่องานวิจัย

ข้อมูลที่จะนำมาเป็นสารสนเทศเพื่อการวิจัยนั้น จะเป็นข้อมูลในเชิงลึกอาจต้องใช้เวลาสั้นๆ ในการสุ่มข้อมูลแต่ละค่า เพียง 1 นาทีถึง 5 นาที ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการวิจัย เน้นอนค่าใช้จ่ายในการทำระบบสารสนเทศเพื่อการวิจัย สำหรับระบบวัดและแสดงผลเพื่อให้ได้ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

3.1.3 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ต้องการวัด

ในการออกแบบระบบวัดและแสดงผลระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ผู้ออกแบบมีความสนใจในด้านของค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับระบบการผลิตไฟฟ้าดังแผนผังด้านล่าง



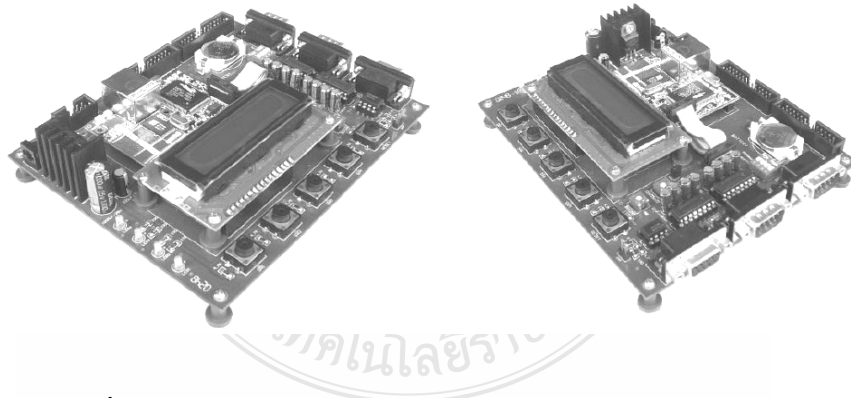
รูปที่ 3.1 โพลีชาร์ตแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ต้องการวัด

3.2 กรอบแนวคิดในการศึกษาระบบวัดและแสดงผลของพลังงานทดแทน

ในการออกแบบระบบวัดและแสดงผลของพลังงานทดแทน ผู้วิจัยได้แบ่งการออกแบบเป็น 3 ส่วนดังนี้

3.2.1 ส่วนของไมโครโปรเซสเซอร์

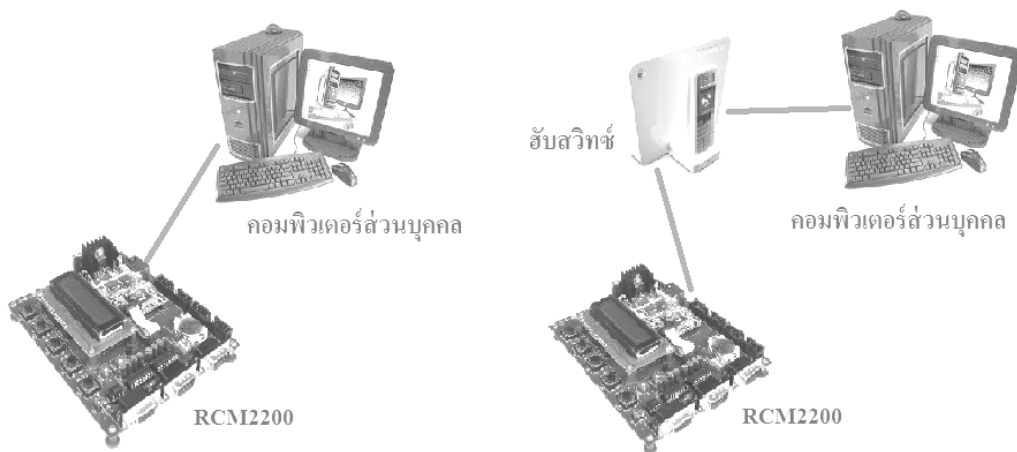
ในงานวิจัยในครั้งนี้ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ RCM 2200 เป็นไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 8 บิต เบอร์หนึ่งในตระกูลของ Rabbit 2000 ทำงานที่ความเร็วสัญญาณนาฬิกา 22.1 MHz ทำงาน ทำงานภายใต้แรงดัน 5 โวลต์ แรงดันเปลี่ยนแปลงได้ 5% ช่วงอุณหภูมิที่ใช้งาน 0 ถึง 70 องศาเซลเซียส สามารถกำหนดระดับความสำคัญของการ Interrupt ได้ 4 ระดับมีการตอบสนองการ Interrupt ที่รวดเร็ว ซึ่งเหมาะที่จะใช้งานระดับ Critical Application ต่างๆและเวลาเร็วที่สุดของการทำคำสั่งแรกใน Interrupt routine คือประมาณ $1 \mu\text{s}$ ที่ความเร็วสัญญาณนาฬิกา 25 MHz นอกจากนั้นแล้วยังมี Ethernet Port และ Core Module Microprocessors ของตระกูล Rabbit ออกแบบมาเป็นพิเศษสำหรับการประยุกต์ใช้งานในพื้นที่ขนาดเล็ก RCM2200 ได้จัดการแก้ปัญหาการควบคุมแบบฝังตัวไว้อย่างสมบูรณ์ด้วยขนาดเพียงครึ่งหนึ่งของบัตรเครดิตเท่านั้น โดยใช้ Microprocessors Rabbit2000 ที่ให้ประสิทธิภาพสูง RCM2200 ประกอบด้วยคุณสมบัติพิเศษสำหรับการควบคุมแบบฝังตัวเช่น หน่วยความจำโปรแกรมแบบ Flash, หน่วยความจำแบบ SRAM, พอร์ตอนุกรม, พอร์ตอินพุต/เอาต์พุต, Real-Time Clock และ พอร์ต Ethernet และยังมีการทำชุดพัฒนาการใช้งานของ RCM 2200 เพื่อให้ผู้ใช้งานได้เกิดความสะดวกสบายยิ่งขึ้นดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ชุดพัฒนา core module microprocessors rabbit RCM2200

การออกแบบด้วย Rabbit Core Module หรือแบบลงบอร์ดสำเร็จรูปของตระกูล Rabbit Core ถูกออกแบบมาเพื่อให้สะดวกในการพัฒนาและการนำระบบฝังตัว (Embedded System) ไปใช้งานซึ่ง Rabbit Core ถูกขีดความสามารถโดย Microprocessors ตระกูล Rabbit ที่มีประสิทธิภาพสูงขนาด 8 Bit พร้อมด้วยคุณสมบัติเพิ่มเติมและชุดคำสั่งภาษา C ที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับระบบพัฒนา โดยที่ Rabbit Core จะติดตั้งบนแผงวงจรหลักที่ผู้ใช้ออกแบบและทำหน้าที่เป็นไมโครโปรเซสเซอร์

รูปแบบการติดต่อสื่อสารของ RCM2200 สามารถทำการติดต่อได้สองแบบคือ การต่อตรงเข้ากับคอมพิวเตอร์ และการติดต่อผ่านระบบเครือข่ายดังรูปที่ 3.3 จากวัตถุประสงค์ของงานต้องการใช้ระบบวัดและแสดงผลให้สามารถทำงานผ่านเครือข่ายได้จึงเป็นเหตุผลให้ทำการเลือกใช้ RCM2200 ในการทำวิจัยในครั้งนี้



รูปที่ 3.3 การติดต่อสื่อสารของ RCM2200

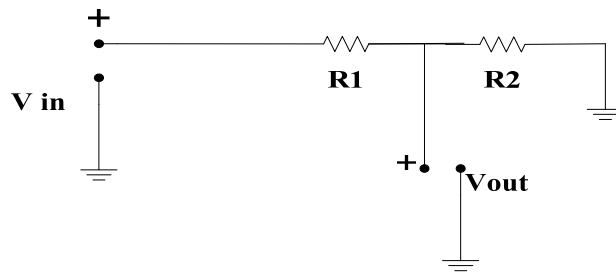
3.2.2 ส่วนของอุปกรณ์เซ็นเซอร์

การออกแบบอุปกรณ์เซ็นเซอร์หรืออุปกรณ์ตรวจจับข้อมูล โดยเริ่มจากสิ่งที่จะทำการวัดคือ ค่าแรงดัน ค่ากระแส และค่าอุณหภูมิ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. อุปกรณ์วัดค่าแรงดันไฟฟ้า

ในการออกแบบวงจรวัดค่าแรงดันไฟฟ้า ทำการออกแบบโดยใช้หลักของโวลต์มิเตอร์ ซึ่งในการวัดค่าแรงดันจะทำการวัดโดยใช้ระบบดิวิชั่นซึ่งจะใช้อุปกรณ์เปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลเพื่อส่งค่าให้กับคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะขอกล่าวรายละเอียดในส่วนของอุปกรณ์เปลี่ยน

สัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล ในหัวข้อที่ 4. ต่อไป ดังนั้นจึงทำการออกแบบโดยใช้วงจรแบ่งแรงดันในการขยายย่านวัด เพื่อให้สามารถวัดค่าแรงดันได้มากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 วงจรแบ่งแรงดันเพื่อให้ออกแบบอุปกรณ์วัดค่าแรงดัน

จากรูปที่ 3.2 อุปกรณ์ที่ใช้มีดังนี้

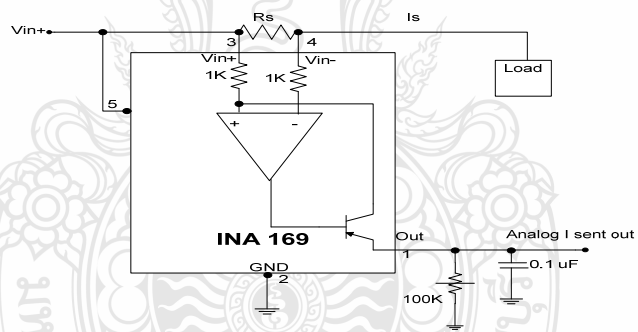
$$R1 = 10 \text{ K}$$

$$R2 = 11 \text{ K}$$

2) อุปกรณ์วัดค่ากระแส

2. การออกแบบอุปกรณ์วัดค่ากระแสเราได้เลือกใช้เซ็นเซอร์ ชี้ออตโตพิลอท รุ่น: attopilot voltage and current sense breakout สามารถวัดกระแสได้ สูงสุด ดังแสดงได้ดังรูปที่

3.5 ก และ ข



ก. วงจรของอุปกรณ์วัดค่ากระแส



ข. อุปกรณ์วัดค่ากระแส

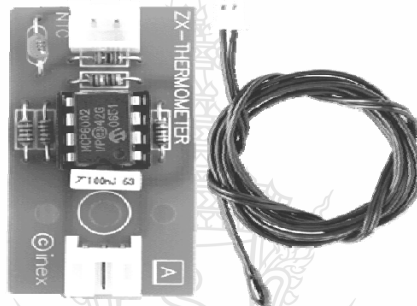
รูปที่ 3.5 วงจรและอุปกรณ์วัดค่ากระแส

3. อุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิ

ในการวัดค่าอุณหภูมิจะทำการวัดอุณหภูมิสภาพแวดล้อมและอุณหภูมิได้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิมารุ่น ZX- thermometer มีคุณสมบัติดังนี้

- ใช้เทอร์มิสเตอร์ NTC ที่มีการเคลือบสารป้องกันน้ำจึงสามารถวัดอุณหภูมิในน้ำได้
- ให้ผลการทำงานเป็นแรงดันไฟตรงที่แปรผันตรงแบบเชิงเส้นสามารถวัดเทียบอุณหภูมิได้ง่าย

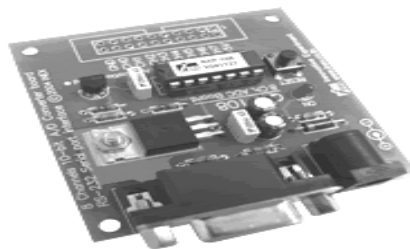
- อุณหภูมิช่วง -20 องศา ถึง 85 องศา
- ใช้งานได้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ทุกตระกูลที่มีอินพุตอะนาล็อก
- ใช้ไฟเลี้ยง +5V จากจุดต่อ JST



รูปที่ 3.6 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิได้แผงเซลล์แสงอาทิตย์และอุณหภูมิสภาพแวดล้อม

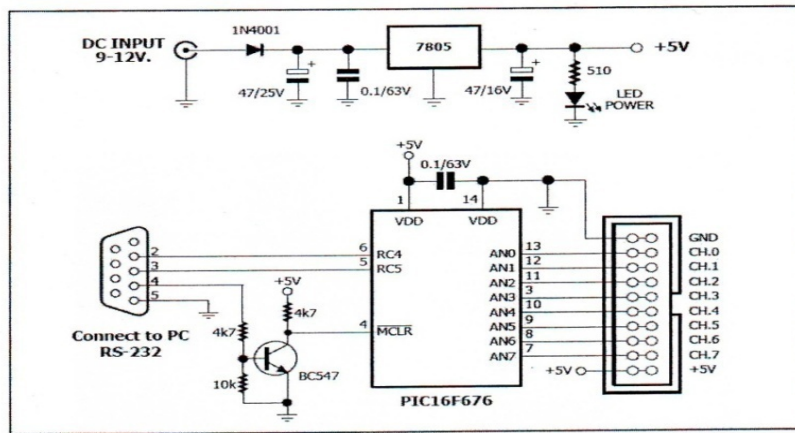
4. อุปกรณ์แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

ค่าที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับข้อมูลนั้นจะเป็นสัญญาณอนาล็อก ดังนั้นจึงต้องแปลงจากสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลเพื่อส่งให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์จึงได้ใช้บอร์ดแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล เพื่ออ่านข้อมูลของสัญญาณอนาล็อก ที่ถูกส่งเข้ามาจากอุปกรณ์ตรวจจับข้อมูลมาแสดงผลผ่านทางเครื่องคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.8

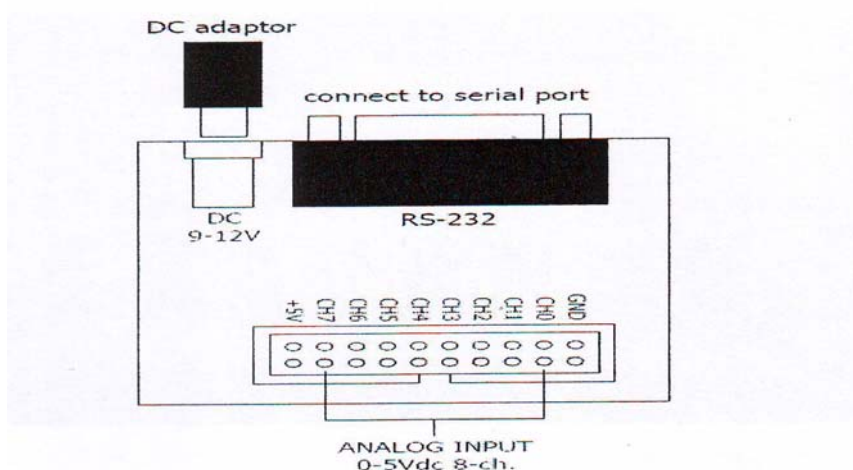


รูปที่ 3.7 บอร์ดแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

วงจรภายในของบอร์ดแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลของบริษัท Inex แสดงดังรูปที่ 3.8 ก และ ข



ก. วงจรบอร์ดแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล



ข. วงจรการต่อใช้งานของบอร์ดแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

รูปที่ 3.8 วงจรของบอร์ดแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

3.2.3 ส่วนของการสื่อสารข้อมูล

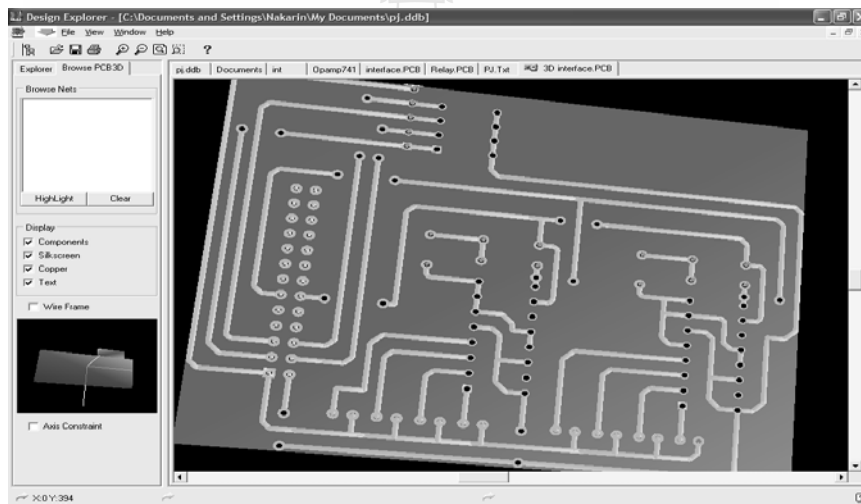
ในงานวิจัยในครั้งนี้ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ที่มีการประมวลผลขนาด 8 บิต ตระกูลแบบ 8 บิต ซึ่งไมโครโปรเซสเซอร์ตัวนี้มีความสามารถพิเศษโดยที่มีเทคโนโลยี TCP/IP ติดตั้งอยู่ในตัวไมโครโปรเซสเซอร์ และสามารถกำหนดหมายเลข IP Address ให้กับตัวไมโครโปรเซสเซอร์ได้ กำหนดให้ไมโครโปรเซสเซอร์เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ได้ ทำให้สามารถเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์เข้ากับระบบอินเทอร์เน็ตได้โดยตรง จากรูปที่ 3.8 เป็นการแสดงให้เห็นถึงการเชื่อมต่อระบบวัดและแสดงผลแบบฝังตัวของพลังงานทดแทน ซึ่งมี IP Address เหมือนกับคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นๆ ที่อยู่ใน

3.3 การสร้างระบบวัดและแสดงผล บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

หลังจากที่ทำการออกแบบวงจรในส่วนต่างๆ แล้วก็ทำการสร้างระบบวัดและแสดงผล ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยจะแบ่งออกเป็นสามส่วนดังนี้

