

บทความวิจัยฉบับสมบูรณ์
การนำเสนอผลงานวิจัย แบบบรรยายและโปสเตอร์



รายงานสืบเนื่องจาก
โครงการสัมมนาวิชาการครั้งที่ ๔
“รูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย”
4th Thailand Renewable Energy Community Configuration Congress

มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
LAMPANG RAJABHAT UNIVERSITY

เครื่องบันทึกข้อมูลไร้สายพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้โปรโตคอลแบบโพลลิง

Solar Energy Wireless Data Recorder Based on Polling Protocol

ธงชัย มณีชูเกตุ นพดล สีสุข สุภาวดี สุพระมิตร และ ศิรินุช จินดารักษ์*

Thongchai Maneechukate, Noppadon Sisuk, Suphawadee Suphamit and Sirinuch Chindaruksa*

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000 *E-Mail: sirinuchc@nu.ac.th

Physics Department, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok 65000

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอ การประยุกต์ระบบสื่อสารไร้สายความถี่ 2.4 GHz เป็นตัวส่งผ่านข้อมูลของเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ ซึ่งเครื่องบันทึกข้อมูลที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้สามารถบันทึกค่าอุณหภูมิและสัญญาณอากาศจากทรานสดิวเซอร์ภายนอกที่มีค่าแรงดันไฟฟ้าในช่วง 0-5 โวลต์ เพื่อบันทึกลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ตัวรับโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลหลักในการควบคุม เครื่องบันทึกข้อมูลที่น่าสนใจคือใช้โปรโตคอลแบบโพลลิงในการสื่อสารระหว่างเครื่องบันทึกข้อมูลภาคสนามและเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ตัวรับที่อยู่ในระยะไกลหรือภายในสำนักงานได้อีกทั้งยังสามารถกำหนดความละเอียดในการบันทึกข้อมูลได้ตั้งแต่ 0.1 วินาที ถึง 1 ชั่วโมง ในส่วนของระบบควบคุมและส่งผ่านข้อมูลแบบไร้สายสามารถทำงานได้เป็นอย่างดีโดยไม่มีผลผิดพลาดในการส่งและรับข้อมูล นอกจากนี้ ยังมีระบบประมวลผลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง สามารถประมวลผลได้ในขณะที่มีสภาพความเข้มแสงต่ำ ทั้งนี้ประสิทธิภาพในการประจุไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 92.80% ในช่วงการกระจายรังสีแสงอาทิตย์ครอบคลุมระหว่าง 300-1,100 วัตต์/ตารางเมตร เมื่อทดสอบการทำงานของเครื่องบันทึกข้อมูลทั้งระบบ พบว่า ระบบสามารถทำงานได้ต่อเนื่อง 289 ชั่วโมง (12วัน) โดยไม่มีการประจุแบตเตอรี่เพิ่มอีกทั้งยังสามารถส่งข้อมูลมายังเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ตัวรับครอบคลุมพื้นที่ 200 x 200 ตารางเมตร จึงสามารถทำให้เก็บข้อมูลได้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลาและเกิดประสิทธิภาพสูงในการทำงาน

คำสำคัญ: เครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ, ระบบสื่อสารไร้สาย, พลังงานแสงอาทิตย์, อุณหภูมิ

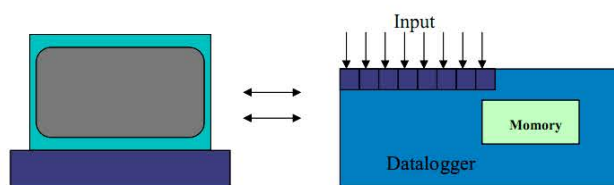
1. บทนำ

การเก็บบันทึกข้อมูลการวิจัยจำเป็นต้องมีการเก็บข้อมูลที่ต่อเนื่องตลอดเวลาและถูกต้องแม่นยำ สิ่งที่สำคัญในการเก็บข้อมูล คือ เครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติที่สามารถบันทึกข้อมูลได้อย่างต่อเนื่อง เพื่อความสะดวกในการนำข้อมูลมาวิเคราะห์และประมวลผลที่ต้องการทราบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงข้อมูล ซึ่งเครื่องบันทึกข้อมูลนี้มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในการเก็บข้อมูลวิจัยหลายสาขาวิชา เช่น งานวิจัยทางด้านพลังงานที่มีการเก็บข้อมูลความเข้มแสงอาทิตย์ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และสัญญาณอากาศภายนอกในรูปอื่นๆ อย่างไรก็ตามเครื่องบันทึกข้อมูลที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการเป็นเครื่องมือที่มีราคาสูงและต้องนำเข้าจากต่างประเทศ อีกทั้งยังมีปัญหาเรื่องอายุการใช้งานและการซ่อมแซม ที่ต้องมีการส่งซ่อมกับบริษัทผู้จำหน่ายเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถซ่อมบำรุงเองได้ นอกจากปัญหาเครื่องบันทึกข้อมูลที่มีราคาแพงแล้ว บางครั้งการเก็บข้อมูลภาคสนาม อาจจะต้องทำการเก็บข้อมูลในพื้นที่ที่ไฟฟ้าเข้าไม่ถึง อีกทั้งปัญหาเรื่องแหล่งพลังงานที่ใช้ในปัจจุบันประสบปัญหาอย่างรุนแรง ดังจะเห็นได้จากราคาน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง การนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้เป็นแหล่งพลังงานของเครื่องบันทึกข้อมูล จะสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการพัฒนาเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติไร้สายพลังงานแสงอาทิตย์จึงสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวข้างต้นได้เป็นอย่างดี

ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น จึงมีการพัฒนาออกแบบเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติขึ้นใช้งานเป็นจำนวนมาก เช่นเครื่องบันทึกข้อมูลทางด้านชีวภาพของร่างกายในรูปแบบต่างๆ เช่น อุณหภูมิผิวหนัง ความดันเลือด และอัตราการเต้นของหัวใจ เป็นต้น [1,2] เนื่องจากต้องมีการเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องจึงทำให้มีข้อจำกัดในเรื่องของหน่วยความจำในการบันทึกข้อมูลที่ต้องมีขนาดใหญ่ จึงส่งผลทำให้ต้องใช้เวลานานในการถ่ายโอนข้อมูลมายังไมโครคอมพิวเตอร์ตัวรับ นอกจากนี้แล้วยังมีงานวิจัยที่เกี่ยวกับเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติเพื่อใช้บันทึกข้อมูลทางด้านธรณีวิทยา [3], เครื่องบันทึกข้อมูลความชื้นและอุณหภูมิอัตโนมัติ [4] แต่ยังมีข้อจำกัดเรื่องของหน่วยความจำและการถ่ายโอนข้อมูล เมื่อไม่นานมานี้ Erdem [5] ได้นำเสนอบทความเกี่ยวกับเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ โดยมีการบีบอัดข้อมูลด้วยเทคนิคของการมอดูเลตแบบเดลต้า ซึ่งใช้วิธีการเข้ารหัสความแตกต่างของสัญญาณปัจจุบันและสัญญาณก่อนหน้าด้วยความยาวข้อมูล 2 บิต โดยกำหนดว่าสัญญาณลอจิก 00 แสดงว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลง 10 แสดงการเพิ่มของสัญญาณ 01 แสดงว่ามีการลดลงของสัญญาณ แต่ในการมอดูเลตแบบเดลต้า นั้นก็ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของสัญญาณรบกวนจากการควันไทซ์(quantizing) ทำให้ข้อมูลที่แปลงกลับมีความผิดพลาดเกิดขึ้น ในงานวิจัยที่นำเสนอนี้ จึงมีการพัฒนาเครื่องบันทึกข้อมูลที่สามารถบันทึกข้อมูลแบบอัตโนมัติและต่อเนื่องตลอดเวลาโดยข้อมูลที่ถูกบันทึกจะส่งมายังไมโครคอมพิวเตอร์โดยตรงโดยไม่ต้องเก็บบันทึกในหน่วยความจำของเครื่องบันทึกข้อมูลภาคสนาม ด้วยระบบการสื่อสารไร้สายในรูปของการสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุชนิด เซนแบนด์ (citizen band) ย่านความถี่ 2.4 GHz ซึ่งทำงานครอบคลุมพื้นที่ 200 x 200 ตารางเมตร และสามารถบันทึกข้อมูลได้ 8 จุดพร้อมกัน มีความละเอียดในการบันทึกที่สามารถกำหนดโดยผู้ใช้งานได้ตั้งแต่ 0.1 วินาที ถึง 1 ชั่วโมง อย่างต่อเนื่อง สำหรับการออกแบบและสร้างเครื่องประยุกต์พลังงานแสงอาทิตย์ ในการวิจัยนี้ มุ่งเน้นไปที่การเพิ่มประสิทธิภาพในการประยุกต์แบตเตอรี่ ซึ่งออกแบบให้สามารถประยุกต์แบตเตอรี่ในระดับความเข้มรังสีอาทิตย์ต่ำได้ โดยอาศัยหลักการสวิตช์-คาปาซิเตอร์ (switch-capacitor) การออกแบบวงจรจะเน้นไปที่การประยุกต์แบตเตอรี่ที่ความเข้มรังสีอาทิตย์ต่ำ ๆ โดยแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จะถูกแปลงขึ้นให้มีค่าแรงดันไฟฟ้าศักย์สูงและเก็บสะสมไว้ในตัวเก็บประจุ จนกระทั่งมีค่าแรงดันไฟฟ้าสูงเพียงพอต่อการประจุเข้าแบตเตอรี่ จึงจะทำการประจุลงในแบตเตอรี่อย่างอัตโนมัติ

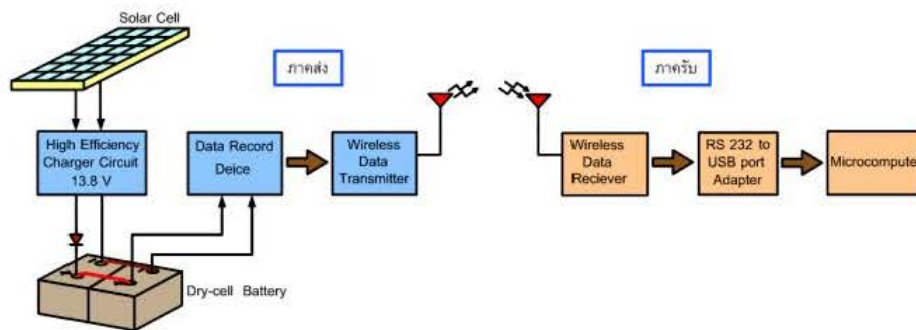
2. หลักการทำงานของเครื่องบันทึกข้อมูลไร้สาย

ทฤษฎีหรือกรอบแนวความคิดทางด้านเครื่องบันทึกข้อมูล (Data recorder) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเก็บบันทึกข้อมูลที่เป็นสัญญาณชนิดต่างๆ โดยเครื่องบันทึกข้อมูลจะมีหน่วยความจำ สำหรับเก็บค่าที่วัดได้ของสัญญาณ ตามช่วงเวลาการบันทึกที่กำหนดไว้โดยอัตโนมัติ เราสามารถใช้เครื่องบันทึกข้อมูลมาเสนอบนหน้าจอแสดงผลได้ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การทำงานของเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ แสดงผลผ่านไมโครคอมพิวเตอร์

เครื่องบันทึกข้อมูลไร้สายพลังงานแสงอาทิตย์ 1 ระบบ สำหรับบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ ที่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง และมีแหล่งพลังงานสำรอง คือ แบตเตอรี่ แสดงดัง บล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมเครื่องบันทึกข้อมูลไร้สายพลังงานแสงอาทิตย์

