

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันพลังงานจากแสงอาทิตย์และพลังงานลมถือเป็นแหล่งพลังงานที่มีความสำคัญ และเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่ไม่มีวันหมดสิ้น การนำพลังงานเหล่านี้มาใช้ถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ไม่สามารถจะหลีกเลี่ยงได้ในอนาคต การนำพลังงานดังกล่าวมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุดนั้นสิ่งที่สำคัญเป็นอันดับต้นๆ คือ ข้อมูลจากแสงอาทิตย์และความเร็วลม

จากปัญหาเหล่านี้ทางผู้ทำวิจัยจึงได้เห็นถึงความสำคัญในการพัฒนาระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี ระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมมีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน แต่การจัดเก็บและการแสดงผลข้อมูลยังยากต่อการเข้าถึงและนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องวิจัยและพัฒนาสร้างระบบที่เข้าถึงข้อมูลได้ง่าย เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการประเมินศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม และเพื่อแสดงให้เห็นว่าพลังงานของแสงอาทิตย์และพลังงานลมแต่ละวันเป็นอย่างไร ซึ่งจะแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ การวัดพลังงานจากแสงอาทิตย์และพลังงานลม ระบบการวัดจะมีรูปแบบที่ถูกติดตั้งเป็นสถานีการตรวจวัด ระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมประกอบด้วย เซนเซอร์ (Sensor) จะเป็นส่วนที่วัดแสงแดด กระแสลม และชุด Database จะเป็นชุดที่อ่านค่าจากเซนเซอร์และนำค่ามาประมวลผลเพื่อจัดเก็บข้อมูล และส่งต่อไปที่ชุดแสดงผล ชุดแสดงผลนี้จะเป็นชุดแสดงผลที่มีความสามารถพิเศษที่จะแสดงผลโดยโปรแกรมเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งแสดงเป็นแบบเวลาปัจจุบันบนเว็บไซต์ฟเวอร์ และนอกจากนี้ระบบประมวลผลจะสามารถต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อที่จะสามารถนำค่าพลังงานมาใช้ได้อย่างง่ายๆ ซึ่งระบบวัดและแสดงผลพลังงานจากแสงอาทิตย์และพลังงานจากลมนี้มีความสำคัญมากในการนำพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์และกังหันลมมาใช้งาน และการสร้างระบบวัดผลและจัดเก็บข้อมูลรวมทั้งระบบแสดงผลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตยังเป็นสิ่งที่ยากและซับซ้อน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องวิจัยและพัฒนาระบบขึ้นมาเพื่อสร้างเทคโนโลยีใหม่รวมทั้งส่งเสริมการนำพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์และพลังงานจากลมมาใช้กันอย่างสูงสุด โครงสร้างของระบบการวัดและแสดงผลพลังงานจากแสงอาทิตย์และพลังงานจากลมประกอบด้วยส่วนที่สำคัญดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 โครงสร้างระบบวัดและแสดงผลพลังงานจากแสงอาทิตย์และพลังงานจากลม

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้น มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครเป็นหน่วยงานราชการที่มีขนาดใหญ่ และมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในอัตราที่สูงขึ้นทุกปี แม้ว่ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครจะมีนโยบายและโครงการรณรงค์ในการประหยัดพลังงานก็ตาม จากแนวความคิดของโครงการวิจัยจึงเป็นตัวช่วยวิเคราะห์หาค่าศักยภาพของพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์และพลังงานจากลม เพื่อนำพลังงานเหล่านี้มาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และก่อให้เกิดประโยชน์ได้อย่างสูงสุดต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร และชุมชนใกล้เคียงสามารถนำผลที่ได้ไปใช้งานด้านพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม และงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป

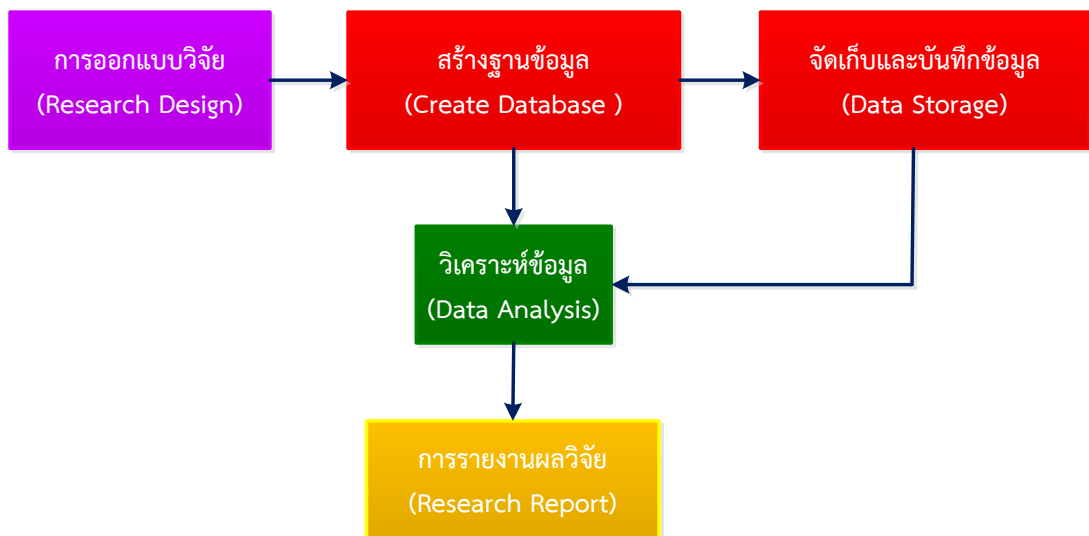
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

1.2.2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานกับเครื่องมือมาตรฐาน

1.3 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย



รูปที่ 1.2 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.4.1 สร้างระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

1.4.2 วิเคราะห์ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม เพื่อติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทน ที่มีเสถียรภาพในการผลิตไฟฟ้าอย่างยั่งยืน

1.4.3 นำข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมแบบเวลาปัจจุบันมาแสดงผลบนเว็บไซต์ฟอเรอร์

1.5 ข้อจำกัดของโครงการวิจัย

1.5.1 งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

1.5.2 งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการรับและส่งข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม

1.5.3 งานวิจัยนี้ติดตั้งใช้งานบนอาคารเรียนคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

1.6 สมมุติฐานของการวิจัย

1.6.1 ระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมที่พัฒนาขึ้นมีการบันทึกและบริหารจัดการข้อมูลเป็นระบบกว่าเครื่องมือมาตรฐานที่ใช้งานโดยทั่วไป

1.6.2 ระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสูงสามารถเข้าถึงข้อมูลและนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายกว่าเครื่องมือมาตรฐานโดยทั่วไป

1.7 คำจำกัดความของการวิจัย

1.7.1 พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy) หมายถึง พลังงานที่เกิดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ของดวงอาทิตย์ แล้วส่งกระจายพลังงานมายังโลกในรูปคลื่นรังสี (Solar Radiation) ซึ่งมีค่าพลังงานประมาณ 1368 วัตต์ต่อตารางเมตรเมื่อเข้ามาสู่ชั้นบรรยากาศของโลกจะลดลงเหลือประมาณ 70 % หรือ เหลือค่าพลังงานประมาณ 958-1000 วัตต์ต่อตารางเมตร

1.7.2 รังสีดวงอาทิตย์ (Solar Radiation) หมายถึง ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นหนึ่งหน่วยเนื้อบรรยากาศโลก

1.7.3 รังสีตรง (Beam or Direction) หมายถึง รังสีที่มาจากดวงอาทิตย์โดยตรงและตกลงบนผิวรับแสง มีทิศทางแน่นอนที่เวลาหนึ่งเวลาใด ทิศทางของรังสีตรงอยู่ในแนวลำแสงอาทิตย์

1.7.4 รังสีกระจาย (Diffuse Radiation) หมายถึง รังสีอาทิตย์ส่วนที่ถูกสะท้อนจากบรรยากาศของโลกและวัตถุต่างๆที่อยู่ในทางเดินของแสงก่อนตกกระทบพื้นผิวรับแสง รังสีกระจายนี้มาจากทุกทิศทางทุกทางของท้องฟ้า

1.7.5 รังสีรวม (Total or Global Radiation) หมายถึง ผลรวมของรังสีตรงและรังสีกระจายที่ตกกระทบผิวรับแสง ในกรณีที่ผิวรับแสงเป็นพื้นเอียงรังสีรวมจะประกอบด้วยรังสีตรงจากท้องฟ้า รังสีกระจายจากท้องฟ้าและผิวโลก เรียกรังสีรวมนี้ว่า Total Radiation สำหรับกรณีที่ผิวรับแสงเป็นพื้นราบ รังสีรวมจะมาจากครึ่งทรงกลมท้องฟ้าไม่มีส่วนมาจากผิวโลก เรียกรังสีรวมในกรณีนี้ว่า Global Radiation

1.7.6 ความเร็วลม (Wind speed) หมายถึง อัตราของการเคลื่อนที่ของสภาวะอากาศที่ผ่านจุดกำหนด

1.7.7 พลังงานลม (Wind Energy) หมายถึง มวลของอากาศซึ่งเคลื่อนที่ไปบนผิวโลกตามแนวแกน ในทุกทิศทางด้วยความเร็วต่าง ๆ กัน

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.8.1 เพื่อเป็นแหล่งศึกษาเรียนรู้เทคโนโลยี เพื่อการวิจัยพัฒนาสำหรับนักเรียนนักศึกษา และประชาชนชุมชนที่สนใจ

1.8.2 เพื่อเป็นการกระตุ้นให้เห็นถึงความสำคัญของพลังงานทดแทนที่ได้จากแสงอาทิตย์ จากลม และส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานทดแทนอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อพัฒนาประเทศไปสู่การพึ่งพาตนเองต่อไป

1.8.3 เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงให้กับผู้ที่สนใจศึกษา และพัฒนาในการสร้างระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์และกังหันลมต่อไป

1.8.3 ผลการตรวจวัดสามารถนำไปใช้ประโยชน์โดยตรงในด้านการออกแบบ และใช้งาน อุปกรณ์พลังงานแทนชนิดต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม

1.8.4 ข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมจากเครือข่ายอินเทอร์เน็ต สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการอนุรักษ์พลังงานและการพัฒนาวิจัยการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

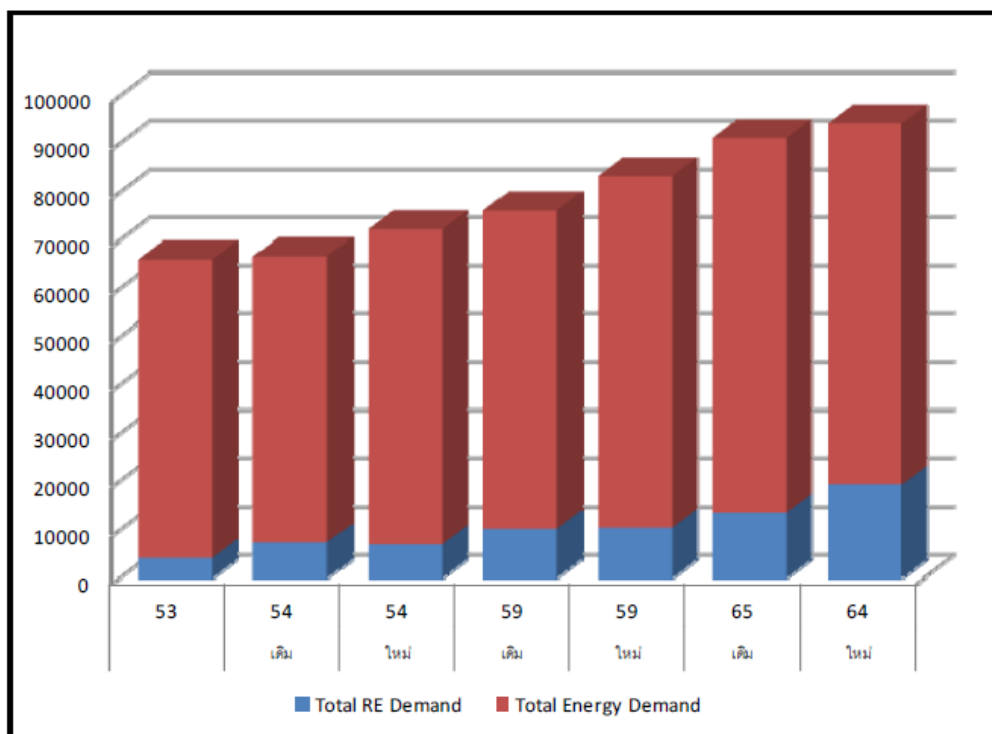
บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้เป็นการรวบรวมข้อมูลของกรอบการพัฒนา ยุทธศาสตร์ และเป้าหมายการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี ความรู้เกี่ยวกับรังสีดวงอาทิตย์ รังสีดวงอาทิตย์บนพื้นโลก ปริมาณรังสีอาทิตย์ในประเทศไทย การวัดการแผ่รังสีจากแสงอาทิตย์ พลังงานลม เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับงานวิจัย ตลอดจนโปรแกรมซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับสร้างเวปเพจ ซึ่งจะมีประโยชน์เพื่อสามารถสร้างระบบแสดงค่าพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมได้แบบเวลาปัจจุบันผ่านเว็บไซต์

2.1 กรอบการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี

จากกรอบการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี กระทรวงพลังงานได้พยากรณ์ความต้องการพลังงานในอนาคตของประเทศ โดยในปี 2564 คาดว่าจะมีความต้องการ 99,838 ktoe จากปัจจุบัน 71,728 ktoe โดยแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2553-2573 และแผนการพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2555-2564 ได้กำหนดให้มีสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นจาก 7,413 ktoe ในปี 2555 เป็น 25,000 ktoe ในปี 2564 หรือคิดเป็น 25% ของการใช้พลังงานรวมทั้งหมด



รูปที่ 2.1 กรอบการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี

2.2 สารสำคัญแผนการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี

1) เพื่อให้ประเทศไทยสามารถพัฒนาพลังงานทดแทนให้เป็นหนึ่งในพลังงานหลักของประเทศ ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลและและการนำเข้าน้ำมันได้อย่างยั่งยืนในอนาคต โดยในแผนนี้จะไม่รวมเป้าหมายการพัฒนาก๊าซธรรมชาติในภาคขนส่ง (NGV)

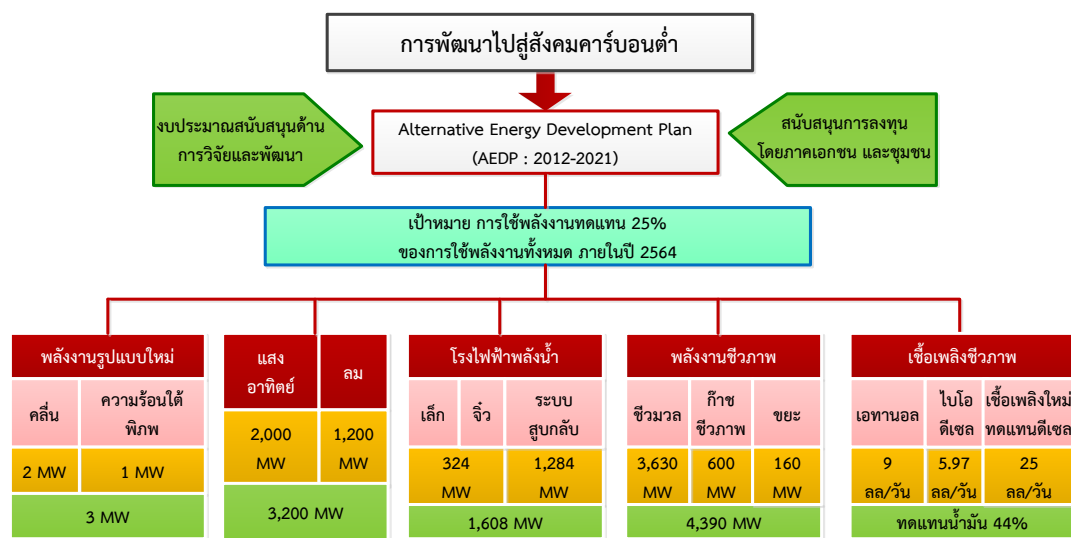
2) เพื่อเสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศ

3) เพื่อเสริมสร้างการใช้พลังงานทดแทนในระดับชุมชนในรูปแบบชุมชนสีเขียวแบบครบวงจร

4) เพื่อสนับสนุนอุตสาหกรรมการผลิตเทคโนโลยีพลังงานทดแทนในประเทศ

5) เพื่อวิจัยพัฒนาส่งเสริมเทคโนโลยีพลังงานทดแทนของไทยให้สามารถแข่งขันในตลาด

สากล



รูปที่ 2.2 เป้าหมายของการใช้พลังงานทดแทน 25% ของการใช้พลังงานทั้งหมด ภายในปี 2564

2.3 ยุทธศาสตร์การส่งเสริมการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี

กระทรวงพลังงานได้กำหนดยุทธศาสตร์ ในการจัดทำ Roadmap เพื่อส่งเสริมการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ.2555-2564) หรือ AEDP (2012-2021) โดยได้มีการกำหนดยุทธศาสตร์ส่งเสริมการพัฒนาพลังงานทดแทนตามแผน AEDP ใน 6 ประเด็นดังนี้

- 1) การส่งเสริมให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการผลิตและการใช้พลังงานทดแทนอย่างกว้างขวาง
- 2) การปรับมาตรการจูงใจสำหรับการลงทุนจากภาคเอกชนให้เหมาะสมกับสถานการณ์
- 3) การแก้ไขกฎหมาย และกฎระเบียบที่ยังไม่เอื้อต่อการพัฒนาพลังงานทดแทน
- 4) การปรับปรุงระบบโครงสร้างพื้นฐาน เช่น ระบบสายส่ง สายจำหน่ายไฟฟ้ารวมทั้งการพัฒนาสู่ระบบ Smart Grid
- 5) การประชาสัมพันธ์ และสร้างความรู้ความเข้าใจต่อประชาชน
- 6) การส่งเสริมให้งานวิจัยเป็นเครื่องมือในการพัฒนาอุตสาหกรรมพลังงานทดแทนแบบครบวงจร

โดยมีค่าเป้าหมายตามแผนการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปีของการใช้พลังงานทั้งหมด แสดงดังตารางที่ 2.1 และเป้าหมายกำลังการผลิตติดตั้งไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนเพื่อการขับเคลื่อนและติดตาม แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 ตารางค่าเป้าหมายปริมาณการใช้พลังงานทดแทน ตาม AEDP

ประเภท	หน่วย	เป้าหมายเดิม	เป้าหมายใหม่	
ไฟฟ้า		KTOE	KTOE	ล้านหน่วย
1. พลังงานลม		89	134	1,283
2. พลังงานแสงอาทิตย์		56	224	2,484
3. ไฟฟ้าพลังน้ำ		85	756	5,604
4. พลังงานชีวมวล		1,933	1,896	14,008
5. ก๊าซชีวภาพ		54	270	1,050
6. พลังงานจากขยะ		72	72	518
7. พลังงานรูปแบบใหม่		1(ไฮโดรเจน)	0.86	10
รวม		2,290	3,352.86	24,956
สัดส่วนทดแทนไฟฟ้า	%	6%	10.10%	
ความร้อน				
ประเภท	หน่วย	เป้าหมายเดิม	เป้าหมายใหม่	
1. พลังงานแสงอาทิตย์	KTOE	38	100	
2. พลังงานชีวมวล	KTOE	6,760	8,200	
3. ก๊าซชีวภาพ	KTOE	600	1,000	
3.1 ก๊าซชีวภาพ			797	
3.2 CBG (5% ของ NGV)			203	
4. พลังงานจากขยะ	KTOE	35	35	
รวม	KTOE	7,433	9,335	
เชื้อเพลิงชีวภาพ				
1. เอทานอล	ลล/วัน	9	9	
2. ไบโอดีเซล	ลล/วัน	4.5	5.97	
3. เชื้อเพลิงใหม่ทดแทนดีเซล	ลล/วัน		25	
รวม	ลล/วัน	13.5	39.97	
สัดส่วนทดแทนน้ำมัน		14%	44%	
สัดส่วนพลังงานทดแทนต่อการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายของประเทศ		12% (ไม่รวม NGV)	25%	

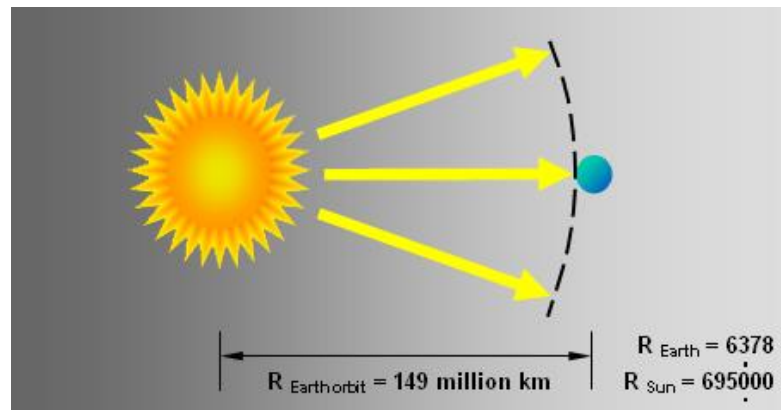
ตารางที่ 2.2 เป้าหมายกำลังการผลิตติดตั้งไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนเพื่อการขับเคลื่อนและติดตาม

ประเภท	เป้าหมายปริมาณการผลิตไฟฟ้าในปี 2564	กำลังผลิตติดตั้งสะสมในปี 2564
	ล้านหน่วย : GW-hr	MW
1. พลังงานลม	1,283	1,200
2. พลังงานแสงอาทิตย์	2,484	2,000
3. ไฟฟ้าพลังน้ำ	5,604	1,608
		EGAT Pump storage 1,284 MW
		Small-Hydro 324 MW
4. พลังงานชีวมวล	14,008	3,630
5. ก๊าซชีวภาพ	1,050	600
6. พลังงานจากขยะ	518	160
7. พลังงานรูปแบบใหม่	10	3
		ความร้อนใต้พิภพ 1 MW
		คลื่นหรือกระแสน้ำ 2 MW
รวม	24,956 ล้านหน่วย	9,201 MW

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่ากระทรวงพลังงานได้กำหนดแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้มีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนที่เป็นพลังงานสะอาดมาใช้ทดแทนแหล่งพลังงานสิ้นเปลือง โดยผลักดันการลงทุนทั้งภาคเอกชนและชุมชนให้มีส่วนร่วมในการผลิตและใช้พลังงานทดแทนอย่างกว้างขวางโดยนำศักยภาพพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกต่าง ๆ ในชุมชนมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยเฉพาะการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานธรรมชาติ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมที่ไม่มีวันหมดสิ้น

2.4 ความรู้เกี่ยวกับรังสีดวงอาทิตย์

ความเข้มการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนแปลงตามจุดศูนย์กลางของพื้นผิวของดวงอาทิตย์ พลักซ์การกระจายแสงจะขยายตัวออกมากกว่าพื้นที่ผิวของทรงกลมดวงอาทิตย์ ซึ่งมันจะมีค่าลดลงตามระยะทางยกกำลังสองจากดวงอาทิตย์ ระยะทางระหว่างดวงอาทิตย์และโลกมีระยะไกล ลำแสงการแผ่รังสีที่ได้รับบนโลกคือส่วนที่ขนานกับผิวโลกทั้งหมด การวัดค่าฟลักซ์การแผ่รังสีที่ตกกระทบบนชั้นบรรยากาศภายนอกโลกจะมีค่าคงที่ ซึ่งเรียกว่า Solar Constant มีค่าเท่ากับ 1367 W/m^2 ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของพลังงานที่ได้รับที่ชั้นบรรยากาศภายนอกโลก โดยระยะทางนั้นเป็นระยะทางเฉลี่ยจากวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ ซึ่งจะมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย จากการเปลี่ยนแปลงของระยะทางของวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์กับโลกในระหว่างปี ค่าโดยประมาณของ Solar Constant สามารถพิสูจน์ได้โดยใช้หลักการคือ ให้ดวงอาทิตย์เปรียบเสมือนวัตถุดำ ด้วยเหตุนี้การเปลี่ยนแปลงพลังงานของฟลักซ์การแผ่รังสีที่ผ่านบนพื้นผิวภายนอกของทรงกลมจะเกี่ยวข้องกันกับดวงอาทิตย์ โดยฟลักซ์นี้จะผ่านพื้นผิวของระยะรัศมีเฉลี่ยระหว่างดวงอาทิตย์กับโลก ความเข้มของฟลักซ์ที่ความยาวนี้คือค่า Solar Constant ความสัมพันธ์ของดวงอาทิตย์กับโลกเป็นดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ของดวงอาทิตย์กับโลก