3.3.1 การสร้างตัวเครื่องระบบเซ็นเซอร์

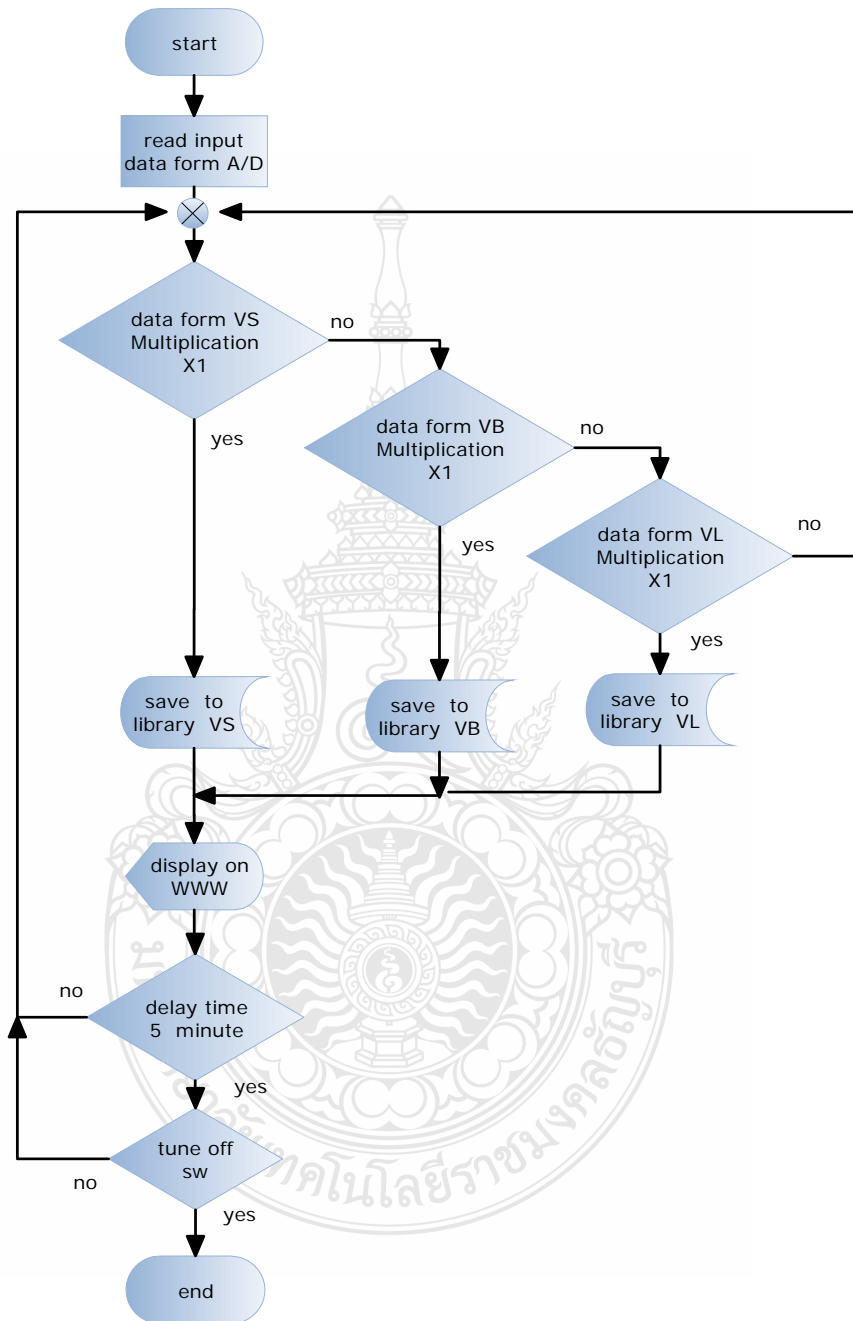
เมื่อออกแบบวงจรแล้วผู้วิจัยได้นำวงจรที่ทำการออกแบบมาทดลองก่อน โดยการต่อบนบอร์ดทดลองอเนกประสงค์เมื่ วงจรทำงานเป็นที่ถูกต้องแล้วก็นำมาออกแบบเป็นลายวงจรพิมพ์ต่อไป



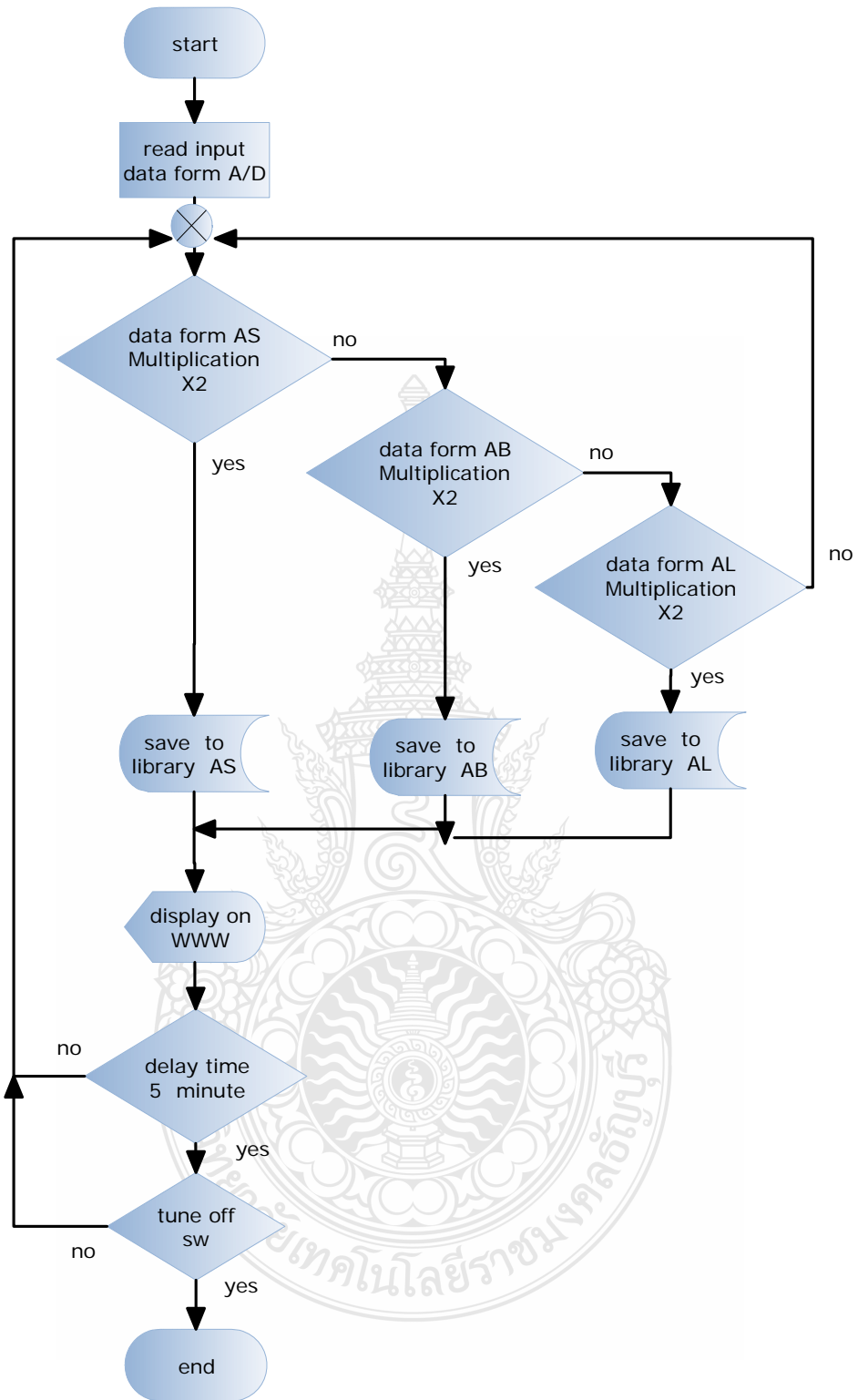
รูปที่ 3.9 การออกแบบลายวงจรพิมพ์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.3.2 การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครโปรเซสเซอร์ด้วย Dynamic C

หลังจากที่ได้ทำส่วนของตัวเครื่องเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครโปรเซสเซอร์ตามโฟร์ซาร์ดที่ได้ออกแบบไว้ โดยเราทำการกำหนดค่าตัวแปรที่ต้องการเก็บข้อมูลที่ได้จากการวัดและประมวลผลไว้ในไลบรารีดังนี้คือ VS, VB, VL คือค่าแรงดันไฟฟ้าที่ เซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอรี่ และแรงดันโหลดตามลำดับ AS, AB, AL คือค่ากระแสไฟฟ้าที่ เซลล์แสงอาทิตย์ กระแสแบตเตอรี่ และกระแสโหลดตามลำดับ โดยเราหาค่าตัวแปร X1, X2 และ X3 ตามลำดับได้จากค่าเอาต์พุตของอุปกรณ์ตรวจจับแต่ละตัว โดยทำการแปลงค่าที่ได้จากค่าแรงดันเป็นค่าจำนวนบิตข้อมูล ทั้งนี้เนื่องต้องทำการแปลงฐานข้อมูลให้อยู่บนฐานเดียวกับ



รูปที่ 3.10 ฟังก์ชันการทำงานของโปรแกรมวัดและแสดงผลในส่วนการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า



รูปที่ 3.11 ฟังก์ชันการทำงานของโปรแกรมวัดและแสดงผลในส่วนการวัดค่ากระแสไฟฟ้า

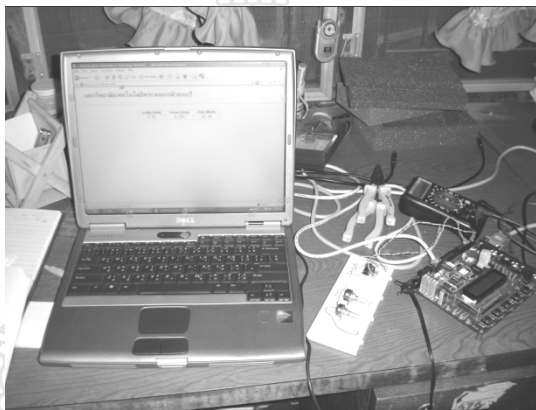

```
Dynamic C Premier Version 7.06P - [C:\DCRABBIT_706P\PROJECT\PJ3.C]
File Edit Compile Run Inspect Options Window Help
nodebug
void msDelay(unsigned int ms) {
    auto unsigned long t0;
    for (t0=MS_TIMER; MS_TIMER<ms+t0;);
}

//web
const HttpType http_types[] =
{
    { ".shhtml", "text/html", shhtml_handler}, // esi
    { ".html", "text/html", NULL}, // html
    { ".cgi", "", NULL}, // cgi
    { ".gif", "image/gif", NULL}
};

float volt;
float amp;
float watt;
float tempa;
float tempb;
float tempc;
float tempd;
float tempe;

const HttpSpec http_flashspec[] =
{
    { HTTFSPEC_FILE, "/", index_html, NULL, 0, NULL, NULL},
    { HTTFSPEC_FILE, "/index.shhtml", index_html, NULL, 0, NULL, NULL},
    { HTTFSPEC_VARIABLE, "volt", 0, svolt, INT32, "%.2f", NULL},
    { HTTFSPEC_VARIABLE, "amp", 0, samp, INT32, "%.3f", NULL},
    { HTTFSPEC_VARIABLE, "watt", 0, swatt, INT32, "%.2f", NULL},
    { HTTFSPEC_VARIABLE, "tempa", 0, stempa, INT32, "%.1f", NULL},
    { HTTFSPEC_VARIABLE, "tempb", 0, stempb, INT32, "%.1f", NULL},
    { HTTFSPEC_VARIABLE, "tempc", 0, stempc, INT32, "%.1f", NULL},
    { HTTFSPEC_VARIABLE, "tempd", 0, stempd, INT32, "%.1f", NULL},
    { HTTFSPEC_VARIABLE, "tempe", 0, stempe, INT32, "%.1f", NULL},
};
Line 260 Col 7 Insert Edit
```

รูปที่ 3.12 การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครโปรเซสเซอร์ด้วย Dynamic C

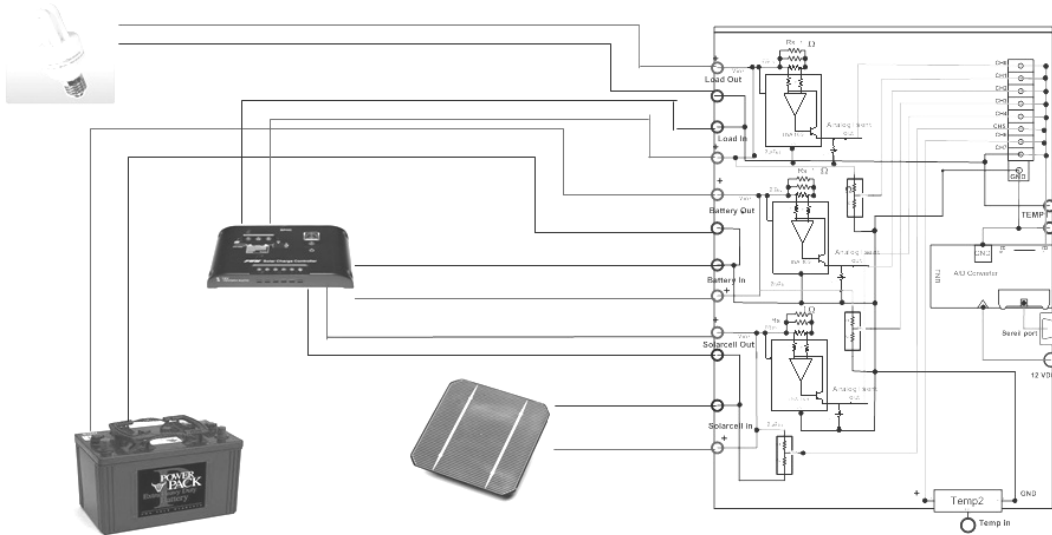


รูปที่ 3.13 ทดลองโปรแกรมบนบอร์ดทดลองก่อนที่จะนำไปลงแผ่นวงจรพิมพ์

3.3.3 การเขียนโปรแกรมแสดงผลบนเว็บด้วย HTML

ในการออกแบบและเขียนโปรแกรมแสดงผลบนเว็บด้วย HTML นั้นต้องทำไปพร้อมๆ กับการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครโปรเซสเซอร์เพราะตัวเว็บเพจนี้จะต้องถูกโปรแกรมเก็บไว้ในหน่วยความจำภายในไมโครโปรเซสเซอร์พร้อมกับโปรแกรมควบคุม เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องของหน่วยความจำภายในไมโครโปรเซสเซอร์ ผู้วิจัยจึงเน้นออกแบบให้มีความเรียบง่ายสวยงามโดยใช้พื้นที่หน่วยความจำให้น้อยที่สุด และการแสดงผลนั้นให้สามารถอ่านค่าได้ง่าย เพื่อป้องกันการใช้ทรัพยากรที่เกินกว่าตัวไมโครโปรเซสเซอร์จะทำงานได้ ซึ่งอาจเกิดการหยุดการทำงานหากไม่สามารถประมวลผลได้ทันเนื่องจากการใช้งานหน่วยความจำมากเกินไป

วงจรการทำงานของตัวเครื่องระบบเซ็นเซอร์จะประกอบไปด้วยวงจรตรวจจับแรงดัน วงจรตรวจจับกระแส วงจรวัดอุณหภูมิ วงจรแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลจากรูปที่ 3.13 เมื่อนำเอาชุดตัวเครื่องระบบเซ็นเซอร์มาทำการติดตั้งเข้าไปในระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จะสามารถอธิบายรูปแบบและตำแหน่งการติดตั้งได้ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.16 การติดตั้งตัวเครื่องระบบเซ็นเซอร์เข้ากับระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

3.5 การทดสอบระบบวัดและแสดงผล

การทดสอบระบบวัดและแสดงผลเซลล์แสงอาทิตย์ บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมีขั้นตอนในการทดสอบดังนี้

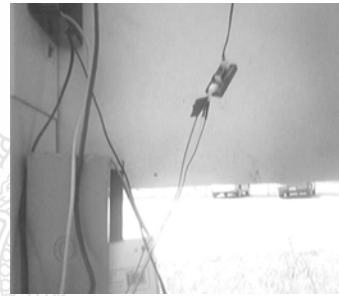
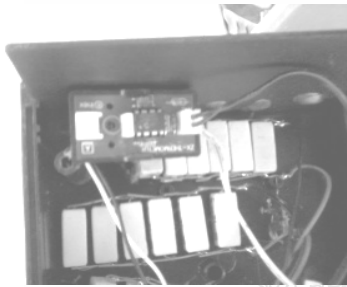
3.5.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

- ชุดระบบระบบวัดและแสดงผลชนิดฝังตัวของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์
- มัลติมิเตอร์ 2 เครื่อง
- เทอร์โมมิเตอร์
- สาย UTP 1 เส้น
- ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
- เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Windows XP
- เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Windows 2000
- เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Windows 98
- เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Linux Tle

3.5.2 การทดสอบระบบตรวจสอบเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดพื้นฐาน

ในการทดสอบระบบวัดและแสดงผลระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดพื้นฐานผู้วิจัยได้ดำเนินการเพื่อทดสอบ โดยติดตั้งระบบตรวจสอบเข้าไปในระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้งานอยู่แล้วทำการเก็บข้อมูลโดยใช้เวลาในการทดสอบ 2 วันแบ่งเป็นช่วง 2 ช่วง เริ่มตั้งแต่ 6.05 – 24.00น. และจาก 24.00 – 06.00 น. โดยมีระยะห่างในการเก็บข้อมูลโดยใช้มิเตอร์เป็นเครื่องมือพื้นฐานเพื่อเปรียบเทียบเท่ากับ 1 ชั่วโมง และมีการวัดและเก็บผล 2 ชุดข้อมูล โดยชุดที่หนึ่งใช้เครื่องมือพื้นฐานในการเก็บข้อมูล และชุดที่สองเก็บข้อมูลโดยคู่มือหน้าจอคอมพิวเตอร์ที่ต่อกับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

รูปแบบการติดตั้งชุดอุปกรณ์ตรวจจับข้อมูลร่วมกับระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แสดงได้ดังรูปที่ 3.15 ก และ ข

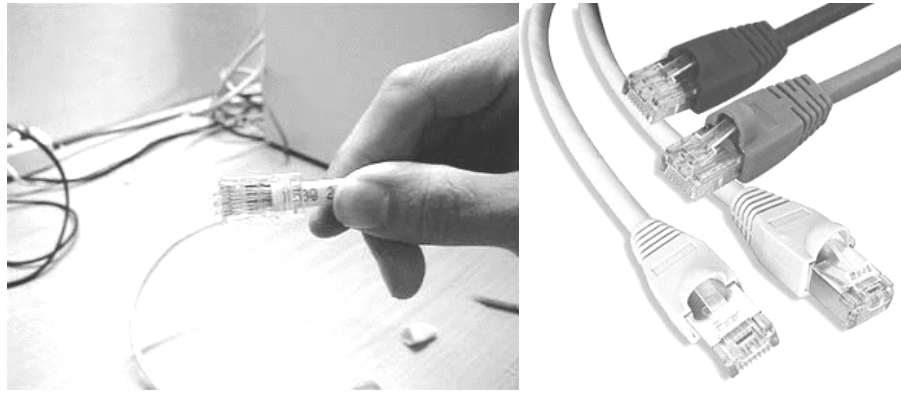


ก. การติดตั้งตัววัดอุณหภูมิสภาพแวดล้อม ข. การติดตั้งอุณหภูมิได้แผงเซลล์แสงอาทิตย์

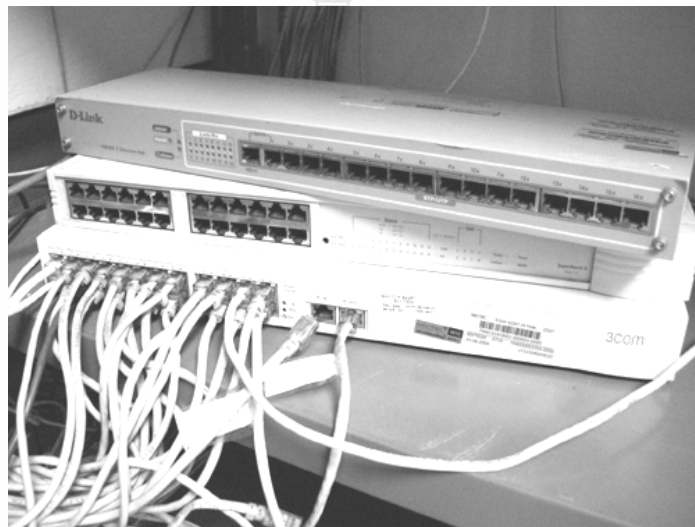
รูปที่ 3.17 การติดตั้งชุดอุปกรณ์ตรวจจับข้อมูลกับระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 3.18 ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าสำหรับที่พักรถโดยสาร โดยใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 3.19 สาย UTP ที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างระบบตรวจสอบกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต



รูปที่ 3.20 ตำแหน่งเชื่อมต่อระบบวัดและแสดงผลเข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