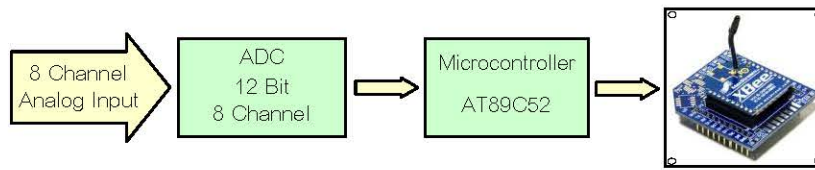
จากรูปที่ 2 จะแบ่งการทำงานออกเป็นสองส่วนด้วยกันคือ ภาคส่งข้อมูล และภาครับข้อมูล ซึ่งจะประกอบไปด้วย ระบบประจุแบตเตอรี่ประสิทธิภาพสูง เครื่องบันทึกข้อมูล 8 ช่องสัญญาณ และวงจรภาครับระบบไร้สาย 2.4 GHz หลักการทำงานคือเมื่อทำการจ่ายพลังงานจากแบตเตอรี่ให้กับภาคส่งสัญญาณก็จะทำให้ระบบของภาคส่งสัญญาณเริ่มทำงาน ซึ่งทำการรับค่าข้อมูลจากช่องสัญญาณแต่ละช่อง ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของสัญญาณอุณหภูมิที่ได้จากตัวแปลงสัญญาณอุณหภูมิ LM335 (Temperature Transducer) หรือจากแหล่งกำเนิดสัญญาณอื่น ๆ ที่มีระดับแรงดันอยู่ในช่วง 0-5 โวลต์ ภายในเครื่องบันทึกข้อมูลจะทำการแปลงสัญญาณเหล่านี้ให้เป็นสัญญาณดิจิทัลขนาด 12 บิตและส่งต่อไปมอดูเลตสัญญาณยังส่วนวงจรส่งข้อมูลระบบไร้สาย เพื่อส่งออกสู่สายอากาศต่อไปภายใต้การควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่อยู่ในเครื่องบันทึกข้อมูล ทั้งนี้ข้อมูลทั้งหมดและกระบวนการติดต่อสื่อสารกันระหว่างตัวรับและตัวส่งจะอยู่ในรูปของโปรโตคอลที่ได้ออกแบบไว้ สำหรับภาครับข้อมูล วงจรรับข้อมูลระบบไร้สายจะรับข้อมูลที่ได้จากสัญญาณการมอดูเลตจากสายอากาศ และทำการถอดรหัสข้อมูลของโปรโตคอลและจะถูกแปลงสัญญาณให้อยู่ในรูปสัญญาณมาตรฐาน RS232 ต่อจากนั้นข้อมูลที่รับจะถูกเข้ารหัสเป็นมาตรฐานพอร์ตอนุกรม USB (โดยใช้ RS232 to USB port adapter) เพื่อเชื่อมต่อและส่งข้อมูลเหล่านั้นให้กับไมโครคอมพิวเตอร์ เมื่อไมโครคอมพิวเตอร์ได้รับข้อมูลจะทำการบันทึกข้อมูลเหล่านั้น ไว้ในรูปของไฟล์ Excel ในขณะเดียวกันก็จะทำการแสดงผลบนหน้าจอไมโครคอมพิวเตอร์ ในรูปเชิงกราฟ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถติดตามและสังเกตข้อมูลของสัญญาณภายนอกได้ตามต้องการ

3. การออกแบบเครื่องบันทึกข้อมูลไร้สายพลังงานแสงอาทิตย์

เครื่องบันทึกข้อมูลไร้สายพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทำการออกแบบในงานวิจัยนี้ เป็นเครื่องบันทึกข้อมูลที่ออกแบบเพื่อให้สามารถทำงานภาคสนามได้ โดยมีแบตเตอรี่ที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานเป็นระบบสำรองพลังงาน อีกทั้งผู้เก็บข้อมูลสามารถทราบถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล โดยไม่ต้องอยู่ ณ ที่ทำการเก็บข้อมูล ด้วยระบบรับส่งข้อมูลไร้สาย การออกแบบส่วนประกอบของเครื่องบันทึกข้อมูล แบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ดังนี้

3.1 การออกแบบวงจรเครื่องบันทึกข้อมูลและวงจรภาคส่งสัญญาณไร้สาย

การออกแบบวงจรเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ ที่สามารถรับข้อมูลได้ 8 ช่องสัญญาณ และบันทึกข้อมูลได้อย่างต่อเนื่องที่กำหนดช่วงเวลาในการบันทึกข้อมูลได้ตามความต้องการของผู้ใช้ มีหลักการในการออกแบบดังรูปที่ 3

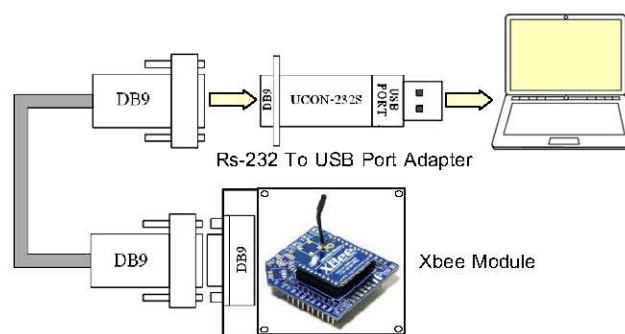


รูปที่ 3 บล็อกไดอะแกรมภาคส่งสัญญาณ

จากบล็อกไดอะแกรมภาคอินพุตสามารถรับสัญญาณอานาลอกอินพุตได้ 8 ช่องสัญญาณ โดยสัญญาณอินพุตสามารถเป็นสัญญาณอานาลอกจากแหล่งกำเนิดใดๆก็ได้ ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ทรานซิสเตอร์อุณหภูมิมิ LM 335 เป็นหัววัดอุณหภูมิซึ่งมีช่วงแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 0-5 โวลต์ สำหรับวงจรแปลงสัญญาณอานาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลจะทำหน้าที่ในการรับสัญญาณอานาลอกอินพุตเข้ามาเพื่อทำการแปลงสัญญาณอานาลอกไปเป็นสัญญาณดิจิตอล โดยการกำหนดจังหวะการทำงานจากไมโครคอนโทรลเลอร์ และส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำหน้าที่ในการรับค่าข้อมูลจากตัวแปลงสัญญาณอานาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อประมวลผลในการเรียงลำดับการรับค่าข้อมูล จากช่องสัญญาณที่ 0 เรียงลำดับถึงช่องสัญญาณที่ 7 หลังจากนั้นจะส่งสัญญาณข้อมูลแบบอนุกรมไปยังตัวรับข้อมูลอนุกรมของโมดูลสื่อสารข้อมูลไร้สาย 2.4 GHz (Xbee-Pro) โมดูลสื่อสารข้อมูลไร้สายของภาคส่งสัญญาณจะส่งข้อมูลที่ไต่ไปยังโมดูลสื่อสารข้อมูลไร้สายภาครับ เพื่อเชื่อมต่อการใช้งานกับไมโครคอมพิวเตอร์

3.2 การออกแบบวงจรภาครับสัญญาณไร้สาย

เครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติที่ทำการออกแบบนี้ จะสามารถใช้งานภาคสนามและส่งสัญญาณข้อมูลไปยังห้องปฏิบัติการด้วยระบบสื่อสารข้อมูลแบบไร้สาย เพื่อให้ผู้ทำงานวิจัยหรือผู้เฝ้าตรวจวัดสัญญาณทราบถึงการเปลี่ยนแปลงข้อมูลได้ตลอดเวลา ลักษณะของการสื่อสารไร้สายของภาครับแสดงดังรูปที่ 4