จากรูปที่ 2.3 ได้ความสัมพันธ์คือ

ฟลักซ์การแผ่รังสีที่ผิวดวงอาทิตย์ = ฟลักซ์การแผ่รังสีที่วงโคจรโลก

ดังนั้นจะได้ว่า

$$\dot{q}_{\text{Sun, surface}} \cdot A_{\text{Sun, surface}} = S_o \cdot A_{\text{Earth, orbit}} \quad (2.1)$$

เมื่อ $\dot{q}_{\text{Sun, surface}}$ = รังสีที่ผิวดวงอาทิตย์ [W/m^2]

$$\begin{aligned}
 S_o &= \text{Solar Constant [W/m}^2\text{]} \\
 A_{\text{Sun,surface}} &= \text{พื้นที่ผิวของดวงอาทิตย์ [m}^2\text{]} \\
 A_{\text{Earth,orbit}} &= \text{พื้นที่ผิวของทรงกลมที่วงโคจรของโลก [m}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

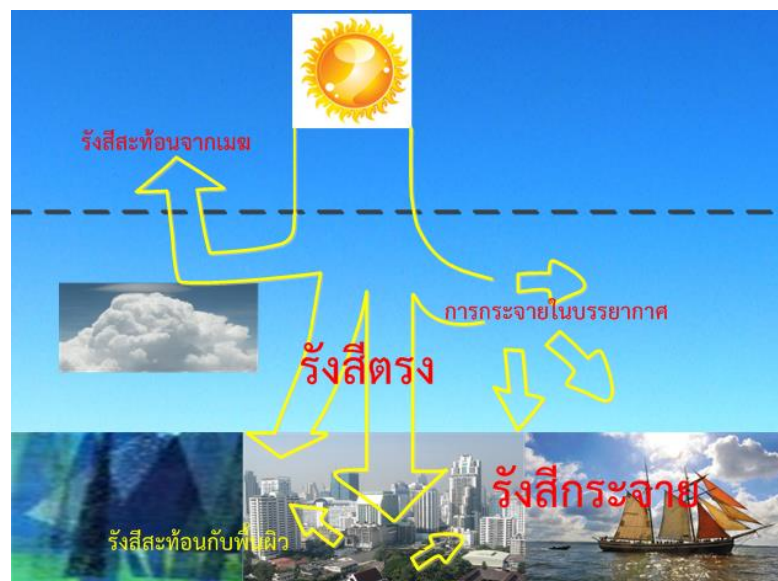
เพราะฉะนั้น

$$\begin{aligned}
 S_o &= \dot{q}_{\text{Sun,surface}} \cdot \frac{A_{\text{Sun,surface}}}{A_{\text{Earth,orbit}}} \\
 &= \sigma \cdot T_{\text{Sun,surface}}^4 \cdot \frac{4\pi(R_{\text{Sun}})^2}{4\pi(R_{\text{Earth,orbit}})^2} \\
 &= 5.67 \times 10^{-8} \cdot (5762)^4 \cdot \left(\frac{695 \times 10^6}{149 \times 10^9} \right)^2 \\
 &= 1360 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

เนื่องจากรัศมีโคจรของโลกมีค่าไม่คงที่ จะทำให้ค่า S_o เปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในหนึ่งปี ($1300 \text{ W/m}^2 < 1390 \text{ W/m}^2$)

2.5 รังสีดวงอาทิตย์บนพื้นโลก

รังสีดวงอาทิตย์บนพื้นโลกได้ผ่านกระบวนการดูดกลืนและการแผ่รังสีดวงอาทิตย์โดยก๊าซในบรรยากาศเป็นผลให้สเปกตรัมแสงอาทิตย์เปลี่ยนไป ซึ่งโมเลกุลของก๊าซ ฝุ่นละอองและเมฆ ทำให้รังสีกระจัดกระจาย (Scatter) และสะท้อน (Reflect) ในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ผลกระทบต่างๆ ต่อรังสีอาทิตย์ในบรรยากาศโลก

แสดงผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงรังสีอาทิตย์เมื่อเข้าสู่บรรยากาศโลกและพื้นโลก เมื่อเทียบกับรังสีเหนือบรรยากาศเกิดการเปลี่ยนแปลงดังนี้ ความเข้มรังสีรวม ความเข้มรังสีที่ความยาวคลื่นใดๆ องค์ประกอบของสเปกตรัมและทิศทาง ประเภทของรังสีดวงอาทิตย์ที่ควรทราบ ประกอบด้วย

1) รังสีตรง (Beam or Direct Radiation) เป็นรังสีที่มาจากดวงอาทิตย์โดยตรง และตกบนผิวรับแสงด้วยทิศทางที่แน่นอน ณ เวลาหนึ่งเวลาใด ซึ่งทิศของรังสีตรงอยู่ในแนวลำแสงอาทิตย์ เนื่องจากรังสีตรงมีทิศทางแน่นอนและมีลำแสงขนานจึงสามารถรวมแสงหรือโฟกัสรังสีตรงได้

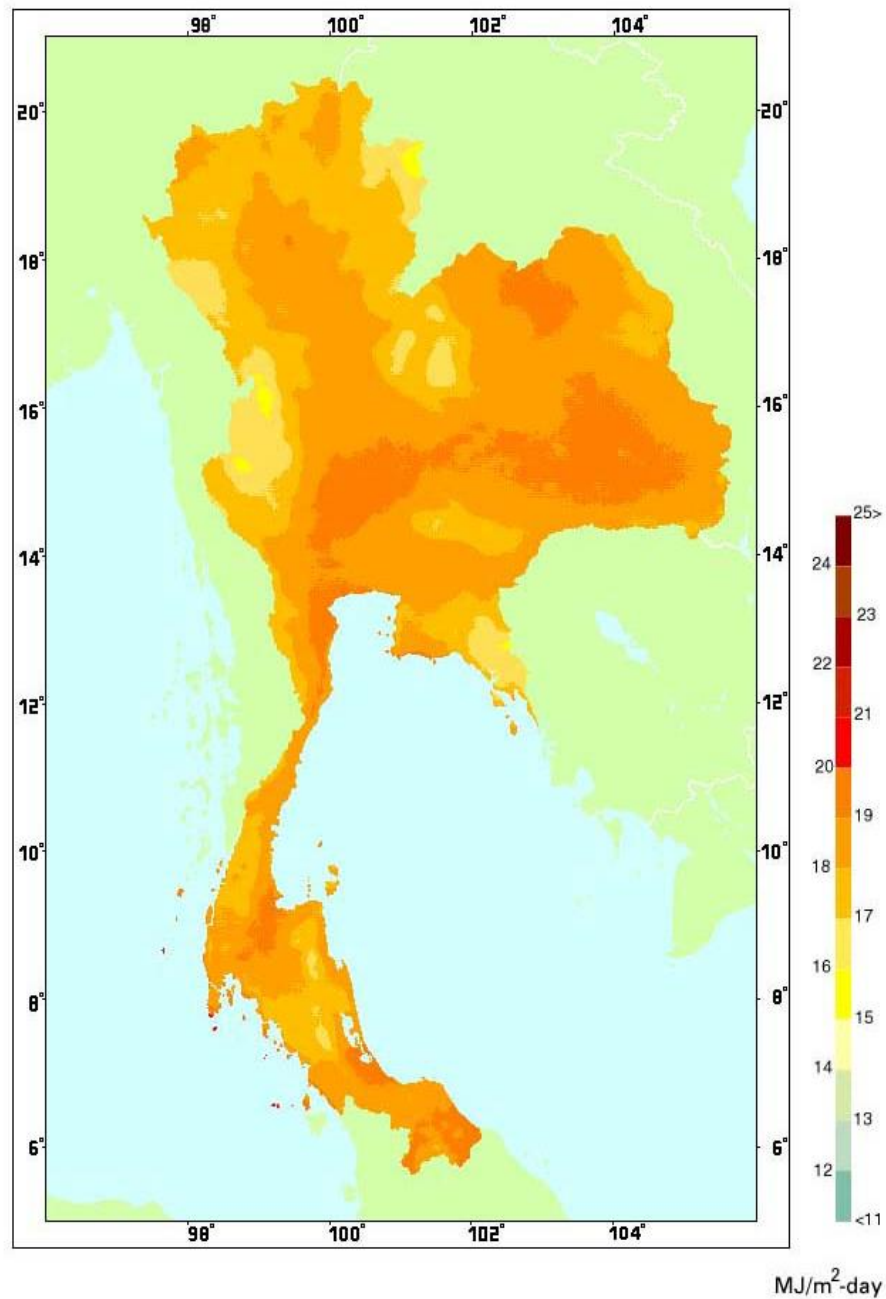
2) รังสีกระจาย (Diffuse Radiation) เป็นรังสีอาทิตย์ส่วนที่ถูกสะท้อนและกระจายโดยก๊าซและฝุ่นละอองรวมถึงวัตถุต่างๆ ที่อยู่ในทางเดินของแสงก่อนตกกระทบผิวรับแสง รังสีกระจายนี้มาจากทุกทิศทางในท้องฟ้าจึงไม่สามารถรวมแสงหรือโฟกัสรังสีกระจายได้

3) รังสีรวม (Total หรือ Global Radiation) เป็นผลรวมรังสีตรงและรังสีกระจาย ซึ่งจำกัดเฉพาะคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเฉพาะคลื่นสั้น (ไม่เกิน 4 ไมโครเมตร) มีรวมพลังงานคลื่นยาวจากการแผ่รังสีของพื้นโลกและบรรยากาศ โดยกรณีพื้นรับแสงเป็นพื้นเอียง (Incline Plant) รังสีรวมจะประกอบด้วยรังสีตรงจากท้องฟ้า รังสีกระจายจากท้องฟ้าและรังสีกระจายจากพื้นโลก อาคารบ้านเรือน ซึ่งเกิดจากส่วนที่สะท้อนกลับจากพื้นโลก ในกรณีนี้เรียกว่า Total Radiation แต่กรณีผิวรับแสงเป็นพื้นแนวราบ Horizontal Plant รังสีรวมบนพื้นราบประกอบด้วยรังสีตรงและรังสีกระจายที่มาจากครึ่งทรงกลมท้องฟ้า ไม่มีรังสีกระจายที่มาจากโลก เรียกรังสีรวมบนพื้นแนวราบว่า Global Radiation

การเปลี่ยนแปลงของรังสีรวม รังสีตรงและรังสีกระจาย ในวันที่มีฟ้ากระจ่างและวันที่มีเมฆ เนื่องจากปริมาณเมฆ ฝุ่นละออง และหมอกควันมีแตกต่างกันตามฤดูกาล ดังนั้นปริมาณรังสีรวม รังสีตรงและรังสีกระจาย จะเปลี่ยนแปลงไปตลอดทั้งปี สำหรับประเทศไทย ฤดูแล้งมีค่ารังสีรวมและรังสีตรงสูงเพราะท้องฟ้าโปร่ง แต่ฤดูฝนจะมีรังสีส่วนมากเป็นรังสีกระจายและรังสีรวมน้อย

2.6 ปริมาณรังสีอาทิตย์ในประเทศไทย

จากแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย (พ.ศ. 2542) โดยกรมพัฒนา และส่งเสริมพลังงานและคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร พบว่าการกระจายของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ตามบริเวณต่างๆ เฉลี่ยตลอดปี เป็นดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดปี



รูปที่ 2.6 การเปรียบเทียบความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีที่ประเทศต่างๆ

จากรูปที่ 2.5 จะเห็นว่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ในประเทศไทยมีการเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่และเวลาในรอบปีซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้ จะเห็นว่าบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุด ($19-20 \text{ MJ/m}^2\text{-day}$) จะอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในบริเวณจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ ขอนแก่น มหาสารคาม บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ ร้อยเอ็ด ยโสธร และอุบลราชธานี เนื่องจากเป็นบริเวณที่ราบสูงค่อนข้างแห้งแล้งมีการก่อดวงของเมฆน้อยจึงทำให้รังสีดวงอาทิตย์มีค่าสูง นอกจากนี้ยังมีพื้นที่ที่รับรังสีดวงอาทิตย์สูงอยู่ในบางส่วนของภาคกลางในบริเวณจังหวัดกำแพงเพชร พิจิตร ชัยนาท สิงห์บุรี อ่างทอง สุพรรณบุรี และกาญจนบุรี ทั้งนี้เพราะบริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่ราบลุ่ม ซึ่งมีการก่อดวงของเมฆน้อยกว่าบริเวณอื่น สำหรับภาคเหนือ ด้านตะวันตกของภาคกลาง และภาคใต้ รอยต่อระหว่างภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออกจะได้รับรังสีดวงอาทิตย์ค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้เพราะบริเวณดังกล่าวเป็นภูเขา และป่าไม้ ซึ่งมีการก่อดวงของเมฆและฝนมากกว่าบริเวณพื้นที่ราบ รังสีดวงอาทิตย์ในพื้นที่ดังกล่าวจึงมีค่าต่ำ กรณีของภาคใต้จะมีทั้งบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงและต่ำกระจายกันอยู่ซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลของลมมรสุมและลักษณะทางภูมิศาสตร์ของแต่ละพื้นที่ อย่างไรก็ตามเมื่อเฉลี่ยความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ทุกพื้นที่ตลอดทั้งปี พบว่ามีค่าเท่ากับ $18.0 \text{ MJ/m}^2\text{-day}$ ซึ่งถือว่ามีความค่อนข้างสูง ปัจจุบันสามารถทราบข้อมูลความเข้มแสงอาทิตย์ได้จากการตรวจวัดจากสถานีของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน จำนวน 38 สถานี ข้อมูลความเข้มแสงอาทิตย์ระหว่างปี พ.ศ. 2545-2553

2.7 การวัดการแผ่รังสีจากแสงอาทิตย์

การวัดการแผ่รังสี (Radiation instruments) ที่สำคัญมี 5 ชนิด ดังนี้

- 1) Pyrheliometer คือ เครื่องมือวัดเรดิเอชันจากดวงอาทิตย์ที่โลกได้รับโดยตรง
- 2) Pyrnometer คือ เครื่องมือวัดเรดิเอชันจากดวงอาทิตย์ที่โลกได้รับในครึ่งโลก
- 3) Pyrgeometer คือ เครื่องมือวัดเรดิเอชันของบรรยากาศแต่อย่างเดียว
- 4) Pyrradiometer คือ เครื่องมือวัดเรดิเอชันรวมของดวงอาทิตย์และโลก
- 5) Net Pyrradiometer คือ เครื่องมือวัดเรดิเอชันรวมทั้งจากดวงอาทิตย์โลก ผิวพื้น และบรรยากาศ ในที่นี้เราจะกล่าวถึงเฉพาะเครื่องมือวัดไพรานอมิเตอร์ (Pyranometer) ซึ่งจะใช้สำหรับการตรวจวัดในโครงการวิจัยนี้เท่านั้น

2.7.1 ไพรานอมิเตอร์ (Pyranometer)

การวัดค่าความเข้มแสงอาทิตย์สามารถวัดได้โดยใช้ไพรานอมิเตอร์ โดยมีหน่วยการวัดเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2) รังสีที่ส่องมาจากดวงอาทิตย์จะมาตกกระทบและกระจายกระจายอยู่บนเซนเซอร์ในกรอบแก้วของ Pyranometer นี้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา การวัดนี้เมื่อได้ค่ารังสีมาแล้วจะนำมาคำนวณตามหลักคณิตศาสตร์ขั้นสูงอย่างไรก็ตามหากขณะที่ทำการวัดนั้นมีเงามาบังบังเครื่องก็สามารถที่จะคำนวณอัตรารังสีจริง ได้โดยไม่มีความคลาดเคลื่อนใดๆ (หรือความคลาดเคลื่อนน้อยมาก) นั่นเอง สามารถแบ่ง ไพรานอมิเตอร์ ได้ 3 ชนิด คือ

1) ไพรานอมิเตอร์ ที่ใช้ Thermomechanical Sensor หรือแบบ Bimetallic ซึ่งมี sensor เป็นแถบโลหะ 2 แถบ โดยแถบหนึ่งเป็นสีขาว และอีกแถบหนึ่งเป็นสีดำ เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบแถบสีดำจะดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ และขยายตัวได้มากกว่าแถบสีขาว แรงที่เกิดจากการขยายตัวดังกล่าวจะไปขับเคลื่อนหัวปากกาให้บันทึกข้อมูลเป็นลายเส้นลงบนกระดาษกราฟ ซึ่งพันติดรอบกระบอกกลมที่มีการขับเคลื่อนด้วยระบบโซลาน หรือระบบนาฬิกาใช้แบตเตอรี่

2) ไพรานอมิเตอร์ ที่ใช้ Thermoelectric Sensor หรือแบบ Thermopile ซึ่งมี sensor ทำด้วยโลหะ 2 ชนิด ซึ่งเชื่อมปลายทั้งสองติดกันโดยปลายข้างหนึ่งทำหน้าที่เป็น hot junction และอีกข้างหนึ่งเป็น cold junction เมื่อ hot junction ถูกรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบจะทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของ junction ทั้งสอง และก่อให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า (electromotive force) ขึ้นในวงจรที่ประกอบด้วยโลหะทั้งสองจากแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นสามารถนำไปคำนวณหาความเข้มแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบได้

3) ไพรานอมิเตอร์ที่ใช้สารกึ่งตัวนำ เช่นสารซิลิกอน ในการสร้างที่เรียกว่า “สารซิลิกอนไพรานอมิเตอร์ (Silicon Pyranometer)” มีหลักการทำงานโดยการใช้สารซิลิกอนในการรับรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบจะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้น ไพรานอมิเตอร์จะเปลี่ยนแปลงปริมาณแรงดันไฟฟ้าตามความเข้มแสงที่ได้รับ

ซึ่งงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้ไพราโนมิเตอร์แบบ Thermoelectric Sensor ผลิตภัณฑ์ของ Kipp & Zonen เป็นเครื่องมือวัดรังสีรวมที่ประกอบด้วยเทอร์โมไพล์ (Thermopile) หลายชุดต่ออนุกรมกัน ตัวรับรังสีบรรจุอยู่ในโดมแก้วครึ่งทรงกลม ผู้วิจัยเลือกรุ่น SMP3 ซึ่งมีค่า Digital output maximum rang $-400-2000 \text{ W/m}^2$ และให้เอาต์พุตในย่าน $4-20 \text{ mA}$ ค่า SENSITIVITY $16.27 \mu\text{V/W/m}^2$ ค่า Operating temperature -40°C ถึง $+80^\circ\text{C}$ ค่า Supply voltage $5-30 \text{ VDC}$ ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ไพรานอมิเตอร์

การวัดรังสีกระจายในแนวราบสามารถทำได้โดยใช้ไพรานอมิเตอร์ชนิดเดียวกับที่ใช้วัดรังสีรวม แต่จะต้องมีอุปกรณ์ที่ใช้บังรังสีตรงไม่ให้รังสีตรงตกลงบนตัวรับรังสี อุปกรณ์บังรังสีตรงที่สำคัญมี 2 ชนิดคือ

- 1) จานเงา (Shading Disc)
- 2) แหวนเงา (Shading Ring)

2.8 พลังงานลม

พลังงานลม คือ มวลของอากาศซึ่งเคลื่อนที่ไปบนผิวโลกตามแนวแกน ในทุกทิศทางด้วยความเร็วต่าง ๆ กัน ซึ่งพลังงานลม เกิดจากอิทธิพลของดวงอาทิตย์ โดยที่ผิวโลกแต่ละส่วนได้รับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ไม่เท่ากัน จึงเป็นเหตุให้อากาศจากแหล่งที่มีอุณหภูมิสูงเกิดการลอยตัวสูงขึ้นและอากาศจากแหล่งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าไหลเข้ามาแทนที่ จึงทำให้อากาศเกิดการเคลื่อนที่ขึ้น ซึ่งเรียกว่า ลม

2.8.1 ลมสำคัญที่เกิดขึ้นในประเทศไทย

2.8.1.1 ลมมรสุม (Monsoon) เป็นลมที่พัดประจำฤดู เกิดขึ้นเฉพาะท้องถิ่นหนึ่งๆ มีบริเวณกว้างและเป็นลมที่พัดเป็นเวลาแน่นอนตลอดฤดูของทุกปี การเอียงของแกนโลกทำให้แสงจากดวงอาทิตย์ที่ตกลงมาตามตำแหน่งต่างๆ มีปริมาณต่างกัน ซึ่งทำให้อุณหภูมิในบริเวณต่างๆ เปลี่ยนไป และความกดอากาศก็เปลี่ยนไปด้วย จึงทำให้เกิดลมประจำ

ลมมรสุมแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1) ลมมรสุมฤดูร้อน เป็นลมที่พัดจากทะเลเข้าสู่พื้นดิน เกิดขึ้นในฤดูร้อน ลมมรสุมฤดูร้อนจะนำความชุ่มชื้นหรือฝนจากทะเลมาสู่แผ่นดิน ในทวีปเอเชีย เรียกว่า ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ โดยจะพัดอยู่ยาวนาน 6 เดือน ระหว่างเดือน เมษายน ถึง เดือน กันยายน

2) ลมมรสุมฤดูหนาว เป็นลมที่พัดจากใจกลางของทวีปที่มีความกดอากาศสูงไปสู่ทะเล หรือบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ เป็นลมที่นำความหนาวเย็นและความแห้งแล้งมา เรียกว่า ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ โดยจะพัดอยู่ยาวนาน 6 เดือน ระหว่างเดือน ตุลาคม ถึง เดือน มีนาคม

2.8.1.2 ลมประจำถิ่น เป็นลมที่เกิดขึ้นในท้องถิ่น สืบเนื่องจากอิทธิพลความเปลี่ยนแปลงของความกดอากาศและภูมิประเทศแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ดังนี้

1) ลมทะเลและลมบก เป็นลมประจำถิ่น ซึ่งเกิดขึ้นจากความแตกต่างของความกดอากาศระหว่างทะเลกับพื้นแผ่นดิน

ลมทะเล (Sea Breeze) ในเวลากลางวัน เมื่อพื้นดินได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์จะมีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นน้ำ อากาศเหนือพื้นดินที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจะขยายตัวลอยขึ้นสู่เบื้องบน (ความกดอากาศต่ำ) อากาศเหนือพื้นน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า (ความกดอากาศสูง) ก็จะไหลเข้ามาแทนที่ เกิดลมทะเลพัดเข้าหาชายฝั่ง เรียกว่า ลมทะเล

ลมบก (Land Breeze) ในเวลากลางคืน เมื่อพื้นดินคายความร้อนโดยการแผ่รังสีออกมาและจะคายความร้อนออกได้เร็วกว่าพื้นน้ำ ทำให้พื้นดินมีอุณหภูมิต่ำ (ความกดอากาศสูง) กว่าพื้นน้ำอากาศเหนือพื้นน้ำซึ่งร้อน (ความกดอากาศต่ำ) กว่าจึงลอยตัวขึ้นสู่เบื้องบน อากาศเหนือพื้นดินซึ่งเย็นกว่าจะไหลเข้ามาแทนที่ เกิดเป็นลมที่พัดจากฝั่งไปสู่ทะเล จึงเรียกว่า ลมบก

2) ลมภูเขาและลมภูเขา เป็นลมประจำท้องถิ่น อีกชนิดหนึ่งซึ่งเกิดขึ้นเองจากความแตกต่างของความกดของอากาศ

ลมหุบเขา (Valley Breeze) ในเวลากลางวัน อากาศตามไหล่เขาได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์เต็มที่มีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นที่ลาดหุบเขาจะขยายตัวและลอยขึ้นสู่เบื้องสูง (ความกดอากาศต่ำ) ส่วนอากาศที่อยู่หุบเขาเบื้องล่างที่มีอุณหภูมิต่ำ (ความกดอากาศสูง) กว่าไหล่เขาจะไหลเข้ามาแทนที่ ทำให้มีลมเย็นจากหุบเขาเบื้องล่างพัดไปตามลาดเขาขึ้นสู่เบื้องบน เรียกว่า ลมหุบเขา