3.5.3 การทดสอบกับระบบปฏิบัติการต่างๆ

ในการทดสอบขั้นนี้ จะทำการทดลองใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการต่างกัน โดยทำการทดลองกับระบบปฏิบัติการดังนี้ Windows XP, Windows 2000, Windows 98 และ Linux Tle ซึ่งสามารถแสดงผลข้อมูลต่างๆ ในระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ด้วยข้อมูลที่ส่งเข้ามาในระบบวัดและแสดงผลชนิดฝังตัว และทำการแสดงผลบนหน้าจอที่ครบถ้วนและถูกต้อง โดยที่ไม่มีการติดตั้งโปรแกรมอื่น ๆ ในการช่วยแสดงผล และไม่มีการปรับแต่งใดๆ กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบ

3.6 สรุปผลการทดสอบกับระบบปฏิบัติการต่าง ๆ

จากผลการทดลองในการใช้ระบบปฏิบัติการต่างๆ ในการแสดงผลการตรวจสอบแรงดัน และอุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์ บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต สามารถสรุปผลได้ดังนี้คือ การใช้ระบบปฏิบัติการต่างกันในการตรวจสอบแรงดัน กระแส และอุณหภูมิ ไม่มีความแตกต่างกันในการแสดงผล แสดงให้เห็นว่าระบบตรวจสอบแรงดัน และอุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์ บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต สามารถใช้ได้กับทุกระบบปฏิบัติการ โดยไม่จำเป็นต้องติดตั้งโปรแกรมใดๆ ลงไปในเครื่องคอมพิวเตอร์อีก เพียงต่อเข้ากับระบบเครือข่ายเฉพาะที่(LAN) หรือเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเท่านั้น



บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจัย

การทดสอบระบบวัดและแสดงผลชนิดฝังตัวของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ได้ทำการทดสอบและเก็บผล ในวันที่ 29 กันยายน 2553 ได้เก็บผลข้อมูลการวัดค่าต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

4.1 การทดสอบประสิทธิภาพของระบบวัดและแสดงผลชนิดฝังตัวของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับฮาร์ดแวร์

การทดสอบระบบวัดและแสดงผลชนิดฝังตัวของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ในหัวข้อนี้ จะทำการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพการแสดงผลข้อมูลของโปรแกรม เมื่อทำงานร่วมกับฮาร์ดแวร์ที่ได้จัดทำขึ้น เพื่อเปรียบเทียบกับกรวัดค่าด้วย มัลติมิเตอร์และเทอร์โมมิเตอร์ โดยค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของเครื่องวัดนั้นหาได้จากสมการที่ 4.1 ดังนี้

$$\left| \frac{xn - xy}{xn} \right| \times 100 = \% error \quad (4.1)$$

- Xn คือ ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัด
Xy คือ ค่าที่อ่านได้จากระบบวัด
%error คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของเครื่องวัด

ตารางที่ 4.1 การทดสอบประสิทธิภาพการตรวจวัดข้อมูลของเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยระบบวัดและแสดงผลชนิดฝังตัวของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ วันที่ 29 กันยายน 2553

ครั้งที่	เวลา	เซลล์แสงอาทิตย์							
		แรงดันเซลล์แสงอาทิตย์ (V)		กระแสโซล่าเซลล์ (A)		อุณหภูมิแวดล้อม (C ^o)		อุณหภูมิได้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (C ^o)	
		ระบบฝังตัว	มัลติมิเตอร์	ระบบฝังตัว	มัลติมิเตอร์	ระบบฝังตัว	เทอร์โมมิเตอร์	ระบบฝังตัว	เทอร์โมมิเตอร์
1	06.00	8	8.04	0.8	0.84	31.3	31	31.3	31
2	07.00	11.96	12	0.85	0.88	32.4	32	32.3	32
3	08.00	13.55	13.58	1.54	1.58	32.38	32	34.2	34
4	09.00	14.18	14.21	01.81	01.86	34.53	34	39.06	39

ตารางที่ 4.1 การทดสอบประสิทธิภาพการตรวจวัดข้อมูลของเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยระบบวัดและแสดงผลชนิดฟังตัวของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ วันที่ 29 กันยายน 2553(ต่อ)

ครั้งที่	เวลา	เซลล์แสงอาทิตย์							
		แรงดันเซลล์แสงอาทิตย์ (V)		กระแสโซล่าเซลล์ (A)		อุณหภูมิแวดล้อม (C ^a)		อุณหภูมิได้แสงเซลล์แสงอาทิตย์ (C ^b)	
		ระบบฟังตัว	มัลติมิเตอร์	ระบบฟังตัว	มัลติมิเตอร์	ระบบฟังตัว	เทอร์โมมิเตอร์	ระบบฟังตัว	เทอร์โมมิเตอร์
5	10.00	14.59	14.62	02.28	02.34	36.71	36	40.46	40
6	11.00	15.00	15.02	02.89	02.93	35.54	35	38.10	38
7	12.00	15.47	15.52	02.88	02.93	36.01	36	39.84	39
8	13.00	15.94	15.99	02.76	02.79	35.78	35	38.67	38
9	14.00	15.35	15.39	02.30	02.36	37.10	37.12	42.18	42
10	15.00	15.52	15.54	01.48	01.53	36.09	36.12	40.23	40
11	16.00	14.23	14.28	00.31	00.35	36.25	36.34	38.59	38
12	17.00	14.54	14.59	00.27	00.33	34.45	34.56	35.15	35
13	18.00	12	12.06	0	0	34	34.1	35	35
ค่าเฉลี่ย		13.87	13.91	1.57	1.59	35.82	35.88	39.14	39
%Error		± 0.287%		± 1.27 %		± 0.167%		± 0.178%	

ตารางที่ 4.2 การทดสอบประสิทธิภาพการตรวจวัดข้อมูลของแบตเตอรี่ด้วยระบบวัดและแสดงผลชนิดฟังตัวของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ วันที่ 29 กันยายน 2553

ครั้งที่	เวลา	แบตเตอรี่			
		แรงดันแบตเตอรี่ (V)		กระแสชาร์จแบตเตอรี่(A)	
		ระบบฟังตัว	มัลติมิเตอร์	ระบบฟังตัว	มัลติมิเตอร์
1	6:00	11.92	11.94	0.7	0.73
2	7:00	11.96	11.98	0.9	0.94
3	8:00	12.24	12.28	01.52	01.55
4	09.00	13.04	13.06	01.75	01.76
5	10.00	13.29	13.34	02.27	02.34
6	11.00	13.59	13.62	02.89	02.93
7	12.00	13.97	14.14	02.84	02.88
8	13.00	14.59	14.61	02.76	02.78

ตารางที่ 4.2 การทดสอบประสิทธิภาพการตรวจวัดข้อมูลของแบตเตอรี่ด้วยระบบวัดและแสดงผลชนิด ฟังตัวของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ วันที่ 29 กันยายน 2553 (ต่อ)

ครั้งที่	เวลา	แบตเตอรี่			
		แรงดันแบตเตอรี่ (V)		กระแสชาร์จแบตเตอรี่(A)	
		ระบบฟังตัว	มัลติมิเตอร์	ระบบฟังตัว	มัลติมิเตอร์
9	14.00	14.56	14.60	02.23	02.26
10	15.00	14.36	14.40	01.5	01.54
11	16.00	13.53	13.60	01.08	01.1
12	17.00	13.53	13.63	00.18	00.24
13	18.00	12.98	13.14	0.03	0.06
ค่าเฉลี่ย		13.74	14.00	1.839	1.878
%Error		± 0.434%		± 1.129%	

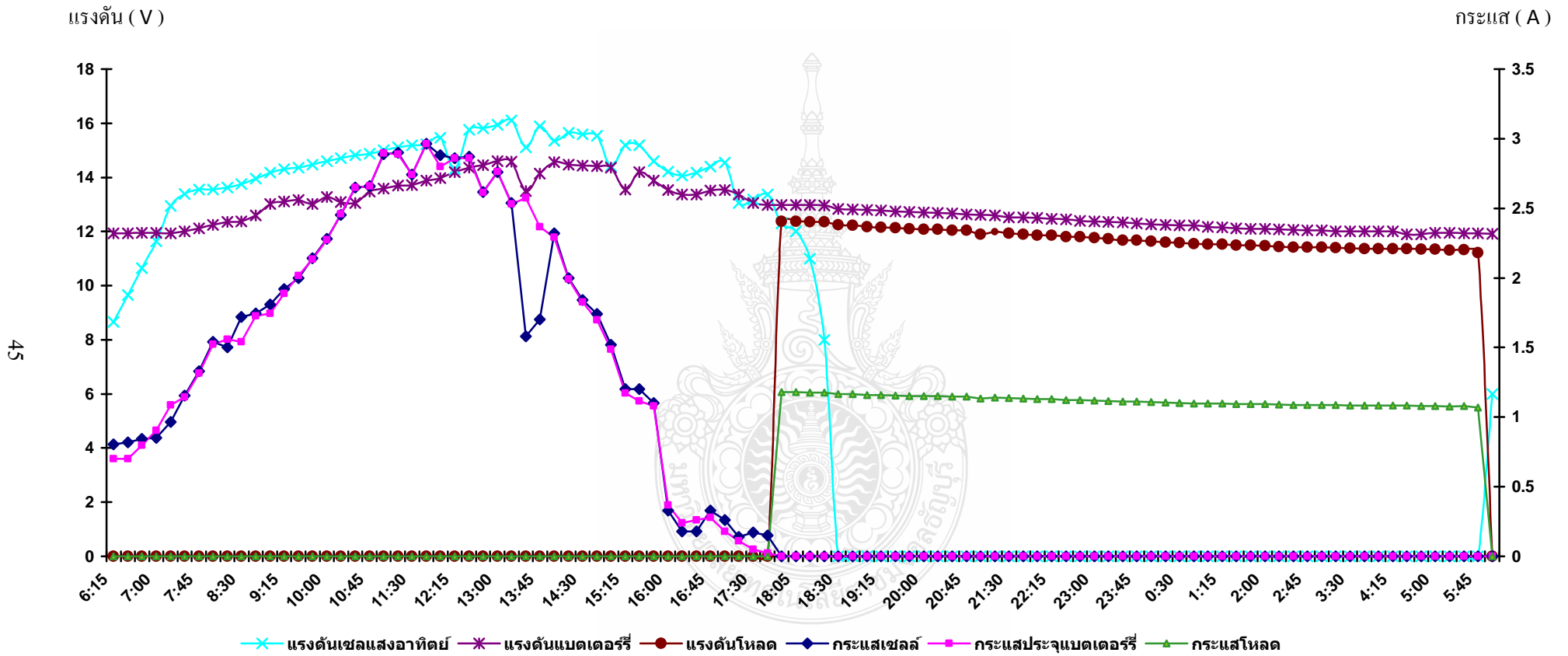
ตารางที่ 4.3 การทดสอบประสิทธิภาพการตรวจวัดข้อมูลขณะจ่ายโหลดด้วยระบบวัดและแสดงผลชนิดฟังตัวของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

ครั้งที่	เวลา	โหลด ขนาด 12 วัตต์					
		แรงดันแบตเตอรี่ (V)		แรงดันจ่ายโหลด (V)		กระแสของโหลด (A)	
		ระบบฟังตัว	มัลติมิเตอร์	ระบบฟัง	มัลติมิเตอร์	ระบบฟังตัว	มัลติมิเตอร์
1	18.00	12.64	12.68	12.04	12.15	01.34	01.35
2	19.00	12.60	12.63	11.98	11.75	01.34	01.34
3	20.00	12.50	12.53	11.89	11.74	01.34	01.34
4	21.00	12.45	12.57	11.84	11.73	01.33	01.38
5	22.00	12.31	12.34	11.70	11.77	01.34	01.37
6	23.00	12.28	12.35	11.51	11.68	01.33	01.35
7	00.00	12.26	12.25	11.44	11.54	01.33	01.34
ข้อมูลการทำงานของระบบ วันที่ 30 กันยายน 2553							
8	01.00	12.18	12.22	11.54	11.67	01.33	01.34
9	02.00	12.14	12.22	11.53	11.55	01.33	01.36
10	03.00	12.07	12.02	11.43	11.47	01.32	01.34
11	04.00	12.01	12.14	11.39	11.24	01.32	01.36

ตารางที่ 4.3 การทดสอบประสิทธิภาพการตรวจวัดข้อมูลขณะจ่ายโหลดด้วยระบบวัดและแสดงผล ชนิดฟุ้งตัวของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (ต่อ)

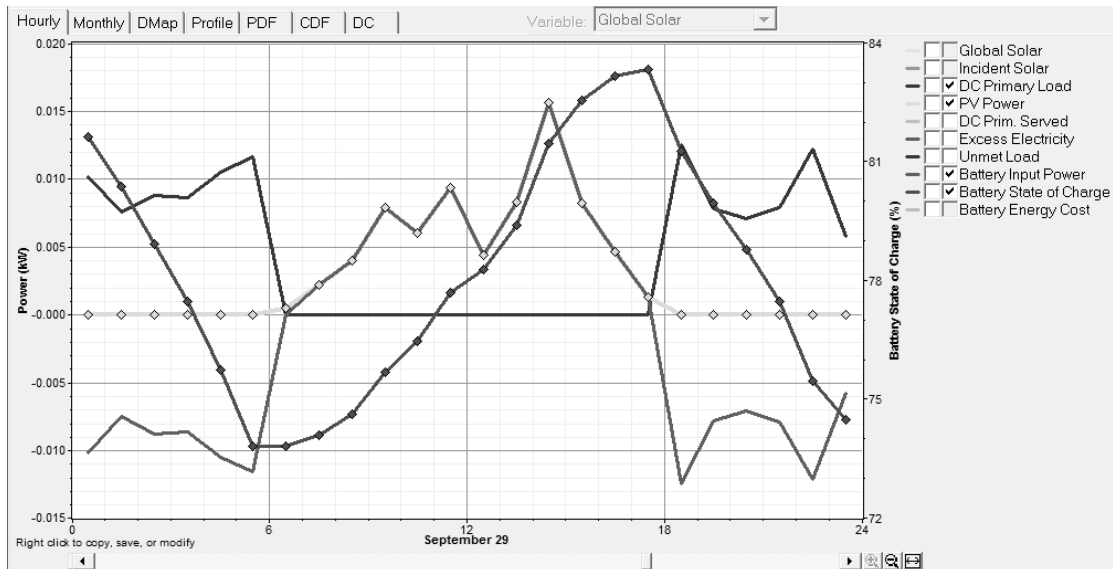
ครั้งที่	เวลา	โหลด ขนาด 12 วัตต์					
		แรงดันแบตเตอรี่ (V)		แรงดันจ่ายโหลด (V)		กระแสของโหลด (A)	
		ระบบฟุ้งตัว	มัลติมิเตอร์	ระบบฟุ้ง	มัลติมิเตอร์	ระบบฟุ้งตัว	มัลติมิเตอร์
12	05.00	12.00	12.04	11.37	11.35	01.32	01.34
13	06.00	11.95	11.87	11.31	11.33	01.32	01.34
ค่าเฉลี่ย		12.11	12.13	11.44	11.47	1.32	1.34
%Error		± 0.164%		± 0.176%		± 1.49 %	

จากข้อมูลในตารางข้างต้นนำข้อมูลเหล่านั้นมาสร้างกราฟการทำงานในรอบวันของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ได้ดังรูปที่ 4.1 สามารถอธิบายการทำงานของระบบได้จากกราฟได้ว่าระบบผลิตไฟฟ้าเริ่มต้นการทำงานของระบบ การชาร์จแบตเตอรี่ตั้งแต่เวลา 07.20น.แรงดันที่วัดได้จากแบตเตอรี่ขณะทำการชาร์จจะอยู่ที่ 13.04 V กระแสชาร์จจะเฉลี่ยอยู่ที่ 1.98A จากกราฟจะเห็นได้ว่าแรงดันจะมีแรงดันเพิ่มขึ้นเมื่อเราทำการชาร์จไปเรื่อยๆและกระแสจะเริ่มลดลงเมื่อแบตเตอรี่ใกล้จะเต็มจากกราฟจะเห็นได้ว่ากระแสจะเริ่มหยุดไหลเวลาประมาณ 16.00น. ซึ่งสรุปแบตเตอรี่เต็มหรือระบบหยุดทำการชาร์จ ซึ่งเวลา 17.00 น. เราวัดแรงดันของแบตเตอรี่ขณะชาร์จได้ที่ 13.56 V ซึ่งใช้ระยะเวลาในการชาร์จที่ 7 ชั่วโมง ในการใช้งานโหลดนั้นเริ่มใช้งานที่เวลา 18.00 น. แรงดันของแบตเตอรี่ก็จะเริ่มลดลงไปเรื่อยๆ จนกระทั่งเวลา 06.00 จะหยุดการทำงานของโหลด แสดงให้เห็นว่าระบบผลิตไฟฟ้ายังสามารถทำงานได้ ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของวงจรคอนเวอร์เตอร์ ที่จะหยุดการจ่ายกระแสให้โหลดเมื่อแรงดันแบตเตอรี่มีค่าแรงดันที่ 11.60 V และแรงดันแบตเตอรี่ในขณะนั้นมีค่าแรงดันอยู่ที่ 11.95 V



รูปที่ 4.1 ข้อมูลการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่วัดได้จากระบบวัดและแสดงผลชนิดฝังตัว

จากการใช้โปรแกรม HOMER เพื่อทำการจำลองการใช้งานของโหลดในรอบวันสามารถแสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ดังรูปที่ 4.2 เมื่อทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการบันทึกค่า พบว่ามีแนวโน้มการใช้งานไปในทิศทางเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่วัดได้มีค่าข้อมูลที่เชื่อถือได้ ทั้งนี้นอกจากจะใช้โปรแกรมจำลองการใช้งานแล้ว ยังต้องมีการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการวัดกับมิเตอร์ที่ใช้เป็นค่ามาตรฐาน



รูปที่ 4.2 การจำลองลักษณะการทำงานของระบบ โหลดขนาด 12 วัตต์ในรอบ 24 ชั่วโมง

4.2 สรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ

จากการทดสอบประสิทธิภาพของระบบวัดและแสดงผลชนิดฝังตัวสามารถทำงานได้ดีและมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสูงสุดในการวัดค่าแรงดันอยู่ที่ $\pm 0.287\%$ ในการวัดกระแสมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสูงสุดในการวัดอยู่ที่ $\pm 1.49\%$ และในการวัดค่าอุณหภูมิมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ $\pm 0.178\%$ จากการเก็บผลข้อมูลของการใช้งานระบบวัดและบันทึกผลชนิดฝังตัว จากตารางข้อมูลข้างต้น สามารถสรุปผลการทำงานของระบบได้ว่าระบบที่เราได้ทำการวิจัยนั้นสามารถทำงานได้จริงสามารถดูผลการทำงานผ่านเครือข่ายเฉพาะที่ได้ และมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพียง 2.5 วัตต์ ทำให้ลดการใช้พลังงานสำหรับระบบวัดและแสดงผลชนิดฝังตัวที่ใช้ไมโคร โปรเซสเซอร์ชนิดอื่นเช่น คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 300 – 450 วัตต์ คอมพิวเตอร์ชนิดฝังตัว(PC/104 หรือ PC104) ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 5 วัตต์ อีกทั้งยังเป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server) ในตัวทำให้สามารถใช้ระบบปฏิบัติการใด ๆ ก็ได้เพียงแค่มียูเอสบีซีในระบปฏิบัติการนั้น ๆ โดยไม่ต้องทำการติดตั้งโปรแกรมอื่นเพิ่มเติม