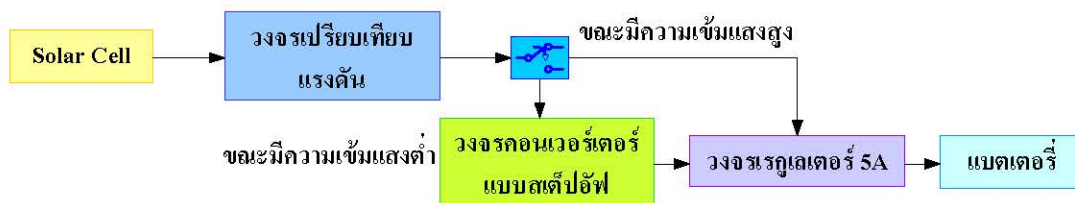


รูปที่ 4 บล็อกไดอะแกรมภาครับสัญญาณ

จากบล็อกไดอะแกรมภาครับสัญญาณ เมื่อโมดูลสื่อสารข้อมูลไร้สายรับค่าข้อมูลซึ่งเป็นข้อมูลอนุกรมจากภาคส่ง และทำการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมกับไมโครคอมพิวเตอร์โดยผ่าน RS-232 โดยใช้หัวต่อ DB-9 เพื่อทำการส่งข้อมูลเข้าสู่ไมโครคอมพิวเตอร์ การส่งผ่านข้อมูลนั้น จะทำการส่งผ่านข้อมูลผ่านพอร์ต USB ซึ่งต้องใช้ตัวแปลงสัญญาณพอร์ตอนุกรม RS-232 เป็นสัญญาณพอร์ต USB ทำการเชื่อมต่อพอร์ต USB กับไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งไมโครคอมพิวเตอร์จะมีโปรแกรมสำเร็จรูปในการรับส่งค่าข้อมูล เพื่อทำการประมวลผลและแสดงค่าข้อมูลผ่านทางหน้าจอไมโครคอมพิวเตอร์

3.3 การออกแบบระบบประจุแบตเตอรี่ประสิทธิภาพสูง

ระบบประจุแบตเตอรี่ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องบันทึกข้อมูล เพื่อให้สามารถใช้งานได้ในที่ ๆ กระแสไฟฟ้าเข้าไม่ถึง อีกทั้งการเก็บข้อมูลยังสามารถเก็บได้อย่างต่อเนื่องเมื่อเกิดเหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้อง โดยทั่วไปแล้วเครื่องประจุไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จะไม่สามารถประจุไฟฟ้าได้ หรือมีประสิทธิภาพต่ำอย่างมากเมื่ออยู่ในสภาวะของความเข้มแสงน้อย เช่น เมื่อมีก้อนเมฆมาบังแสงอาทิตย์ หรือในช่วงเวลาเช้า และเย็น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงของฤดูฝนจะมีความเข้มแสงน้อยมากเกือบตลอดทั้งวัน จึงทำให้เครื่องประจุไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ไม่สามารถตอบสนองความต้องการทางด้านพลังงานที่ต้องการนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพได้ ดังนั้นในโครงการวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบวงจรเครื่องประจุไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ให้ประสิทธิภาพสูงในเชิงการประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ได้ตลอดเวลา ถึงแม้ว่าในสภาวะนั้นจะมีความเข้มแสงน้อยก็ตาม



รูปที่ 5 บล็อกไดอะแกรมหลักการทำงานของวงจรประจุไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง

ระบบประจุแบตเตอรี่นี้มีหลักการทำงาน คือ ทำการประจุไฟฟ้าเข้าในแบตเตอรี่ 2 ลูกที่ต่อขนานกัน โดยใช้โซลาร์เซลล์ขนาด 17.3 โวลต์ 4.63 แอมป์ 80 วัตต์ ซึ่งแบตเตอรี่ที่เลือกใช้เป็นแบตเตอรี่แห้งขนาด 12 โวลต์ 7.2 Ah ค่าแรงดันที่ใช้ในการประจุ 13.5 – 13.8 โวลต์ ดีซี กระแส 2.16 แอมป์ จากรูปที่ 5 หลักการทำงานของระบบประจุโดยใช้พลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ โดยแบ่งการทำงานออกได้เป็น 2 กรณี คือ

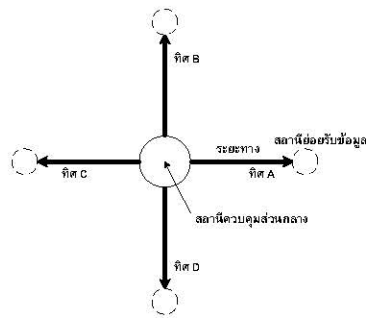
- กรณีที่มีความเข้มแสงสูง จะใช้เป็นการระบบประจุตรง โดยจ่ายค่าแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจรเรกูเลเตอร์ เพื่อปรับค่าแรงดันให้อยู่ในช่วง 13.5 – 13.8 โวลต์ เพื่อประจุให้กับแบตเตอรี่
- กรณีที่ค่าความเข้มแสงน้อย จะอาศัยหลักการทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบสเต็ปอัพร่วมกับวงจรสวิตช์ – คาปาซิเตอร์ เนื่องจากค่าแรงดันที่ได้จากโซลาร์เซลล์ไม่เพียงพอที่จะจ่ายให้แก่แบตเตอรี่

4. ผลและการวิเคราะห์ผลการวิจัย

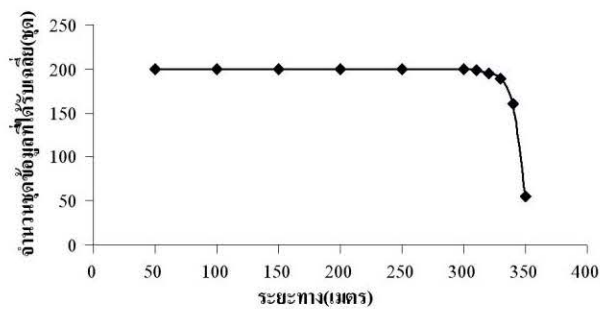
เมื่อทำการออกแบบ ทดสอบ และวิเคราะห์ผลที่ได้จากการเครื่องบันทึกข้อมูลไร้สายพลังงานแสงอาทิตย์ โดยจะทำการทดสอบการทำงานของเครื่องเป็นส่วน ๆ ดังนี้