ลมภูเขา (Mountain Breeze) ในเวลากลางคืน อากาศตามไหล่เขาและลาดเขาจะคายความร้อนออกได้อย่างรวดเร็วกว่าหุบเขาจึงมีอุณหภูมิต่ำ (ความกดดันสูง) อากาศตามหุบเขามีอุณหภูมิสูงกว่าจะขยายตัวและลอยตัวขึ้นสู่เบื้องบน (ความกดดันต่ำ) อากาศที่อยู่ตามลาดเขาที่มีอุณหภูมิต่ำ และหนักกว่าบริเวณใกล้เคียงจึงไหลเข้ามาแทนที่ ทำให้มีลมพัดตามลาดเขาลงสู่หุบเขาเบื้องล่าง เรียกว่า ลมภูเขา

ลมตะเภา เป็นลมท้องถิ่นในประเทศไทย โดยลมที่พัดมาจากทางทิศใต้ไปยังทิศเหนือ คือ พัดจากอ่าวไทยเข้าสู่ภาคกลางตอนล่าง ในเดือน กุมภาพันธ์ ถึง เดือนเมษายน ซึ่งเป็นช่วงที่ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจะเปลี่ยนเป็นลมตะวันตกเฉียงใต้ เป็นลมที่นำความชื้นมาสู่ภาคกลางตอนล่างในสมัยโบราณลมนี้จะพัดเรือสำเภาเข้ามาค้าขายให้แล่นไปตามแม่น้ำเจ้าพระยา

ลมว่าว เป็นลมที่พัดจากทางทิศเหนือไปยังทางทิศใต้ จะเกิดขึ้นในช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน เป็นลมเย็นที่พัดมาตามลำแม่น้ำเจ้าพระยา และพัดในช่วงที่ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะเปลี่ยนเป็น ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ หรือเรียกว่า ลมข้าวเบอกำลังออกรวง

ลมพื้นผิว เป็นลมที่พัดในบริเวณผิวพื้นโลกภายใต้ความสูงประมาณ 1 กิโลเมตรเหนือพื้นดินซึ่งเป็นบริเวณที่มีการคลุกเคล้าของอากาศ และมีแรงฝัดอันเกิดจากการปะทะกับสิ่งกีดขวางร่วมกระทำด้วย

2.8.2 การหาค่ากำลังของลม

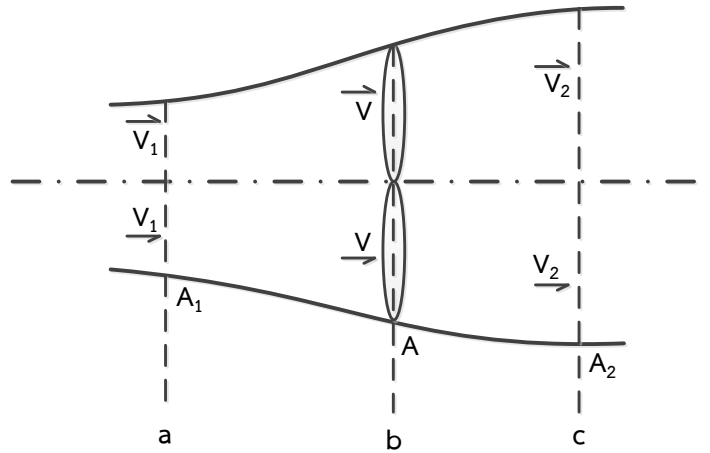
การใช้ประโยชน์พลังงานลมโดยทั่ว ๆ ไปเพื่อวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการ กล่าวคือ การสูบน้ำ และการผลิตไฟฟ้า การที่จะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ที่เปลี่ยนรูปพลังงานจลน์ของกระแสลมให้อยู่ในรูปของพลังงานกล อุปกรณ์ดังกล่าวนี้เรียกว่า กังหันลม พิจารณากระแสลมที่มีความหนาแน่นและความเร็วลม V พัดผ่านพื้นที่หน้าตัด A ในช่วงหนึ่งหน่วยเวลา จะมีกำลังลม P_1 ที่ได้จากพลังงานจลน์ ดังนี้

$$P_1 = \frac{1}{2} \cdot (\rho A V) \cdot V^2 = \frac{1}{2} \cdot \rho A V^3$$

กังหันลมจะทำหน้าที่สกัดกำลังงานที่มีอยู่ในกระแสลมมาใช้ประโยชน์ได้เพียงบางส่วนเท่านั้น กำหนดให้ C_p เป็นสัมประสิทธิ์กำลังงาน (Power Coefficient) ซึ่ง C_p จะเป็นตัวบ่งชี้สัดส่วนของกำลังงานที่กังหันจะสามารถสกัดได้จากกระแสลม ถ้า P แทนกำลังงานที่ได้จากกังหันลม ดังนั้น

$$P = C_p \cdot P_1 = \frac{1}{2} \cdot C_p \rho A V^3$$

พิจารณากังหันลมที่มีพื้นที่หน้าตัดรับลม A ตั้งรับกระแสลมซึ่งมีความเร็วลม V_1 ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แสดงการไหลของลม

ณ พื้นที่หน้าตัด A_1 , A และ A_2 ของตำแหน่ง a, b, และ c มีค่าความเร็วลม V_1 , V และ V_2 ตามลำดับ สามารถเขียนความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ต่อเนื่อง (Continuity Equations) ได้ดังนี้

$$A_1 V_1 = AV = A_2 V_2$$

การเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ของกระแสลม ณ หน่วยเวลา t

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho AV (V_1^2 - V_2^2) \quad (2.2)$$

และปริมาณการเปลี่ยนแปลงของกระแสลมที่มีต่อกังหัน โดยแรง F

$$F = \rho AV (V_1 - V_2)$$

คิดเป็นกำลังงาน

$$P = FV = \rho AV V^2 (V_1 - V_2) \quad (2.3)$$

ดังนั้น

$$\rho AV^2 (V_1 - V_2) = \frac{1}{2} \cdot \rho AV (V_1^2 - V_2^2)$$

และ

$$V = \frac{1}{2} (V_1 - V_2)$$

Betz Coefficient Betz เสนอแนวทางการหาค่าสูงสุดของการสกัดกำลังงานจากกระแสลมให้ได้สูงสุด โดยพิจารณาได้จากความสัมพันธ์ของความเร็วลม V_1 และ V_2 ถ้ากำหนดให้ $V_2 = d \cdot V_1$ แทนค่าลงในสมการที่ (2.2)

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho A \left\{ \frac{1}{2} \cdot (V_1 + dV_1) \right\} (V_1^2 - d^2 V_1^2)$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \rho A V_1^3 (1 + d)(1 - d^2)$$

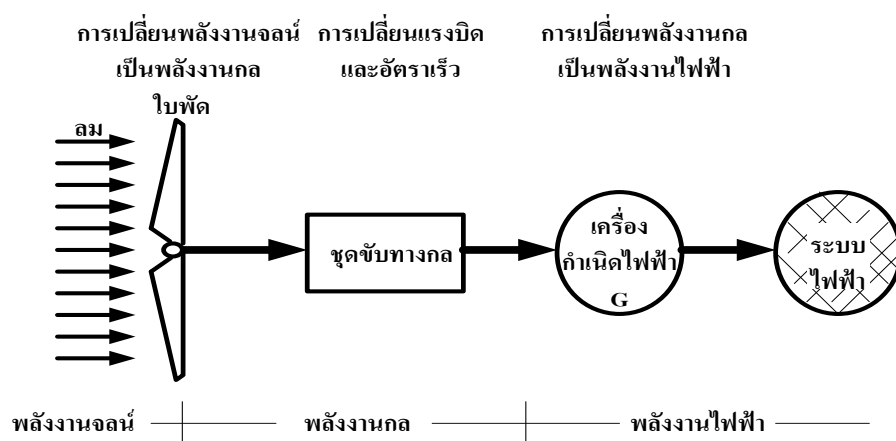
ค่า P มีค่าสูงสุดเมื่อ $\partial P / \partial d = 0$ และ ณ จุดนี้พบว่า $d = \frac{1}{3}$

ดังนั้น $P_{\max} = \frac{1}{4} \cdot \rho A V_1^3 (1 + \frac{1}{3})(1 - \frac{1}{9})$

หรือ $= \frac{1}{2} \cdot (\frac{16}{27}) \rho A V_1^3$

ค่า $(\frac{16}{27})$ ก็คือค่าสัมประสิทธิ์กำลังงานสูงสุด $C_{p\max}$ เรียกว่า Betz Coefficient

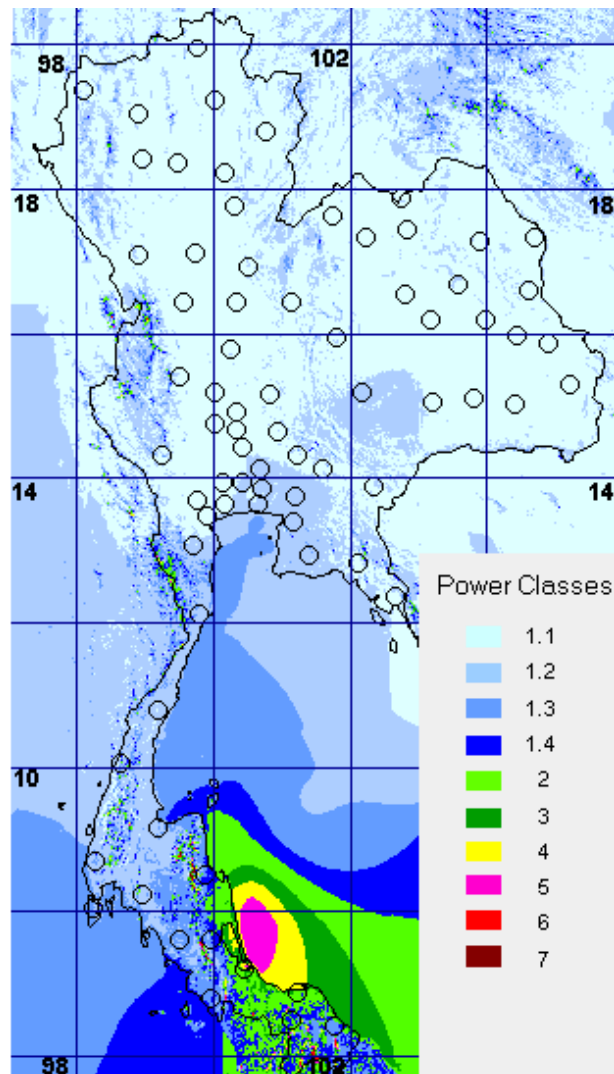
จากพื้นฐานดังกล่าวสามารถอธิบายการเปลี่ยนรูปพลังงานของกังหันลมผลิตไฟฟ้าได้ดังนี้คือ พลังงานลมซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่ของมวลอากาศที่ความเร็วค่าหนึ่ง (พลังงานจลน์) เปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานทางกลด้วยแรงบิดและความเร็วรอบของแกนหมุนกังหัน (Torque and Speed Conversion) พลังงานกลจากแกนหมุนของกังหันถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งเชื่อมต่ออยู่กับแกนหมุนของกังหันลม ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 การเปลี่ยนรูปพลังงานในระบบกังหันลมผลิตไฟฟ้า

2.8.3 แผนที่ศักยภาพพลังงานลมในประเทศไทย

กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (ขณะนั้นยังเป็นกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน) ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานจัดทำแผนที่ ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย โครงการนี้ซึ่งอยู่ภายใต้การจัดการของบริษัท เฟลโลว์ เอ็นจิเนียร์ส คอนซัลแตนท์ จำกัด (Fellow Engineers Consultants Co.,Ltd.) ผู้รับผิดชอบจัดทำแผนที่ศักยภาพพลังงานลมด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ได้ดำเนินการจัดทำแผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย ตัวอย่างแผนที่แสดงในรูปที่ 9 การดำเนินการวิเคราะห์ พบว่า แหล่งศักยภาพพลังงานลมที่ดีของประเทศไทยมีกำลังลมเฉลี่ยทั้งปีอยู่ในระดับ 3 (Class 3) ซึ่งให้ความเร็วลม 6.4 เมตร/วินาที ขึ้นไปที่ความสูง 50 เมตร อยู่ทีภาคใต้บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก ตั้งแต่จังหวัดนครศรีธรรมราช สงขลา และปัตตานี และที่อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเกิดจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงปลายเดือน มีนาคม



		THAILAND WIND POWER CLASSES										
Elevation		1.1	1.2	1.3	1.4	2	3	4	5	6	7	
10 m	m/s	0	2.8	3.6	4.0	4.4	5.1	5.6	6.0	6.4	7.0	9.4
	W/m ²	0	25	50	75	100	150	200	250	300	400	1,000
30 m	m/s	0	3.3	4.1	4.7	5.2	5.9	6.5	7.0	7.4	8.2	11.0
	W/m ²	0	40	80	120	160	240	320	400	480	640	1,600
50 m	m/s	0	3.6	4.4	5.1	5.6	6.4	7.0	7.5	8.0	8.8	11.9
	W/m ²	0	50	100	150	200	300	400	500	600	800	2,000

รูปที่ 2.10 แผนที่ศักยภาพพลังงานลมช่วงลมสงบ – เฉลี่ยรายปี

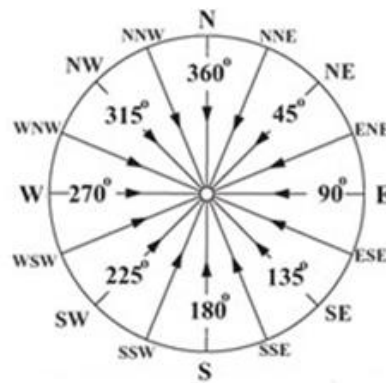
อย่างไรก็ตามข้อมูลที่ได้จากโครงการนี้เป็นเพียงข้อมูลนำร่องเท่านั้น การตัดสินใจติดตั้งกังหันลมอย่างจริงจังควรมีการเก็บข้อมูลใหม่อีกครั้ง เนื่องจากข้อมูลที่เก็บได้ส่วนใหญ่เป็นการเก็บข้อมูลทุก 3 ชั่วโมงอาจไม่เพียงพอต่อการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทุนในการติดตั้งกังหันลม

2.9 อุปกรณ์วัดลมและทิศทางลม

2.9.1 อุปกรณ์วัดทิศทางลม (Wind Vane)

อุปกรณ์วัดทิศทางลม (Wind Vane) ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

- 1) เครื่องวัดทิศทางลม มีรูปร่างคล้ายเหมือนลูกศร กระแสลมปะทะเข้ากับแผ่นหางเสือที่ปลายลูกศร ทำให้หัวลูกศรชี้เข้าหาทิศทางที่กระแสลมพัดมาตลอดเวลา
- 2) แป้นบอกทิศทาง ทำหน้าที่เสมือนหน้าปัด มีอักษรบอกทิศทางหลักสี่ทิศ คือ ทิศเหนือ (N) ทิศตะวันออก (E) ทิศใต้ (S) และทิศตะวันตก (W) สำหรับแป้นบอกทิศทางชนิดละเอียด จะมีแบ่งหน้าปัดแบ่งทิศออกเป็น 360 องศา โดยมีจุดเริ่มต้นเป็นทิศเหนือ แล้วนับมุมตามเข็มนาฬิกาไปทางขวา ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 หน้าปัดแสดงทิศทางลม



รูปที่ 2.12 เครื่องวัดทิศทางลม

2.9.2 อุปกรณ์วัดความเร็วลม (Anemometer)

อุปกรณ์วัดความเร็วลม (Anemometer) มีรูปร่างเหมือนใบพัดเครื่องบิน หรือกรวยดักลม มีหลักการทำงานเหมือนเช่นเดียวกับเครื่องวัดความเร็วในรถยนต์ เมื่อกระแสลมพัดมาปะทะใบพัด (กรวยดักลม) จะทำให้แกนหมุนและส่งสัญญาณจำนวนรอบมาให้เครื่องคำนวณเป็นค่าความเร็วลมอีกทีหนึ่ง โดยมีหน่วยวัดเป็นเมตรต่อวินาที



รูปที่ 2.13 เครื่องวัดความเร็วลม

2.10 ไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F2010/4011

ไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F2010/4011 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล dsPIC30F ซึ่งเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น 28 Pin เบอร์ dsPIC30F2010 หรือ รุ่น 40 Pin เบอร์ dsPIC30F4011 ของ Microchips เป็น MCU ประจำบอร์ด โดย dsPIC30F2010/4011 เป็น MCU ซึ่งใช้การประมวลผลข้อมูลแบบ 16 บิต จากค่าย Microchips ซึ่งมีจุดเด่นในด้านของความสามารถในการประมวลผลข้อมูลสัญญาณแบบดิจิทัลเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในงานควบคุมต่างๆ โดยโครงสร้างภายในจะเป็นการผสมผสานระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) และวงจร DSP (Digital Signal Processing) รวมเข้าไว้ด้วยกัน หรืออาจเรียก MCU ตระกูล dsPIC30F ว่าเป็น DSC หรือ Digital Signal Controller ก็ได้

โดยโครงสร้างของบอร์ด ET-BASE dsPIC30F2010/4011 ได้รับการออกแบบให้บอร์ดมีขนาดเล็กเหมาะต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานเป็นหลัก โดยภายในบอร์ดได้บรรจุเอาวงจรที่จำเป็นต่อการใช้งาน และสะดวกต่อการพัฒนาโปรแกรม มีความยืดหยุ่น สามารถปรับเปลี่ยนสัญญาณ I/O เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานในลักษณะต่างๆ ให้สอดคล้องและเหมาะสมกับความต้องการใช้งานได้ในหลายๆ ลักษณะตามต้องการ

2.10.1 คุณสมบัติของบอร์ด

1) ใช้ MCU ตระกูล dsPIC30F2010 หรือ dsPIC30F4011 ของ Microchips เป็น MCU ประจําบอร์ด โดยคุณสมบัติเด่นๆของ MCU ได้แก่

1.1 มีหน่วยความจำ Flash 12Kbyte(dsPIC20F2010) หรือ 48Kbyte (dsPIC30F4011)

1.2 มีหน่วยความจำ RAM ขนาด 512Byte (dsPIC30F2010) หรือ 2 Kbyte (dsPIC30F4011)

1.3 มีหน่วยความจำ EEPROM ขนาด 1KByte สำหรับเก็บข้อมูลใช้งาน

1.4 มีพอร์ต I/O ขนาด 19Bit (dsPIC30F2010) หรือ 29Bit (dsPIC30F4011)

1.5 มี 16Bit Timer/Counter จำนวน 3 ชุด(dsPIC30F2010) หรือ 5 ชุด (dsPIC30F4011)

1.6 มี Input Capture จำนวน 4 ช่อง

1.7 มี Output Compare จำนวน 2 ช่อง (dsPIC30F2010) หรือ 4 ช่อง (dsPIC30F4011)

1.8 มี ADC 10Bit/500Ksps จำนวน 6 ช่อง (dsPIC30F2010) หรือ 9 ช่อง (dsPIC30F4011)

1.9 มี PWM Motor Control จำนวน 6 ช่อง พร้อม Quadrature Encode Interface(QEI)

1.10 มี UART จำนวน 1 ช่อง (dsPIC30F2010) หรือ 2 ช่อง (dsPIC30F4011)

1.11 มี SPI จำนวน 1 ช่อง และ มี I2C จำนวน 1 ช่อง

1.12 มีวงจร Watchdog, Power-ON Reset, PWM

2) ใช้ Crystal ความถี่ 7.3728MHz สามารถใช้ PLL คูณความถี่เพื่อ Run ความถี่ 29.4912MHz ได้

3) มีพอร์ตสื่อสารอนุกรม UART แบบ RS232 จำนวน 1 ช่อง สำหรับ dsPIC30F2010 และ 2 ช่อง สำหรับ dsPIC30F4011 พร้อม Jumper สำหรับเลือกใช้งาน UART หรือ GPIO ได้ตามต้องการ โดยใช้ขั้วต่อ UART แบบ CPA-4 Pin มาตรฐาน อีทีที

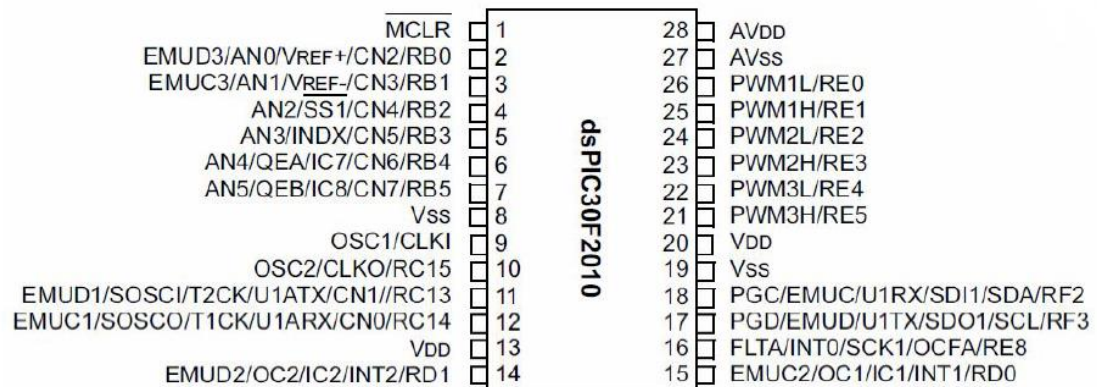
4) มีขั้ว ICSP มาตรฐาน ICD2 แบบ RJ11 สำหรับใช้ร่วมกับชุดพัฒนาโปรแกรมและ Debugger ที่รองรับการทำงานตามมาตรฐาน ICD2 ของ Microchips เช่น ICD2 หรือ Pickit2 ได้

5) มี Switch สำหรับสลับสัญญาณระหว่าง Program/Debug(PGM) และ ใช้งานปรกติ(RUN) พร้อม LED แสดงโหมดการทำงานของบอร์ด

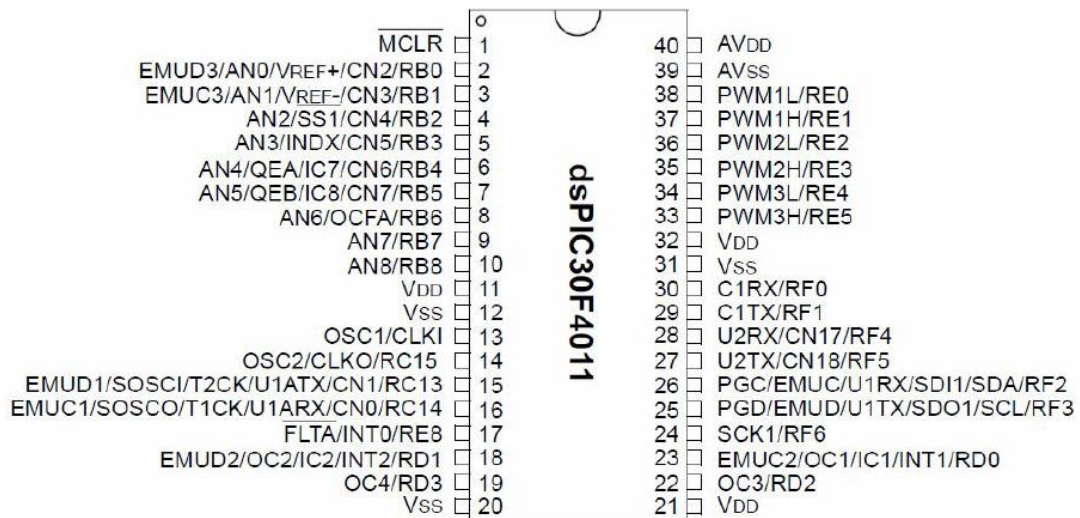
6) มีขั้วต่อสัญญาณ I/O แบบ Header ขนาด 2x5 จำนวน 3 ชุด และ Header 1x8 Pin อีก 1 ชุด

7) มี Header 14Pin สำหรับ Character LCD พร้อม VR ปรับความสว่าง

- 8) มี Switch Reset สำหรับสั่ง Reset การทำงานของ MCU ภายในบอร์ด
- 9) มี LED สำหรับทดสอบการทำงาน โดยใช้ RB0 ในการควบคุม พร้อม Jumper ตัดต่อสัญญาณ
- 10) มี Power AC/DC Input พร้อม Regulate แบบ Switching เบอร์ LM2575 ขนาด 5V/1A ลดปัญหาความร้อนจากวงจร Regulate และ LED แสดงสถานะแหล่งจ่าย Power
- 11) มีขนาด PCB Size เล็กเพียง 8 x 6 cm.



