เครื่องวัดและบันทึกค่าพารามิเตอร์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบพกพา โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์dsPIC

A portable data logger for measuring and recording of solar cell panel parameters using dsPIC Microcontroller

อนุรักษ์ เกษวัฒนากุล* ฉัตรชัย ศุภพิทักษ์สกุล
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110 โทรศัพท์ 0-2555-1816 E-mail: katwattanakul@hotmail.com

Anurak Katwattanakul* Chatchai Suphapitaksakul
Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Thanyaburi, Pathumthani 12110 Thailand Tel: 0-2555-1816 E-mail: katwattanakul@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอ เครื่องวัดและบันทึกค่าพารามิเตอร์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบพกพา โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล dsPIC เบอร์ 30F4011 ของบริษัท Microchip ซึ่งทำให้ได้ตัวเครื่องราคาถูก สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก สามาถนำไปใช้วัดและบันทึกค่า ณ สถานที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ โดยระหว่างการวัด และบันทึกค่าไม่จำเป็นต้องต่อคอมพิวเตอร์ สำหรับค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการวัดและเก็บค่า ได้แก่ กระแส แรงดัน อุณหภูมิและความเข้มแสงอาทิตย์ ได้มีการใช้ซอฟแวร์ MPLAB IDE v7.50 ในการโปรแกรมเครื่อง งานวิจัยนี้ต้องการเป็นต้นแบบในการประยุกต์ใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์ในการทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ จากการทดสอบเครื่องสามารถบันทึกผลได้ในระดับที่น่าพอใจ

Abstract

This paper presents a portable data logger for measuring and recording of solar cell panel parameters. The data logger employs the dsPIC microcontroller 30F4011 which is low cost and convenient to carry for using as a standalone data logger. The solar cells parameters such as current, voltage, temperature and solar radiation are measured and recorded then save to the memory in the data logger. MPLAB IDE v7.50 is used for programming the data logger. This research requires having a prototype for solar cell panel testing using microcontroller. Therefore, the data logger was applied to measure and collect the parameters of a solar cell panel and the satisfactory results were obtained.

1. บทนำ

ในปัจจุบันพลังงานได้จากแสงอาทิตย์เป็นหนึ่งในพลังงานทางเลือกชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมมากขึ้นในประเทศไทยเนื่องจากเป็นพลังงานจากธรรมชาติที่สามารถใช้ได้ไม่มีวันหมดและยังเป็นพลังงานสะอาดไม่มีมลพิษหรือมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม

ในการผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ บริษัทผู้ผลิตจะมีการทดสอบเพื่อหาค่าของกระแสและแรงดันไฟฟ้าหรือที่เรียกว่า I-V curves เพื่อจะใช้คำนวณหาประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และหาจุดคุ้มทุนในการติดตั้ง โดยส่วนใหญ่บริษัทหรือผู้ผลิตกำหนดอุณหภูมิอ้างอิงที่ใช้ในการทำงานที่ 25 องศาเซลเซียส และที่ความเข้มแสงอาทิตย์ 1000 W/m^2 ตามมาตรฐานการทดสอบ AM 1.5 [1-2] แต่สถานที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยนั้นอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส และความเข้มแสงมีค่าเฉลี่ยไม่เกิน 700 W/m^2 [3-4] ทำให้ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง ในการคำนวณจะต้องมีการเผื่อค่าที่คำนวณได้และในกรณีที่มีการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แล้วเมื่อเกิดการเสื่อมสภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะทำการตรวจสอบได้ยาก เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบนั้นส่วนใหญ่มีราคาแพง ผู้จัดทำจึงมีแนวคิดสร้างเครื่องวัดและบันทึกค่าพารามิเตอร์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบพกพา โดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC เพื่อใช้ในทดสอบและบันทึกค่าพารามิเตอร์ของแผงแสงอาทิตย์ในสภาพแวดล้อมที่ทำการติดตั้งจริงได้ ลดความผิดพลาดในการคำนวณและยังเป็นการตรวจสอบคุณภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่จะใช้ติดตั้ง ลดการนำเข้าเครื่องตรวจสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีราคาแพงจากต่างประเทศ ในงานวิจัยนี้ยังได้มีการจัดทำอุปกรณ์ในการวัดความเข้มแสงอาทิตย์ขึ้นเพื่อเป็นการลดต้นทุนในการจัดสร้างตัวเครื่องให้ได้มากที่สุด