4.1 การทดสอบพื้นที่ครอบคลุมการติดต่อ – สื่อสาร เครื่องบันทึกข้อมูลไร้สายพลังงานแสงอาทิตย์

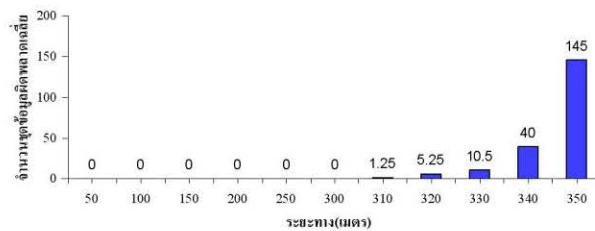
การออกแบบการทดสอบพื้นที่การส่งสัญญาณสื่อสารระหว่าง ภาคส่ง และภาครับ ได้ใช้วิธีการตรวจสอบการส่งข้อมูลรหัสไบนารี "1111 1111" หรือ "FFH" ในฐาน 16 ไปยังภาครับ จำนวน 200 ชุดข้อมูล และตรวจสอบข้อมูลที่รับได้รูปที่ 6 แสดงวิธีการออกแบบพื้นที่การทดสอบ ด้วยการกำหนดให้ภาคส่ง (สถานีควบคุมส่วนกลาง) อยู่ที่ตำแหน่งจุดศูนย์กลางและวัดระยะศูนย์กลางโดยรอบ 4 ทิศ



รูปที่ 6 แผนผังวัฏระยะทางโดยรอบของการรับ – ส่งข้อมูลของภาคส่ง (สถานีควบคุมส่วนกลาง) กับ ภาครับ (สถานีย่อย)

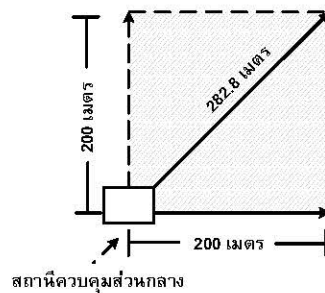


รูปที่ 7 การรับชุดข้อมูล "FFH"



รูปที่ 8 ชุดข้อมูลผิดพลาดเฉลี่ยที่รับได้

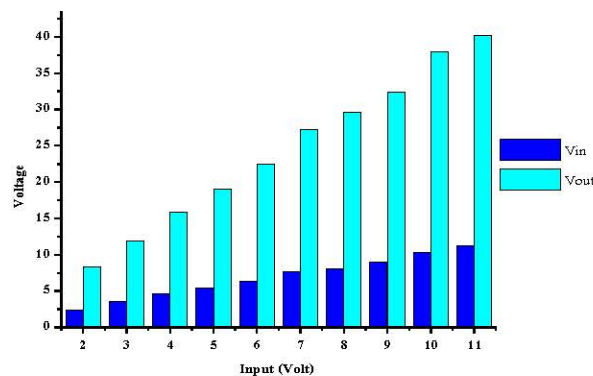
จากผลการทดสอบที่ได้ ดังรูปที่ 7 และ 8 จะเห็นว่าสถานีควบคุมส่วนกลางสามารถติดต่อ – สื่อสาร รับส่งข้อมูลได้ไกลสุดเป็นระยะทาง 300 เมตร โดยรอบตัวไม่มีการรับ – ส่งข้อมูลที่ผิดพลาดเลย และเมื่อระยะทางไกลมากกว่า 300 เมตร การติดต่อ – สื่อสาร รับ - ส่งข้อมูลเริ่มผิดพลาดมากขึ้นตามระยะทาง ดังนั้นเมื่อนำข้อมูลผลการทดสอบมาวิเคราะห์หาพื้นที่การติดต่อสื่อสารของสถานีควบคุมส่วนกลางกับสถานีย่อย ด้วยเหตุนี้ที่ระยะทางไกลสุดที่ติดต่อสื่อสารโดยไม่ผิดพลาดอยู่ที่ 300 เมตร ดังนั้นในพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีแนวระยะทางเส้นทแยงมุม 282.8 เมตร จะมีพื้นที่ในการติดต่อสื่อสารที่ปลอดภัยและไม่ผิดพลาดอยู่ที่ 200 x 200 ตารางเมตร ดังแผนภาพในรูปที่ 9



รูปที่ 9 แสดงพื้นที่การติดต่อ – สื่อสาร รับ – ส่งข้อมูลโดยไม่ผิดพลาดคิดเป็น 200 X 200 ตารางเมตร

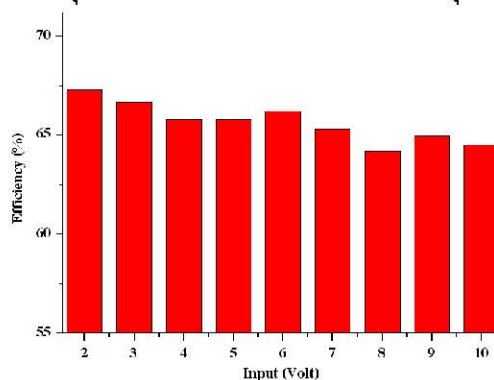
4.2 การทดสอบเครื่องประจุแบตเตอรี่ประสิทธิภาพสูงที่สามารถประจุแบตเตอรี่ได้ขณะมีความเข้มแสงน้อย

วิธีการเก็บผลการทดสอบของวงจรเครื่องมือวัดใช้โวลต์มิเตอร์ และแอมป์มิเตอร์ทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่อินพุตและเอาต์พุตของวงจร จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ หาค่าต่าง ๆ ทำการทดสอบกับสภาวะความเข้มแสงน้อย เมื่อแรงดันไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์น้อยกว่า 12 โวลต์ เป็นการทดสอบการประจุไฟฟ้าให้แบตเตอรี่ด้วยวงจรคอนเวอร์เตอร์ และทดสอบขณะที่มีความเข้มแสงปกติ ถึงมาก เมื่อแรงดันไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์เท่ากับ 12 โวลต์ หรือมากกว่า ซึ่งเป็นการประจุไฟฟ้าแบบตรง โดยโครงการวิจัยนี้ได้ใช้ โซลาร์เซลล์ ขนาด 17.3V , 4.63A , 80 watt