รูปที่ 2.14 แสดงการจัดขาสัญญาณของ dsPIC30F2010



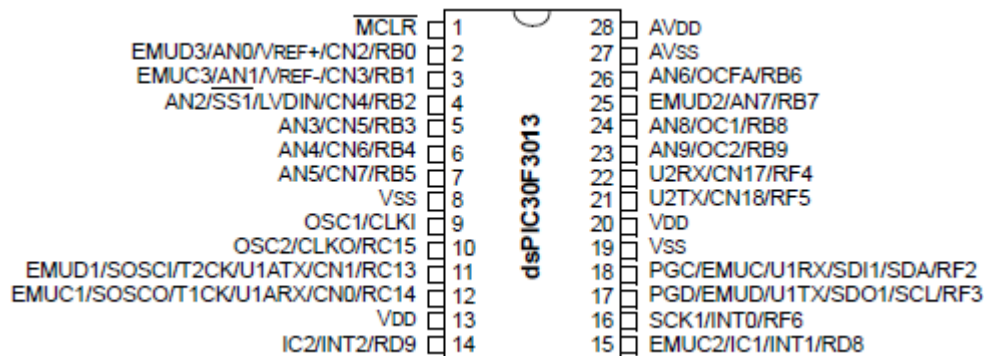
รูปที่ 2.15 แสดงการจัดขาสัญญาณของ dsPIC30F4011

ตารางที่ 2.3 แสดงคุณสมบัติความแตกต่างของ dsPIC30F เบอร์ต่างๆ

Device	Pins	Program Mem. Bytes/ Instructions	SRAM Bytes	EEPROM Bytes	Timer 16-bit	Input Cap	Output Comp/Std PWM	Motor Control PWM	A/D 10-bit 500 Ksps	Quad Enc	UART	SPI™	I ² C™	CAN
dsPIC30F2010	28	12K/4K	512	1024	3	4	2	6 ch	6 ch	Yes	1	1	1	–
dsPIC30F3010	28	24K/8K	1024	1024	5	4	2	6 ch	6 ch	Yes	1	1	1	–
dsPIC30F4012	28	48K/16K	2048	1024	5	4	2	6 ch	6 ch	Yes	1	1	1	1
dsPIC30F3011	40/44	24K/8K	1024	1024	5	4	4	6 ch	9 ch	Yes	2	1	1	–
dsPIC30F4011	40/44	48K/16K	2048	1024	5	4	4	6 ch	9 ch	Yes	2	1	1	1
dsPIC30F5015	64	66K/22K	2048	1024	5	4	4	8 ch	16 ch	Yes	1	2	1	1
dsPIC30F6010	80	144K/48K	8192	4096	5	8	8	8 ch	16 ch	Yes	2	2	1	2

2.10.2 การประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F3013

ไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F3013 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ประยุกต์ใช้สำหรับงานวิจัย โดยงานวิจัยนี้จะเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น 28 Pin เบอร์ dsPIC30F3013 ของ Microchips เป็น MCU ประจำบอร์ด โดย dsPIC30F3013 เป็น MCU ซึ่งใช้การประมวลผลข้อมูลแบบ 16 บิต เช่นเดียวกับบอร์ด ET-BASE dsPIC30F2010/4011 แบบเดิม โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F3013 มีจุดเด่นในด้านของความสามารถในการแปลงข้อมูลขนาด A/D 12-bit ที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัยได้ ซึ่งสามารถแปลงข้อมูลได้มากกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น dsPIC30F2010/4011 โดยขาสัญญาณและคุณสมบัติ ของ dsPIC30F3013 แสดงได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.16 แสดงการจัดขาสัญญาณของ dsPIC30F3013

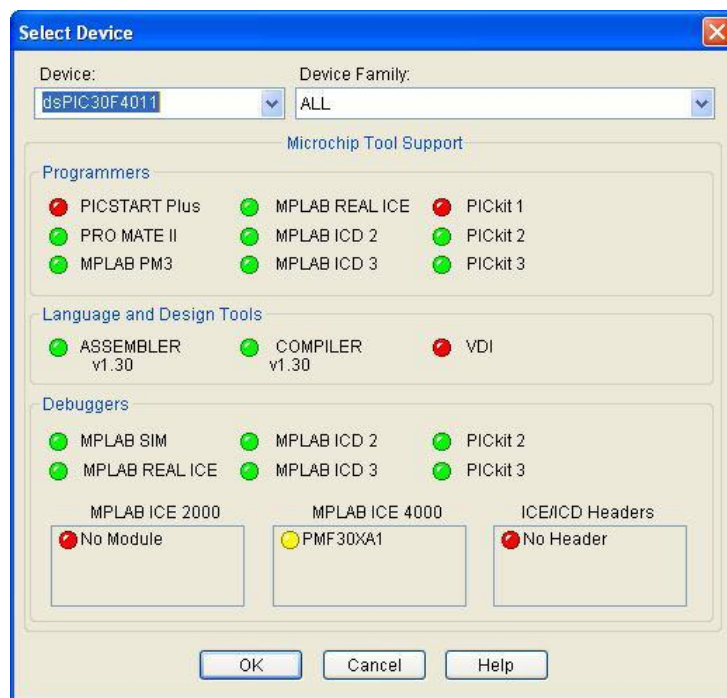
ตารางที่ 2.4 แสดงคุณสมบัติความแตกต่างของ dsPIC30F เบอร์ต่างๆ

Device	Pins	Program Memory		SRAM Bytes	EEPROM Bytes	Timer 16-bit	Input Cap	Output Comp/Std PWM	A/D 12-bit 200 Ksps	UART	SPI	I ² C™
		Bytes	Instructions									
dsPIC30F2011	18	12K	4K	1024	–	3	2	2	8 ch	1	1	1
dsPIC30F3012	18	24K	8K	2048	1024	3	2	2	8 ch	1	1	1
dsPIC30F2012	28	12K	4K	1024	–	3	2	2	10 ch	1	1	1
dsPIC30F3013	28	24K	8K	2048	1024	3	2	2	10 ch	2	1	1

2.10.3 การพัฒนาโปรแกรมของบอร์ด

สำหรับการพัฒนาโปรแกรมของบอร์ด “ET-BASE dsPIC30F” นั้น จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ ส่วนของการพัฒนาโปรแกรม และการ Download โปรแกรม โดยในส่วนของการพัฒนาโปรแกรมของบอร์ดนั้น จะเป็นการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมและสั่งงานให้ MCU สามารถทำงานตามจุดประสงค์ที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งในส่วนนี้เป็นหน้าที่ของผู้พัฒนาโปรแกรม ที่จะเลือกใช้ภาษาใดในการพัฒนาโปรแกรม รวมไปถึงการเลือกใช้โปรแกรมสำหรับทำหน้าที่แปลคำสั่งของภาษานั้นๆ ให้เป็นรหัสคำสั่งในรูปแบบของ HEX File สำหรับใช้ Download ให้กับหน่วยความจำโปรแกรม (Flash Memory) ของ MCU เพื่อสั่งงานให้ MCU ปฏิบัติตามคำสั่งในโปรแกรมที่ผู้พัฒนาโปรแกรมเขียนขึ้นมา

สำหรับส่วนของการ Download โปรแกรม หรือการ Download HEX File ที่ได้จากการพัฒนาโปรแกรมให้กับหน่วยความจำโปรแกรม (Flash Memory) ของ MCU นั้น จะต้องอาศัยเครื่องมือทางฮาร์ดแวร์เป็นส่วนประกอบในการพัฒนาโปรแกรมด้วย ซึ่งในกรณีของบอร์ด “ET-BASE dsPIC30F2010” และ “ET-BASE dsPIC30F4011” นั้น ถูกออกแบบให้ใช้กับเครื่องมือพัฒนาโปรแกรมที่มีคุณสมบัติตรงตามมาตรฐาน ICD2 ของ Microchips ซึ่งจะมีความสะดวกมากในการพัฒนาโปรแกรมร่วมกับชุดโปรแกรม MPLAB และ C30 ของ Microchips เพราะสามารถเขียนโปรแกรม และ Download Code เพื่อทดสอบการทำงาน รวมทั้งการตรวจสอบหาข้อผิดพลาดต่างๆ ได้โดยง่ายและสะดวก ซึ่งสามารถใช้งานได้กับเครื่องมือของ Microchips หรือเทียบเท่าได้หลายรุ่นดังรูปที่ 2.17 (รุ่นเครื่องมือที่รองรับคือรุ่นที่มีสัญลักษณ์สีเขียวหน้าชื่อ)



รูปที่ 2.17 เครื่องมือพัฒนาโปรแกรม

2.10.4 การเขียนโปรแกรมใช้งานกับบอร์ดโดยใช้ MPLAB C30

MPLAB C30 หรือ C30 Tools เป็นโปรแกรมภาษาซี สำหรับใช้แปลคำสั่งของ MCU ตระกูล dsPIC ซึ่งได้รับการพัฒนาขึ้นโดย Microchips เอง โดยข้อกำหนดและรายละเอียดของการเขียนโปรแกรมภาษาซีนั้น จะไม่กล่าวถึงในที่นี้ด้วย โดยถ้าผู้ต้องการพัฒนาโปรแกรมให้กับ dsPIC ด้วยภาษาซี แต่ยังไม่มีความรู้เรื่องการเขียนโปรแกรมภาษาซีเลยนั้นขอแนะนำให้ หาหนังสือที่อธิบายเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมภาษาซีในส่วนที่เป็นมาตรฐานตามข้อกำหนดของ “ANSI C” มาศึกษาให้เข้าใจเสียก่อน และสำหรับส่วนของข้อกำหนดปลีกย่อยอื่นๆที่เป็นของ MPLAB C30 เองก็สามารถอ่านเพิ่มเติมได้จากเอกสารและคู่มือการใช้งานของ MPLAB C30 ที่ทาง Microchips จัดทำไว้ได้ โดยสามารถ Download จาก Website ของ Microchips หรือจาก Folder ของ “..\MPLAB C30\docs” ที่ทำการติดตั้งโปรแกรม MPLAB C30 ไว้ก็ได้โดยในที่นี้ จะขอกล่าวแนะนำถึงเฉพาะส่วนของการกำหนดค่าตัวเลือกในโปรแกรมเพื่อใช้งานร่วมกับบอร์ด “ET-BASE dsPIC30F2010/4011” เท่านั้น โดยในการที่จะใช้งานโปรแกรม MPLAB C30 ในการเขียนโปรแกรมนั้น ผู้ใช้จำเป็นต้องทำการติดตั้งโปรแกรมของ Microchips จำนวน 2 โปรแกรมดังนี้คือ

- 1) MPLAB IDE ซึ่งเป็นโปรแกรม Text Editor ของ Microchips ซึ่งในปัจจุบัน (ตุลาคม 2552)จะเป็นรุ่น 8.40 แล้วสามารถ Download มาใช้งานได้ฟรีจาก Web ของ Microchips
- 2) MPLAB C30 ซึ่งเป็นตัวแปลภาษาซี (C Compiler) ให้เป็นรหัสคำสั่งของ dsPIC โดยในปัจจุบัน (ตุลาคม 2552) จะเป็น Version 3.20B ซึ่งตามปกติแล้วโปรแกรมชุดนี้จะต้องซื้อมาใช้งานเอง แต่อย่างไรก็ตามทาง Microchips เองมีรุ่นทดลองใช้งานให้ผู้ใช้สามารถ Download มาใช้งานได้เช่นเดียวกับ MPLAB IDE

โดยโปรแกรมทั้ง 2 ชุดนี้ โดยในการติดตั้งโปรแกรมนั้นขอแนะนำให้ผู้ใช้ทำการติดตั้งโปรแกรมในชุดของ MPLAB IDE ก่อนเป็นอันดับแรก โดยขอแนะนำให้ติดตั้งโปรแกรมของ MPLAB IDE ไว้ตามค่า Default ของโปรแกรมติดตั้งเลย คือ “C:\Program Files\Microchip\MPLAB IDE\” จะสะดวกต่อการใช้งานมากกว่า ซึ่งหลังจากทำการติดตั้งโปรแกรม MPLAB IDE เสร็จเรียบร้อยแล้ว ในครั้งแรกก่อนการใช้งานนั้นต้องสั่ง Restart เครื่องคอมพิวเตอร์ก่อน หลังจากนั้นแล้ว MPLAB IDE จึงจะสามารถทำงานได้โดยไม่เกิดปัญหา จากนั้นจึงทำการติดตั้งโปรแกรม MPLAB C30 เป็นลำดับถัดไป โดยขอแนะนำให้ทำการติดตั้งโปรแกรมชุดนี้ไว้ตามค่า Default คือ C:\Program Files\Microchip\MPLAB C30\” จะเกิดความสะดวกต่อการใช้งานมากที่สุด

2.11 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับซอฟต์แวร์

2.11.1 ความจำเป็นของการใช้ซอฟต์แวร์

ซอฟต์แวร์ (software) หมายถึงชุดคำสั่งหรือโปรแกรมที่ใช้สั่งงานให้คอมพิวเตอร์ทำงาน ซอฟต์แวร์จึงหมายถึงลำดับขั้นตอนการทำงานที่เขียนขึ้นด้วยคำสั่งของคอมพิวเตอร์ คำสั่งเหล่านี้เรียงกันเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จากที่ทราบมาแล้วว่าคอมพิวเตอร์ทำงานตามคำสั่ง การทำงานพื้นฐานเป็นเพียงการกระทำกับข้อมูลที่เป็นตัวเลขฐานสอง ซึ่งใช้แทนข้อมูลที่เป็นตัวเลข ตัวอักษร รูปภาพ หรือแม้แต่เป็นเสียงพูดก็ได้ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้สั่งงานคอมพิวเตอร์จึงเป็นซอฟต์แวร์ เพราะเป็นลำดับขั้นตอนการทำงานของคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งทำงานแตกต่างกันได้มากมายด้วยซอฟต์แวร์ที่แตกต่างกัน ซอฟต์แวร์จึงหมายรวมถึงโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทุกประเภทที่ทำให้คอมพิวเตอร์ทำงานได้ การที่เราเห็นคอมพิวเตอร์ทำงานให้กับเราได้มากมาย เพราะว่ามีผู้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาให้เราสั่งงานคอมพิวเตอร์ ร้านค้าอาจใช้คอมพิวเตอร์ทำบัญชีที่ยุ่งยากซับซ้อน บริษัทขายตัวใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในระบบการจองตั๋ว คอมพิวเตอร์ช่วยในเรื่องกิจการงานธนาคารที่มีข้อมูลต่าง ๆ มากมาย คอมพิวเตอร์ช่วยงานพิมพ์เอกสารให้สวยงาม เป็นต้น การที่คอมพิวเตอร์ดำเนินการให้ประโยชน์ได้มากมายมหาศาลจะอยู่ที่ซอฟต์แวร์ ซอฟต์แวร์จึงเป็นส่วนสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์ หากขาดซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ก็ไม่สามารถทำงานได้ ซอฟต์แวร์จึงเป็นสิ่งที่จำเป็น และมีความสำคัญมาก และเป็นส่วนประกอบหนึ่งที่ทำให้ระบบสารสนเทศเป็นไปตามที่ต้องการ

2.11.2 ซอฟต์แวร์และภาษาคอมพิวเตอร์

เมื่อมนุษย์ต้องการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการทำงาน มนุษย์จะต้องบอกขั้นตอนวิธีการให้คอมพิวเตอร์ทราบ การที่บอกสิ่งที่มนุษย์เข้าใจให้คอมพิวเตอร์รับรู้ และทำงานได้อย่างถูกต้อง จำเป็นต้องมีสื่อกลาง ถ้าเปรียบเทียบกับชีวิตประจำวันแล้ว เรามีภาษาที่ใช้ในการติดต่อซึ่งกันและกัน เช่นเดียวกันถ้ามนุษย์ต้องการจะถ่ายทอดความต้องการให้คอมพิวเตอร์รับรู้และปฏิบัติตาม จะต้องมีย่อกลางสำหรับการติดต่อเพื่อให้คอมพิวเตอร์รับรู้ เราเรียกสื่อกลางนี้ว่าภาษาคอมพิวเตอร์ เนื่องจากคอมพิวเตอร์ทำงานด้วยสัญญาณทางไฟฟ้า ใช้แทนด้วยตัวเลข 0 และ 1 ได้ ผู้ออกแบบคอมพิวเตอร์ใช้ตัวเลข 0 และ 1 นี้เป็นรหัสแทนคำสั่งในการสั่งงานคอมพิวเตอร์ รหัสแทนข้อมูลและคำสั่งโดยใช้ระบบเลขฐานสองนี้ คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจได้ เราเรียกเลขฐานสองที่ประกอบกันเป็นชุดคำสั่ง และใช้สั่งงานคอมพิวเตอร์ว่าภาษาเครื่อง การใช้ภาษาเครื่องนี้ถึงแม้คอมพิวเตอร์จะเข้าใจได้ทันที แต่มนุษย์ผู้ใช้จะมีข้อยุ่งยากมาก เพราะเข้าใจและจดจำได้ยาก จึงมีผู้สร้างภาษาคอมพิวเตอร์ในรูปแบบที่เป็นตัวอักษร เป็นประโยคข้อความ ภาษาในลักษณะดังกล่าวนี้เรียกว่า ภาษาคอมพิวเตอร์ระดับสูง ภาษาในระดับสูงมีอยู่มากมาย บางภาษามีความเหมาะสมกับการใช้สั่งงานการคำนวณทางคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ บางภาษามีความเหมาะสมไว้ใช้สั่งงานทางด้านการจัดการข้อมูล ในการทำงานของคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะแปลภาษาระดับสูงให้เป็นภาษาเครื่อง ดังนั้นจึงมีผู้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับแปลภาษาคอมพิวเตอร์ระดับสูงให้เป็นภาษาเครื่อง โปรแกรมที่ใช้แปลภาษา

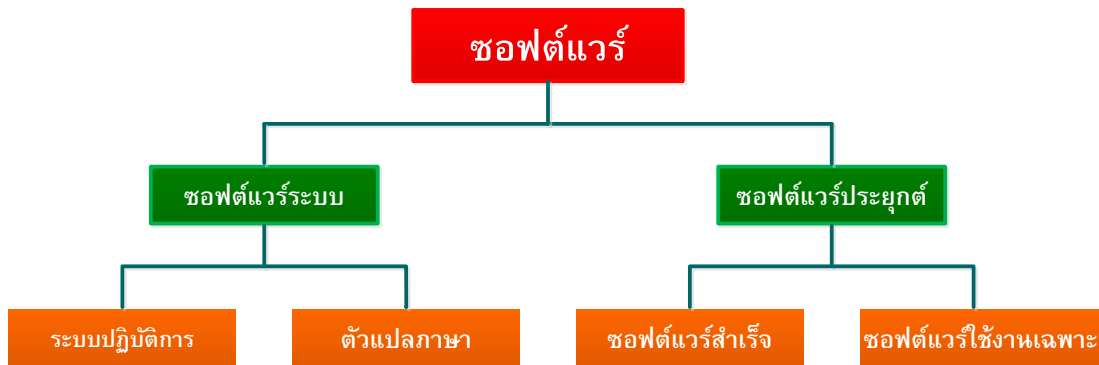
คอมไพเลอร์ระดับสูงให้เป็นภาษาเครื่องเรียกว่า คอมไพเลอร์ (compiler) หรืออินเทอร์พรีเตอร์ (interpreter) คอมไพเลอร์จะทำการแปลโปรแกรมที่เขียนเป็นภาษาระดับสูงทั้งโปรแกรมให้เป็นภาษาเครื่องก่อน แล้วจึงให้คอมไพเลอร์ทำงานตามภาษาเครื่องนั้น ส่วนอินเทอร์พรีเตอร์จะทำการแปลทีละคำสั่ง แล้วให้คอมไพเลอร์ทำตามคำสั่งนั้น เมื่อทำเสร็จแล้วจึงมาทำการแปลคำสั่งลำดับต่อไป ข้อแตกต่างระหว่างคอมไพเลอร์กับอินเทอร์พรีเตอร์จึงอยู่ที่การแปลทั้งโปรแกรมหรือแปลทีละคำสั่ง ตัวแปลภาษาที่รู้จักกันดี เช่น ตัวแปลภาษาเบสิก ตัวแปลภาษาโคบอล ซอฟต์แวร์หรือโปรแกรมคอมไพเลอร์จึงเป็นส่วนสำคัญที่ควบคุมการทำงานของคอมไพเลอร์ให้ดำเนินการตามแนวความคิดที่ได้กำหนดไว้ล่วงหน้าแล้ว คอมไพเลอร์ต้องทำงานตามโปรแกรมเท่านั้น ไม่สามารถทำงานที่นอกเหนือจากที่กำหนดไว้ในโปรแกรม

2.11.3 ชนิดของซอฟต์แวร์

บรรดาซอฟต์แวร์หรือโปรแกรมคอมไพเลอร์ที่มีผู้พัฒนาขึ้นเพื่อใช้งานกับคอมไพเลอร์มีมากมาย ซอฟต์แวร์เหล่านี้อาจได้รับการพัฒนาโดยผู้ใช้งานเอง หรือผู้พัฒนาระบบ หรือผู้ผลิตจำหน่าย หากแบ่งแยกชนิดของซอฟต์แวร์ตามสภาพการทำงาน พอแบ่งแยกซอฟต์แวร์ได้เป็นสองประเภท คือ ซอฟต์แวร์ระบบ (system software) และซอฟต์แวร์ประยุกต์ (application software)

1) ซอฟต์แวร์ระบบ คือซอฟต์แวร์ที่บริษัทผู้ผลิตสร้างขึ้นมาเพื่อใช้จัดการกับระบบหน้าที่การทำงานของซอฟต์แวร์ระบบคือดำเนินงานพื้นฐานต่าง ๆ ของระบบคอมไพเลอร์ เช่น รับข้อมูลจากแผงแป้นอักขระแล้วแปลความหมายให้คอมไพเลอร์เข้าใจ นำข้อมูลไปแสดงผลบนจอภาพ หรือนำออกไปยังเครื่องพิมพ์ จัดการข้อมูลในระบบแฟ้มข้อมูลบนหน่วยความจำรอง เมื่อเราเปิดเครื่องคอมไพเลอร์ ทันทีที่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับคอมไพเลอร์ คอมไพเลอร์จะทำงานตามโปรแกรมทันที โปรแกรมแรกที่สั่งคอมไพเลอร์ทำงานนี้เป็นซอฟต์แวร์ระบบ ซอฟต์แวร์ระบบอาจเก็บไว้ในรอม หรือในแผ่นจานแม่เหล็ก หากไม่มีซอฟต์แวร์ระบบ คอมไพเลอร์จะทำงานไม่ได้ ซอฟต์แวร์ระบบยังใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนาซอฟต์แวร์อื่น ๆ และยังรวมไปถึงซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการแปลภาษาต่าง ๆ

2) ซอฟต์แวร์ประยุกต์ เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้กับงานด้านต่าง ๆ ตามความต้องการของผู้ใช้ ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้โดยตรง ปัจจุบันมีผู้พัฒนาซอฟต์แวร์ใช้งานทางด้านต่าง ๆ ออกจำหน่ายมาก การประยุกต์งานคอมไพเลอร์จึงกว้างขวางและแพร่หลาย เราอาจแบ่งซอฟต์แวร์ประยุกต์ออกเป็นสองกลุ่มคือ ซอฟต์แวร์สำเร็จ และซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นใช้งานเฉพาะ ซอฟต์แวร์สำเร็จในปัจจุบันมีมากมาย เช่น ซอฟต์แวร์ประมวลคำ ซอฟต์แวร์ตารางทำงาน ฯลฯ



รูปที่ 2.18 การแบ่งชนิดของซอฟต์แวร์

2.11.4 ซอฟต์แวร์ระบบ

คอมพิวเตอร์ประกอบด้วย หน่วยรับเข้า หน่วยส่งออก หน่วยความจำ และหน่วยประมวลผล ในการทำงานของคอมพิวเตอร์จำเป็นต้องมีการดำเนินงานกับอุปกรณ์พื้นฐานที่จำเป็น ดังนั้นจึงต้องมีซอฟต์แวร์ระบบเพื่อใช้ในการจัดการระบบ หน้าที่หลักของซอฟต์แวร์ระบบประกอบด้วย

- 1) ใช้ในการจัดการหน่วยรับเข้าและหน่วยส่งออก เช่น รับการกดแป้นต่าง ๆ บนแผงแป้นอักขระ ส่งรหัสตัวอักษรออกทางจอภาพหรือเครื่องพิมพ์ ติดต่อกับอุปกรณ์รับเข้าและส่งออกรอื่น ๆ เช่น เมาส์ อุปกรณ์สังเคราะห์เสียง
- 2) ใช้ในการจัดการหน่วยความจำ เพื่อนำข้อมูลจากแผ่นบันทึกมาบรรจุยังหน่วยความจำหลัก หรือในทำนองกลับกัน คือนำข้อมูลจากหน่วยความจำหลักมาเก็บไว้ในแผ่นบันทึก
- 3) ใช้เป็นตัวเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้งานกับคอมพิวเตอร์ สามารถใช้งานได้ง่ายขึ้น เช่น การขูดรายการสารบบในแผ่นบันทึก การทำสำเนาแฟ้มข้อมูล