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนาและสร้างระบบวัดและแสดงผลชนิดฝังตัวของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระบบวัดและแสดงผลชนิดฝังตัวของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้ โพรโทคอล TCP/IP บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต, ออกแบบและสร้างวงจรเซ็นเซอร์สำหรับวัด แรงดัน, กระแส, อุณหภูมิ และกำลังไฟฟ้า, ออกแบบและสร้างวงจรควบคุม โดยใช้ Rabbit 2000 ไมโครโปรเซสเซอร์, ออกแบบและเขียนโปรแกรมควบคุมสำหรับ Rabbit 2000 ไมโครโปรเซสเซอร์ โดยใช้ภาษา Dynamic C และออกแบบเว็บไซต์สำหรับผู้ใช้งาน โดยมีการทดลองดังต่อไปนี้ 1) ทดลองใช้ระบบวัดและแสดงผลชนิดฝังตัวของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ และทำการทดสอบระบบบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยเปรียบเทียบกับผลการวัดเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดพื้นฐาน 2) ทดลองโดยใช้ระบบปฏิบัติการหลายๆ ระบบปฏิบัติการ ใช้งานร่วมกับระบบตรวจสอบแรงดัน และอุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์ บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 วิทยานิพนธ์นี้ได้พัฒนาระบบระบบวัดและแสดงผลชนิดฝังตัวของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

5.1.2 การตรวจสอบด้วยระบบวัดและแสดงผลชนิดฝังตัวของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต จะทำการตรวจสอบแรงดัน กระแส และอุณหภูมิ 2 ตำแหน่ง คือ สภาพแวดล้อม และอุณหภูมิได้แผงเซลล์แสงอาทิตย์

5.1.3 ผลของงานวิจัยพบว่าสามารถนำระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ไปใช้งานกับระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็กได้ ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ 2.5 วัตต์ และมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสูงสุดในการวัดค่าแรงดันอยู่ที่ $\pm 0.287\%$ ในการวัดกระแสนั้นมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสูงสุดในการวัดอยู่ที่ $\pm 1.49\%$ และในการวัดค่าอุณหภูมิมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ $\pm 0.178\%$

5.1.4 การแสดงผลการตรวจสอบจะแสดงผลที่เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต่ออยู่กับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต หรือ เครือข่ายเฉพาะที่(LAN) โดยผ่านโปรแกรมบราวเซอร์ และ จากการทดสอบแสดงให้เห็นว่าสามารถติดต่อสื่อสารและทำงานได้โดยไม่มีการติดตั้งโปรแกรมเพิ่มเติม

5.1.5 จากผลการทดสอบโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการต่างๆ พบว่าทุกระบบปฏิบัติการที่ใช้ในการทดลอง (Windows XP, Windows 2000, Windows 98 และ Linux) สามารถใช้งานร่วมกับระบบตรวจสอบแรงดัน และอุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์ บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ได้โดยไม่ต้องตั้งค่าหรือ ติดตั้ง โปรแกรมใดๆ เพิ่มเติม

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ระบบที่ทำการวิจัยยังมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูง เนื่องจากอุปกรณ์ที่นำมาใช้เป็นอุปกรณ์อินพุท มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเกินกว่าตัวระบบสมองกลที่นำมาใช้งาน ควรมีการปรับเปลี่ยนชนิดของอุปกรณ์ชนิดนี้ ให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง

5.2.2 ควรพัฒนาให้มีระบบการจัดการ การใช้พลังงานไฟฟ้า โดยสามารถแจ้งเตือนการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้า และสั่งงานการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านระบบเครือข่ายได้

5.2.3 ควรมีการพัฒนาให้สามารถส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สาย ทั้งนี้เพื่อให้ระบบมีความสามารถที่มากขึ้น และยังสามารถนำไปใช้งานได้หลายรูปแบบ และสถานที่การติดตั้งระบบการผลิตไฟฟ้าที่มากขึ้น



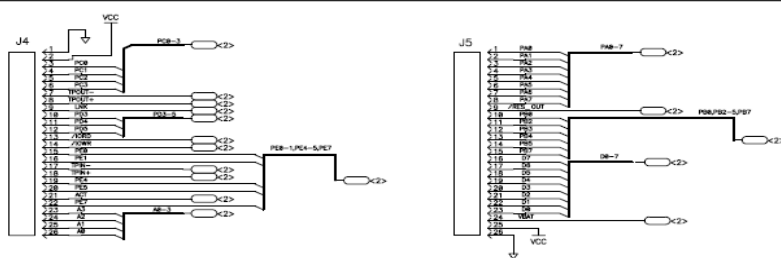
เอกสารอ้างอิง

- [1] Naphat Wajanathepin, **Monitoring System for On-line PV Production System.**เอกสารออนไลน์ เข้าถึงได้จาก: <http://netapp.nbk.rmutp.ac.th/division/wtc/comnet/w4.pdf>, 2548.
- [2] Boonyang Plangklang, " **An Embedded Interactive Monitoring System for PV-Diesel Hybrid Plants in Rural Areas,**" kassel university,press, ISBN: 978-3-89958-128-7, 2005,
- [3] D. Bordon, A. Ribič, T. Babnik, F. Gubina and B. Strmčnik, " **Internet as a Tool for Monitoring of Power System Protection and Its Operation.**"IEEE Bologna Power Tech Conference,June 23- 26th,Bologna,Italy
- [4] http://www.leonics.co.th/html/th/pd_ecs/customsys/115kwp.php
- [5] Phrompinit,K., Plangklang,B., 2008, " **A Smart Mobile PV-Wind Hybrid System Prototype for isolated electrification "** eecon28 ,October 20-21,Phuket,Thailand.
- [6] นภัทร วัจนเทพินทร์, เฉลิมพล เรืองพัฒนาวิวัฒน์, " **ระบบเฝ้าสังเกตการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อตรงเข้าระบบ,**" การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 3, โรงแรมไบฮกสกาย จังหวัดกรุงเทพฯ, 23-25 พฤษภาคม 2550.
- [7] บุญยัง ปลั่งกลาง, **เอกสารประกอบการสอนรายวิชา Energy Technology.** ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2551.
- [8] บุญยัง ปลั่งกลาง, **ระบบไฟฟ้าพลังงานทดแทนผสมผสานขนาดเล็กสำหรับพื้นที่ชนบทห่างไกล,** ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [9] สมชัย หิรัญวโรดม, **เอกสารประกอบการสอนรายวิชา การประยุกต์ใช้งานระบบโฟโตโวลตาอิก.** ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2551.

ภาคผนวก ก

โปรแกรมเพลงวงจรไมโครโปรเซสเซอร์RCM2200

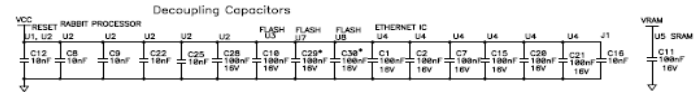




REVISION HISTORY			REVISION APPROVAL			
REV	ECO	DESCRIPTION OF CHANGE	PREPARED BY/ENGINEER	APPROVAL DATE	DOCUMENT CONTROL	APPROVAL DATE
A	E11399	INITIAL RELEASE	RJH	3/22/01	KIS	3/22/01
B	E11646	ADD CAP TO THE LEFT OF R17 (PAGE 2). ADD REFERENCE TO NEW RCM2210.	RJH	9/21/01	KIS	8/29/01
C	E11570	REMOVED R12, ADDED R42,R43	RJH	9/24/01	KIS	9/21/01
D	E11787	CORRECT STUFFING TABLE SPEC FOR RCM2210 AT U5.	RJH	12/28/01	KIS	12/28/01
E	E11862	CHANGE VALUE OF CS,6 FROM 33PF TO 18PF	RJH	3/11/02	KIS	3/8/02
F	E11842	REMOVE THERMISTOR AT RT1, CHANGE R41 TO 11K.	EP	5/18/02	KIS	5/9/02
G	E12278	IMPROVE ETHERNET JACK CIRCUIT, REMOVE CAPS, BETTER CONNECTOR.	XT	4/30/03	KIS	4/30/03
H	E12850	ADDED RCM2260 OPTION TO STUFFING TABLE	XT	8/10/04	KF	7/23/04

STUFFING TABLE

	CIRCUIT	PART	RCM2200	RCM2210	RCM2250	RCM2260
POWER TO VRAM SWITCH	WITH BATTERY BACKUP CIRCUITRY	R33	NOT INSTALLED	NOT INSTALLED	NOT INSTALLED	NOT INSTALLED
	CS CONTROL SWITCH	R27	NOT INSTALLED	NOT INSTALLED	NOT INSTALLED	NOT INSTALLED
SRAM	MAIN	U5	128K SRAM	128K SRAM	512K SRAM	512K SRAM
	SRAM SELECT	JP7	ZERO OHM ACROSS PINS 1-2	ZERO OHM ACROSS PINS 1-2	ZERO OHM ACROSS PINS 2-3	ZERO OHM ACROSS PINS 2-3
FLASH	FIRST	U3	256K FLASH	256K FLASH	256K FLASH	256K FLASH
	FLASH MEMORY BANK SELECT	JP3	ZERO ohm ACROSS PINS 1-2	ZERO ohm ACROSS PINS 1-2	ZERO ohm ACROSS PINS 1-2	ZERO ohm ACROSS PINS 1-2
	FLASH TYPE	JP4	ZERO ohm ACROSS PINS 1-2	ZERO ohm ACROSS PINS 1-2	ZERO ohm ACROSS PINS 1-2	ZERO ohm ACROSS PINS 1-2
	CAPACITOR	C10	INSTALLED	INSTALLED	INSTALLED	INSTALLED
	SECOND	U8	NOT INSTALLED	NOT INSTALLED	256K FLASH	256K FLASH
	FLASH MEMORY BANK SELECT	JP2	NOT INSTALLED	NOT INSTALLED	ZERO ohm ACROSS PINS 1-2	ZERO ohm ACROSS PINS 1-2
	FLASH TYPE	JP1	NOT INSTALLED	NOT INSTALLED	ZERO ohm ACROSS PINS 1-2	ZERO ohm ACROSS PINS 1-2
	CAPACITOR	C38	NOT INSTALLED	NOT INSTALLED	INSTALLED	INSTALLED
	THIRD	U7	NOT INSTALLED	NOT INSTALLED	NOT INSTALLED	NOT INSTALLED
	FLASH MEMORY BANK SELECT	JP5	NOT INSTALLED	NOT INSTALLED	NOT INSTALLED	NOT INSTALLED
ETHERNET	RJ-45 CONNECTOR WITH BUILT IN MAGNETICS	J2	INSTALLED	NOT INSTALLED	INSTALLED	NOT INSTALLED
	FILTER CAPACITORS	C18	INSTALLED	NOT INSTALLED	INSTALLED	NOT INSTALLED
	C19	INSTALLED	NOT INSTALLED	INSTALLED	NOT INSTALLED	
	UNINSTALLED CAPACITORS	C23,24	NOT INSTALLED	NOT INSTALLED	NOT INSTALLED	NOT INSTALLED
BATTERY	LEDS	DS1	INSTALLED	NOT INSTALLED	INSTALLED	NOT INSTALLED
	DS2	INSTALLED	NOT INSTALLED	INSTALLED	NOT INSTALLED	
	R34	INSTALLED	NOT INSTALLED	INSTALLED	NOT INSTALLED	
	R35	INSTALLED	NOT INSTALLED	INSTALLED	NOT INSTALLED	
ON BOARD BATTERY	BT1	NOT INSTALLED	NOT INSTALLED	NOT INSTALLED	NOT INSTALLED	



- NOTES: UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
- ALL RESISTOR VALUES ARE IN OHMS, 1/16W, 5%.
 - ALL CAPACITORS ARE 50VDC OR HIGHER.
 - THE ORIGINATOR SOURCE OF A VOLTAGE IS REPRESENTED BY (VCC), AND ALL REFERENCES TO THAT VOLTAGE ARE REPRESENTED BY (VCC).
 - R27, R33, & BT1 NOT NORMALLY STUFFED.
 - COMPONENT VALUES SHOWN WITH AN ASTERISK (*) FOLLOWING THE VALUE, MAY HAVE DIFFERENT VALUES, OR MAY NOT BE STUFFED DEPENDING ON MODEL. SEE STUFFING CHART FOR CLARIFICATION.

TABLE A

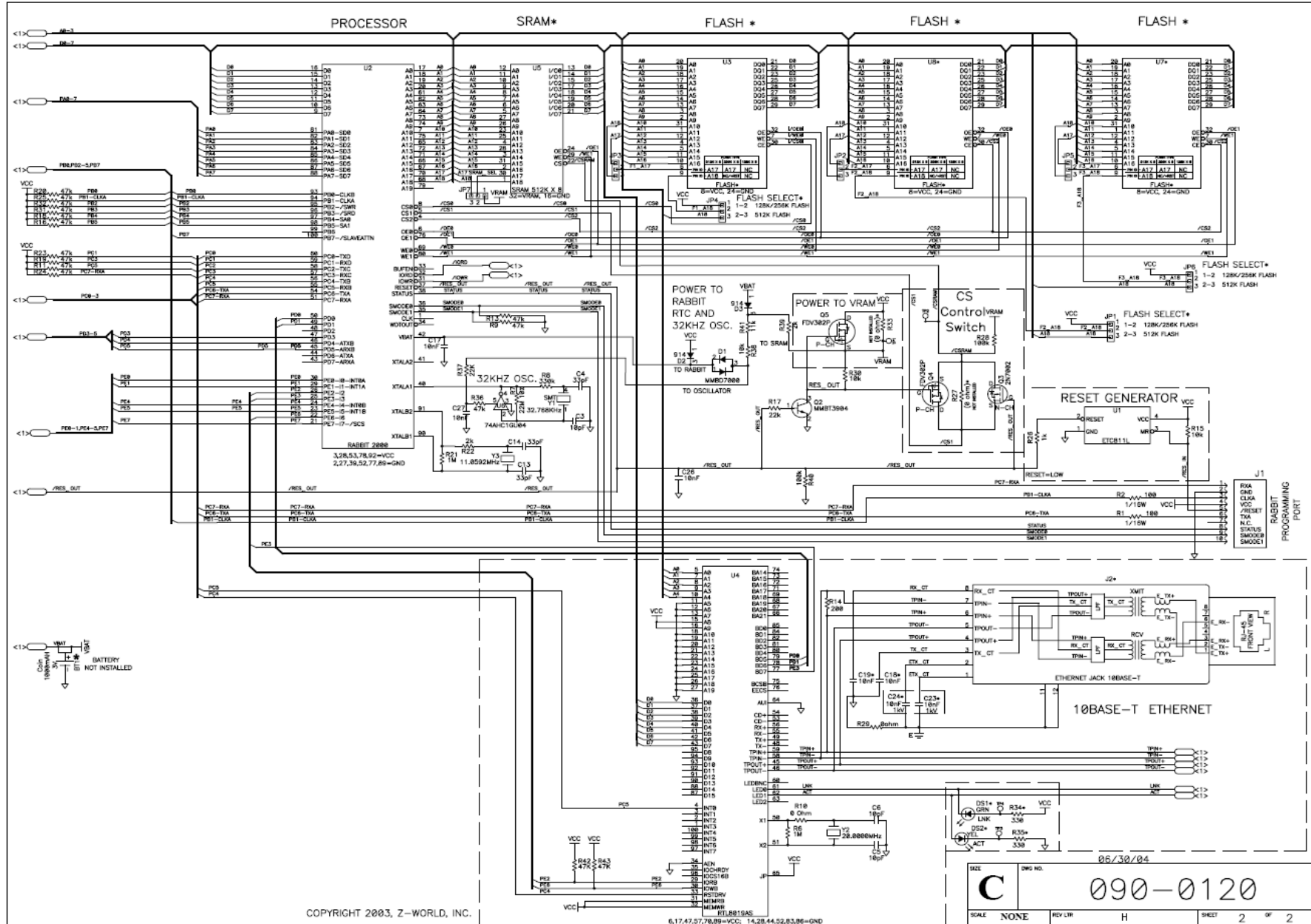
REF DES	DEVICE	DEVICE VOLTAGE INFORMATION			DEVICE: FILTER CAP REF DES(s)	
		GND	VCC	VRAM		
U1	ETCR11L	1	4		C12	
U2	RABBIT 2900	2,27,39	3,28,53	78,92	C8,C9,C10,C22,C25,C28	
U3	FLASH	24	8		C18	
U8	FLASH	24	8		C38	
U7	FLASH	24	8		C29	
U4	RTL8019AS	14,28,44	6,17,47	52,83,85	57,78,89	C1,C2,C7,C15,C26,C21
U5	SRAM 128K X 8	16		32	C11	

Copyright 2001, Z-World, Inc. 06/30/04

APPEND THE FOLLOWING DOCUMENTS WHEN CHANGING THIS DOCUMENT:		DRAWING CONTENT:		TITLE	
DRAWN BY:	(INITIAL RELEASE)	RJH	3/15/01	SCHEMATIC DIAGRAM	
REVISED BY:		XUAN TRUONG	06/30/04	MICRO ETHERNET	
APPROVALS: INITIAL RELEASE				RABBITCORES	
PROJECT ENGINEER:		RICHARD HESS	3/22/01	RCM2200 SERIES	
ENGINEERING MANAGER:		R. MATTHEWS	3/22/01	Z-WORLD	
SIGNATURES				SCALE	NONE
DATE				RELEASE DATE	03/22/01
				SHEET	1 OF 2



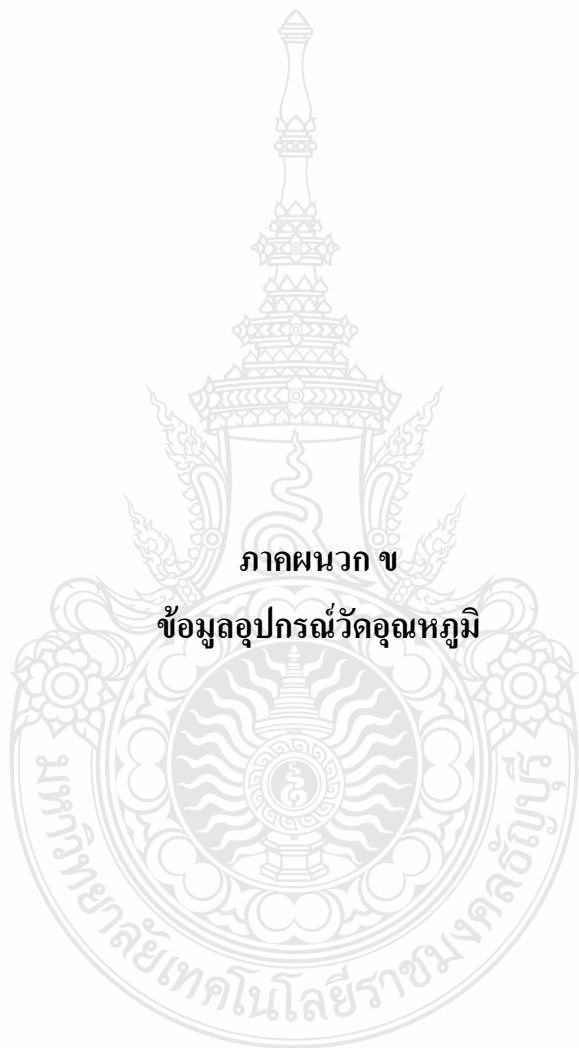
090-0120



COPYRIGHT 2003, Z-WORLD, INC.