2. หลักการและส่วนประกอบของระบบ

2.1 การหาค่าของเส้นโค้งของกระแสและแรงดัน

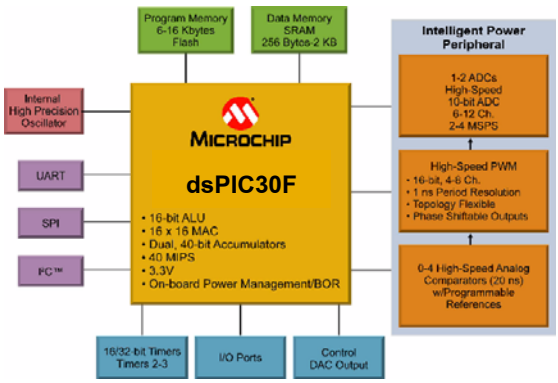
ในทางทฤษฎี ค่าของกระแสและแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถหาได้โดยการปรับเปลี่ยนค่าความต้านทานของโหลดจาก 0 Ω จนถึง ∞ Ω ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และที่ความเข้มแสง 1000 W/m^2

ในทางปฏิบัติ เมื่อมีการนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาติดตั้งใช้งานจริงเนื่องจากแต่ละพื้นที่มีสภาพภูมิอากาศและสถานที่ติดตั้งแตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องนำค่าที่ได้มาปรับค่าให้เหมาะสมและสอดคล้องกับความเป็นจริง ซึ่งในประเทศไทยนั้นมีอุณหภูมิที่สูงกว่า 25 องศาเซลเซียส มีความเข้มแสงมีค่าเฉลี่ยไม่เกิน 700 W/m^2 แต่ละพื้นที่ของประเทศมีการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน จึงมีผลต่ออายุการใช้งานและพลังงานที่ผลิตได้ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังนั้นจึงเป็นที่มาของการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC สร้างเป็นเครื่องวัดและบันทึกค่าพารามิเตอร์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบพกพา

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์dsPIC30F4011

ในงานวิจันนี้ได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F4011 ผลิตโดยบริษัท Microchip Inc. ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 16 บิต ที่รวมความสามารถของไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) เข้ากับการประมวลผลสัญญาณดิจิตอล (Digital Signal Processing, DSP) ซึ่งนอกจากประสิทธิภาพในการควบคุมอุปกรณ์ภายนอกแล้ว ยังสามารถนำมาใช้งานทางด้านการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้เป็นอย่างดี การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของ สามารถเขียนด้วยภาษา C (MPLAB IDE&MPLAB C30) ที่ครอบคลุมคุณสมบัติทั้งหมดของ dsPIC30F4011 รวมถึงการใช้งานโมดูล DSP

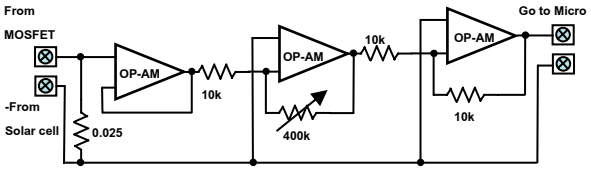
ภายในตัวของไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F4011 มีโมดูลแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลที่มีความละเอียด 10 บิต จำนวน 6 ช่องสัญญาณใช้การแปลงแบบประมาณค่า (Successive Approximation) มีความเร็วในการสุ่มสัญญาณสูงสุด 500 กิโลแซมเปิลต่อวินาที มีหน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอม(EEPROM) ขนาด 16 บิต ความจุ 1 กิโลไบต์