ซอฟต์แวร์ระบบพื้นฐานที่เห็นกันทั่วไป แบ่งออกเป็นระบบปฏิบัติการ และตัวแปลภาษา ซอฟต์แวร์ทั้งสองประเภทนี้ทำให้เกิดพัฒนาการประยุกต์ใช้งานได้ง่ายขึ้น

2.11.4.1 ระบบปฏิบัติการ หรือที่เรียกย่อ ๆ ว่า โอเอส (Operating System : OS) เป็นซอฟต์แวร์ใช้ในการดูแลระบบคอมพิวเตอร์ เครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องจะต้องมีซอฟต์แวร์ระบบปฏิบัติการนี้ ระบบปฏิบัติการที่นิยมใช้กันมากและเป็นที่รู้จักกันดีเช่นดอส (Disk Operating System : DOS) วินโดวส์ (Windows) โอเอสทู (OS/2) ยูนิกซ์ (UNIX)

- 1) ดอส เป็นซอฟต์แวร์จัดระบบงานที่พัฒนามานานแล้ว การใช้งานจึงใช้คำสั่งเป็นตัวอักษร ดอสเป็นซอฟต์แวร์ที่รู้จักกันดีในหมู่ผู้ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์

- 2) วินโดวส์ เป็นระบบปฏิบัติการที่พัฒนาต่อดอส เพื่อเน้นการใช้งานที่ง่ายขึ้น สามารถทำงานหลายงานพร้อมกันได้ โดยงานแต่ละงานจะอยู่ในกรอบช่องหน้าต่างที่แสดงผลบนจอภาพ การใช้งานเน้นรูปแบบกราฟิก ผู้ใช้งานสามารถใช้เมาส์เลื่อนตัวชี้ตำแหน่งเพื่อเลือกตำแหน่งที่ปรากฏบนจอภาพ ทำให้ใช้งานคอมพิวเตอร์ได้ง่าย วินโดวส์จึงได้รับความนิยมในปัจจุบัน

3) โอเอสทู เป็นระบบปฏิบัติการแบบเดียวกับวินโดวส์ แต่บริษัทผู้พัฒนาคือ บริษัท ไอพีเอ็ม เป็นระบบปฏิบัติการที่ให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้หลายงานพร้อมกัน และการใช้งานก็เป็นแบบกราฟฟิกเช่นเดียวกับวินโดวส์

4) ยูนิกซ์ เป็นระบบปฏิบัติการที่พัฒนามาตั้งแต่ครั้งใช้กับเครื่องมินิคอมพิวเตอร์ ระบบปฏิบัติการยูนิกซ์เป็นระบบปฏิบัติการที่สามารถใช้งานได้หลายงานพร้อมกัน และทำงานได้หลาย ๆ งานในเวลาเดียวกัน ยูนิกซ์จึงใช้ได้กับเครื่องที่เชื่อมโยงและต่อกับเครือข่ายทางได้หลายเครื่องพร้อมกัน

ระบบปฏิบัติการยังมีอีกมาก โดยเฉพาะระบบปฏิบัติการที่ใช้ในเครือข่ายคอมพิวเตอร์ เพื่อให้คอมพิวเตอร์ทำงานร่วมกันเป็นระบบ เช่น ระบบปฏิบัติการเน็ตแวร์ วินโดวส์เอ็นที

2.11.4.2 ตัวแปลภาษา ในการพัฒนาซอฟต์แวร์จำเป็นต้องมีซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการแปลภาษาระดับสูง เพื่อแปลภาษาระดับสูงให้เป็นภาษาเครื่อง ภาษาระดับสูงมีหลายภาษา ภาษาระดับสูงเหล่านี้สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้เขียนโปรแกรมเขียนชุดคำสั่งได้ง่าย เข้าใจได้ ตลอดจนจนถึงสามารถปรับปรุงแก้ไขซอฟต์แวร์ในภายหลังได้ ภาษาระดับสูงที่พัฒนาขึ้นมาทุกภาษาจะต้องมีตัวแปลภาษาสำหรับแปลภาษา ภาษาระดับสูงซึ่งเป็นที่รู้จักและนิยมกันมากในปัจจุบัน เช่น ภาษาปาสคาล ภาษาเบสิก ภาษาซี และภาษาโลโก

1) ภาษาปาสคาล เป็นภาษาสั่งงานคอมพิวเตอร์ที่มีรูปแบบเป็นโครงสร้าง เขียนสั่งงานคอมพิวเตอร์เป็นกระบวนการ ผู้เขียนสามารถแบ่งแยกงานออกเป็นขั้นเล็ก ๆ แล้วมารวมกันเป็นโปรแกรมขนาดใหญ่ได้

2) ภาษาเบสิก เป็นภาษาที่มีรูปแบบคำสั่งไม่ยุ่งยาก สามารถเรียนรู้และเข้าใจได้ง่าย มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐานที่สามารถนำมาเขียนเรียงต่อกันเป็นโปรแกรมได้

3) ภาษาซี เป็นภาษาที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาซอฟต์แวร์อื่น ๆ ภาษาซีเป็นภาษาที่มีโครงสร้างคล่องตัวสำหรับการเขียนโปรแกรมหรือให้คอมพิวเตอร์ติดต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ

4) ภาษาโลโก เป็นภาษาที่เหมาะสมสำหรับการเรียนรู้และเข้าใจหลักการโปรแกรม ภาษาโลโกได้รับการพัฒนาสำหรับเด็ก

นอกจากภาษาที่กล่าวถึงแล้ว ยังมีภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันอีกมากมายหลายภาษา เช่น ภาษาฟอร์แทรน ภาษาโคบอล ภาษาอาร์พีจี

2.11.5 ซอฟต์แวร์ประยุกต์

การที่เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ได้พัฒนาก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะการที่มีคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ทำให้มีการใช้งานคล่องตัวขึ้น จนในปัจจุบันสามารถนำคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ติดตัวไปใช้งานในที่ต่าง ๆ ได้สะดวก การใช้งานคอมพิวเตอร์ต้องมีซอฟต์แวร์ประยุกต์ ซึ่งอาจเป็นซอฟต์แวร์สำเร็จที่มีผู้พัฒนาเพื่อใช้งานทั่วไปทำให้ทำงานได้สะดวกขึ้น หรืออาจเป็นซอฟต์แวร์ใช้งานเฉพาะ ซึ่งผู้ใช้เป็นผู้พัฒนาขึ้นเองเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพการทำงานของตน

ซอฟต์แวร์สำเร็จ ในบรรดาซอฟต์แวร์ประยุกต์ที่มีใช้กันทั่วไป ซอฟต์แวร์สำเร็จ (package) เป็นซอฟต์แวร์ที่มีความนิยมใช้กันสูงมาก ซอฟต์แวร์สำเร็จเป็นซอฟต์แวร์ที่บริษัทพัฒนาขึ้น แล้วนำ

ออกมาจำหน่าย เพื่อให้ผู้ใช้งานซื้อไปใช้ได้โดยตรง ไม่ต้องเสียเวลาในการพัฒนาซอฟต์แวร์อีก ซอฟต์แวร์สำเร็จที่มีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป และเป็นที่นิยมของผู้ใช้มี 5 กลุ่มใหญ่ ได้แก่ ซอฟต์แวร์ประมวลคำ (word processing software) ซอฟต์แวร์ตารางทำงาน (spread sheet software) ซอฟต์แวร์จัดการฐานข้อมูล (data base management software) ซอฟต์แวร์นำเสนอ (presentation software) และซอฟต์แวร์สื่อสารข้อมูล (data communication software)

1) ซอฟต์แวร์ประมวลคำ เป็นซอฟต์แวร์ประยุกต์ใช้สำหรับการพิมพ์เอกสาร สามารถแก้ไข เพิ่ม แทรก ลบ และจัดรูปแบบเอกสารได้อย่างดี เอกสารที่พิมพ์ไว้จัดเป็นแฟ้มข้อมูล เรียกมาพิมพ์หรือแก้ไขใหม่ได้ การพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์ก็มีรูปแบบตัวอักษรให้เลือกหลายรูปแบบ เอกสารจึงดูเรียบร้อยสวยงาม ปัจจุบันมีการเพิ่มขีดความสามารถของซอฟต์แวร์ประมวลคำอีกมากมาย ซอฟต์แวร์ประมวลคำที่นิยมอยู่ในปัจจุบัน เช่น วินส์เวิร์ด จูฬจารึก โลตัสเอมิโปร

2) ซอฟต์แวร์ตารางทำงาน เป็นซอฟต์แวร์ที่ช่วยในการคิดคำนวณ การทำงานของซอฟต์แวร์ตารางทำงาน ใช้หลักการเสมือนมีโต๊ะทำงานที่มีกระดานขนาดใหญ่วางไว้ มีเครื่องมือคล้ายปากกา ยางลบ และเครื่องคำนวณเตรียมไว้ให้เสร็จ บนกระดานมีช่องให้ใส่ตัวเลข ข้อความหรือสูตร สามารถสั่งให้คำนวณตามสูตรหรือเงื่อนไขที่กำหนด ผู้ใช้ซอฟต์แวร์ตารางทำงานสามารถประยุกต์ใช้งานประมวลผลตัวเลขอื่น ๆ ได้กว้างขวาง ซอฟต์แวร์ตารางทำงานที่นิยมใช้ เช่น เอกเซล โลตัส

3) ซอฟต์แวร์จัดการฐานข้อมูล การใช้คอมพิวเตอร์อย่างหนึ่งคือการใช้เก็บข้อมูล และจัดการกับข้อมูลที่จัดเก็บในคอมพิวเตอร์ จึงจำเป็นต้องมีซอฟต์แวร์จัดการข้อมูล การรวบรวมข้อมูลหลาย ๆ เรื่องที่เกี่ยวข้องกันไว้ในคอมพิวเตอร์ เราก็เรียกว่าฐานข้อมูล ซอฟต์แวร์จัดการฐานข้อมูลจึงหมายถึงซอฟต์แวร์ที่ช่วยในการเก็บ การเรียกค้นมาใช้งาน การทำรายงาน การสรุปผลจากข้อมูล ซอฟต์แวร์จัดการฐานข้อมูลที่นิยมใช้ เช่น เอกเซล ดีเบส พาราด็อก ฟ็อกเบส

4) ซอฟต์แวร์นำเสนอ เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับนำเสนอข้อมูล การแสดงผลต้องสามารถดึงดูดความสนใจ ซอฟต์แวร์เหล่านี้จึงเป็นซอฟต์แวร์ที่นอกจากสามารถแสดงข้อความในลักษณะที่จะสื่อความหมายได้ง่ายแล้วจะต้องสร้างแผนภูมิ กราฟ และรูปภาพได้ ตัวอย่างของซอฟต์แวร์นำเสนอ เช่น เพาเวอร์พอยต์ โลตัสฟรีแลนซ์ ฮาร์วาร์ดกราฟฟิค

5) ซอฟต์แวร์สื่อสารข้อมูล ซอฟต์แวร์สื่อสารข้อมูลนี้หมายถึงซอฟต์แวร์ที่จะช่วยให้ไมโครคอมพิวเตอร์ติดต่อสื่อสารกับเครื่องคอมพิวเตอร์อื่นในที่ห่างไกล โดยผ่านทางสายโทรศัพท์ ซอฟต์แวร์สื่อสารใช้เชื่อมโยงต่อเข้ากับระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ เช่น อินทราเน็ต ทำให้สามารถใช้บริการอื่น ๆ เพิ่มเติมได้ สามารถใช้รับส่งไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ ใช้โอนย้ายแฟ้มข้อมูล ใช้แลกเปลี่ยนข้อมูล อ่านข่าวสาร นอกจากนี้ยังใช้ในการเชื่อมเข้าหาหมินคอมพิวเตอร์หรือเมนเฟรม เพื่อเรียกใช้งานจากเครื่องเหล่านั้นได้ ซอฟต์แวร์สื่อสารข้อมูลที่นิยมมีมากมายหลายซอฟต์แวร์ เช่น โปรคอม ครอสทอล์ค เทลิก

ซอฟต์แวร์ใช้งานเฉพาะ การประยุกต์ใช้งานด้วยซอฟต์แวร์สำเร็จมักจะเน้นการใช้งานทั่วไป แต่อาจจะนำมาประยุกต์โดยตรงกับงานทางธุรกิจบางอย่างไม่ได้ เช่นในกิจการธนาคาร มีการฝากถอนเงิน งานทางด้านบัญชี หรือในห้างสรรพสินค้าก็มีการขายสินค้า การออกใบเสร็จรับเงิน การควบคุมสินค้าคงคลัง ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนาซอฟต์แวร์ใช้งานเฉพาะสำหรับงานแต่ละประเภทให้

ตรงกับความต้องการของผู้ใช้แต่ละราย ซอฟต์แวร์ใช้งานเฉพาะมักเป็นซอฟต์แวร์ที่ผู้พัฒนาต้องเข้าไปศึกษารูปแบบการทำงานหรือความต้องการของธุรกิจนั้น ๆ แล้วจัดทำขึ้น โดยทั่วไปจะเป็นซอฟต์แวร์ที่มีหลายส่วนรวมกันเพื่อร่วมกันทำงาน ซอฟต์แวร์ใช้งานเฉพาะที่ใช้กันในทางธุรกิจ เช่น ระบบงานทางด้านบัญชี ระบบงานจัดจำหน่าย ระบบงานในโรงงานอุตสาหกรรม บริหารการเงิน และการเข้าซื้อความต้องการของการใช้คอมพิวเตอร์ในงานทางธุรกิจยังมีอีกมาก ดังนั้นจึงต้องมีความต้องการผู้พัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์ใช้งานเฉพาะต่าง ๆ อีกมากมาย

2.12 โปรแกรมภาษา VB.net

เป็นภาษาหนึ่งในกลุ่มไมโครซอฟท์วิสวลสตูดิโอเน็ต (Microsoft Visual Studio .NET) เป็นการโปรแกรมที่มีสภาพแวดล้อมการทำงานแบบกราฟฟิกสำหรับระบบปฏิบัติการวินโดวส์ (Windows Operating System) โดยมีรากฐานภาษามาจากภาษาเบสิก และทำงานบนดอตเน็ตเฟรมเวิร์ค (.NET Framework) ถูกออกแบบให้มีความสามารถในการพัฒนาโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object Oriented Programming) โดยจะมีคลาสที่สำคัญดังนี้

2.12.1 System.Windows.Forms เป็นคลาสที่ใช้จัดการกับหน้าต่าง ภายในหน้าต่างจะประกอบด้วยเครื่องมือซึ่งใช้ติดต่อกับผู้ใช้ โดยแต่ละเครื่องมือจะมีหน้าที่ต่างกัน เช่น แถบข้อความ (Label) ใช้สำหรับแสดงข้อความ กล่องข้อความ (Textbox) ใช้สำหรับรับข้อความ ปุ่มกด (Button) ใช้สำหรับรับการยืนยันจากผู้ใช้

2.12.2 System.IO.Ports เป็นคลาสที่ใช้จัดการกับพอร์ตอนุกรม คลาสนี้จะมีฟังก์ชันสำหรับใช้อ่านและเขียนข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม โดยฟังก์ชันที่สำคัญจะแสดงไว้ในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ฟังก์ชัน System.IO.Ports

ฟังก์ชัน	รายละเอียด
Open	ใช้สำหรับเปิดการใช้งานพอร์ตอนุกรม
Close	ใช้สำหรับปิดการใช้งานพอร์ตอนุกรม
ReadLine	ใช้สำหรับอ่านค่าจากพอร์ตอนุกรมทีละบรรทัด

2.12.3 MySQL.Data.MySQLClient เป็นคลาสที่ใช้เชื่อมต่อกับฐานข้อมูล MySQL และมีฟังก์ชันที่สำคัญดังแสดงในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ฟังก์ชัน MySQL.Data.MySQLClient

ฟังก์ชัน	รายละเอียด
MySQLConnection	สำหรับสร้างการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล MySQL
MySQLCommand	ใช้ในการกำหนดคำสั่ง SQL

2.12.4 Property ที่สำคัญในการใช้งานพอร์ตอนุกรมดังแสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 ฟังก์ชัน Property

Property	รายละเอียด
PortName	ใช้สำหรับกำหนดหมายเลขของพอร์ตอนุกรมที่เราต้องการจะติดต่อ เช่น COM1, COM2, COM3 เป็นต้น
BaudRate	ใช้สำหรับกำหนดอัตราการส่ง (Baud Rate) หรือความเร็วในการส่งข้อมูล
DataBits	ใช้สำหรับกำหนดจำนวนของบิตของข้อมูลที่ต้องการส่งในแต่ละครั้ง
Parity	ใช้สำหรับกำหนดพาริตีของข้อมูล
StopBits	ใช้สำหรับส่งข้อมูลบิตสุดท้าย

2.12.5 Event (เหตุการณ์) ที่สำคัญมีดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 ฟังก์ชัน Event (เหตุการณ์)

Event (เหตุการณ์)	รายละเอียด
Load()	เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นตอนเริ่มโปรแกรม
Closed()	ผู้ใช้กดปุ่มปิดโปรแกรมและ เคลียร์ค่าต่างๆก่อนจบโปรแกรม
OnClicked()	มีเหตุการณ์เมื่อมีการคลิกที่ Button
DataReceived()	มีการรับข้อมูลเมื่อได้รับการตอบสนองจาก SerialPort

2.13 โปรแกรมจำลองเซิร์ฟเวอร์ (AppServ)

เป็นโปรแกรมที่รวบรวมเอาซอฟต์แวร์เสรี (Open Source) เช่น Apache, PHP, MySQL, phpMyAdmin มารวมกันเพื่อจำลองการทำงาน Web Server, Database Server

2.13.1 โปรแกรมภาษา PHP เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในลักษณะเซิร์ฟเวอร์-ไซด์สคริปต์ (Sever-side Script) ภาษาพีเอชพีใช้สำหรับจัดทำเว็บไซต์ และแสดงผลออกมาในรูปแบบ HTML โดยมีรากฐานโครงสร้างคำสั่งมาจากภาษาซี ภาษาจาวา และ ภาษาเพิร์ล ซึ่ง ภาษาพีเอชพี นั้นง่ายต่อการเรียนรู้ ซึ่งเป้าหมายหลักของภาษานี้ คือให้นักพัฒนาเว็บไซต์สามารถเขียน เว็บเพจ ที่มีความตอบโต้ได้อย่างรวดเร็ว

1) ฐานข้อมูล MySQL คือ เป็นระบบจัดการฐานข้อมูล มีหน้าที่เก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ รองรับคำสั่งเอสคิวแอล (SQL = Structured Query Language) เป็นเครื่องมือสำหรับเก็บข้อมูล เพื่อให้ได้ระบบงานที่รองรับความต้องการของผู้ใช้ เช่นทำงานร่วมกับเครื่องบริการเว็บ (Web Server) เพื่อให้บริการแก่ภาษาสคริปต์ที่ทำงานฝั่งเครื่องบริการ (Server-Side Script) เช่น ภาษาพีเอชพี ภาษาเอเอสพี หรือภาษาเจเอสพี เป็นต้น หรือทำงานร่วมกับโปรแกรมประยุกต์ (Application Program) เช่น ภาษาวิซวลเบสิก ภาษาจาวา หรือภาษาซี เป็นต้น คำสั่งที่ใช้งานกับ MySQL แสดงดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 คำสั่งที่ใช้งานกับ MySQL

คำสั่ง	รายละเอียด
MySQL_connect (โดเมนเนม,ชื่อผู้ใช้,รหัสผ่าน)	ใช้ติดต่อกับฐานข้อมูล โดยผู้ใช้ต้องระบุชื่อเซิร์ฟเวอร์ ชื่อผู้ใช้ รหัส และอาจะระบุหมายเลข port ด้วยโดยค่าที่ระบุเพื่อเชื่อมต่อกับเซิร์ฟเวอร์จำลองผ่านทางพอร์ต 3306 คือ MySQL_connect("localhost","root","root") or die ("Error Connect to Database"); และถ้าติดต่อไม่ได้จะแสดงข้อความว่า "Error Connect to Database"
MySQL_select_db (ชื่อฐานข้อมูล)	ใช้สำหรับเลือกฐานข้อมูล โดยกำหนดชื่อของฐานข้อมูลทีอาร์กิวเมนต์(argument)
MySQL_query (คำสั่งในภาษา SQL)	ใช้สำหรับ เรียกใช้คำสั่งในรูปแบบภาษา SQL โดยปกติจะใช้ร่วมกับคำสั่ง MySQL_select_db()
MySQL_close()	ใช้สำหรับยกเลิกการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลที่ระบบเชื่อมต่อผ่านคำสั่ง MySQL_connect() ไว้แล้ว
MySQL_num_rows()	ใช้สำหรับนับจำนวนข้อมูลที่บันทึกไว้ในฐานข้อมูล (Record)
MySQL_fetch_array()	ใช้สำหรับอ่านข้อมูลจากฐานข้อมูลไปเก็บไว้ในอาร์เรย์
MySQL_free_result()	ใช้สำหรับคืนหน่วยความจำให้แก่ระบบ

2) Ajax เป็นเทคนิควิธีการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน ให้มีความสามารถโต้ตอบกับผู้ใช้งานได้ดีขึ้น การทำงานของเว็บแอปพลิเคชันที่ใช้เทคนิค AJAX จะเป็นการทำงานแบบอะซิงโครนัส โดยเครื่องแม่ข่ายจะส่งผลลัพธ์เป็นเว็บเพจให้ผู้ใช้ทันทีโดยไม่ต้องรอให้ประมวลผลข้อมูลเสร็จทั้งหน้าเว็บก่อน โดยเครื่องแม่ข่ายจะค่อยๆ ส่งข้อมูลตามที่ผู้ใช้ร้องขอไปเรื่อยๆ จนเสร็จสมบูรณ์ ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันที่ใช้เทคนิค AJAX จะเริ่มจากการสร้างคลาสเพื่อใช้แทน XMLHttpRequest ขึ้นมาก่อนโดยใช้คำสั่ง new XMLHttpRequest() จากนั้นจึงกำหนดและส่งคำร้องขอ (Request) ไปยังเครื่องแม่ข่ายโดยใช้คำสั่ง open() และคำสั่ง send() ตามลำดับ หลังจากที่เครื่องแม่ข่ายได้รับคำร้องขอ เครื่องแม่ข่ายจะประมวลผลคำร้องขอที่ได้ ในระหว่างนั้น จะมีเหตุการณ์เปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นระหว่างเครื่องแม่ข่ายกับเครื่องลูกข่าย ซึ่งความเปลี่ยนแปลงดังกล่าวสามารถตรวจสอบได้โดยการตรวจสอบค่าสถานะ readyState โดยรายละเอียดคำสั่งที่ใช้และสถานะของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจะแสดงในตารางที่ 2.10 และตารางที่ 2.11 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.10 รายละเอียดคำสั่งที่ใช้งาน

คำสั่ง	รายละเอียด
open()	เป็นคำสั่งที่ใช้กำหนดเงื่อนไขในการร้องขอไปที่เซิร์ฟเวอร์ คำสั่งนี้มีรูปแบบการใช้งานดังนี้ <pre>void open(String method, String url, [boolean async, [String user, [String password]]]);</pre> วิธีการส่งคำร้องขอมี 2 วิธีคือ GET และ POST ซึ่งความแตกต่างระหว่างวิธีทั้งสองคือ การส่งด้วยวิธี GET จะเป็นการผูกค่าต่อท้ายไปกับ URL ดังนั้นจึงมีข้อจำกัดที่ความยาวของ URL นอกจากนี้การส่งค่าด้วย GET จะไม่ทำให้สถานะบนเครื่องเซิร์ฟเวอร์เปลี่ยนแปลง ส่วนการส่งข้อมูลด้วยวิธี POST จะต้องกำหนดหัวเรื่อง (header) โดยใช้คำสั่ง <code>setRequestHeader()</code>
sent()	เป็นคำสั่งที่ใช้ส่งคำร้องขอในกรณีที่ใช้วิธีการส่งข้อมูลแบบ POST

ตารางที่ 2.11 สถานะของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

สถานะ (readyState)	ความหมาย
0	การร้องขอยังไม่เริ่มต้น
1	เชื่อมต่อกับเครื่องแม่ข่าย
2	การร้องขอข้อมูล
3	ประมวลผลการร้องขอ
4	การร้องขอเสร็จสิ้นและตอบกลับเรียบร้อยแล้ว