6,17,47,57,78,89-VCC; 14,28,44,52,83,86-GND

090-0120
 SCALE NONE REV LTH H SHEET 2 OF 2
 SIZE C DWG NO. 090-0120
 DATE 06/30/04



ภาคผนวก ข

ข้อมูลอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ

LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm 1/4^\circ\text{C}$ at room temperature and $\pm 3/4^\circ\text{C}$ over a full -55 to $+150^\circ\text{C}$ temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only $60\ \mu\text{A}$ from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55 to $+150^\circ\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a -40 to $+110^\circ\text{C}$ range (-10° with improved accuracy). The LM35 series is available packaged in

hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear + 10.0 mV/°C scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at +25°C)
- Rated for full -55 to $+150^\circ\text{C}$ range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than $60\ \mu\text{A}$ current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only $\pm 1/4^\circ\text{C}$ typical
- Low impedance output, $0.1\ \Omega$ for 1 mA load

Typical Applications

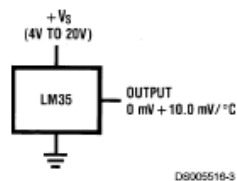
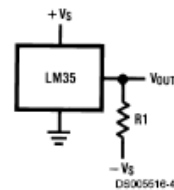


FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor
($+2^\circ\text{C}$ to $+150^\circ\text{C}$)

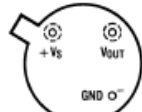


Choose $R_1 = -V_S/50\ \mu\text{A}$
 $V_{\text{OUT}} = +1,500\ \text{mV}$ at $+150^\circ\text{C}$
 $= +250\ \text{mV}$ at $+25^\circ\text{C}$
 $= -550\ \text{mV}$ at -55°C

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

Connection Diagrams

**TO-46
Metal Can Package***

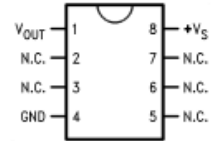


BOTTOM VIEW
DS006516-1

*Case is connected to negative pin (GND)

Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH, LM35CAH or
LM35DH
See NS Package Number H03H

**SO-8
Small Outline Molded Package**

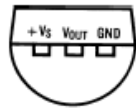


DS006516-21

N.C. = No Connection

Top View
Order Number LM35DM
See NS Package Number M08A

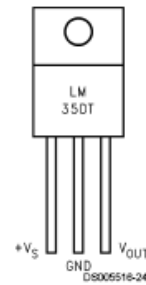
**TO-92
Plastic Package**



BOTTOM VIEW
DS006516-2

Order Number LM35CZ,
LM35CAZ or LM35DZ
See NS Package Number Z03A

**TO-220
Plastic Package***



DS006516-24

*Tab is connected to the negative pin (GND).

Note: The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35DP.

Order Number LM35DT
See NS Package Number TA03F

Absolute Maximum Ratings (Note 10)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	+35V to -0.2V
Output Voltage	+6V to -1.0V
Output Current	10 mA
Storage Temp.:	
TO-46 Package,	-60°C to +180°C
TO-92 Package,	-60°C to +150°C
SO-8 Package,	-65°C to +150°C
TO-220 Package,	-65°C to +150°C
Lead Temp.:	
TO-46 Package,	
(Soldering, 10 seconds)	300°C

TO-92 and TO-220 Package, (Soldering, 10 seconds)	260°C
SO Package (Note 12)	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 11)	2500V
Specified Operating Temperature Range: T_{MIN} to T_{MAX} (Note 2)	
LM35, LM35A	-55°C to +150°C
LM35C, LM35CA	-40°C to +110°C
LM35D	0°C to +100°C

Electrical Characteristics

(Notes 1, 6)

Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.2	± 0.5		± 0.2	± 0.5		°C
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.3			± 0.3		± 1.0	°C
	$T_A = T_{MAX}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		°C
	$T_A = T_{MIN}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4		± 1.5	°C
Nonlinearity (Note 8)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.18		± 0.35	± 0.15		± 0.3	°C
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	+10.0	+9.9, +10.1		+10.0		+9.9, +10.1	mV/°C
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1$ mA	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		mV/mA
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.5		± 3.0	± 0.5		± 3.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.01	± 0.05		± 0.01	± 0.05		mV/V
	$4V \leq V_S \leq 30V$	± 0.02		± 0.1	± 0.02		± 0.1	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5V, +25^\circ\text{C}$	56	67		56	67		µA
	$V_S = +5V$	105		131	91		114	µA
	$V_S = +30V, +25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68		µA
	$V_S = +30V$	105.5		133	91.5		116	µA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4V \leq V_S \leq 30V, +25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0		µA
	$4V \leq V_S \leq 30V$	0.5		2.0	0.5		2.0	µA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.5	+0.39		+0.5	µA/°C
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of <i>Figure 1</i> , $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	°C
Long Term Stability	$T_J = T_{MAX}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			°C

Electrical Characteristics								
(Notes 1, 6)								
Parameter	Conditions	LM35			LM35C, LM35D			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy, LM35, LM35C (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		$^\circ\text{C}$
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.5			± 0.5		± 1.5	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$	± 0.8	± 1.5		± 0.8		± 1.5	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$	± 0.8		± 1.5	± 0.8		± 2.0	$^\circ\text{C}$
Accuracy, LM35D (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$				± 0.6	± 1.5		$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$				± 0.9		± 2.0	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$				± 0.9		± 2.0	$^\circ\text{C}$
Nonlinearity (Note 8)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.3		± 0.5	± 0.2		± 0.5	$^\circ\text{C}$
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	+10.0	+9.8, +10.2		+10.0		+9.8, +10.2	mV/ $^\circ\text{C}$
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 2.0		± 0.4	± 2.0		mV/mA
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.5		± 5.0	± 0.5		± 5.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.01	± 0.1		± 0.01	± 0.1		mV/V
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	± 0.02		± 0.2	± 0.02		± 0.2	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56	80		56	80		μA
	$V_S = +5\text{V}$	105		158	91		138	μA
	$V_S = +30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56.2	82		56.2	82		μA
	$V_S = +30\text{V}$	105.5		161	91.5		141	μA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	0.2	2.0		0.2	2.0		μA
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	0.5		3.0	0.5		3.0	μA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.7	+0.39		+0.7	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of <i>Figure 1</i> , $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	$^\circ\text{C}$
Long Term Stability	$T_J = T_{\text{MAX}}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			$^\circ\text{C}$

Note 1: Unless otherwise noted, these specifications apply: $-55^\circ\text{C} \leq T_J \leq +150^\circ\text{C}$ for the LM35 and LM35A; $-40^\circ\text{C} \leq T_J \leq +110^\circ\text{C}$ for the LM35C and LM35CA; and $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +100^\circ\text{C}$ for the LM35D. $V_S = +5\text{Vdc}$ and $I_{\text{LOAD}} = 50 \mu\text{A}$, in the circuit of *Figure 2*. These specifications also apply from $+2^\circ\text{C}$ to T_{MAX} in the circuit of *Figure 1*. Specifications in **boldface** apply over the full rated temperature range.

Note 2: Thermal resistance of the TO-46 package is $400^\circ\text{C}/\text{W}$, junction to ambient, and $24^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to case. Thermal resistance of the TO-92 package is $180^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. Thermal resistance of the small outline molded package is $220^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. Thermal resistance of the TO-220 package is $90^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the Applications section.

Note 3: Regulation is measured at constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output due to heating effects can be computed by multiplying the internal dissipation by the thermal resistance.

Note 4: Tested Limits are guaranteed and 100% tested in production.

Note 5: Design Limits are guaranteed (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.

Note 6: Specifications in **boldface** apply over the full rated temperature range.

Note 7: Accuracy is defined as the error between the output voltage and $10\text{mV}/^\circ\text{C}$ times the device's case temperature, at specified conditions of voltage, current, and temperature (expressed in $^\circ\text{C}$).

Note 8: Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the best-fit straight line, over the device's rated temperature range.

Note 9: Quiescent current is defined in the circuit of *Figure 1*.

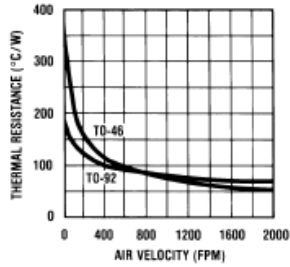
Note 10: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions. See Note 1.

Note 11: Human body model, 100 pF discharged through a $1.5 \text{ k}\Omega$ resistor.

Note 12: See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" or the section titled "Surface Mount" found in a current National Semiconductor Linear Data Book for other methods of soldering surface mount devices.

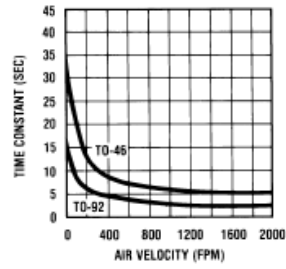
Typical Performance Characteristics

Thermal Resistance
Junction to Air



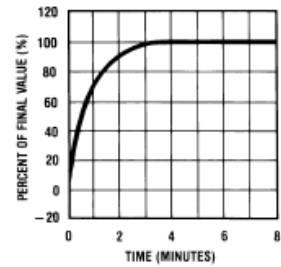
D8005516-25

Thermal Time Constant



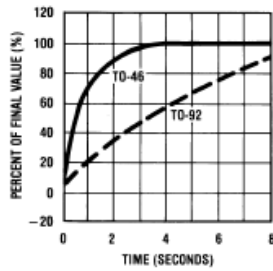
D8005516-26

Thermal Response
in Still Air



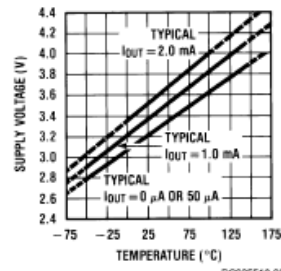
D8005516-27

Thermal Response in
Stirred Oil Bath



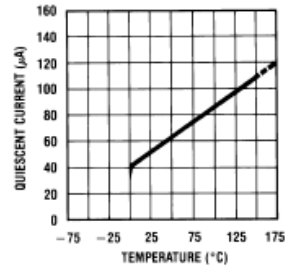
D8005516-28

Minimum Supply
Voltage vs. Temperature



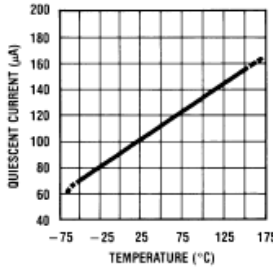
D8005516-29

Quiescent Current
vs. Temperature
(In Circuit of Figure 1.)



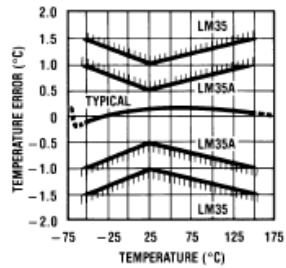
D8005516-30

Quiescent Current
vs. Temperature
(In Circuit of Figure 2.)



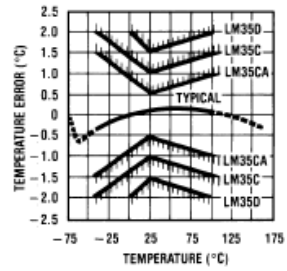
D8005516-31

Accuracy vs. Temperature
(Guaranteed)



D8005516-32

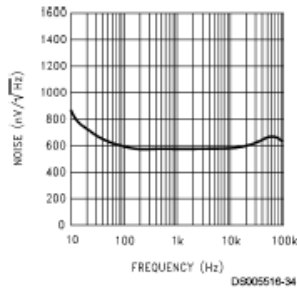
Accuracy vs. Temperature
(Guaranteed)



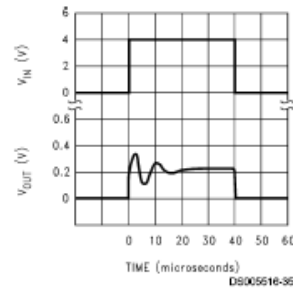
D8005516-33

Typical Performance Characteristics (Continued)

Noise Voltage



Start-Up Response



Applications

The LM35 can be applied easily in the same way as other integrated-circuit temperature sensors. It can be glued or cemented to a surface and its temperature will be within about 0.01°C of the surface temperature.

This presumes that the ambient air temperature is almost the same as the surface temperature; if the air temperature were much higher or lower than the surface temperature, the actual temperature of the LM35 die would be at an intermediate temperature between the surface temperature and the air temperature. This is especially true for the TO-92 plastic package, where the copper leads are the principal thermal path to carry heat into the device, so its temperature might be closer to the air temperature than to the surface temperature.

To minimize this problem, be sure that the wiring to the LM35, as it leaves the device, is held at the same temperature as the surface of interest. The easiest way to do this is to cover up these wires with a bead of epoxy which will insure that the leads and wires are all at the same temperature as the surface, and that the LM35 die's temperature will not be affected by the air temperature.

The TO-46 metal package can also be soldered to a metal surface or pipe without damage. Of course, in that case the V- terminal of the circuit will be grounded to that metal. Alternatively, the LM35 can be mounted inside a sealed-end metal tube, and can then be dipped into a bath or screwed into a threaded hole in a tank. As with any IC, the LM35 and accompanying wiring and circuits must be kept insulated and dry, to avoid leakage and corrosion. This is especially true if the circuit may operate at cold temperatures where condensation can occur. Printed-circuit coatings and varnishes such as Humiseal and epoxy paints or dips are often used to insure that moisture cannot corrode the LM35 or its connections.

These devices are sometimes soldered to a small light-weight heat fin, to decrease the thermal time constant and speed up the response in slowly-moving air. On the other hand, a small thermal mass may be added to the sensor, to give the steadiest reading despite small deviations in the air temperature.

Temperature Rise of LM35 Due To Self-heating (Thermal Resistance, θ_{JA})

	TO-46, no heat sink	TO-46*, small heat fin	TO-92, no heat sink	TO-92**, small heat fin	SO-8 no heat sink	SO-8** small heat fin	TO-220 no heat sink
Still air	400°C/W	100°C/W	180°C/W	140°C/W	220°C/W	110°C/W	90°C/W
Moving air	100°C/W	40°C/W	90°C/W	70°C/W	105°C/W	90°C/W	26°C/W
Still oil	100°C/W	40°C/W	90°C/W	70°C/W			
Stirred oil	50°C/W	30°C/W	45°C/W	40°C/W			
(Clamped to metal, infinite heat sink)		(24°C/W)				(55°C/W)	

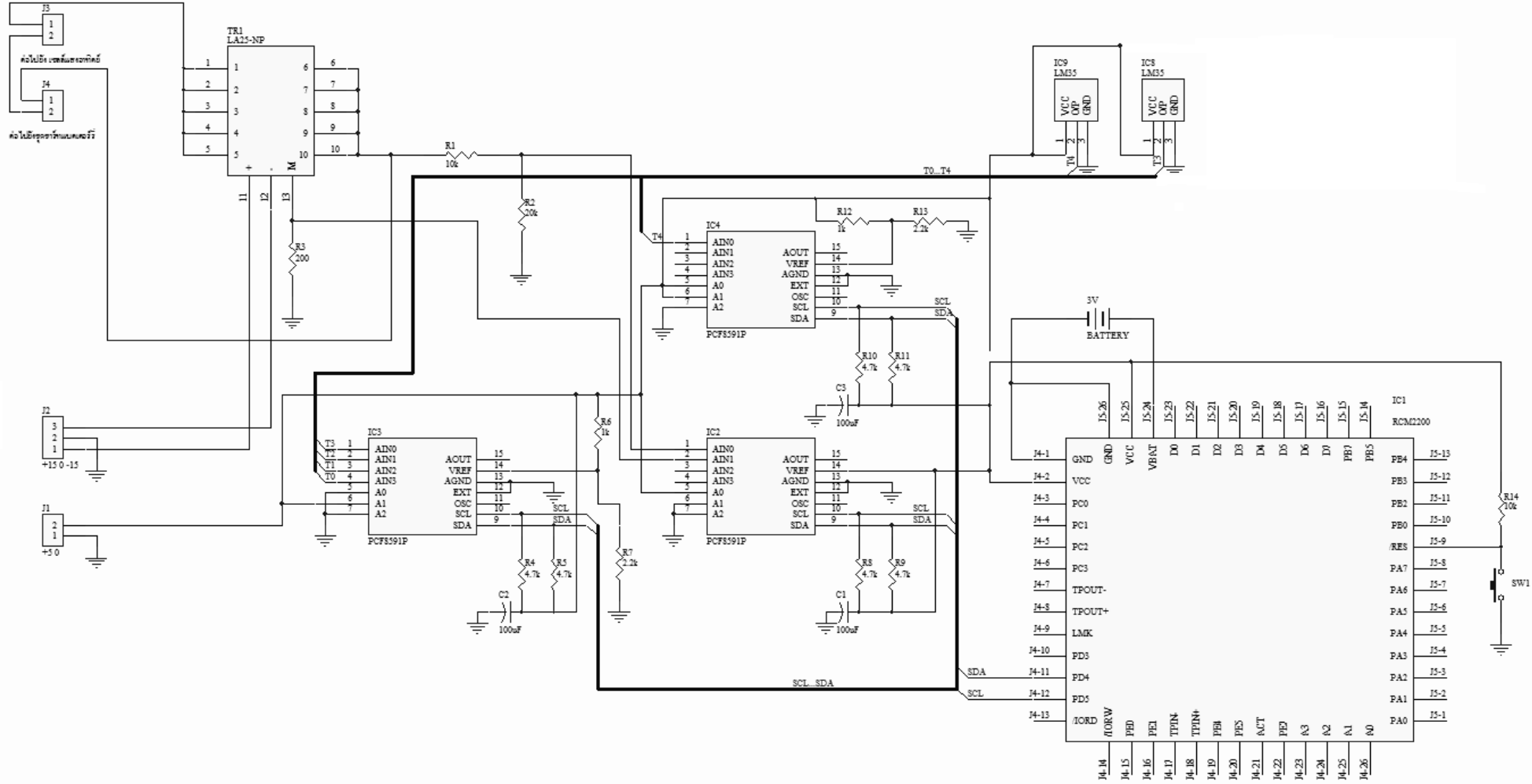
*Wakefield type 201, or 1" disc of 0.020" sheet brass, soldered to case, or similar.

**TO-92 and SO-8 packages glued and leads soldered to 1" square of 1/16" printed circuit board with 2 oz. foil or similar.