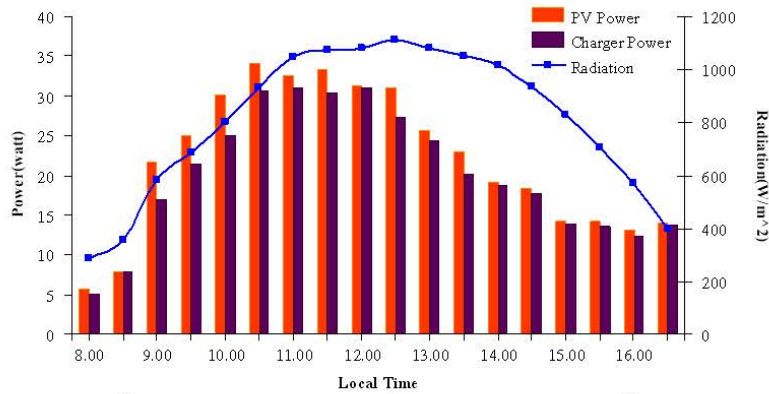
รูปที่ 4.9 แรงดันอินพุตเปรียบเทียบกับแรงดันเอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์

จากกราฟจะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้าที่เอาต์พุตจะมีค่าเป็น 4.3 เท่าของแรงดันอินพุตที่จ่ายให้แก่วงจรคอนเวอร์เตอร์

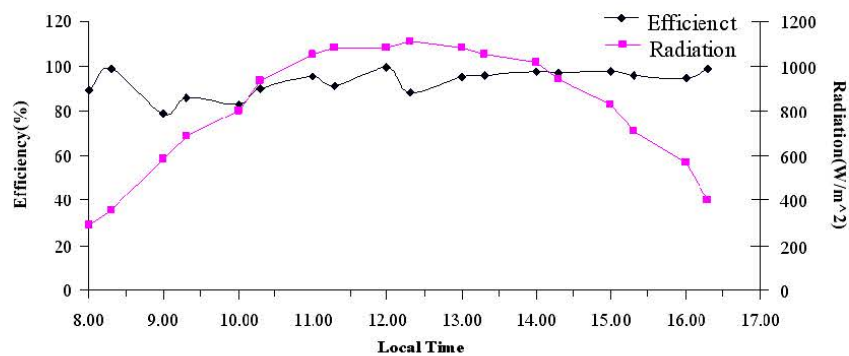


รูปที่ 10 ค่าประสิทธิภาพของวงจรคอนเวอร์เตอร์เมื่อประจุไฟฟ้าให้แก่ตัวเก็บประจุ ขณะที่ค่าแรงดันอินพุตต่าง ๆ กัน

เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพของวงจรคอนเวอร์เตอร์ที่ทำการประจุไฟฟ้าให้แก่ตัวเก็บประจุ ที่ค่าแรงดันไฟฟ้าอินพุตต่าง ๆ กัน พบว่า ค่าประสิทธิภาพที่เอาต์พุตจะมีค่าเฉลี่ย 65.67% ดังรูปที่ 10



รูปที่ 11 กำลังงานที่ได้จากการประจุแบตเตอรี่เปรียบเทียบกับกำลังงานที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์

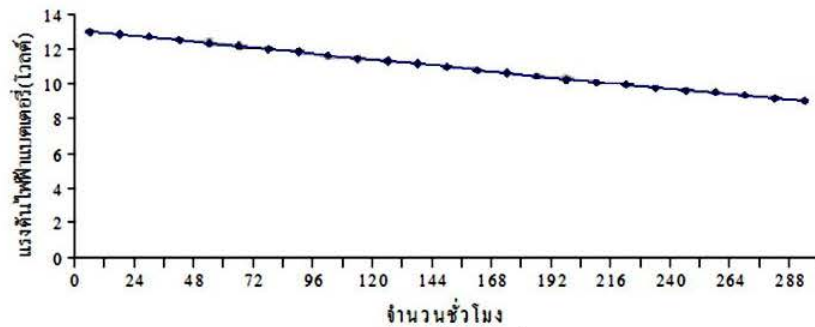


รูปที่ 12 ค่าประสิทธิภาพของเครื่องประจุไฟฟ้าในการประจุแบตเตอรี่กับความเข้มแสงของการกระจายรังสี

เมื่อพิจารณาค่าประสิทธิภาพในการประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่ที่ความเข้มรังสีอาทิตย์ตลอดการทดลองประจุแบตเตอรี่ ตั้งแต่เวลา 8:00 – 17:00 น. จะพบว่าเครื่องประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ สามารถให้ประสิทธิภาพเฉลี่ย 92.80 % ในช่วงรังสี 300 - 1,100 วัตต์/ตารางเมตร จากรูปที่ 12 แสดงให้เห็นว่า ความสามารถในการประจุแบตเตอรี่ที่ความเข้มรังสีอาทิตย์ต่ำ ๆ มีค่าใกล้เคียงกันกับที่ความเข้มรังสีอาทิตย์สูง ๆ

4.3 การทดสอบการใช้เครื่องบันทึกข้อมูลไร้สายพลังงานแสงอาทิตย์เมื่อไม่มีการประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่

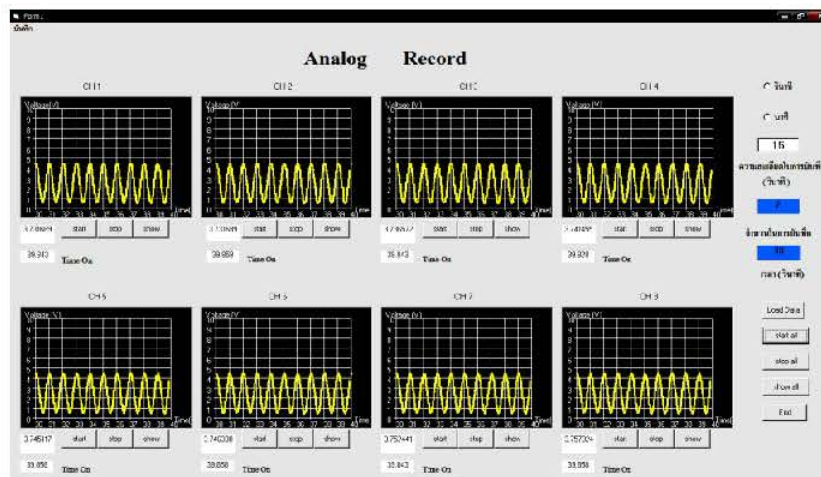
ทำการทดสอบใช้เครื่องบันทึกข้อมูล โดยไม่มีการประจุแบตเตอรี่ในระหว่างการใช้งาน เพื่อให้ทราบถึงระยะเวลาที่เครื่องสามารถใช้งานได้ยาวนานที่สุด เป็นการทดสอบการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ของเครื่องบันทึกข้อมูลไร้สาย จากแบตเตอรี่เต็มที่มีแรงดันไฟฟ้า 13 โวลต์ลดลงจนกระทั่งเหลือ 9 โวลต์ ซึ่งเป็นขีดล่างสุดของแบตเตอรี่ที่ยินยอมให้ใช้ได้ ทั้งนี้ในการทดสอบและบันทึกผลการทดสอบโดยการต่อโหลดเครื่องบันทึกข้อมูลไร้สายกับแบตเตอรี่ตลอดเวลา 24 ชั่วโมงของทุกวัน พบว่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่จะมีแรงดันไฟฟ้าค่อยๆ ลดลงจาก 13 โวลต์ จนถึง 9 โวลต์ ใช้เวลาทั้งสิ้น 289 ชั่วโมง คิดเป็น 12 วัน นั่นหมายความว่าระบบจะสามารถทำงานอยู่ได้เป็นเวลา 12 วัน โดยที่ไม่มีการประจุแบตเตอรี่เลย