3) Jpgraph เป็นโปรแกรมภาษา PHP ที่ใช้สร้างกราฟบนหน้าเว็บ ในการใช้งานต้องเพิ่มไฟล์ `jpgraph.php` และอาจจะเรียกไฟล์อื่นขึ้นกับการใช้งาน เช่น ต้องการใช้กราฟเส้น ก็จะต้องเรียกไฟล์ชื่อ `jpgraph_line.php` การใช้งาน JPGRAPH

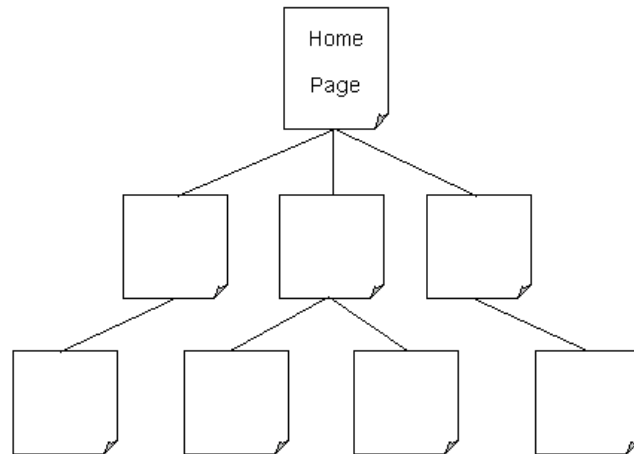
2.14 การออกแบบเว็บเพจเบื้องต้น

ก่อนการทำการสร้างเว็บเพจ ผู้ที่ทำการสร้างจะต้องทราบถึงหลักการออกแบบ ขั้นตอน และวิธีในการพัฒนาลักษณะ โครงสร้างโดยทั่วไปของเว็บเพจ การจัดเตรียมพื้นที่และข้อมูลประกอบ สำหรับการสร้างเว็บเพจ และวิธีการในการสร้าง เอกสารเว็บ ซึ่งในหน่วยนี้จะกล่าวถึงหัวข้อดังกล่าว

2.14.1 หลักการออกแบบเว็บเพจ

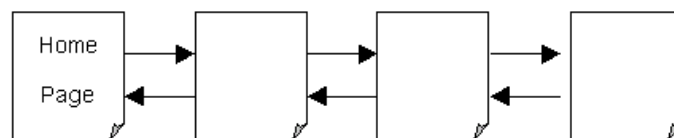
หลักการออกแบบเว็บเพจ การออกแบบและพัฒนาเว็บเพจ สามารถทำได้หลายระบบขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูล ความชอบของผู้พัฒนา ตลอดจนกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการนำเสนอ เช่น หากกลุ่มเป้าหมายเป็นเด็กวัยรุ่น และนำเสนอ ข้อมูลเกี่ยวกับความบันเทิง อาจจะออกแบบให้มีทิศทางการไหลของหน้าเว็บที่หลากหลายใช้ลูกเล่นได้มากกว่าเว็บ ที่นำเสนอให้กับผู้ใหญ่ หรือเว็บด้าน

วิชาการ ทั้งนี้หลักการออกแบบเว็บเพจ สามารถแบ่งได้สามลักษณะ คือ แบบลำดับชั้น (Hierarchy) เป็นการจัดแสดงหน้าเว็บเรียงตามลำดับกิ่งก้าน แตกแขนงต่อเนื่องไปเหมือนต้นไม้กลับหัว เหมาะสำหรับการนำเสนอข้อมูล ที่มีการแบ่งเป็นหมวดหมู่ที่ไม่มากนักและมีข้อมูลย่อยไม่ลึกมาก เช่น เว็บไซต์แนะนำ ประวัติส่วนตัว ที่มีข้อมูล 4 - 5 หน้าเป็นต้น



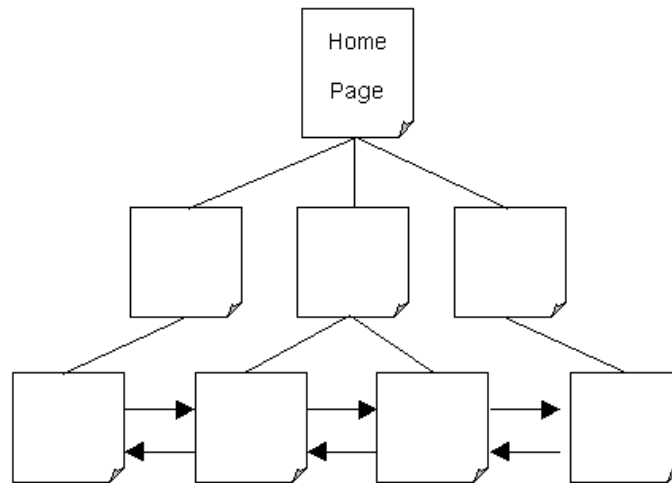
รูปที่ 2.19 หลักการออกแบบเว็บเพจแบบลำดับชั้น (Hierarchy)

แบบเชิงเส้น (Linear) เป็นการจัดแสดงหน้าเว็บเรียงต่อเนื่องไปในทิศทางเดียว เหมาะสำหรับการนำเสนอข้อมูลที่เป็นรูปภาพ เช่น เว็บไซต์นำเสนอสไลด์จาก Microsoft Power Point



รูปที่ 2.20 หลักการออกแบบเว็บเพจแบบเชิงเส้น (Linear)

แบบผสม (Combination) เป็นการจัดหน้าเว็บชนิดผสมระหว่างแบบลำดับชั้น และแบบเชิงเส้น มักจะเป็นแบบที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากสามารถควบคุมการนำเสนอและการเรียกดูได้สะดวก และรวดเร็ว



รูปที่ 2.21 หลักการออกแบบเว็บเพจแบบผสม (Combination)

2.14.2 ขั้นตอนการพัฒนาเว็บเพจ

ขั้นตอนการพัฒนาเว็บเพจ เกี่ยวข้องกับระบบปฏิบัติการหลายระบบ การพัฒนาเว็บเพจที่ดี ควรมีการวางแผนก่อนเสมอ เพื่อให้การแสดงผลได้ถูกต้องตรงตามความต้องการเพราะขบวนการพัฒนาเว็บเพจจะต้องเกี่ยวข้องกับระบบปฏิบัติการ (Operating System:OS) หลายระบบ กล่าวคือ ขณะที่สร้างเอกสารเว็บเพจผู้พัฒนาอาจจะใช้คอมพิวเตอร์ที่มีระบบปฏิบัติการ ดอส (DOS) หรือระบบปฏิบัติการ Windows แต่หลังจากที่พัฒนาแล้วเสร็จจะต้องทำการโอนเอกสารเว็บไปเก็บไว้ในเครื่องแม่ข่าย ซึ่งส่วนมากจะเป็นระบบปฏิบัติการ Unix หรือ Windows NT โดยเอกสารเว็บที่ทำการโอนไปยังเครื่องแม่ข่ายอาจจะถูกเรียกดูจากคอมพิวเตอร์ระบบอื่นๆ เช่น Macintosh เป็นต้น

จากความสัมพันธ์ดังกล่าว นักพัฒนาเว็บเพจจึงควรจะต้องศึกษาถึงข้อกำหนดพื้นฐานที่ควรทราบก่อนอันได้แก่ การกำหนด ชื่อโฟลเดอร์ไฟล์เอกสารเว็บไฟล์ภาพกราฟฟิกตลอดจนไฟล์อื่นๆ ที่จะนำมาใช้ในการทำเว็บเพจเพราะระบบปฏิบัติการ UNIX มีลักษณะการตั้งชื่อแบบ Case-Sensitive หมายถึง ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่และตัวพิมพ์เล็ก (A และ a) จะถือว่าเป็นตัวอักษรคนละตัวกัน ไม่เหมือนกับระบบปฏิบัติการ DOS หรือ Windows ที่ถือว่าเป็นตัวอักษรตัวเดียวกัน ดังนั้นหากผู้พัฒนาใช้ Windows เป็นระบบปฏิบัติการของเครื่องในการสร้างเอกสารเว็บ และกำหนดชื่อไฟล์ Index.htm แต่ขณะที่ป้อนคำสั่งเพื่อลิงก์ ไฟล์ผ่านแป้นพิมพ์เป็น index.html เมื่อโอนถ่ายเอกสารเว็บนั้นๆไปยังเครื่องแม่ข่ายที่ใช้ UNIX เป็นระบบปฏิบัติการจะเกิดปัญหาในการแสดงผลได้ เพราะระบบปฏิบัติการที่เครื่องแม่ข่ายจะเห็นเป็นไฟล์ที่แตกต่างกันเนื่องจากชื่อไฟล์ไม่เหมือนกัน จากที่กล่าวมาข้างต้นขั้นตอนการพัฒนาเว็บเพจเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องและตรงตามความต้องการของผู้ใช้สามารถสรุปเป็น หัวข้อได้ดังนี้

- 1) วางแผนการพัฒนาเว็บเพจ
- 2) กำหนดไดเรกทอรี หรือโฟลเดอร์ (Directory/Folder) ที่ใช้เก็บเอกสารเว็บ

3) สร้างภาพหรือจัดหาภาพที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา แล้วจัดเก็บไว้ในไดเรกทอรีตามข้อ 2

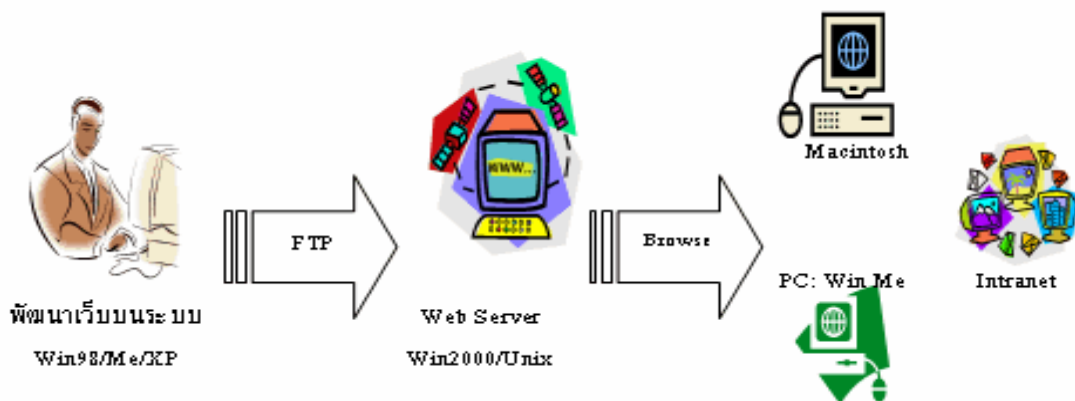
4) สร้างเอกสารเว็บ โดยกำหนดชื่อไฟล์เอกสารเว็บ ตามข้อกำหนดของผู้ดูแลระบบเครือข่ายและจัดเก็บไว้ในไดเรกทอรีตามข้อ 2

5) ตรวจสอบผลเอกสารเว็บผ่านเบราว์เซอร์

6) ส่งข้อมูลขึ้นเครื่องแม่ข่าย (Server) และทำการตรวจสอบผลการเรียกดูจากเครื่องแม่ข่าย

รายละเอียดต่างๆ ในขั้นตอนการพัฒนาเว็บนี้ มีหลายประการที่ต้องขึ้นอยู่กับผู้ดูแลระบบ (Web System Administrator) ดังนั้นก่อนดำเนินการพัฒนาเว็บเพจผู้พัฒนาควรติดต่อขอข้อมูลเหล่านี้จากผู้ดูแลระบบก่อนเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาภายหลัง

การพัฒนาเว็บเพจที่ดี ควรมีการวางแผนก่อนเสมอ เพื่อให้การแสดงผลเว็บถูกต้องตรงกับความต้องการเพราะขบวนการพัฒนาเว็บเพจจะต้องเกี่ยวข้องกับระบบปฏิบัติการ (Operating System : OS) หลายระบบ กล่าวคือ ขณะที่สร้างเอกสาร เว็บผู้พัฒนาอาจใช้คอมพิวเตอร์ที่มีระบบปฏิบัติการดอส (DOS) หรือไม่ก็ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows 7 แต่หลังจาก ที่พัฒนาเสร็จแล้ว จะต้องทำการโอนเอกสารเว็บไปเก็บไว้ในเครื่องแม่ข่าย ซึ่งมักจะเป็นระบบปฏิบัติการ Unix หรือไม่ก็ Windows NT เอกสารเว็บที่ทำการโอนไปยังเครื่องแม่ข่ายนี้ อาจจะถูกเรียกดูจากคอมพิวเตอร์ระบบอื่นๆ เช่น Macintosh ซึ่งใช้ระบบปฏิบัติการ System 7 จะเห็นได้ว่าเอกสารเว็บจะต้องเกี่ยวข้องกับระบบปฏิบัติการหลายระบบดังนั้นการพัฒนาเว็บเพจต้องคำนึงถึงสิ่งเหล่านี้ด้วย



รูปที่ 2.22 ขั้นตอนการพัฒนาเว็บเพจ

2.15 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการพัฒนาระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจติดตั้งอุปกรณ์ผลิตพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมภายในพื้นที่ที่ทำการติดตั้ง ซึ่งจำเป็นต้องใช้ค่าพารามิเตอร์พื้นฐาน ประกอบไปด้วย ความเร็วลม ทิศทางลม และความเข้มแสงอาทิตย์ และมีงานวิจัยเกี่ยวกับเครื่องมือในการวัดค่าพารามิเตอร์พื้นฐานดังต่อไปนี้

บุญยัง ปลั่งกลาง และคณะฯ (2550) ได้สร้างระบบวัดและแสดงผลพลังงานที่ได้จากดวงอาทิตย์ เพื่อศึกษาหลักการทำงานในการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยการเก็บข้อมูลการใช้งานและนำมาวิเคราะห์เพื่อหาลักษณะพิเศษและประสิทธิภาพของระบบ

สมจิต ชินะใจ (2550) ได้วิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานของกังหันลมแกนตั้งโดยใช้กรอบเสริมกันบังคับลมเข้า ทำการทดลองปรับเปลี่ยนกรอบเสริมกันบังคับลมเข้าที่ติดตั้งไว้มีค่าต่างกัน 7 มุม มีมุม 0 15 30 45 60 75 และ 90 องศา ตามลำดับ และปรับเปลี่ยนพื้นที่ช่องลมเข้า 4 ค่า ตั้งแต่ 0.01-0.04 ตารางเมตร ทดสอบในอุโมงค์ลมความเร็วต่ำแบบเปิดที่มีพื้นที่หน้าตัดช่วงการทำงานขนาด 25 x 50 ตารางเซนติเมตร และใช้กำลังขับโดยมอเตอร์ 3 เฟส 4 ขั้ว ขับตรงขนาด 2.2 กิโลวัตต์ ออกแบบและสร้างใบพัด รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 16x19 ตารางเซนติเมตร และมีจำนวนใบพัด 6 ใบ

จิระเดช สิงคลีประภา (2548) ได้ศึกษาความเป็นไปได้การเกิดกำลังไฟฟ้าจากพลังงานลมโดยใช้พัดลมระบายอากาศติดหลังคา โดยแบ่งออกเป็นสองส่วนด้วยกัน ส่วนแรก คือ การศึกษาพลังงานลมจากธรรมชาติซึ่งสามารถวัดจากปริมาณความเร็วของลมที่ทำให้พัดลมหมุน ในการศึกษาพัดลมระบายอากาศติดหลังคาที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดต่างๆจะถูกนำมาทดสอบหาความเร็วรอบต่อความเร็วลมที่ค่าต่างๆเพื่อหาค่าความเร็วลมเฉลี่ยสำหรับการนำไปใช้ออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าที่ง่าย ปลอดภัย และและส่วนที่สองคือการศึกษาการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานลมที่ได้ โดยพัดลมระบายอากาศจะถูกต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กซึ่งจากการทดสอบค่าแรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าที่ได้จะไม่คงที่ตามปริมาณลมตามธรรมชาติ ชุดวงจรปรับระดับแรงดันไฟฟ้าซึ่งใช้หลักการของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ถูกออกแบบเพื่อใช้ควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้าด้านออกของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อใช้สำหรับการทดลองความสามารถของการจ่ายโหลดทางไฟฟ้าของพัดลมระบายอากาศติดหลังคา

วุฒิไกร จำรัสแนว (2553) ได้พัฒนาระบบตรวจวัดเซลล์แสงอาทิตย์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้สามารถตรวจสอบข้อมูลได้หลายจุดพร้อมกัน บันทึกและจัดการฐานข้อมูลโดยใช้ MySQL ซึ่งเหมาะกับฐานข้อมูลขนาดเล็กที่ไม่ต้องการความปลอดภัยของข้อมูลสูงมาก ใช้ภาษา PHP ในการประมวลผลและการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล เนื่องจากเป็นภาษาที่สามารถใช้ร่วมกับ MySQL ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การนำข้อมูลเข้าฐานข้อมูลของโปรแกรมที่เขียนจาก PHP จะสามารถส่งข้อมูลได้พร้อมกันหลายข้อมูล

นครินทร์ ศรีปัญญา (2548) ได้ออกแบบและสร้างระบบตรวจสอบแรงดันและอุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และพัฒนาให้สามารถวัดแรงดันและอุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยส่งข้อมูลที่วัดได้เพื่อไปแสดงผลบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ผ่านทางเทคโนโลยี TCP/IP และแสดงผลบนโปรแกรมบราวเซอร์

อนุรักษ์ เกษวัฒนากุล (2553) ได้ประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์วัดค่าพารามิเตอร์ของเซลล์แสงอาทิตย์และคุณสมบัติของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เชิงแสง โดยได้นำเสนอการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์วัดค่าพารามิเตอร์ของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถใช้งานได้ในการวัดค่า กระแส แรงดัน อุณหภูมิ และความเข้มแสงอาทิตย์ โดยจะวัดและบันทึกค่าเพื่อใช้ในการวิเคราะห์และประเมินระบบในด้านต่างๆ ทั้งในห้องปฏิบัติการและสถานที่ที่ทำการติดตั้ง รวมไปถึงการศึกษาคุณสมบัติและพฤติกรรมของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เชิงแสง เช่น โฟโตทรานซิสเตอร์ โฟโตไดโอด LDR และเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็ก เพื่อนำมาใช้แทนอุปกรณ์วัดความเข้มแสง (ไพราโนมิเตอร์)

นิพนธ์ เกตุจ้อย และ อชิตพล ศศิธรานวัฒน์ (2004) ได้นำเสนอเกี่ยวกับเทคโนโลยีพลังงานลม ว่ามีประวัติความเป็นมาอย่างไร เทคโนโลยีในปัจจุบัน ศักยภาพของพลังงานลมในประเทศไทย ทฤษฎีพลังงานลม เทคโนโลยีกังหันลมผลิตไฟฟ้าแบบต่างๆ ส่วนประกอบหลัก จุดเด่น และ จุดด้อย ของเทคโนโลยีแบบต่างๆ และผลกระทบของการใช้งานกังหันลมผลิตไฟฟ้า ซึ่งเป็นการกล่าวถึงภาพรวมและความสำคัญของกังหันลม

นภัทร วัจนเทพินทร์ และ เฉลิมพล เรืองพัฒนาวีวัฒน์ (2550) ได้กล่าวถึงการออกแบบ และ พัฒนาระบบเผื่อสังเกตการณ์ทำงานของการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อตรงเข้าระบบ เพื่อวัดและแสดงค่าปริมาณทางไฟฟ้า และ ข้อมูลสภาวะอากาศรวมทั้งสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อตรงเข้าระบบขนาด 5 kW

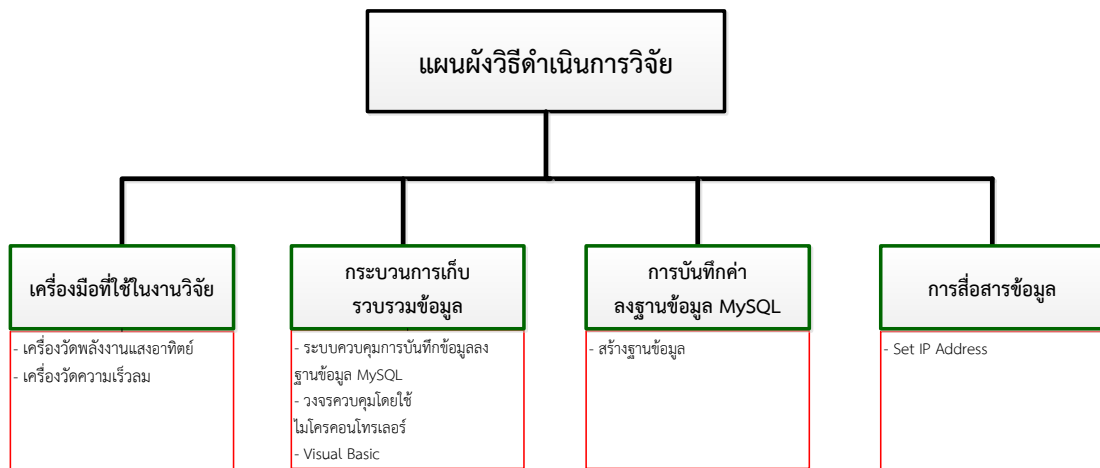
2.16 สรุปเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นระบบที่ช่วยให้สามารถวิเคราะห์เพื่อหาศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม ซึ่งสามารถทำการออกแบบ และสร้างเครื่องมือให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยการควบคุมการจัดเก็บข้อมูลและการแสดงผลพลังงานให้เป็นแบบเวลาปัจจุบัน ซึ่งได้กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับซอฟต์แวร์และการสร้างฐานข้อมูลให้มีการจัดเก็บอย่างเป็นระบบง่ายต่อการนำข้อมูลไปใช้งาน และสุดท้ายทฤษฎีพื้นฐานภาษา HTML ซึ่งจะมีข้อดีคือไฟล์ HTML สามารถทำงานบนเว็บเบราว์เซอร์ได้ทุกตัวสามารถทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกประเภทที่สนับสนุน HTML และเป็นภาษาที่ง่ายต่อการเรียนรู้ ซึ่งจะนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้าง webpage เพื่อการเข้าถึงข้อมูลได้โดยเพียงเชื่อมต่อผ่านอินเทอร์เน็ต

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

บทนี้เป็นการนำเสนอวิธีดำเนินการวิจัยของการพัฒนาระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร แบ่งเป็น 4 ขั้นตอน คือ เครื่องมือวัดความเข้มแสงอาทิตย์และความเร็วลม กระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูล การบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล และการสื่อสารข้อมูลบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร รายละเอียดดังภาพที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

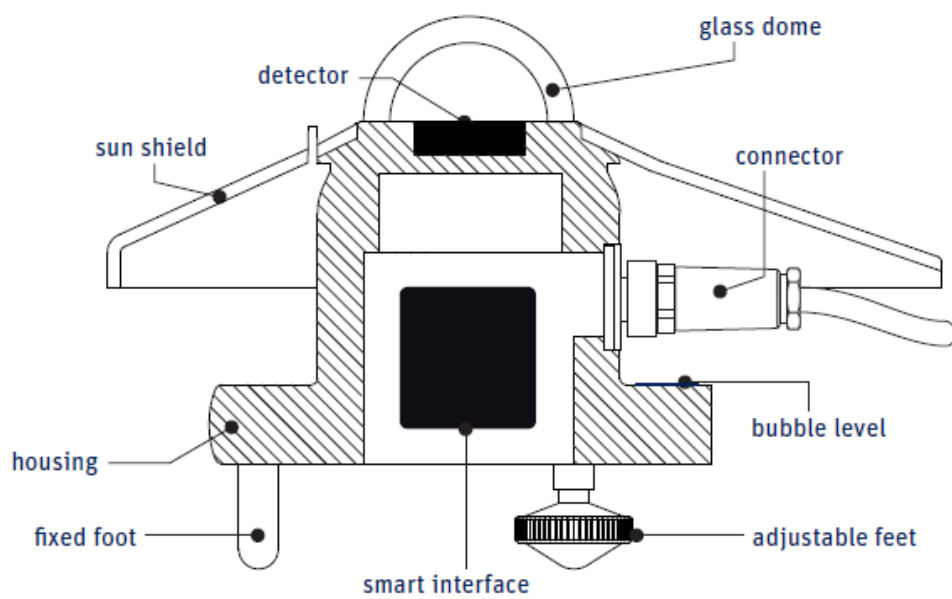
3.1.1 เครื่องมือวัดพลังงานแสงอาทิตย์

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้สมาร์ทไพราโนมิเตอร์แบบ Thermoelectric Sensor ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท Kipp & Zonen รุ่น SMP3 เพื่อใช้สำหรับการวัดรังสีรวม ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