รูปที่ 1 Block Diagram dsPIC30F

2.3 วงจรวัดกระแสไฟฟ้า

ในการวัดกระแสไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ผู้จัดทำได้ออกแบบให้ตัวเครื่องสามารถวัดกระแสสูงสุดได้ 5 แอมแปร์ ในการวัดกระแสไฟฟ้าเนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F4011 ไม่สามารถรับกระแสไฟฟ้าได้โดยตรงจึงต้องแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้า ในงานวิจัยนี้ผู้จัดทำได้ใช้ R-sensor ขนาด 0.025 Ω ในการแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้าเนื่องจากมีความแม่นยำในการวัดค่าสูงโดยมีการต่อวงจรดังรูปที่ 2



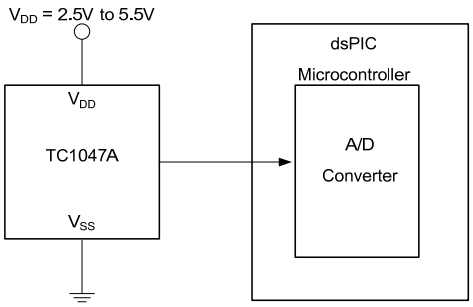
รูปที่ 2 วงจรวัดกระแสไฟฟ้า

2.3 วงจรวัดแรงดันไฟฟ้า

ในการวัดแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ได้ออกแบบให้ตัวเครื่องสามารถวัดแรงดันสูงสุด 50 โวลต์ แต่โมดูลแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล Analog-to-digital (A/D) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F4011 สามารถรับค่าแรงดันไฟฟ้าได้ไม่เกิน 5 โวลต์ ดังนั้นจึงได้ใช้วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า (Voltage Divider) ในการลดแรงดันให้เหมาะสมกับการใช้งาน

2.4 การวัดค่าอุณหภูมิ

ในการวัดค่าอุณหภูมิ นำไอซีวัดอุณหภูมิ TC1047A ในการแปลงค่าอุณหภูมิเป็นแรงดันไฟฟ้า เนื่องจากมีความแม่นยำสูงสามารถวัดอุณหภูมิตั้งแต่ - 40 ถึง 125 °C ทางผู้จัดทำได้ออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งานในประเทศไทยและใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยให้สามารถวัดค่าอุณหภูมิ 0 ถึง 100 °C ที่โดยมีแรงดันเอาต์พุต 0 ถึง 5 โวลต์

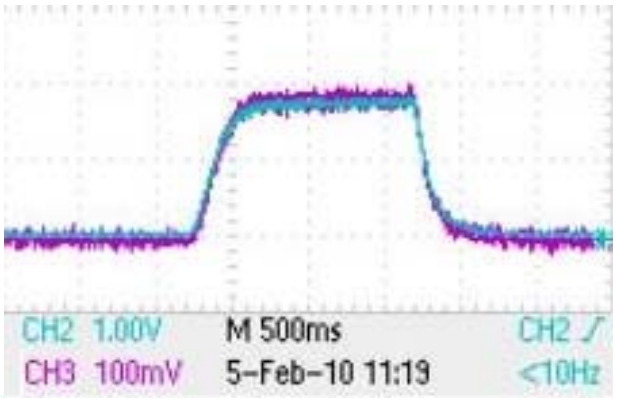


รูปที่ 3 Block Diagram TC1047A

2.5 การวัดความเข้มแสงอาทิตย์

การวัดความเข้มแสงอาทิตย์(Solar radiation) เป็นการวัดพลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่หนึ่งตารางเมตร สามารถวัดค่าได้โดยใช้อุปกรณ์ที่มีชื่อว่า Pyranometer มีหน่วยของการวัดคือวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2) ในงานวิจัยนี้เพื่อให้ได้ตัวเครื่องที่มีราคาถูกจึงได้มีการทดรองจัดสร้าง Pyranometer จากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็กขึ้น โดยเปรียบเทียบการทำงานด้วย Pyranometer ของบริษัท Apogee รุ่น SP-110 ซึ่งเป็นแบบ Silicon-cell ผลที่ได้จากการทดสอบด้วยการทำงานด้วยแสงจากหลอดฮาโลเจนและวัดผลการทำงานด้วยออสซิโลสโคปของบริษัท Tektronix รุ่น TDS 2014 B ได้ผลเป็นที่น่าพอใจแสดงดังรูปที่ 4 โดย