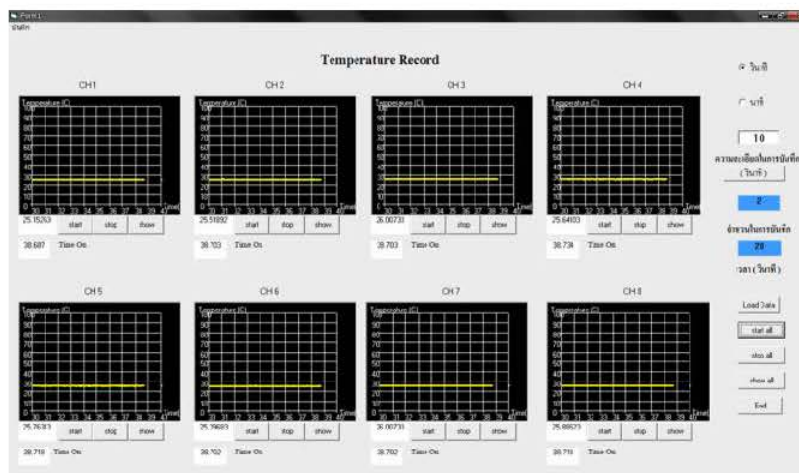
รูปที่ 13 ผลการทดสอบการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ของเครื่องบันทึกข้อมูลไร้สายตลอด 24 ชั่วโมง

4.4 ผลการทดสอบเครื่องบันทึกข้อมูลไร้สายพลังงานแสงอาทิตย์รวมทั้งระบบ

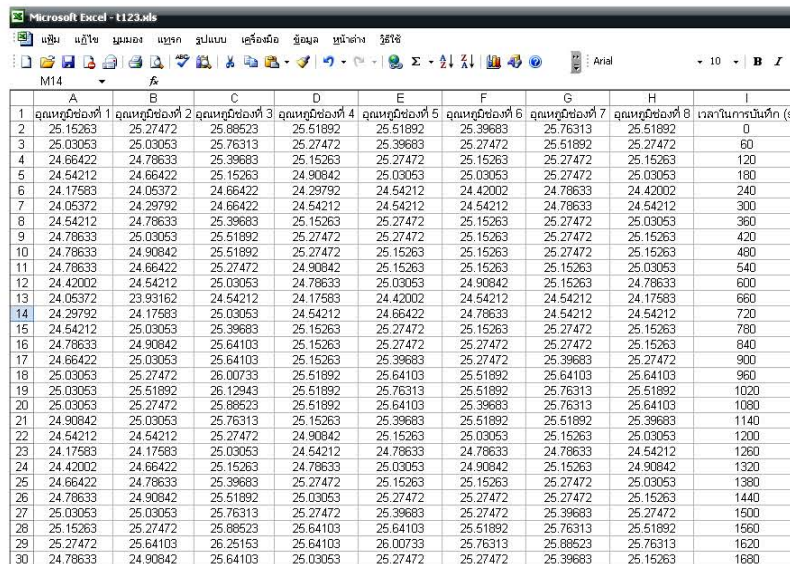
ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องบันทึกข้อมูลไร้สายพลังงานแสงอาทิตย์ จะพบว่าการทำงานของระบบทั้งในส่วนของการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ และการใช้งานกับสัญญาณอนาล็อกใด ๆ เครื่องบันทึกข้อมูลไร้สายพลังงานแสงอาทิตย์สามารถทำงานได้เป็นอย่างดีแสดงได้ดังผลการทดลองต่อไปนี้