ภาคผนวก ค

วงจรรวมของระบบวัดและแสดงผลชนิดฝังตัวของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์





ภาคผนวก ง

โปรแกรมการทำงานของระบบวัดและแสดงผล

```

//Determina quali linee di I/O del Rabbit devono essere usate come
//linee del bus I2C

#define I2CSCLBit 4 //Linea CLOCK su PD4

#define I2CSDABit 5 //Linea DATA su PD5

// Costante di conversione tra la lettura effettuata dal chip PCF8591
// e la tensione effettiva applicata all'ingresso A/D ( $V_{ref}/2^8$ )

#define COSTANTE (float)5/255

//web

#define MY_GATEWAY "10.10.6.19"

#define MY_IP_ADDRESS "10.10.6.100"

#define MY_NETMASK "255.255.255.0"

#define TCP_BUF_SIZE 2048

#define HTTP_MAXSERVERS 1

#define MAX_TCP_SOCKET_BUFFERS 1

#define REDIRECTHOST MY_IP_ADDRESS

#define REDIRECTTO "http://" REDIRECTHOST "/index.shtml"

//carica la libreria I2C

#include "I2C.LIB"

//web

#include "mmap.h"

#include "dcrtcp.lib"

#include "http.lib"

#include "samples/tcpip/http/pages/pj.shtml" index_html

//#include "samples/tcpip/http/pages/logo02.gif" logo02_gif

//*****

// Funzione di lettura dei valori sugli ingressi A/D del PCF8591

```

```

//
// Parametri:
// address Indirizzo su bus I2C (da 0 a 7)
// buf Buffer di lettura
// len Numero di byte da leggere
//*****

nodebug

int read_PCF8591(unsigned char address, char *buf, unsigned char len) {

auto unsigned char cnt;

auto short int err;

i2c_stop_tx(); //ferma il chip

// Invia lo STAR
if (err=i2c_startw_tx()){

i2c_stop_tx();

return -10; //ritorna il codice di errore -10

}

// Scrive l'indirizzo I2C e attende la risposta ACK dal dispositivo
if (err=i2c_wr_wait(0x90 | (address<<1))){

i2c_stop_tx();

return -20; //ritorna il codice di errore -20

}

// Parametri di configurazione del PCF8591 (Vedi datasheet)

//Invia il comando di configurazuine
if (err=i2c_write_char(0x44)){

i2c_stop_tx();

return -30; //ritorna il codice di errore -30

}

// Stop

```

```

i2c_stop_tx();

// Ciclo di lettura

//invia lo start di sincronismo

if (err=i2c_startw_tx()) {

i2c_stop_tx();

return -10; //ritorna il codice di errore -10

}

// Invia l'indirizzo + linea RW/R a 1

if (err=i2c_wr_wait(0x91 | (address<<1))){

i2c_stop_tx();

return -70;

}

// Effettua una prima lettura

i2c_read_char(&buf[cnt]);

i2c_send_ack();

//Ciclo di lettura degli n byte

for (cnt=0;cnt<len;cnt++) {

err=i2c_read_char(&buf[cnt]);

if (err){

i2c_stop_tx();

return -80;

}

if (cnt==(len-1)){

i2c_send_nak();

} else {

i2c_send_ack();

}

}

}

```

```

// Stop

i2c_stop_tx();

return 1;

}

/*****

// Funzione di scrittura sull'uscita D/A del PCF8591

//

// Parametri:

// address Indirizzo su bus I2C (da 0 a 7)

// dat Valore da scrivere

*****/

int write_PCF8591(unsigned char address, unsigned char dat) {

auto unsigned char cnt;

auto short int err;

i2c_stop_tx();

// Invia lo STAR

if (err=i2c_startw_tx()){

i2c_stop_tx();

return -10; //ritorna il codice di errore -10

}

// Scrive l'indirizzo I2C e attende la risposta ACK dal dispositivo

if (err=i2c_wr_wait(0x90 | (address<<1))){

i2c_stop_tx();

return -20; //ritorna il codice di errore -20

}

// Parametri di configurazione del PCF8591 (VEDI DATASHEET)

// Invia il comando di configurazine

```



```

if (err=i2c_write_char(0x40)){
i2c_stop_tx();
return -30; //ritorna il codice di errore -30
}

// Invia il valore dat al D/A
if (err=i2c_write_char(dat)){
i2c_stop_tx();
return -40; //ritorna il codice di errore -30
}

i2c_stop_tx();
return 1;
}

//*****
// Introduce un ritardo di ms millisecondi
//*****

nodebug
void msDelay(unsigned int ms){
auto unsigned long t0;
for (t0=MS_TIMER; MS_TIMER<ms+t0);
}

//web
const HttpType http_types[] =
{
{ ".shtml", "text/html", shtml_handler}, // ssi
{ ".html", "text/html", NULL}, // html
{ ".cgi", "", NULL}, // cgi
{ ".gif", "image/gif", NULL}
};

```

```

float vs;

float is;

float ts;

float vb;

float ib;

float vl;

float il;

float t;

const HttpSpec http_flashspec[] =
{
{ HTTPSPEC_FILE, "/", index_html, NULL, 0, NULL, NULL},
{ HTTPSPEC_FILE, "/index.shtml", index_html, NULL, 0, NULL, NULL},
{ HTTPSPEC_VARIABLE, "vs", 0, &vs, INT32, "%.2f", NULL},
{ HTTPSPEC_VARIABLE, "as", 0, &as, INT32, "%.3f", NULL},
{ HTTPSPEC_VARIABLE, "ts", 0, &ts, INT32, "%.2f", NULL},
{ HTTPSPEC_VARIABLE, "vb", 0, &vb, INT32, "%.1f", NULL},
{ HTTPSPEC_VARIABLE, "ab", 0, &ab, INT32, "%.1f", NULL},
{ HTTPSPEC_VARIABLE, "vl", 0, &vl, INT32, "%.1f", NULL},
{ HTTPSPEC_VARIABLE, "al", 0, &al, INT32, "%.1f", NULL},
{ HTTPSPEC_VARIABLE, "t", 0, &t, INT32, "%.1f", NULL},
};

/*****

// INIZIO DEL PROGRAMMA

*****/

main () {

int error;

int vout;

int i;

```

```

char read_volt[4];

sock_init();

http_init();

tcp_reserveport(80);

// Inizializza l'I2C bus

i2c_init();

// Inizializza vout

vout=0;

while(1){

// Legge i valori dai 4 ingressi A/D

error = read_PCF8591(0x01,read_volt,4);

vs = read_volt[0] * COSTANTE;

as = read_volt[1] * COSTANTE *0 ;

ts = read_volt[2] * COSTANTE * 100 ;

vb = read_volt[3] * COSTANTE *0 ;

// Legge i valori dai 4 ingressi A/D

error = read_PCF8591(0x02,read_volt,4);

ab = read_volt[0] * COSTANTE *0 ;

vl = read_volt[1] * COSTANTE *0 ;

al = read_volt[2] * COSTANTE *0 ;

t = read_volt[3] * COSTANTE *0 ;

http_handler();

// Inserisce un ritardo di 2 secondi

/***/ msDelay(2000);

}

}

#nodebug

```


Solar Cell

</h3>

</center>

<table width="400" height="50" border="1" align="CENTER" cellspacing="1" cellpadding="1">

<tr>

<td>

<center>

เรียงหิน

(V)

</center>

</td>

<td>

<center>

กระเบื้อง

(A)


```

</b>
</center>
</td>
<td>
<center>
<b>
<FONT FACE="MICROSOFT SANS SERIF" >
อุณหภูมิ
</FONT>
<FONT FACE="MICROSOFT SANS SERIF" >
( &deg;C)
</FONT>
</b>
</center>
</td>
</tr>
<tr>
<td>
<center>
<FONT FACE="@TERMINAL" COLOR="BLUE">
<!--#echo var="vs"-->
</FONT>
</center>
</td>
<td>
<center>
<FONT FACE="@TERMINAL" COLOR="BLUE">
<!--#echo var="as"-->

```

```

</FONT>

</center>

</td>

<td>

<center>

<FONT FACE="@TERMINAL" COLOR="BLUE">

<!--#echo var="ts"-->

</FONT>

</center>

</td>

</tr>

</table>

<center>

<h3>

<FONT FACE="MICROSOFT SANS SERIF">

Battery

</FONT>

</h3>

</center>

<table width="400" height="50" border="1" align="CENTER" cellspacing="1" cellpadding="1">

<tr>

<td>

<center>

<b>

<FONT FACE="MICROSOFT SANS SERIF" >

แบตเตอรี่

</FONT>

<FONT FACE="MICROSOFT SANS SERIF" >

```

```

(V)
</FONT>
</b>
</center>
</td>
<td>
<center>
<b>
<FONT FACE="MICROSOFT SANS SERIF" >
    ၈၇၃၆၆၆
</FONT>
<FONT FACE="MICROSOFT SANS SERIF" >
(A)
</FONT>
</b>
</center>
</td>
</tr>
<tr>
<td>
<center>
<FONT FACE="@TERMINAL" COLOR="BLUE">
<!--#echo var="vb"-->
</FONT>
</center>
</td>
<td>
<center>

```



```

<FONT FACE="@TERMINAL" COLOR="BLUE">
<!--#echo var="ab"-->
</FONT>
</center>
</td>
</tr>
</table>
<center>
<h3>
<FONT FACE="MICROSOFT SANS SERIF">
Load
</FONT>
</h3>
</center>
<table width="400" height="50" border="1" align="CENTER" cellspacing="1" cellpadding="1">
<tr>
<td>
<center>
<b>
<FONT FACE="MICROSOFT SANS SERIF" >
แรงดัน
</FONT>
<FONT FACE="MICROSOFT SANS SERIF" >
(V)
</FONT>
</b>
</center>
</td>

```

```

<td>

<center>

<b>

<FONT FACE="MICROSOFT SANS SERIF" >

    ၈၅၃၆၆၆

</FONT>

<FONT FACE="MICROSOFT SANS SERIF" >

(A)

</FONT>

</b>

</center>

</td>

</tr>

<tr>

<td>

<center>

<FONT FACE="@TERMINAL" COLOR="BLUE">

<!--#echo var="v1"-->

</FONT>

</center>

</td>

<td>

<center>

<FONT FACE="@TERMINAL" COLOR="BLUE">

<!--#echo var="a1"-->

</FONT>

</center>

</td>

```

```

</tr>
</table>
<center>
<h3>
<FONT FACE="MICROSOFT SANS SERIF">
</FONT>
</h3>
</center>
<table width="400" height="50" border="1" align="CENTER" cellspacing="1" cellpadding="1">
<tr>
<td>
<center>
<b>
<FONT FACE="MICROSOFT SANS SERIF" >
อุณหภูมิแวดล้อม
</FONT>
<FONT FACE="MICROSOFT SANS SERIF" >
( &deg;C)
</FONT>
</b>
</center>
</td>
</tr>
<tr>
<td>
<center>
<FONT FACE="@TERMINAL" COLOR="BLUE">
<!--#echo var="t"-->

```


</center>

</td>

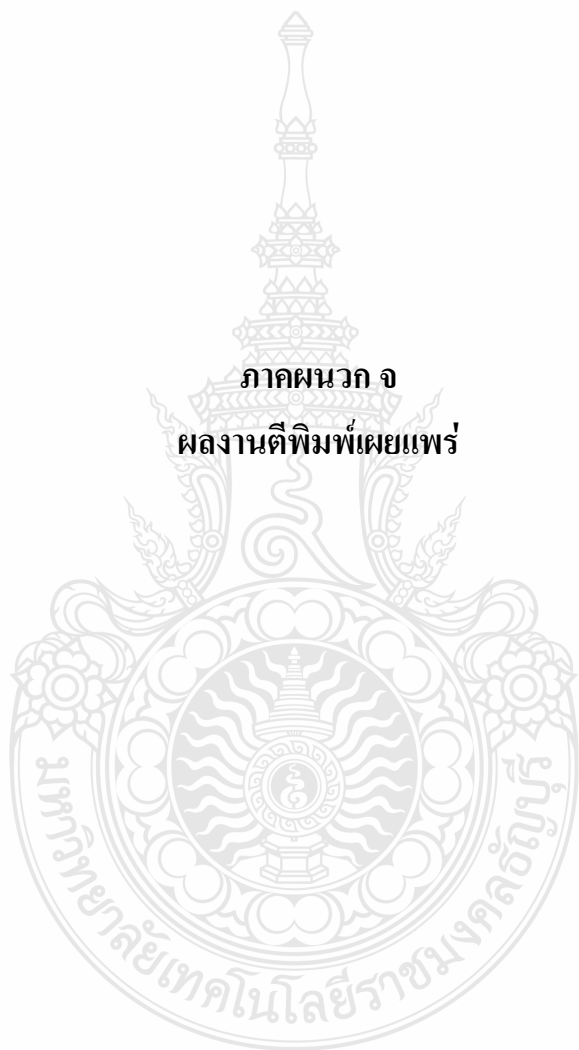
</tr>

</table>

</body>

</html>

ภาคผนวก จ
ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่





คณะกรรมการพิจารณาผลงานวิจัย

ขอเพิกถอนรายชื่อผู้บริหารการวิจัยสถาบันอุดมศึกษาทั่วประเทศ

กมล เลิศรัตน์	ม.ขอนแก่น	ภูมิภักดิ์ พิทักษ์เชื่อนจันทร์	ม.ขอนแก่น
ก้าน จันทร์พรหมมา	ม.วลัยลักษณ์	มันทนา สามารถ	ม.ขอนแก่น
กิตติชัย ไตรรัตน์ศิริชัย	ม.ขอนแก่น	เยาวลักษณ์ อภิชาติวัลลภ	ม.ขอนแก่น
เกษม นันทชัย	ม.ขอนแก่น	รศ.ปรีชา ประเทพา	ม.มหาสารคาม
เกษราวัลภ์ นิลวรางกูล	ม.ขอนแก่น	วันเพ็ญ วิโรจน์บุญ	ม.ขอนแก่น
จินตนา ตั้งวรวงศ์ชัย	ม.ขอนแก่น	วิชัย ศรีบุญลือ	ม.ขอนแก่น
ฉลอง บัวพันธ์	ม.ขอนแก่น	วินัย วิระพัฒนานานนท์	ม.มหาสารคาม
ชลิต ชัยครรชิต	ม.ขอนแก่น	วินิต ชินสุวรรณ	ม.ขอนแก่น
ชัยชาญ วงศ์สามัญ	ม.ขอนแก่น	วิระศักดิ์ ศักดิ์ศิริรัตน์	ม.ขอนแก่น
ชูศักดิ์ สุทธิสา	ม.มหาสารคาม	ศิวีย์ ศิริมงคลรัตน์	ม.ขอนแก่น
คารณี หอมดี	ม.ขอนแก่น	ศุภชัย สมป์ปิโต	ม.มหาสารคาม
คุณฎี อายุวัฒน์	ม.ขอนแก่น	เศกสรรค์ ยงวณิชย์	ม.ขอนแก่น
ทวิศิลป์ สืบวัฒนะ	ม.มหาสารคาม	สนั่น จอกลอย	ม.ขอนแก่น
ทิพย์วรรณมา งามศักดิ์	ม.ขอนแก่น	สมชาติ โสภณธรมฤทธิ์	ม.เทคโนโลยี- พระจอมเกล้าธนบุรี
เทอดศักดิ์ คำเหม็ง	ม.นครพนม	สัมพันธ์ ฤทธิเดช	ม.มหาสารคาม
ธวัชชัย ทิมชุมเหลือร	ม.เทคโนโลยีสุรนารี	สุจินต์ สิมารักษ์	ม.ขอนแก่น
นันทกร บุญเกิด	ม.เทคโนโลยีสุรนารี	สุนันทา กิ่งไพบูลย์	ม.ขอนแก่น
นิภา มลิทินทวิสมัย	ม.ขอนแก่น	สุนีย์ เลี้ยวเพ็ญวงษ์	ม.ขอนแก่น
ประดิษฐ์ เทิดทูน	ม.เชียงใหม่	สุพัศรา ชาติบัญชาชัย	ม.ขอนแก่น
ประสิทธิ์ ใจศิลป์	ม.ขอนแก่น	สุรพล อารีกุล	ม.สงขลานครินทร์
ประสิทธิ์ ประคองศรี	ม.ขอนแก่น	สุวิทย์ เลหาศิริวงศ์	ม.นครพนม
พงษ์ชาญ ฌ ลำปาง	ม.เทคโนโลยีสุรนารี	สุเวทย์ นิงสานนท์	ม.เทคโนโลยีสุรนารี
พันทิพา พงษ์เพ็ญจันทร์	ม.เชียงใหม่	หนึ่ง เดียวอรุ่ง	ม.เทคโนโลยีสุรนารี
พิศาล ศิริธร	ม.ขอนแก่น	อนันต์ พลธานี	ม.ขอนแก่น
พิชญ อุคตเวทิน	ม.ขอนแก่น	อมร สุวรรณนิมิต	ม.มหาสารคาม
พิสิฎฐ์ เจริญสุใจ	ม.ขอนแก่น	อัจฉรา ภาณุรัตน์	ม.ราชภัฏสุรินทร์
เพ็ญศรี เจริญวานิช	ม.ขอนแก่น	อารี วิบูลย์พงศ์	ม.เชียงใหม่
เพทาย พงษ์เพ็ญจันทร์	ม.เชียงใหม่		
ภาสกร นันทพานิช	ม.ราชภัฏอุบลราชธานี		

สารบัญบทความ

กลุ่มที่ 4 พัฒนาชนบทเชิงบูรณาการ	หน้า	
D1	กรณีศึกษาการจัดการเชิงธุรกิจที่เหมาะสมของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรผักกูดรุ่งเรือง ต.บ้านใหม่ อ.ระโนด จังหวัดสงขลา <i>อรทัย สัตยสัมพันธ์กุล</i>	255
D2	การประเมินผลโครงการฟื้นฟูอาชีพเกษตรกรหลังการพักชำระหนี้ ในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ <i>ธานี นงนุช</i>	262
D3	การสำรวจสภาะวะการจัดการทรัพยากรปัจจัยสี่สำหรับครอบครัวตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ของนายทหารชั้นประทวนสังกัดกองทัพบก <i>ธิดารัตน์ วิเศษศักดิ์</i>	268
D4	โครงการขยายผลต้นแบบการบริหารจังหวัดบูรณาการภาคตะวันออกเฉียงเหนือ <i>เพ็ญณี แนนรอก สมพันธ์ เศษะอริก</i>	276
D5	การบูรณาการการเรียนรู้และการสร้างองค์ความรู้แบบองค์รวมในชุมชน <i>พจน์ เทียมศักดิ์</i>	284
D6	การเปลี่ยนแปลงของระบบเศรษฐกิจ สังคม ครอบครัว และวัฒนธรรม ที่มีผลกระทบต่อความสัมพันธ์ระหว่างรุ่นวัย: กรณีศึกษาหมู่บ้านแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น <i>หอมหวล บั้วระภา</i>	292
D7	การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการคิดที่เป็นระบบด้านการคิดเชิงอนาคต สำหรับเด็กด้อยโอกาส ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน: กรณีศึกษา จังหวัดปทุมธานี <i>สุทธิพร บุญส่ง</i>	298
D8	การพัฒนาเครื่องผ่านเมล็ดข้าวโพดหวานฝักสดเพื่อการบรรจุกระป๋อง <i>วิทยา ชื่นอุปการนันท์</i>	302
D9	การถอดแบบและประเมินประสิทธิภาพของระหัดวิดน้ำภูมิปัญญาท้องถิ่นลำน้ำลำปะทาว อ.เมือง จ.ชัยภูมิ <i>วิเชียร เกิดสุข</i>	308
D10	แผ่นวัสดุผสมโพลีเอทิลีนเสริมเส้นใยเปลือกทุเรียน <i>ประชุม คำพูน</i>	316
D11	การวิจัยการหลอมโลหะประเภทไมซ์เหล็กด้วยก๊าซ <i>สมศักดิ์ ประเสริฐสุข</i>	321
D12	การวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานของบ้านพักอาศัยในประเทศไทยเพื่อเป็นแนวทาง ในการ อนุรักษ์พลังงาน <i>บุญยั้ง ปลั่งกลาง</i>	327
D13	การวิเคราะห์สมรรถนะและการประหยัดพลังงานของระบบระบายอากาศร่วมกับท่อความร้อน เทอร์โมไซฟอนในไซโลเก็บข้าวเปลือก <i>ธรรมศักดิ์ พันธุ์แสนศรี</i>	331
D14	การพัฒนาความมั่นคงในชีวิตของวัยรุ่นในชนบทอีสาน <i>ศุภฎี आयวัฒน์</i>	337

การวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานของบ้านพักอาศัยในประเทศไทยเพื่อเป็นแนวทาง ในการอนุรักษ์พลังงาน

Analysis of Energy Consumption in Resident Houses in Thailand for Energy Saving Planing

เจษฎา พรหมเกษ¹ บุญยัง ปลั่งกลาง² พร้อมศักดิ์ อภิรติกุล³ ไพศาล บุญเจียม⁴
^{1,2,3,4}ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
E-mail:pboonyang2005@yahoo.com

Chedsada phromket¹ Boonyang Plangklang² Promsak Apiratikul³ Paisan Boonchiam⁴
^{1,2,3,4}Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi
E-mail:pboonyang2005@yahoo.com

บทคัดย่อ

จากการพัฒนาระบบเศรษฐกิจของประเทศ ทำให้เกิดการขยายตัวทางด้านธุรกิจและความเป็นอยู่ของประชากรที่มีแนวโน้มดีขึ้นซึ่งทำให้มีผลโดยตรงต่อพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าในบ้านพักอาศัยของแต่ละครัวเรือนที่เปลี่ยนไป ที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องตามเศรษฐกิจในปัจจุบัน ดังนั้นในการศึกษาหาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีลักษณะที่เปลี่ยนไป จึงมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อลดปัญหาเรื่องพลังงานที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต และเพื่อหาแนวทางในการออกมาตรการการใช้พลังงานอย่างประหยัด และเหมาะสมกับสภาวะในปัจจุบัน และเพื่อการอนุรักษ์พลังงานที่ได้ประสิทธิผล

บทความนี้ได้นำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของบ้านพักอาศัยในประเทศไทย เพื่อเป็นแนวทางในการอนุรักษ์พลังงาน โดยวิธีการสุ่มเก็บตัวอย่างข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของบ้านพักอาศัยจำนวน 313 หลังคาเรือน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์การใช้พลังงานในบ้านพักอาศัยทั้งหมดทั่วประเทศ ข้อมูลจะแยกตามประเภทของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยบ้านพักอาศัยที่ใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วย/เดือน และบ้านพักอาศัยที่ใช้ไฟฟ้ามากกว่า 150 หน่วย/เดือน และตั้งอยู่ในแต่ละภาคของประเทศ โดยจำแนกตามสัดส่วนจำนวนของบ้านพักอาศัยที่มีไฟฟ้าใช้ทั่วประเทศ ผลการวิเคราะห์บ่งบอกถึงพฤติกรรมการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาต่างๆ ของแต่ละวัน ที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อปริมาณการใช้พลังงาน เพื่อเป็นแนวทางในการอนุรักษ์พลังงาน

คำสำคัญ : ลักษณะการใช้ไฟฟ้า, การอนุรักษ์พลังงาน

Abstract

Development of a country causes the growth of economics and high electrical power consumption. Most people can directly connect to electricity. To observe energy consumption behavior in resident house can be analyzed to find energy consumption load demand, the analysis of load demand can carry out a problem which might happen in the future. The trend of energy consumption in household is considered in order to find an appropriated conservation method to save energy.