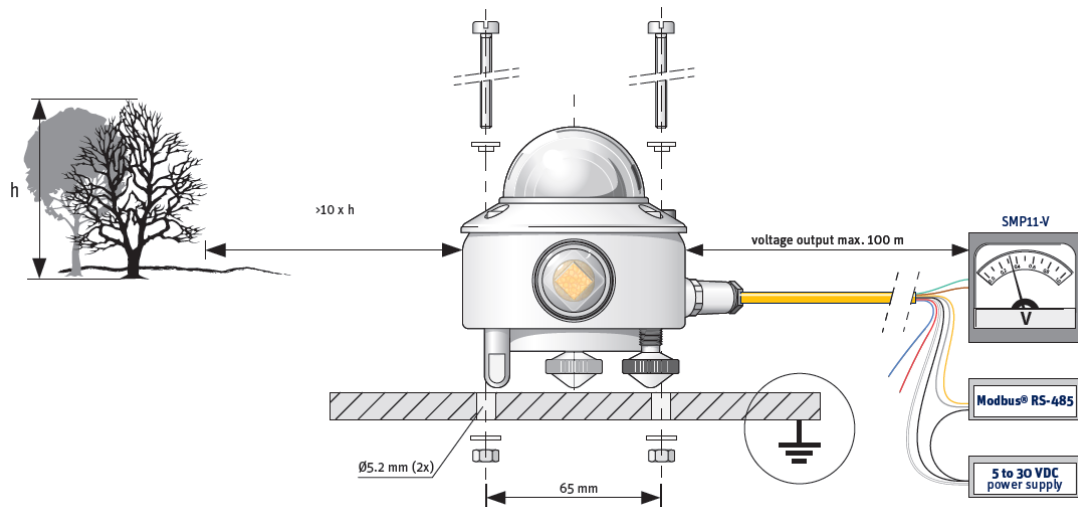
- 1) ใช้ Sensor แบบเทอร์โมไพล์ (Thermopile)
- 2) สามารถวัดความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ได้ในช่วง $-400-2000 \text{ W/m}^2$
- 3) มีเอาต์พุตของตัวรับรู้ในย่าน $4-20 \text{ mA}$
- 4) มีการตอบสนองต่อสเปกตรัมรังสีดวงอาทิตย์คงที่ในช่วง $300-2,800 \text{ nm}$
- 5) มีค่า SENSITIVITY $16.27 \mu\text{V/W/m}^2$
- 6) สามารถทำงานได้ในช่วงอุณหภูมิ -40°C ถึง $+80^\circ\text{C}$
- 7) สามารถใช้กับแหล่งจ่ายไฟ $5-30 \text{ VDC}$



รูปที่ 3.2 แสดงไพราโนมิเตอร์รุ่น CMP3 ของ Kipp & Zonen



รูปที่ 3.3 แสดงรายละเอียดของไพราโนมิเตอร์รุ่น CMP3 ของ Kipp & Zonen



รูปที่ 3.4 แสดงการติดตั้งไพราโนมิเตอร์รุ่น CMP3 ของ Kipp & Zonen

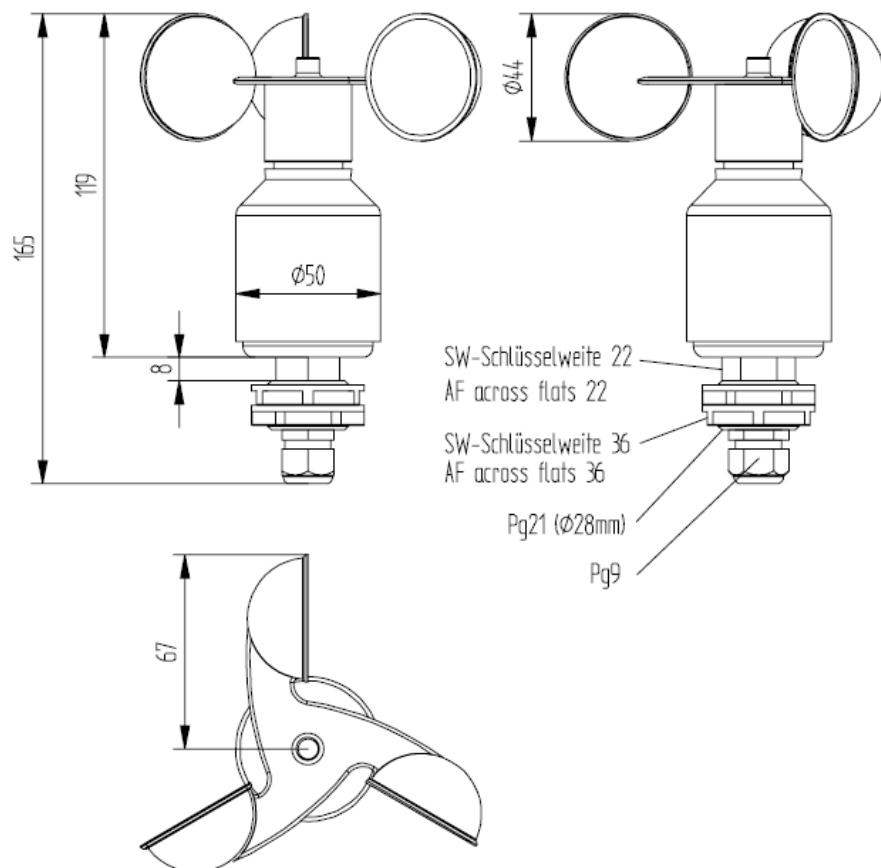
3.1.2 เครื่องมือวัดความเร็วลม

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้รุ่นขนาด compact ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท ADOLF THIES GMBH & CO KG เหมาะสำหรับใช้ในการสร้างระบบเทคโนโลยีในอุตสาหกรรมโรงไฟฟ้าพลังงานลม ในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และใช้ได้ทุกสภาพอากาศที่มีความแม่นยำระดับสากล วัสดุที่เลือกใช้และทดสอบทำงานได้ภายใต้สภาพอากาศที่รุนแรง ตัวเรือนทำจากอะลูมิเนียมที่ทนการกัดกร่อนของน้ำทะเล และใบพัดลมพัดทำจากใยแก้วเสริมพลาสติกชนิดพิเศษทำให้คงทนมาก ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- 1) มีย่านการวัด 0,5 ... 75 m/s
- 2) มีค่า Survival speed 85 m/s
- 3) มีค่า Resolution < 0,1 m/s
- 4) มีค่า Accuracy $\pm 3\%$ of meas. value or $\pm 0,5$ m/s
- 5) มีค่า Heating 20 W, 24 V AC/DC
- 6) มีค่า Ambient temperature - 40 ... + 70 °C
- 7) มีค่า Dimension Ø 135 x 165 mm
- 8) มีค่า Weight 0,4 kg / 0,75 kg
- 9) มีเอาต์พุตของตัวรับรู้ในย่าน 4-20 mA
- 10) สามารถใช้กับแหล่งจ่ายแรงดันไฟ 9-30 VDC



รูปที่ 3.5 แสดง Wind Sensor รุ่น 4.3519.00.141

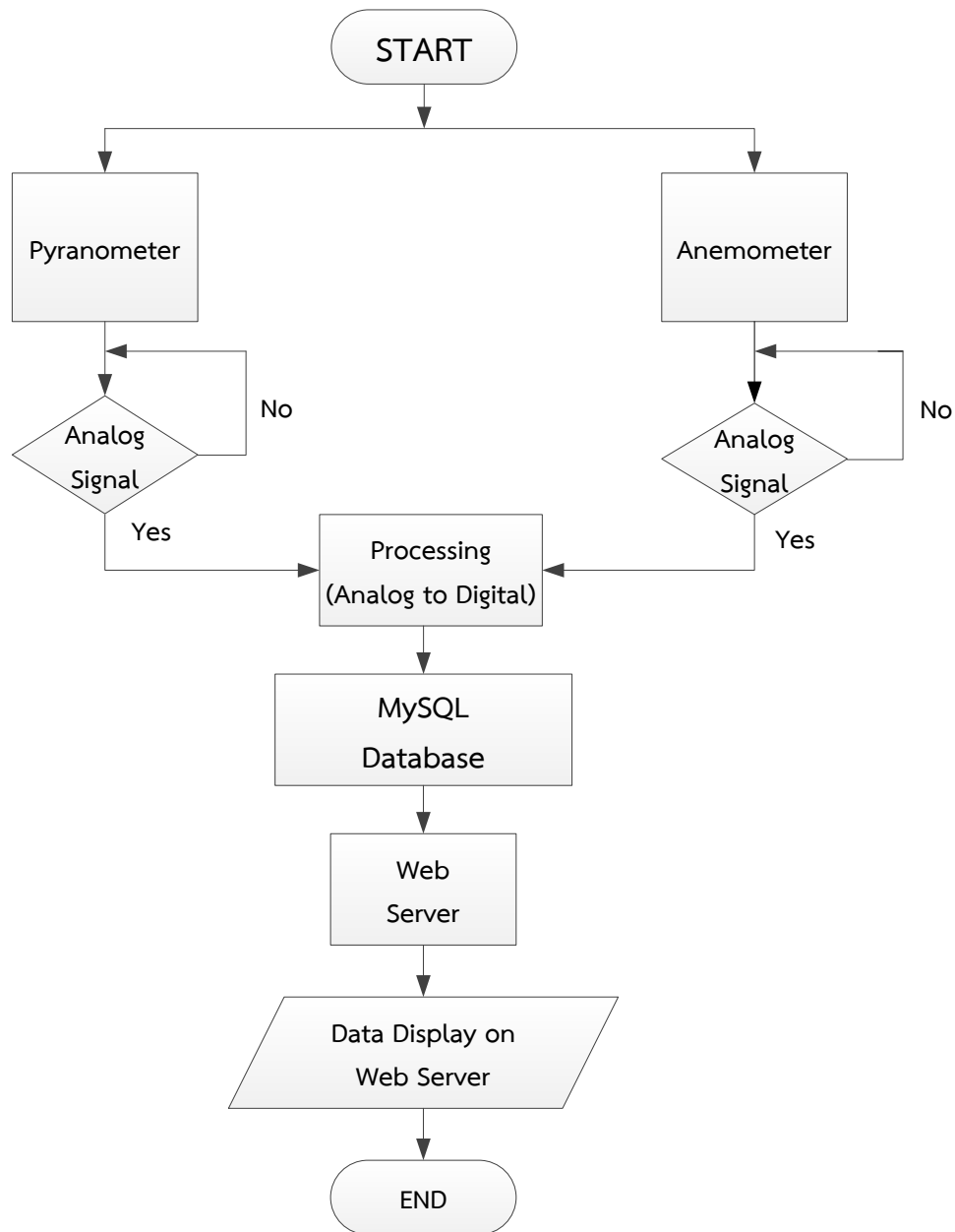


รูปที่ 3.6 แสดงรายละเอียดของ Wind Sensor รุ่น 4.3519.00.161

3.2 กระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูล

จากการพัฒนาระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ซึ่งมีขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลดังต่อไปนี้

- 1) การเก็บรวบรวมข้อมูลจะเริ่มต้นที่การตั้งค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดในระบบควบคุมของเครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องวัดพลังงานลม
- 2) ระบบควบคุมจะทำการตรวจสอบค่ารังสีแสงอาทิตย์ และตรวจสอบค่าความเร็วลมที่วัดได้ และแปลงเป็นสัญญาณแบบ Analog
- 3) ทำการแปลงสัญญาณแบบ Analog เป็นสัญญาณแบบ Digital โดยใช้อุปกรณ์แปลงสัญญาณที่พัฒนาขึ้นโดยเฉพาะ
- 4) เขียนโปรแกรมเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล MySQL โดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Studio ที่พัฒนาขึ้นโดยเฉพาะ
- 5) สร้างฐานข้อมูล MySQL Database เพื่อจัดเก็บข้อมูลลงบนฐานข้อมูล
- 6) สร้างหน้าเว็บเพจเพื่อแสดงข้อมูลในฐานข้อมูล MySQL
- 7) แสดงข้อมูลแบบเวลาปัจจุบันบนเว็บไซต์



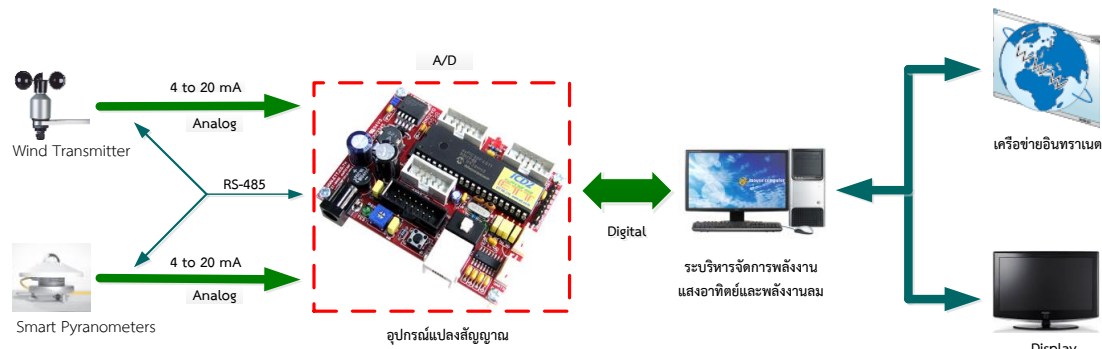
รูปที่ 3.7 กระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลของระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม

การพัฒนาโปรแกรมเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม จะเขียนคำสั่งเพื่อรับค่าจากไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Studio และเขียนคำสั่งเพื่อเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล MySQL เพื่อให้สามารถบันทึกค่าพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมที่ได้ลงบนฐานข้อมูล MySQL โดยใช้ภาษา VB.net จากนั้นจึงสร้างหน้าเว็บเพจ เพื่อแสดงค่าในฐานข้อมูล MySQL ซึ่งมีรายละเอียดที่สำคัญดังต่อไปนี้

3.2.1 ระบบควบคุมการบันทึกค่าลงฐานข้อมูล MySQL

การออกแบบระบบควบคุมการบันทึกค่าลงฐานข้อมูล MySQL มีส่วนประกอบที่สำคัญดังต่อไปนี้

- 1) เครื่องมือวัดความเร็วลม (Wind Transmitter)
- 2) เครื่องมือวัดความเข้มแสงอาทิตย์ (Smart Pyranometers)
- 3) อุปกรณ์แปลงสัญญาณ (Analog to Digital)
- 4) คอมพิวเตอร์และจอแสดงผล (Monitoring System)
- 5) วงจรโครงข่ายอินทราเน็ต (Intranet)



รูปที่ 3.8 ส่วนประกอบของระบบควบคุมการบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล MySQL

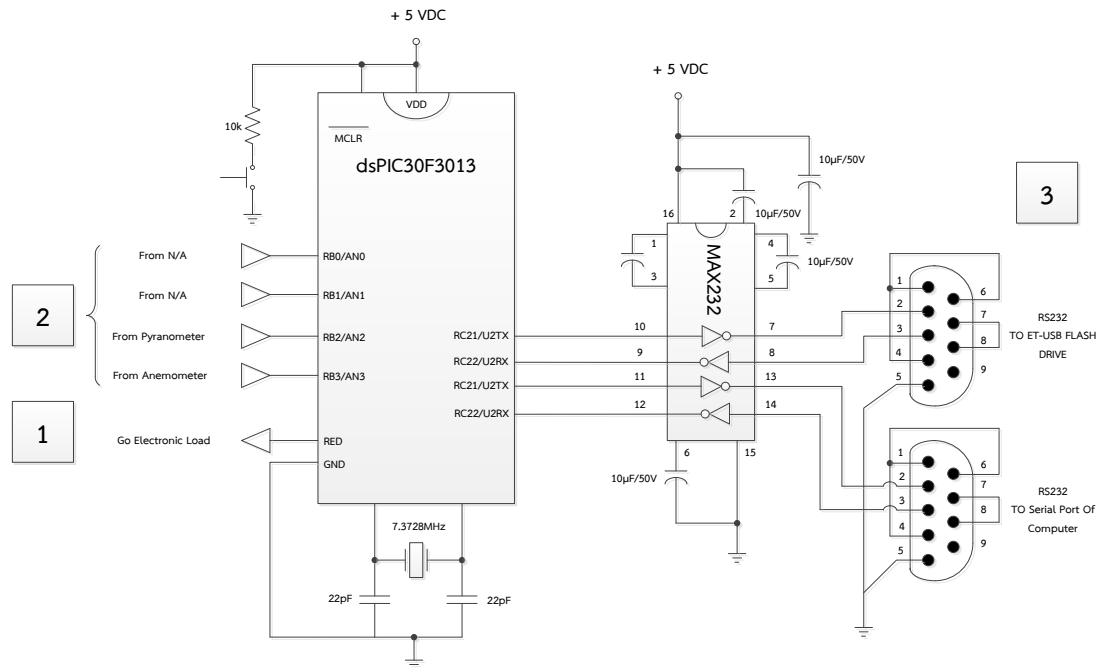
จากรูปที่ 3.8 จะเห็นได้ว่าไม่สามารถทำให้คอมพิวเตอร์ติดต่อบันทึกค่าจาก Pyranometer และ Anemometer โดยตรงได้ เนื่องจากอุปกรณ์ส่งค่าเป็น อนาล็อก ขนาด 4-20 mA ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกใช้เครื่องมือวัดที่ส่งค่าเป็นกระแสไฟฟ้า เนื่องจากสามารถส่งค่าไปได้ไกล และมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าการส่งค่าเป็นแรงดัน จากนั้นจึงหาทางติดต่อด้วยการทำให้ค่าที่รับมานั้นเปลี่ยนเป็น บิต ดิจิตอล ก่อนเนื่องจากสัญญาณดิจิตอลนี้เป็นสัญญาณที่คอมพิวเตอร์ใช้ในการทำงาน และติดต่อสื่อสารกัน จากนั้นบิตที่ส่งมาต้องเปลี่ยนค่าให้เป็นแรงดันไม่เกิน 5 โวลต์ จึงได้มีการนำวงจรแปลง อนาล็อก เป็นค่า ดิจิตอล หรือที่เรียกว่า A to D (Analog to Digital circuit) มาทำการแปลงค่าก่อนโดยทำการต่อกระแสไฟฟ้าที่ได้จาก หัววัด Pyranometer และ Anemometer ที่มีค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดคือ 20 มิลลิแอมป์

ดังนั้น เพื่อให้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ส่งเข้าพอร์ตรับค่าของวงจรควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์จึงต้องทำการต่อค่าความต้านทานขนาด 250 โอห์ม ขนานกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ของทั้งสอง หัววัด เพื่อให้ได้ค่าเป็นแรงดันเต็มพิคกิ้งที่ 5 โวลต์ แล้วโปรแกรมจะไปรับค่ามาประมวลผล เพื่อแสดงผล และเก็บต่อไปด้วยระบบคอมพิวเตอร์

3.2.2 วงจรควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

การออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของระบบได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ dsPIC30F3013 โดยมีหน้าที่ในการทำงานดังนี้

- 1) สั่งงาน
- 2) รับและส่งข้อมูล
- 3) บันทึกข้อมูล



รูปที่ 3.9 วงจรควบคุมของไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F3013

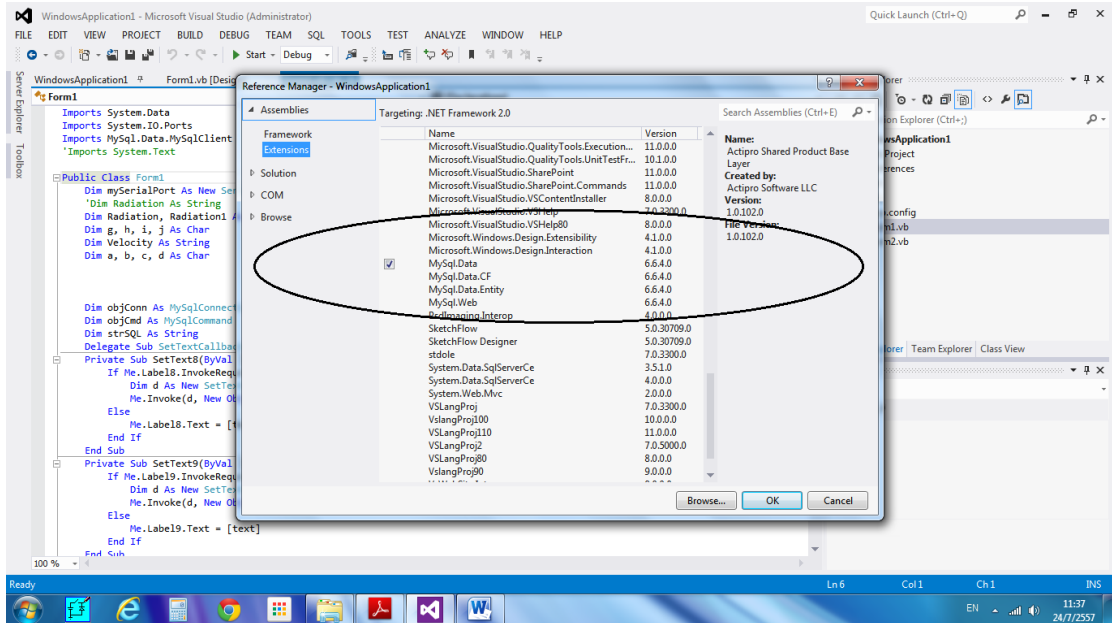
จากรูปที่ 3.9 แสดงให้เห็นวงจรการควบคุมของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ dsPIC30F3013 ประกอบด้วยการทำงาน 3 ส่วน คือ

- 1) การส่งสัญญาณไฟฟ้าไปควบคุมอิเล็กทรอนิกส์โหลด
- 2) การรับส่งสัญญาณจากภายนอก
- 3) การส่งสัญญาณข้อมูลเพื่อบันทึกค่าลงใน USB FLASH DRIVE และคอมพิวเตอร์

3.2.3 โปรแกรม Visual Basic

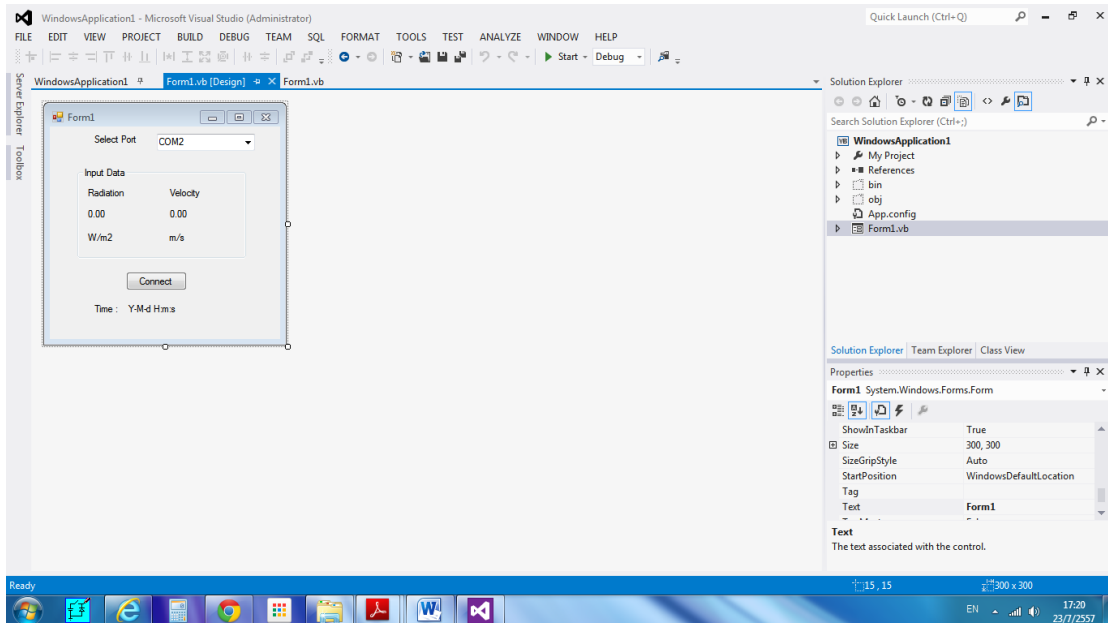
โปรแกรม Visual Basic ทำหน้าที่ควบคุมการบันทึกค่าจาก A/D board ไปยังฐานข้อมูล MySQL โดยมีขั้นตอนการสร้าง Window Form เพื่อใช้สำหรับติดต่อฐานข้อมูล MySQL โดยใช้ภาษา VB.net ซึ่งในโปรแกรม Microsoft Visual Studio 2012 จะมีเครื่องมือในการสร้าง Window Form ที่ช่วยให้ผู้ใช้งานสร้าง Window Form ที่ง่ายและรวดเร็วขึ้น การสร้าง Window Form มีขั้นตอนดังนี้

- 1) ติดตั้งโปรแกรม Appserv และสร้างฐานข้อมูลซึ่งกล่าวในลำดับถัดไป
- 2) ติดตั้ง Connector/NET ซึ่ง Download จาก www.MySQL.com
- 3) คลิกเลือก Project>Add Reference จะปรากฏ dialogbox เลือก Extensions>MySQL.Data แล้วกด OK



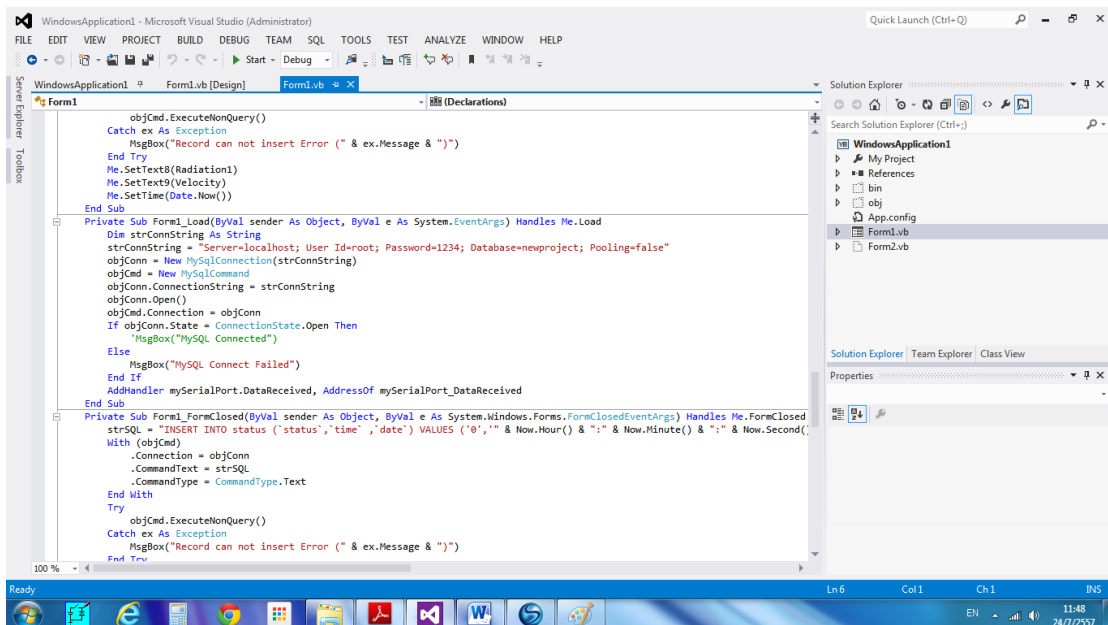
รูปที่ 3.10 การแสดง Add Reference >MySQL.Data เพื่อเรียกใช้ MySQL Connector/NET

- 4) พิมพ์คำสั่ง Imports MySQL.Data.MySQLClient ที่ด้านบนของ Public Class Form1 เพื่อเป็นการเรียกใช้ MySQL Connector/NET
- 5) สร้าง Windows Form ติดต่อฐานข้อมูล MySQL คลิกเลือก PROJECT>Add Windows Form...