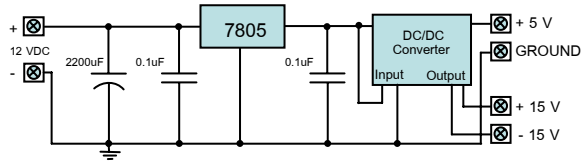
CH2 คือค่าที่ได้จากPyranometerc และ CH3 คือค่าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็ก



รูปที่ 4 การเปรียบเทียบการทำงานของ Pyranometer

2.6 แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า

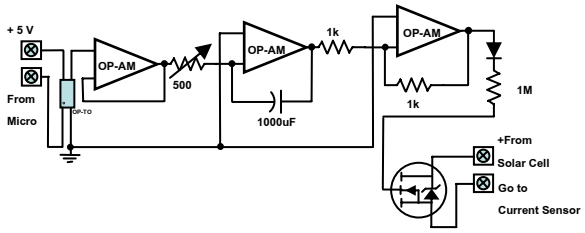
จากที่ต้องการให้สามารถเคลื่อนย้ายตัวเครื่องได้ จึงต้องมีแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ ไว้สำหรับจ่ายพลังงานให้กับตัวเครื่อง แต่ในการวงจรการทำงานภายในมีการใช้แรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์ และ ± 15 โวลต์ จึงต้องมีการออกแบบวงจรแหล่งจ่ายพลังงานภายในโดยใช้ไอซีรักษาระดับแรงดัน 7805 เป็นตัวรักษาระดับแรงดัน 5 โวลต์และ ไอซี DC/DC Converter ของMurata-ps รุ่น MUA0515SC เป็นตัวขยายแรงดันไฟฟ้าจาก 5 โวลต์ ไปเป็น ± 15 โวลต์ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 วงจรแหล่งจ่ายพลังงาน

2.7 โหลดปรับค่าอัตโนมัติ

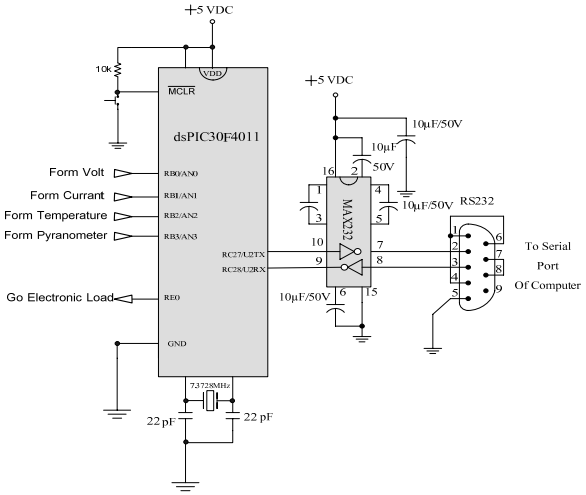
ในการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อที่จะให้ได้ค่า I-V Curve นั้นจำเป็นต้องทดสอบการจ่ายพลังงานไฟฟ้า ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการสร้างโหลดปรับค่าอัตโนมัติ โดยใช้มอสเฟต (MOSFET) ที่สามารถปรับค่าการไหลของกระแสระหว่างขา Drain และ Source ของมอสเฟตได้โดยการควบคุมแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ขา Gate และ Source โดยต้องการให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าจากค่าน้อยๆแล้วเพิ่มมากขึ้นอัตโนมัติและควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F4011ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 วงจรโหลดปรับค่าอัตโนมัติ