รูปที่ 14 ผลการทดสอบเมื่อสัญญาณอนาล็อกอินพุตเป็นสัญญาณคลื่นรูปไซน์



รูปที่ 15 ผลการทดสอบเมื่อสัญญาณอินพุตแสดงค่าอุณหภูมิ



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	อุณหภูมิช่องที่ 1	อุณหภูมิช่องที่ 2	อุณหภูมิช่องที่ 3	อุณหภูมิช่องที่ 4	อุณหภูมิช่องที่ 5	อุณหภูมิช่องที่ 6	อุณหภูมิช่องที่ 7	อุณหภูมิช่องที่ 8	เวลาในการบันทึก (s)
2	25.15263	25.27472	25.88523	25.51892	25.51892	25.39683	25.76313	25.51892	0
3	25.03053	25.03053	25.76313	25.27472	25.39683	25.27472	25.51892	25.27472	60
4	24.66422	24.78633	25.39683	25.15263	25.27472	25.15263	25.27472	25.15263	120
5	24.54212	24.66422	25.15263	24.90842	25.03053	25.03053	25.27472	25.03053	180
6	24.17583	24.05372	24.66422	24.29792	24.54212	24.42002	24.78633	24.42002	240
7	24.05372	24.29792	24.66422	24.54212	24.54212	24.54212	24.78633	24.54212	300
8	24.54212	24.78633	25.39683	25.15263	25.27472	25.15263	25.27472	25.03053	360
9	24.78633	25.03053	25.51892	25.27472	25.27472	25.15263	25.27472	25.15263	420
10	24.78633	24.90842	25.51892	25.27472	25.15263	25.15263	25.27472	25.15263	480
11	24.78633	24.66422	25.27472	24.90842	25.15263	25.15263	25.15263	25.03053	540
12	24.42002	24.54212	25.03053	24.78633	25.03053	24.90842	25.15263	24.78633	600
13	24.05372	23.93162	24.54212	24.17583	24.42002	24.54212	24.54212	24.17583	660
14	24.29792	24.17583	25.03053	24.54212	24.66422	24.78633	24.54212	24.54212	720
15	24.54212	25.03053	25.39683	25.15263	25.27472	25.15263	25.27472	25.15263	780
16	24.78633	24.90842	25.64103	25.15263	25.27472	25.27472	25.27472	25.15263	840
17	24.66422	25.03053	25.64103	25.15263	25.39683	25.27472	25.39683	25.27472	900
18	25.03053	25.27472	26.00733	25.51892	25.64103	25.51892	25.64103	25.64103	960
19	25.03053	25.51892	26.12943	25.51892	25.76313	25.51892	25.76313	25.51892	1020
20	25.03053	25.27472	25.88523	25.51892	25.64103	25.39683	25.76313	25.64103	1080
21	24.90842	25.03053	25.76313	25.15263	25.39683	25.51892	25.51892	25.39683	1140
22	24.54212	24.54212	25.27472	24.90842	25.15263	25.03053	25.15263	25.03053	1200
23	24.17583	24.17583	25.03053	24.54212	24.78633	24.78633	24.78633	24.54212	1260
24	24.42002	24.66422	25.15263	24.78633	25.03053	24.90842	25.15263	24.90842	1320
25	24.66422	24.78633	25.39683	25.27472	25.15263	25.15263	25.27472	25.03053	1380
26	24.78633	24.90842	25.51892	25.03053	25.27472	25.27472	25.27472	25.15263	1440
27	25.03053	25.03053	25.76313	25.27472	25.39683	25.27472	25.39683	25.27472	1500
28	25.15263	25.27472	25.88523	25.64103	25.64103	25.51892	25.76313	25.51892	1560
29	25.27472	25.64103	26.25153	25.64103	26.00733	25.76313	25.88523	25.76313	1620
30	24.78633	24.90842	25.64103	25.03053	25.27472	25.27472	25.39683	25.15263	1680

รูปที่ 16 ตารางบันทึกข้อมูลผลอุณหภูมิบน Excel

5. สรุป

จากการออกแบบและสร้างเครื่องบันทึกข้อมูลไร้สายพลังงานแสงอาทิตย์ และจากผลการทดสอบระบบการทำงานในสภาวะต่างๆ จะเห็นได้ว่าระบบสามารถทำงานได้เป็นอย่างดีทั้งระบบควบคุมไร้สายความถี่สูง 2.4 GHz ผลการทดสอบระบบประจุแบตเตอรี่ประสิทธิภาพสูง สามารถประจุแบตเตอรี่ได้ในขณะที่มีสภาพความเข้มแสงต่ำ โดยมีประสิทธิภาพในการประจุไฟฟ้าในสภาวะแสงปกติอยู่ที่ 92.80 % ในช่วงการกระจายรังสีแสงอาทิตย์ครอบคลุมระหว่าง 300 - 1,100 วัตต์/ตารางเมตร และแสงถูกเมฆบดบังหรือสภาวะความเข้มแสงน้อยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 65.67% และทดสอบระบบโดยการสมมุติให้ระบบประจุแบตเตอรี่หยุดทำงาน แต่เครื่องบันทึกข้อมูลไร้สายยังคงสามารถทำงานต่อเนื่องได้ จากการประจุแบตเตอรี่ให้เต็มที 13 โวลต์ จนกระทั่งแหล่งพลังงานแบตเตอรี่ทั้ง 2 ลูกที่ต่อขนานกันมีแรงดันไฟฟ้าลดลงถึง 9 โวลต์ซึ่งเป็นขีดเริ่มต้นล่างของแบตเตอรี่เซลล์แห้งรวมทั้งสิ้น 289 ชั่วโมง (12 วัน) ซึ่งระบบสามารถทำงานเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ได้อย่างดี เครื่องบันทึกข้อมูลไร้สายพลังงานแสงอาทิตย์นี้ สามารถส่งข้อมูลมายังเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ได้ครอบคลุมพื้นที่ 200 x 200 ตารางเมตร เครื่องบันทึกข้อมูลนี้สามารถบันทึกอุณหภูมิจากทรานส์ดิวเซอร์อุณหภูมิ LM 335 พร้อม ๆ กันได้ 8 ช่องสัญญาณ หรือสามารถบันทึกข้อมูลสัญญาณอานาล็อกอินพุตที่มาจากแหล่งกำเนิดหรือทรานส์ดิวเซอร์แต่ละชนิดที่มีสัญญาณแรงดันไฟฟ้าในช่วง 0 - 5 โวลต์ได้ 8 ช่องสัญญาณ ผู้ใช้สามารถกำหนดความละเอียดช่วงเวลาของการบันทึกข้อมูลได้ตั้งแต่ 0.1 วินาที จนถึง 1 ชั่วโมง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Luharuka, R.; Gao, R.X.; Krishnamurty, S.,, **“Design and realization of a portable data logger for physiological sensing [GSR]”**, Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on, Volume 52, Issue 4, Aug. 2003 Page(s):1289-1295
- [2] Luharuka, E.; Gao, R.X.,, **“A microcontroller-based data logger for physiological sensing”**, Instrumentation and Measurement Conference, 2002. IMCT/2002. Proceedings of the 19th IEEE, Volume 1, 21-23 May 2002 Page(s):175-180
- [3] Desai, R.; D'Sa, E.; de Sa, E.; Afzulpurkar, S.,, **“A geological data logger”**, Oceanic Engineering, IEEE Journal of, Volume 11, Issue 3 Jul 1986 Page(s):428-431
- [4] Mogthavvemi, M.; Farque, M.O.; Ng Koon Eng; Soo Choon Yip, **“A simple low cost data acquisition system for remote sensing of relative humidity and temperature”**, Circuit and System, 2002. MWSCAS 2001. Proceedings of the 44th IEEE 2001 Midwest Symposium on, Vol.1, 14-18 Aug. 2001 Page(s):202-206
- [5] Erdem, H.,, **“Design and implementation of data logger for fuzzy logic controller”**, Industrial Technology, 2002. IEEE ICIT '02. 2001 IEEE International Conference on, Vol.1, 11-14 Dec. 2002 Page(s):199-204