This paper presents analysis of energy consumption in resident house in Thailand. The monitored data were recorded about 313 resident houses. The analysis shows that the behavior of energy consumption is different depending on season and day. The peak load is in the evening when people come back from work. This can help the utility to manage and provide appropriated energy generation for the household.

Keywords: load profile, energy conservation

บทนำ

พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานที่จำเป็นมากสำหรับบ้านพักอาศัย แต่ปัจจุบันพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้า มีการเปลี่ยนแปลงไปแนวโน้มเพิ่มสูงตามเศรษฐกิจที่มีการขยายตัวที่ขึ้น อาจสืบเนื่องมาจากอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ที่มีการผลิตมากขึ้นทั้งที่ได้รับมาตรฐานและไม่ได้รับมาตรฐาน จึงทำให้เกิดการใช้พลังงานมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นในการที่ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นนี้จึงมีความจำเป็นต้องหาแหล่งพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งให้พลังงานต่างๆ มาใช้ เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการ หรือจำเป็นต้องมีการกำหนดนโยบายหรือแผนในการอนุรักษ์พลังงานให้สอดคล้องกับปัจจุบัน

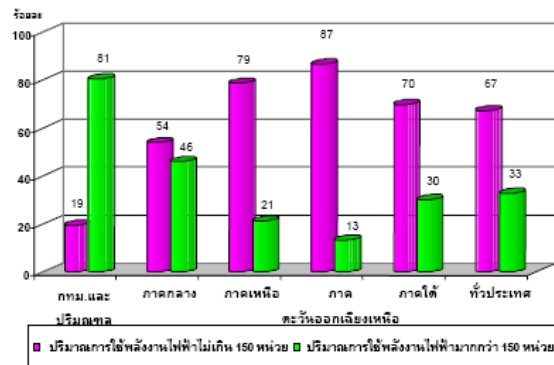
ในแต่ละภาคของประเทศไทย ซึ่งเดิมมีความแตกต่างกันในเรื่องของจำนวนและความหนาแน่นของบ้านพักอาศัย รวมทั้งอาชีพและรายได้ของประชากร ซึ่งอาจเป็นผลทำให้มีพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปด้วย ทั้งในด้านของปริมาณและการใช้พลังงานไฟฟ้า จึงจำเป็นต้องเร่งทำการศึกษาเพื่อเข้าใจในพฤติกรรมการใช้พลังงานของบ้านพักอาศัยของแต่ละภาคแต่ละประเภทว่ามีแนวโน้มการใช้พลังงานเป็นอย่างไร มีการใช้พลังงานสูงสุดในช่วงเวลาใด มีความต้องการการใช้พลังงานมากน้อยแค่ไหน เพื่อหาวิธีแก้ไขปัญหาต่างๆ ในอนาคต

การกำหนดการกระจายกลุ่มตัวอย่าง

ในการศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานของบ้านพักอาศัยของประเทศไทย ซึ่งได้แบ่งตามกลุ่มประเภทของปริมาณการใช้ไฟฟ้าและเซตระดับขีดขอบของการไฟฟ้า สัดส่วนของจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าทั่วประเทศในภาพรวมมีจำนวนทั้งสิ้น 13,370,232 ราย โดยแบ่งตามแต่ละภาคดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผู้ใช้ไฟฟ้าทั่วประเทศในภาพรวม

รายนาม	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วย/เดือน	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่า 150 หน่วย/เดือน
กทม. และปริมณฑล	369,788	1,531,266
ภาคกลาง	1,219,246	1,040,032
ภาคเหนือ	2,335,515	626,624
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	3,558,729	543,884
ภาคใต้	1,498,004	647,144
รวม	8,981,282	4,388,950



รูปที่ 1 สัดส่วนการกระจายตัวอย่างบ้านอยู่อาศัยจำแนกตามขนาดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกเป็นรายภาคและภาพรวมทั่วประเทศ

แผนการกระจายกลุ่มตัวอย่างกรณีศึกษาและการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการแบ่งตามพื้นที่และประเภทของการใช้พลังงานในการจัดเก็บบันทึกข้อมูลจริง รวมทั้งสิ้น 313 ตัวอย่าง ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนตัวอย่างการเก็บรวบรวมข้อมูล

พื้นที่ตั้ง	แยกตามขนาดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า	
	ไม่เกิน 150 หน่วย/เดือน	มากกว่า 150 หน่วย/เดือน
กทม. และปริมณฑล	18	44
ภาคกลาง	34	29
ภาคเหนือ	26	36
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	40	22
ภาคใต้	31	33
รวม	149	164

ตัวแปรของบ้านอยู่อาศัย

1. ค่า Co-incident Peak Factor (CPF)

คือ อัตราส่วนระหว่างค่าความต้องการการใช้ไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Demand) ของกลุ่มโหลดในช่วงเวลาที่สนใจพิจารณา (09.00 - 21.59 น. หรือ 22.00 - 08.59 น.) ต่อผลรวมของความ ต้องการการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของโหลดแต่ละตัวอย่างในกลุ่ม ในช่วงเวลาที่สนใจพิจารณา

$$CPF = \frac{\text{ความต้องการการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของกลุ่มโหลดในช่วงเวลาที่สนใจ}}{\text{ผลรวมของความ ต้องการการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของโหลดแต่ละตัวอย่างในกลุ่ม}}$$

2 Maximum Demand

หรือค่าความต้องการการใช้ไฟฟ้าสูงสุด คือ ค่าสูงสุดของผลรวมกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของโหลดแต่ละตัวอย่างที่เกิดขึ้นที่เวลาเดียวกันในช่วงเวลาที่สนใจพิจารณา (09.00 - 21.59 น. หรือ 22.00 - 08.59 น.)

$$\Sigma = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าสูงสุดของโหลดแต่ละตัวอย่างที่เวลาเดียวกันในช่วงเวลาที่สนใจ}}{\text{จำนวนโหลดทั้งหมดในกลุ่มเฉพาะที่เปิดใช้งาน}}$$

3. กำลังไฟฟ้า (Wattage)

ค่ากำลังไฟฟ้าของโหลดในที่นี้ สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ กำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Wattage) กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (Average Wattage) และกำลังไฟฟ้าต่ำสุด (Minimum Wattage)

$$\text{Maximum Wattage} = \frac{\sum (\text{ความต้องการการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของโหลดแต่ละตัวอย่าง})}{\text{จำนวนโหลดทั้งหมดในกลุ่มเฉพาะที่เปิดใช้งาน}}$$

$$\text{Average Wattage} = \frac{\sum (\text{ความต้องการการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยของโหลดแต่ละตัวอย่าง})}{\text{จำนวนโหลดทั้งหมดในกลุ่มเฉพาะที่เปิดใช้งาน}}$$

$$\text{Minimum Wattage} = \frac{\sum (\text{ความต้องการการใช้ไฟฟ้าต่ำสุดของโหลดแต่ละตัวอย่าง})}{\text{จำนวน โหลดทั้งหมดในกลุ่มเฉพาะที่เปิดใช้งาน}}$$

4. Load Factor

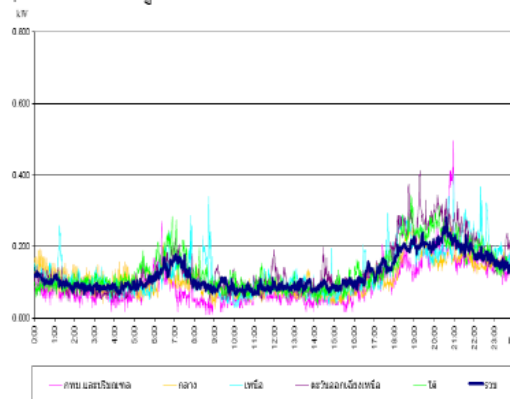
อัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่อกำลังไฟฟ้าสูงสุดของโหลดในช่วงเวลาที่พิจารณา

$$\text{Load Factor} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของโหลด}}{\text{กำลังไฟฟ้าสูงสุดของโหลด}}$$

$$\text{หรือ} = \frac{\text{พลังงานไฟฟ้าของโหลดในช่วงเวลาที่พิจารณา}}{\text{ความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของโหลด \times จำนวนชั่วโมงในช่วงเวลาที่พิจารณา}}$$

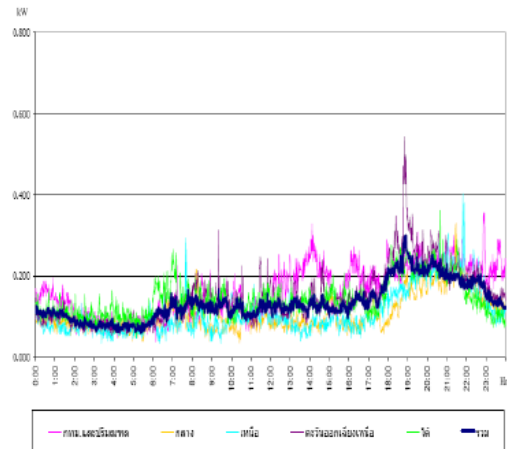
พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้า

พฤติกรรมการใช้พลังงานของบ้านพักอาศัยแสดงด้วย Load Profile หรือเส้นกราฟที่แสดงถึงความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าของบ้านพักอาศัยของกลุ่มตัวอย่างที่ได้ทำการติดตั้งเครื่องมือบันทึกค่าการใช้กำลังไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง ทุกๆ 1 นาที ในลักษณะรายวัน (Daily Load Curve) เป็นเวลา 15 วันต่อหนึ่งหลังคาเรือน ซึ่งแบ่งตามช่วงการใช้พลังงาน เช่น ช่วงวันทำงาน (จันทร์ - ศุกร์) และในวันหยุด (เสาร์ - อาทิตย์) และมีการแยกตามประเภทปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้ง 2 ประเภท (ตามขนาดมิเตอร์ที่ติดตั้ง) และแบ่งตามภาคซึ่งเป็นไปตามการให้บริการของการไฟฟ้า เพื่อสำรวจพฤติกรรมการใช้ ดังรูปที่ 2 - 5

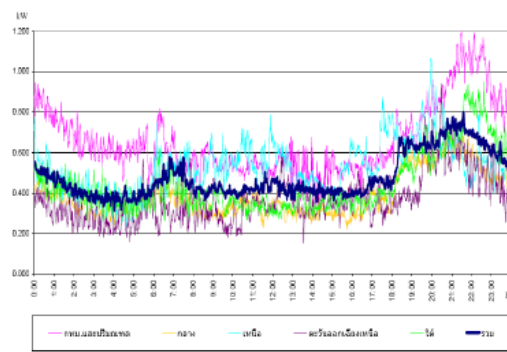


รูปที่ 2 Load Profile ของบ้านอยู่อาศัยกลุ่มที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือนทั่วประเทศแยกตามรายภาค (วันทำงาน จันทร์ - ศุกร์)

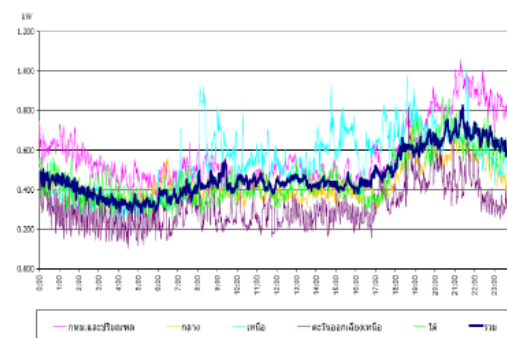
จากกราฟในรูปที่ 2 จะเห็นว่าในแต่ละภาคมีลักษณะการใช้ไฟฟ้าจะคล้ายกันคือจะมีการใช้ไฟฟ้าสูงสุดในช่วงเย็น ระหว่างเวลา 18.00 น. - 23.00 น. และในช่วงเช้าเวลา 6.00 น. - 8.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่คนในครอบครัวตื่นขึ้นทำกิจกรรมก่อนไปทำงานและในช่วงเย็นเป็นช่วงที่กลับจากการทำงานมาอยู่ที่บ้าน จึงมีการใช้ไฟฟ้ามากในช่วงนี้ ส่วนกราฟในรูปอื่นๆ ก็มีลักษณะเช่นเดียวกันแต่มีปริมาณกำลังไฟฟ้าที่แตกต่างกัน



รูปที่ 3 Load Profile ของบ้านอยู่อาศัยกลุ่มที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือนทั่วประเทศแยกตามรายภาค (วันหยุด เสาร์ - อาทิตย์)



รูปที่ 4 Load Profile ของบ้านอยู่อาศัยกลุ่มที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่า 150 หน่วยต่อเดือนทั่วประเทศแยกตามรายภาค (วันทำงาน จันทร์ - ศุกร์)



รูปที่ 5 Load Profile ของบ้านอยู่อาศัยกลุ่มที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่า 150 หน่วยต่อเดือนทั่วประเทศแยกตามรายภาค (วันหยุด เสาร์ - อาทิตย์)

ตารางที่ 3 แสดงค่าตัวแปรต่างๆ ของบ้านพักอาศัยที่ใช้ไฟฟ้าน้อยกว่า 150 หน่วย/เดือน

ตัวแปร	ขนาดปริมาณการใช้พลังงานไม่เกิน 150 หน่วย/เดือน						
	กทท. ปริมาณ	กลาง	เหนือ	ฉก/เหนือ	ใต้	รวม	
Co-incident Peak Factor	09.00 - 21.00 น.	0.5638	0.4573	0.4895	0.4503	0.3641	0.3015
	22.00 - 08.59 น.	0.3667	0.2952	0.3986	0.2864	0.3293	0.2280
Maximum Demand	09.00 - 21.00 น.	496.88	330.88	403.85	543.75	362.90	300.00
	22.00 - 08.59 น.	335.29	286.76	369.23	292.50	324.19	212.84
กำลังไฟฟ้า	Maximum Wattage	1,850.00	1,402.9	2,007.6	1,811.2	1,553.2	1,828.7
	Average Wattage	218.19	214.16	223.38	242.49	231.74	225.43
Minimum Wattage	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	
Load Factor	0.2479	0.3641	0.2442	0.3719	0.4088	0.5573	
หน่วยการใช้พลังงานต่อปี (kWh/yr.)		870.16	930.27	970.29	1,237.9	1,143.6	1,057.0
					7	9	0

ตารางที่ 4 แสดงค่าตัวแปรต่างๆ ของบ้านพักอาศัยที่ใช้ไฟฟ้ามากกว่า 150 หน่วย/เดือน

ตัวแปร	ขนาดปริมาณการใช้พลังงานมากกว่า 150 หน่วย/เดือน						
	กทท. ปริมาณ	กลาง	เหนือ	ฉก/เหนือ	ใต้	รวม	
Co-incident Peak Factor	09.00 - 21.00 น.	0.5547	0.5115	0.3981	0.4313	0.5231	0.3770
	22.00 - 08.59 น.	0.5095	0.4593	0.3079	0.3177	0.5362	0.3525
Maximum Demand	09.00 - 21.00 น.	1,210.23	729.31	1,068.67	940.91	940.00	828.11
	22.00 - 08.59 น.	1,183.18	713.79	1,037.50	845.45	950.00	772.50
กำลังไฟฟ้า	Maximum Wattage	3,078.41	4,065.52	3,833.33	3,484.09	2,818.36	3,108.10
	Average Wattage	700.08	455.80	618.11	480.42	502.73	559.85
Minimum Wattage	160.23	165.52	179.17	150.00	147.27	160.43	
Load Factor	0.5350	0.6050	0.5035	0.4598	0.5220	0.6570	
หน่วยการใช้พลังงานต่อปี (kWh/yr.)	5,437.16	3,489.63	4,818.64	3,118.04	3,845.65	4,324.76	

สรุป

จากข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของกลุ่มตัวอย่างบ้านพักอาศัยทั่วประเทศ ซึ่งแบ่งตามประเภทต่างๆ จาก Load Profile และตารางตัวแปร จะสังเกตเห็นพฤติกรรมการใช้พลังงานในช่วงเวลาต่างๆ ได้ว่า

ประเภทบ้านพักอาศัยที่ใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วย ซึ่งภาคใต้จะมีค่า CPF ที่ต่ำสุดในช่วงเวลา 09.00 – 21.59 น ภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีค่า CPF ต่ำสุดในช่วงเวลา 22.08.59 น. แสดงให้เห็นพฤติกรรมการใช้งานที่ต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับภาคอื่นๆ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยรวมทั้งประเทศแล้วก็สูง และปริมาณการใช้พลังงานต่อชั่วโมง ภาคกลางมีการใช้พลังงานต่อชั่วโมงที่ต่ำสุด แต่ถ้ามองถึงการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้า ภาคกลางมีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าเท่าที่จำเป็นที่สุดสังเกตได้จาก Load Factor ที่สูง

ประเภทบ้านพักอาศัยที่ใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วย ซึ่งภาคเหนือ จะมีค่า CPF ที่ต่ำสุดทั้งในช่วงเวลา 09.00 – 21 และช่วงเวลา 22.00 – 08.59 น. แสดงให้เห็นพฤติกรรมการใช้ที่ต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับภาคอื่นๆ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยรวมทั้งประเทศแล้วก็ยังถือว่าสูงอยู่ในช่วงเวลา 09.00 – 21.59 น ปริมาณการใช้พลังงานภาคใต้มีการใช้พลังงานต่อชั่วโมงที่ต่ำสุด แต่ถ้ามองถึงการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้า ภาคกลางถือว่ามีการใช้ไฟฟ้าเท่าที่จำเป็นที่สุดสังเกตได้จาก Load Factor ที่สูง

จากข้อมูลทั้งหมดเห็นแล้วว่าพฤติกรรมการใช้พลังงานบ้านพักอาศัยโดยทั่วไปของแต่ละภาคมีความแตกต่างกัน โดยภาคกลางและภาคเหนือมีพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงกว่าเหลือ แต่เราสามารถหาแนวทางเพื่อเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมกันไปในทิศทางที่ดีได้ เพื่อลดการใช้พลังงานอย่างยั่งยืน โดยพัฒนาองค์กรผู้ให้ความรู้ความเข้าใจ เข้ามาสัมผัสบทบาทในตำแหน่งในการเลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ประหยัดไฟ เช่นผลิตภัณฑ์หลอดไฟ 5 เท่า หรือในบางครั้งอาจต้องมีการให้ความรู้ของการใช้งานและการดูแลรักษาเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, เทคนิคการจัดการพลังงานและอุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน, กรกฎาคม 2549
- [2] โครงการตรวจวัดสรุปผลการใช้พลังงานไฟฟ้าของศูนย์พัฒนาโทรทัศน์ และบ้านอยู่อาศัยทั่วประเทศ, การไฟฟ้าฝ่ายผลิตประเทศไทย, 2547
- [3] Yutaka Tonooka, Jiaping Liu, Yasuhiko Kondou, Yado Ning and Oki Fukasawa, "A survey on energy consumption in rural households in the fringes of Xian city", Energy Buildings, Volume 38, Issue II, November 2006, Page 1335-1342
- [4] Luis Lopes, Shuichi Hokoi, Hisashi Miura and Kondo Shuhei, "Energy efficiency and energy savings in Japanese residential buildings—research methodology and survey results", Energy and Buildings, Volume 37, Issue 7, July 2005, Pages 698-706

Editorial

The 2nd International Science, Social Science, Engineering and Energy Conference 2010 (**I-SEEC 2010**) in Nakhonphanom, Thailand was organized by the Faculty of Industry and Technology, Rajamangala University of Technology Isan(RMUTI) Sakon-nakhon Campus. This conference is the continuing conference (series), which was provided the international forum for scientists and engineers to present and discuss significant progresses in science, applied science and related areas. This year there were almost 300 participants, with 200 papers in both oral and poster sessions, which stimulated active discussion among the participants. In the Plenary Section, we had ones illuminating talks: the first by Prof. Dr. Koichi KAKU, Japan on Workshop for Energy and Environment. The second was addressed on Frontier Research on Nano-optics by Prof. Dr. Preecha P. Yupapin, Head of Applied Physics Division, Faculty of Science, KMITL, Bangkok, Thailand, and finally, Prof. Dr. Yusaku Fujii form Gunma University, Japan gave a talk on Mass Levitation Method.