3. หลักการทำงานของตัวเครื่อง

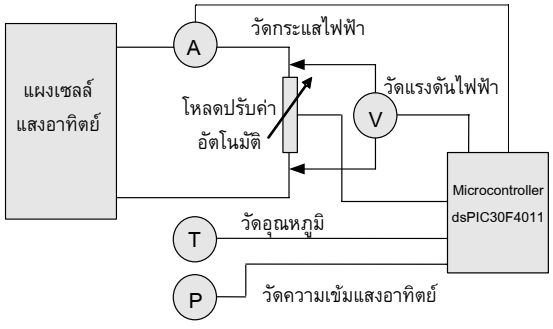
เครื่องทดสอบหาค่า I-V Curve ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีขั้นตอนในการทำงานดังนี้ เมื่อทำการกดปุ่มstart การทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F4011 ทำงานส่งสัญญาณไปควบคุมการทำงานโหลดปรับค่าอัตโนมัติในขณะเดียวกันไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการเก็บค่าของกระแสและแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากการวัดและส่งค่าที่ได้ไปบันทึกไว้ใน EEPROM ของ dsPIC30F4011 โดยจะมีการบันทึกค่าของกระแสไฟฟ้า 40 ค่า แรงดันไฟฟ้า 40 ค่า และจะมีการบันทึกข้อมูลของอุณหภูมิและความเข้มแสงอย่างละ 1 ค่า การแสดงผลของข้อมูลที่บันทึกไว้ใน EEPROM นั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการส่งผ่านข้อมูลโดยใช้โมดูล UART เพื่อติดต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ตอนุกรมสามารถแสดงผลข้อมูลโดยใช้โปรแกรม HyperTerminal จากนั้นทำการคัดลอกข้อมูลไปพล็อตกราฟโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel หรือโปรแกรมพล็อตกราฟอื่นๆ



รูปที่ 6 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F4011

4. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดสอบ

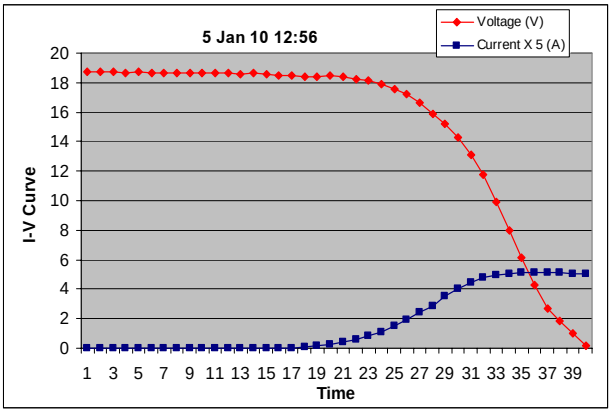
ในการทดสอบเราได้ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ของ Inntech รุ่น IT 20 C ชนิด Mono Crystalline ซึ่งมีคุณสมบัติตามที่บริษัทระบุไว้ดังนี้ P_{max}=20W, I_{mp}=1.14A, I_{sc}=1.32A, V_{mp}=18V, V_{oc}=22V โดยมีการติดตั้งไว้ภายนอกอาคารในสภาพการใช้งานจริงเนื่องจากประเทศไทยอยู่เหนือเส้นศูนย์สูตรโดยจึงติดตั้งแผงหันไปทางทิศใต้ทำมุม 30 องศากับพื้นโลก และต่อวงจรการทำงานตามรูปที่ 7



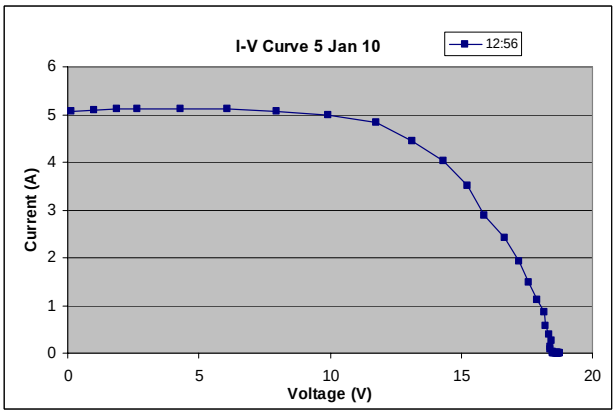
รูปที่ 7 Block Diagram โครงสร้างของระบบ

5. ผลการทดลอง

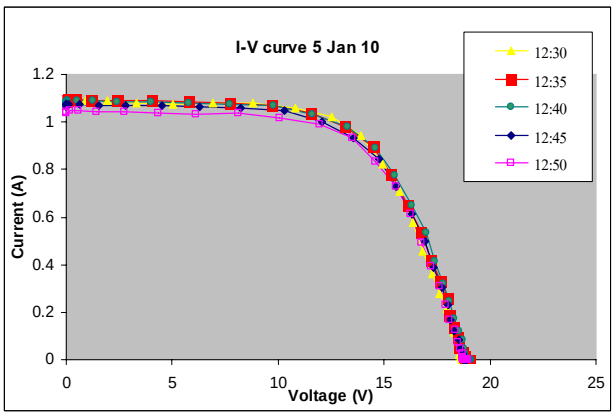
เมื่อทำการทดสอบตัวเครื่องในสภาวะการทำงานจริง สามารถบันทึกค่าของข้อมูลกระแสและแรงดันอย่างละ 40 ตัวอย่าง อุณหภูมิและความเข้มแสงอาทิตย์อย่างละ 1 ชุดต่อ 1 รอบการทำงานของตัวเครื่อง โดยตัวเครื่องจะทำการบันทึกข้อลงในEEPROM ของ dsPIC30F4011 เมื่อต้องการดูผลของข้อมูลได้ทำการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์ ใช้โปรแกรม HyperTerminal ในการดูผลข้อมูล และทำการพล็อตกราฟได้โดยใช้โปรแกรม Microsoft Office Excel ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 8 และ 9



รูปที่ 8 ค่าของกระแสและแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากการทดสอบ



รูปที่ 9 I-V curve ได้จากการทดสอบที่อุณหภูมิ 32 $^{\circ}$C ความเข้มแสงอาทิตย์ 174 W/m^2



รูปที่ 10 I-V curve จากการทดสอบการทำงานของตัวเครื่องที่ช่วงเวลาห่างกัน 5 นาที

เมื่อทำการทดสอบการทำงานของตัวเครื่องที่จัดทำขึ้นในการเก็บข้อมูลในช่วงเวลาห่างกัน 5 นาที ทำการทดสอบ 5 ครั้ง ผลที่ได้เมื่อนำมาพล็อตกราฟผลที่ได้ตัวเครื่องสามารถทำงานได้เป็นที่น่าพอใจดังแสดงในรูปที่ 10

6. สรุป

บทความนี้นำเสนอเครื่องทดสอบหาค่า I-V Curve ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC ในการประมวลผลและเก็บข้อมูล ผลที่ได้จากการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อหาค่าของ I-V Curve ได้ผลเป็นเป็นอย่างดี และยังสามารถบันทึกค่าของอุณหภูมิและความเข้มแสงได้ ตัวเครื่องสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกทำให้ใช้ในการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำการติดตั้งไว้แล้วเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงานหรือใช้ในการเก็บข้อมูลก่อนการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ทำให้ได้ข้อมูลที่ได้จากสถานที่ที่จะทำการติดตั้งจริง ตัวเครื่องที่ทำการสร้างขึ้นมีราคาถูก เมื่อเทียบกับที่จำหน่ายอยู่ในปัจจุบัน

แนวทางในการพัฒนาชุดทดสอบ คือในการแสดงผลยังไม่สะดวกเนื่องจากยังต้องใช้คอมพิวเตอร์ ในการพล็อตกราฟจึงจะพัฒนาให้สามารถแสดงผลในจอกราฟฟิก LCD และในส่วนของพื้นที่เก็บข้อของ EEPROM สามารถเพิ่มเข้าไปได้ จากภายนอกเพื่อที่จะให้สามารถเก็บข้อมูลได้มากขึ้น เพื่อประโยชน์ในการทำเป็น Data logger ต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Carmen Ilie, Nicolae Olariu, Carlin Oros., ”Indoor PV devices Testing,” IEEE ,pp. 611-614, 1996.

[2] Carmen Ilie, Nicolae Olariu, Carlin Oros., “New Techniques for Characterising solar cells,” IEEE ,pp. 505-508, 1997.

[3] เอกรินทร์ วาสนาส่งและสมศักดิ์ เสนาภักดี, เครื่องมือวัดคุณสมบัติกระแสและแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้แสงกระพริบ, EECON 27, 2547.

[4] เอกรินทร์ วาสนาส่ง,ระบบบันทึกข้อมูลและวัดค่าคุณสมบัติกระแสและแรงดันแบบพกพาสำหรับแผงเซลล์อาทิตย์, EECON 29, 2549