We would also like to acknowledge to our supporters such as RMUTI, RMUTK, KMITL, UDRU, KBU, GUNMA-U, the **Procedia Engineering (Elsevier)**, for their support in contribution of this conference. This volume of **Procedia Engineering** is the collection of the selected papers of the International Conference (ISEEC-2010) in Thailand, in which there were **94** papers selected from 200 conference papers, where of course, the extended works have been included in these versions. There are 30 papers from international universities.

Editor in Chief

Prof. Dr. Preecha P. Yupapin
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (**KMITL**), Thailand

Co-Editors

- [1]-Dr. Nithiroth Pornsuwancharoen, Rajamangala University of Technology Isan(**RMUTI**), Thailand
- [2]-Prof. Dr. Somsak Mitatha, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang(**KMITL**), Thailand
- [3]-Prof. Dr. Yusaku Fujii, Gunma University, Japan
- [4]-Prof. Dr. Jalil Ali, Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia
- [5]-Asst. Prof. Dr. Benjapha Suddhabindu, Rajamangala University of Technology Isan(**RMUTI**), Thailand
- [6]-Mr. Chat Teeka(PhD candidate), Suan Dusit Rajabhat University(**SDRU**), Thailand

Contents

Editorial	1
Study on Electronic Structure of β -In ₂ Te ₃ Thermoelectric Material for Alternative Energy Athorn Vora-ud, Chanchana Thanachayanont, Suwit Jugsujinda, Vittaya Amornkitbamrung and Tosawat Seetawan	2
A Compact Four-pole Cross Couple Square Open Loop with Asymmetric Feed Kobkhun Chaiyawong, Jessada Konpang, and Donson Pongphab	8
The Control of Electrical Energy Consumption using Wireless Automated System Sarawut Nontasud	15
Harmonic Suppression Improvement of Microstrip Open Loop Ring Resonator Bandpass Filter Nopparat Thammawongsa, Ravee Phromlounsri, Krissanapong Somsuk, and Pichai Arunvipas	19
Theoretical Calculation of Optical Absorption Spectrum for Armchair Graphene Nanoribbon E. Ahmadi, A. Asgari	25
Design of Compact Microstrip Stepped-impedance Resonator Bandpass Filters Ravee Phromlounsri, Nopparat Thammawongsa, Krissanapong Somsuk, and Pichai Arunvipas	30
RGB Color Correlation Index for Image Retrieval Parichat Kinnaree, Singthong Pattanasethanon, Somsak Thanaputtiwiro, Somchat Boontho	36
Small – Signal Model of Series – Parallel Resonant DC-DC Converter with Capacitive Output Filter Chengchan Kaewanuchit	42
Neural Network Model to Group Traffic in Backbone Network Phichet Moungnoul, Natthawut Panitjaroen and Tomoaki Sato	47
Calcination Effect of Diatomite to Chromate Adsorption S. Sungworawongpana and S. Pengprecha	53
Investigation of Biomass Fly Ash in Thailand for Recycle to Glass Production Y. Ruangtaweep, J. Kaewkhao C. Kedkaew and P. Limsuwan	58
An Optimized PV Monitoring System for the Bus Shelter Chedsada Phromket, Boonyang Plangklang, Rak Skunpong	62
Potential of using a Solar-Electricity Hybrid System in North-East of Thailand R. Sakulpong, N. Pornsuwancharoen, P.P. Yupapin	67
Fabrication of Alkali Borosilicate Glass using Fly Ash from Industrial Waste P. Kanjanakul, J. Kaewkhao, S. Insiripong, P. Limsuwan and C. Kedkaew	75
A Biomarkers Study: Trace Metal Elements in Paphia Undulate Shell for Assessing Pollution of Coastal Area N. Juncharoenwongsa W. Siriprom, J. Kaewkhao, A. Choeysuppakat, P. Limsuwan and K. Phachana	80
A Numerical Computation of Water Quality Measurement in a Uniform Channel Using a Finite Difference Method Nopparat Pochai and Rujira Deepana	85
A Non-dimensional Form of Hydrodynamic Model with Variable Coefficients in a Uniform Reservoir Using Lax-Wendroff Method Nopparat Pochai and Chunya Sornsri	89
Design and Construction of 2.45 GHz Microwave Plasma Source at Atmospheric Pressure C. Chaichumporn, P. Ngamsirijit, N. Boonklin, K. Eaiprasetsak and M. Fuangfoong	94
Characterization of PVA-Chitosan Nanofibers Prepared by Electrospinning K. Paipitak, T. Pornpra, P. Mongkotalang, W. Techittheera, W. Pecharapa	101

2nd International Science, Social-Science, Engineering and Energy Conference 2010 :
Engineering Science and Management

An Optimized PV Monitoring System for the Bus Shelter

Chedsada Phromket^a*, Boonyang Plangklang^b*, Rak Skunpong^c

^a*Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering,*

Rajamangala University of Technology Thanyaburi,

Rangsit–Nakhonnayok Road, Klong 6, Thanyaburi, Phatumthani, Thailand 12110

^b*Department of Electrical Engineering, Faculty of Industry and Technology,*

Rajamangala University of Technology Isan Sakon nakhon Campus

Elsevier use only: Received 15 November 2010; revised 15 December 2010; accepted 20 December 2010

Abstract

This paper presents a design and development of PV monitoring system for a bus shelter. The implemented monitoring system collects all data and then sends the data from PV system to main control unit, the operator can see the display and all data record as digital form. At the main unit, the developed interface program is used to manage the data. The software is simply installed on any personal computer. This software is a graphic user interface program which the operator can change the parameters of PV system for control and manage the PV system. The developed PV monitoring system is connected via local area networks or the internet network, from the experiment, the results show that the monitoring system is working properly and sustainably.

© 2011 Published by Elsevier Ltd.

Keywords: PV monitoring system; Data communication; Monitoring system

1. Introduction

Travelling by bus in the provinces of Thailand bus shelter and distant electricity no lighting, may cause harm to those who waits for the bus. It is necessary to install electrical lighting system for bus shelter, and are equipped with electricity systems from PV system. This is due to control and manage the operation of PV system. The designed system operation can be described as [1]–[4]:

- 1) Equipped with measuring device in the box as shown in Fig. 1
- 2) During night time, the PV system will use energy from battery storage for the load, the PV system energy can also supply power to the bus shelter for 12 hr.

* Corresponding author. Tel.: +66 2 549-3420 Fax +66 2 549-3422.

E-mail address: pboonyang@hotmail.com

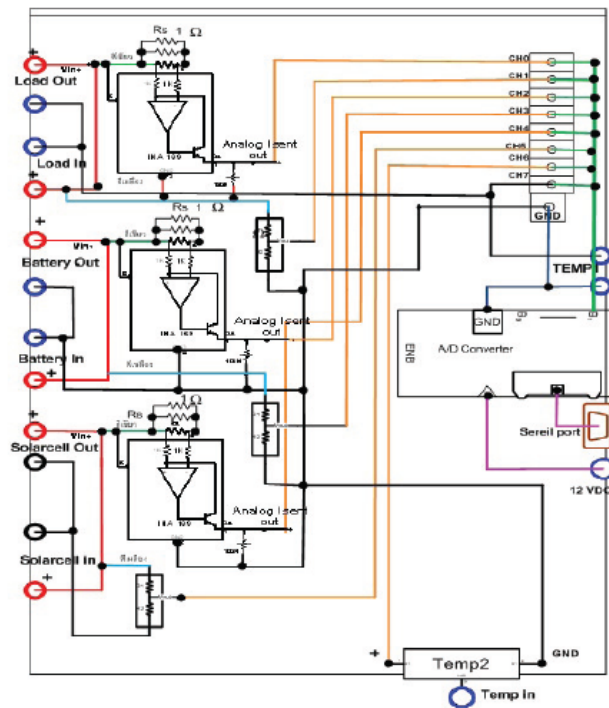


Fig. 1 wiring Diagram of Sensor Box

2. Research Methodology

The researcher studied the data and information. The method and the methodology of this research can be divided in to 6 steps.

- (1) Study how to communication between 2 or 3 hardware devices by using TCP/IP protocol on internet network.
- (2) Design and construction of sensor circuit for measure voltage, current, temperature, load consumption and time.
- (3) Design and construction of controller circuit with personal computer.
- (4) Design the graphic user interface program.
- (5) Test the prototype.
- (6) Analyze data and report

3. The System Design

As mentioned, the System design of the PV system will be considered at the stability of power supply. The real time monitoring system is also included for data analysis. For this study, we selected an example of load run time on 12 hr/day. This software is a graphic user interface program which the operator can change the parameters of PV system for control and manage the PV system.



Fig. 2 The bus shelter.

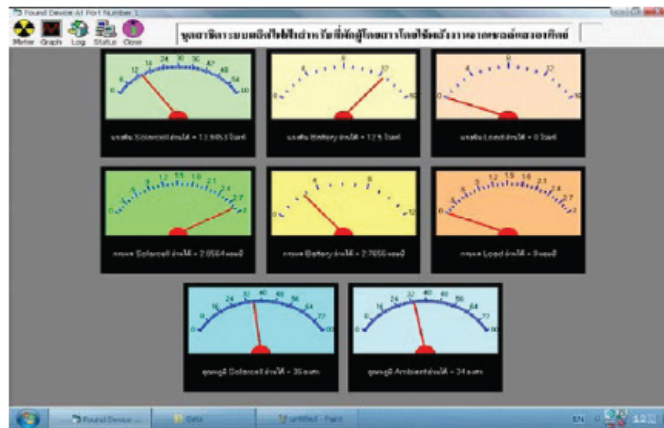


Fig. 3 Display Analog and digital meter.

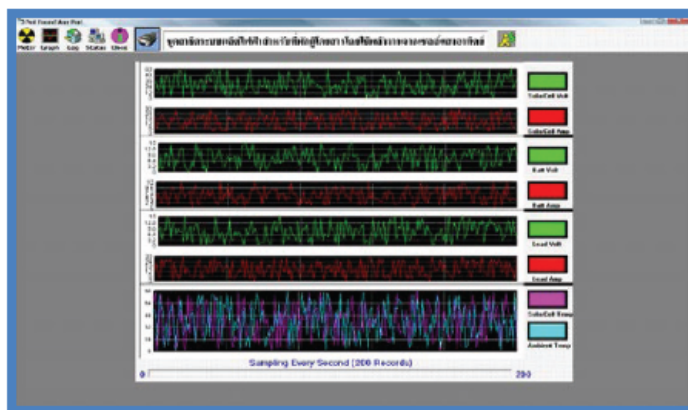


Fig. 4 Display graph

```

09_10_2553.txt - Notepad
File Edit Format View Help

Date : 9/10/2553      Time : 21:58:08
V PV 16.230      I PV 00.598      V BATT 07.922      I BATT 04.500
V LOAD 13.734      I LOAD 02.191      TEMP1 06.719      TEMP2 23.828

Date : 9/10/2553      Time : 22:03:11
V PV 37.207      I PV 01.506      V BATT 13.609      I BATT 03.938
V LOAD 05.922      I LOAD 00.223      TEMP1 32.656      TEMP2 20.234

Date : 9/10/2553      Time : 22:08:12
V PV 07.910      I PV 01.693      V BATT 13.813      I BATT 04.441
V LOAD 04.672      I LOAD 01.324      TEMP1 73.438      TEMP2 72.422

Date : 9/10/2553      Time : 22:13:14
V PV 54.141      I PV 00.316      V BATT 11.047      I BATT 06.422
V LOAD 10.297      I LOAD 00.144      TEMP1 76.406      TEMP2 17.656

Date : 9/10/2553      Time : 22:18:16
V PV 01.289      I PV : 02.534      V BATT 02.797      I BATT 11.742
    
```

Fig. 5 Text file.

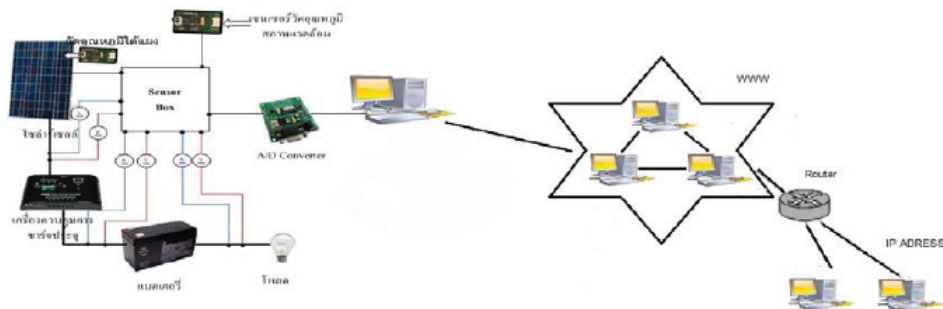


Fig. 6 The prototype connected via local network

4. Experimental Results

Fig.6 shows the prototype connected to the internet network. In Fig.6 the local personal computer connect to internet network, the user can controlled PV system testing process on local personal computer and analyze all data from the site of PV installation. The prototype send the data from PV system to users for control, display and record data in digital form on personal computer via TCP/IP protocol on internet network. The user can change the parameters for testing,measure voltage,current, temperature,load consumption and time on the local site.

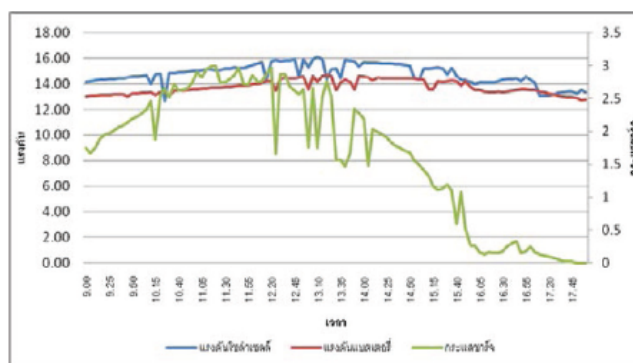


Fig. 7 Comparison chart of voltage and current operation of the PV system.

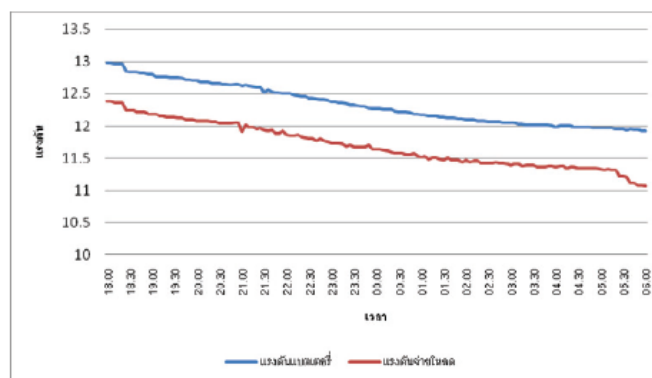


Fig. 8 Comparison chart of battery voltage and load voltage .

5. Conclusion

It can help the government to test qualitative and monitor of PV system for bus shelter .The expenditure and time for process in test quality and monitor performance of PV system for bus shelter. the results show that the monitoring system is working properly and sustainably.

Acknowledgements

The authors are pleased to acknowledge the support provided by Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi (RMUTT).

Reference

- [1] Chokmaviroj,S., Rakwichian,W.,Ketjoy,N., "Remote standard testing for solar home system with mobile phone " The 14th International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-14),January 26-30, Bangkok, Thailand., vol. 32. pp.1031-1, 2004.
- [2] S.C.W. Krauter , T. Depping, "Cost reduction and increase of reliability for remote PV-Systems by satellite"19th European Photovoltaic Solar Energy Conference & Exhibition, Paris, France, June 7-11,2004.
- [3] Spipanya, N., Tunlasakun, K., Tanitteerapan, T., and Nimnual R., "Online Outdoor Standard Testing for Photovoltaic Module via Internet", The 15th International Photovoltaic Science & October 10-15, Shanghai, China, pp. 716-717,2005.
- [4] Phrompinit,K., Plangklang,B., "A Smart Mobile PV-Wind Hybrid System Prototype for isolated electrification " econ28 ,October 20-21,Phuket,Thailand,2008.

ประวัติผู้เขียน

- ชื่อ – นามสกุล** นายเจษฎา พรหมเกษ
- วัน เดือน ปี** 3 พฤศจิกายน 2515
- ที่อยู่** 412/5 ม.8 ตำบลพังโคน อำเภอพังโคน จังหวัดสกลนคร
- ประวัติการศึกษา** สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากมหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดขอนแก่น เมื่อ พ.ศ. 2542
- ประวัติการทำงาน** พ.ศ. 2543– ปัจจุบัน ตำแหน่งพนักงานราชการ ทำหน้าที่สอนประจำสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
- ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่**
เจษฎา พรหมเกษ, บุญยัง ปลั่งกลาง, พร้อมศักดิ์ อภิตติกุล, ไพศาล บุญเจียม, “การวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานของบ้านพักอาศัยในประเทศไทยเพื่อเป็นแนวทางในการอนุรักษ์พลังงาน” การประชุมวิชาการเครือข่ายวิจัยสถาบันอุดมศึกษา, โรงแรมโซฟิเทลราชาออคิต, 17 – 18 มกราคม 2551
Chedsada Phromket, Boonyang Plangklang, Rak Skunpong, “ **An Optimized PV Monitoring System for the Bus Shelter** ” Procedia Engineering volume 8, pp.62-66 , 2011