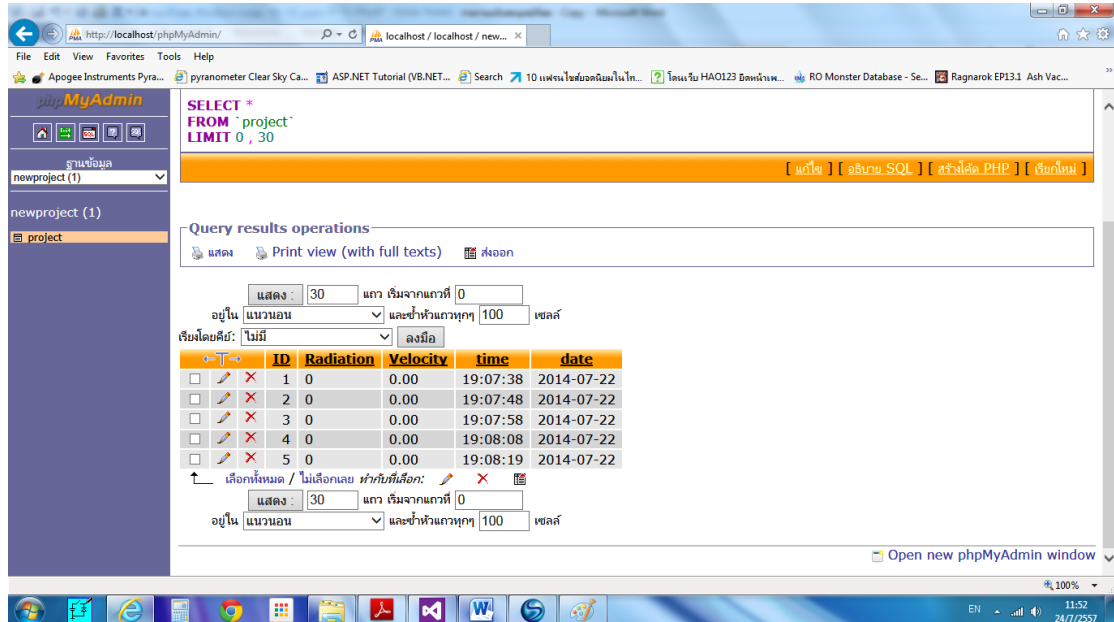
รูปที่ 3.11 Windows Form ติดต่อฐานข้อมูล MySQL

6) พิมพ์คำสั่งติดต่อฐานข้อมูล โดยสร้างตารางฐานข้อมูลไว้ก่อน โดยกำหนดฐานข้อมูลชื่อ newproject และตารางชื่อ project



รูปที่ 3.12 โปรแกรมรับค่าข้อมูลบันทึกลงฐานข้อมูล MySQL โดยใช้ภาษา VB.net

7) ทดลองรันแล้วเปิดดูตารางฐานข้อมูลในโปรแกรม Appserv ซึ่งจะพบว่าข้อมูลที่ได้มาจาก Serial Port ได้แสดงบนฐานข้อมูลแล้ว



รูปที่ 3.13 แสดงตารางฐานข้อมูล MySQL

3.3 การบันทึกค่าลงฐานข้อมูล MySQL

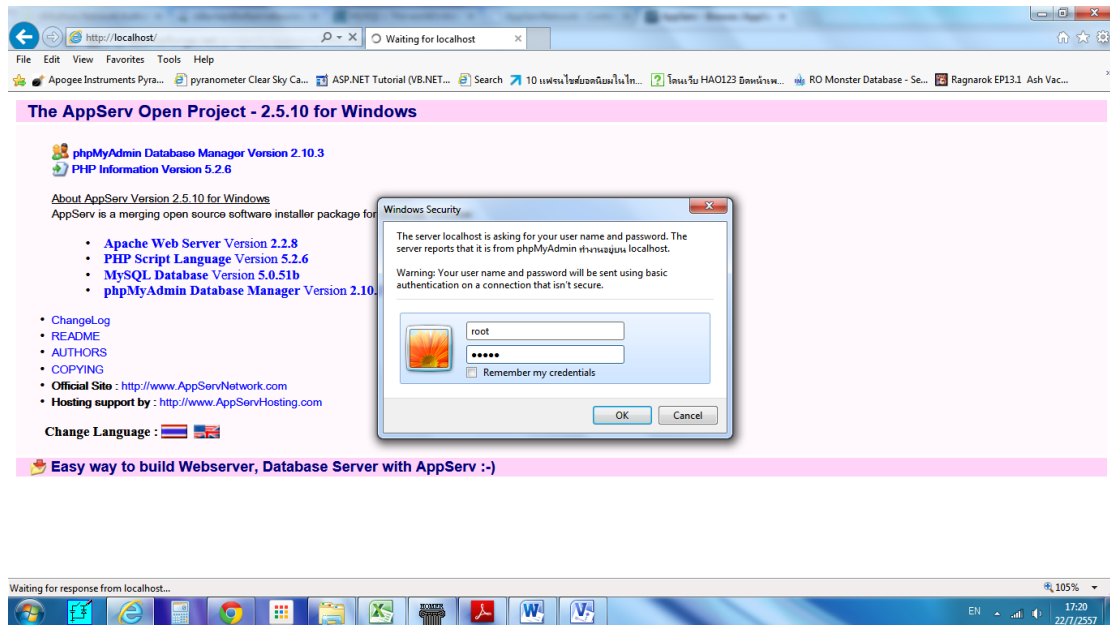
งานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม Appserv Version 2.5.10 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่รวม Open Source Software หลายอย่างที่ทำเป็นต่อการเขียนเว็บไซต์มารวมกัน ประกอบไปด้วย PHP Apache MySQL และ phpMyAdmin ทำให้การติดตั้งและการใช้งานโปรแกรมง่ายขึ้น การบันทึกค่าลงบนฐานข้อมูลมีวิธีการดังนี้

3.3.1 การสร้างฐานข้อมูล

การสร้างฐานข้อมูลและตารางฐานข้อมูล MySQL บนโปรแกรม Appserv เพื่อบันทึกค่าพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมลงบนฐานข้อมูล MySQL โดยการสร้างฐานข้อมูลด้วย PHP-MyAdmin ใน AppServ การติดตั้งซอฟต์แวร์ที่จะทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์มีการทำงานเหมือนกับ hosting เมื่อติดตั้งเสร็จก็พร้อมใช้งานได้ทันที ขั้นตอนการสร้างฐานข้อมูลและตารางฐานข้อมูล MySQL ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

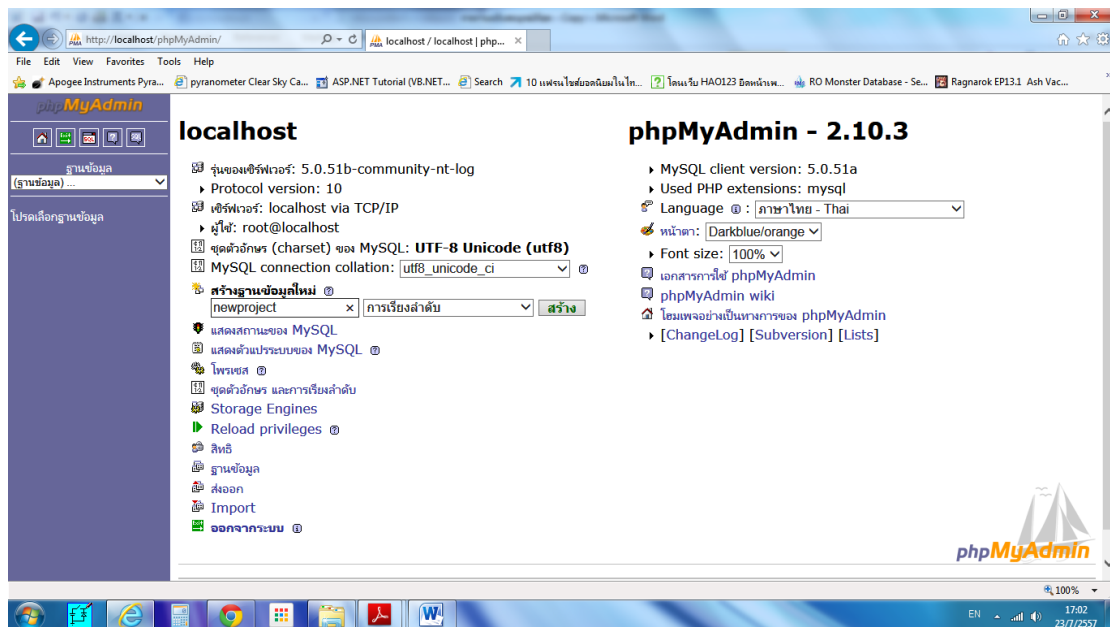
1) เข้าไปที่ <http://localhost> จากนั้นคลิกที่ phpMyAdmin Database Manager เวอร์ชัน 2.10.3

2) จะปรากฏหน้าต่าง Connect to localhost ดังรูปที่ 3.14 ให้ทำการ log in เข้าไป



รูปที่ 3.14 เข้าสู่การสร้างตาราง

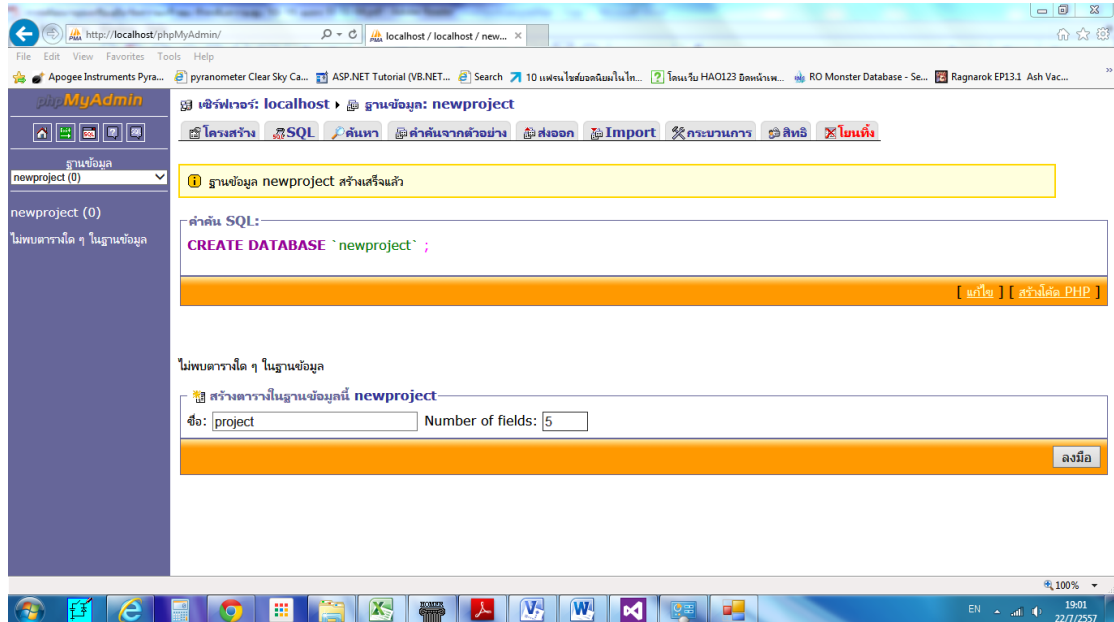
3) เมื่อ log in เข้าแล้วจะปรากฏหน้าจอ ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 เมื่อ log in

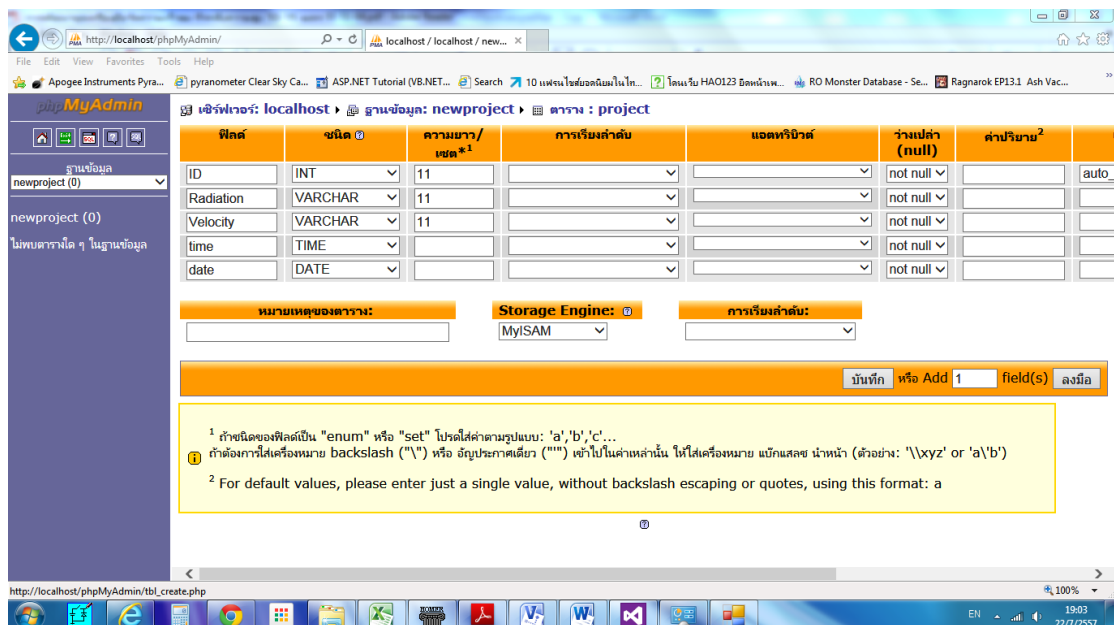
4) สร้างฐานข้อมูลโดยใช้ชื่อฐานข้อมูลชื่อ newproject ในช่องฐานข้อมูลใหม่ ดังรูปที่ 3.15 ข้างล่าง Click คำว่าสร้าง

5) เมื่อ Click สร้างจะปรากฏหน้าจอ ดังรูปที่ 3.16 ใส่ชื่อตารางฐานข้อมูล project และจำนวน field ในตัวอย่างกำหนด 5 field จากนั้น Click ลงมือ



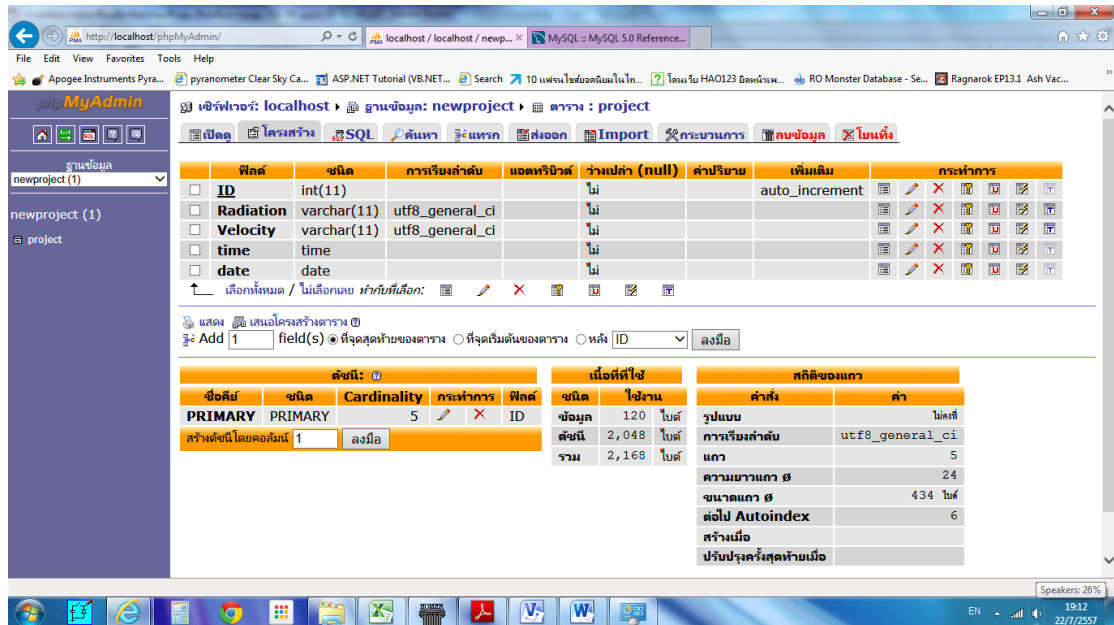
รูปที่ 3.16 ตารางฐานข้อมูลชื่อ project

6) เมื่อ Click ลงมือให้ตั้งชื่อ field และกำหนดชนิดแต่ละ field ดังรูปที่ 3.17 แล้ว Click บันทึก



รูปที่ 3.17 การกำหนดคุณสมบัติต่างๆ

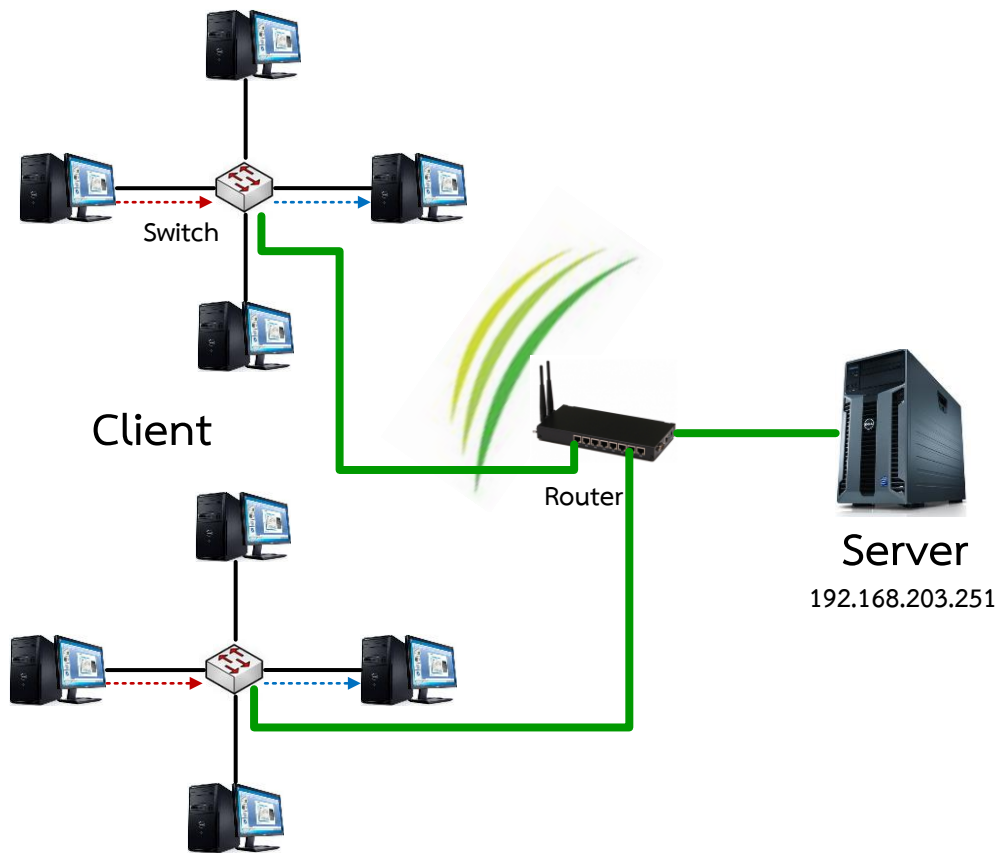
7) เมื่อ Click บันทึกจะปรากฏตารางดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 เมื่อสร้างตารางฐานข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้ว

3.4 การสื่อสารข้อมูล

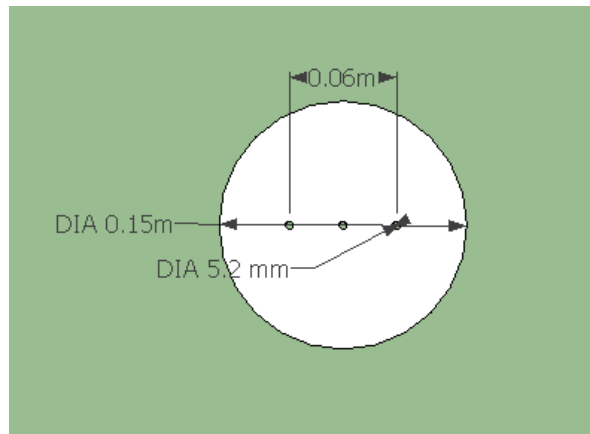
การรับส่งข้อมูลในระบบเครือข่ายอ้างอิงมาตรฐาน IEEE 802.3 และได้กำหนดให้ IP Address แทนระบบฐานข้อมูลของระบบวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมแต่ละโมดูล ทำให้ระบบฐานข้อมูลของระบบวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมแต่ละโมดูลมี IP Address เป็นของตัวเองเพื่อช่วยในการ Login เข้าระบบฐานข้อมูลของระบบวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมที่ต้องการ Login เข้าระบบฐานข้อมูลของระบบวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม คือ <http://192.168.203.251/PhP.myadmin>



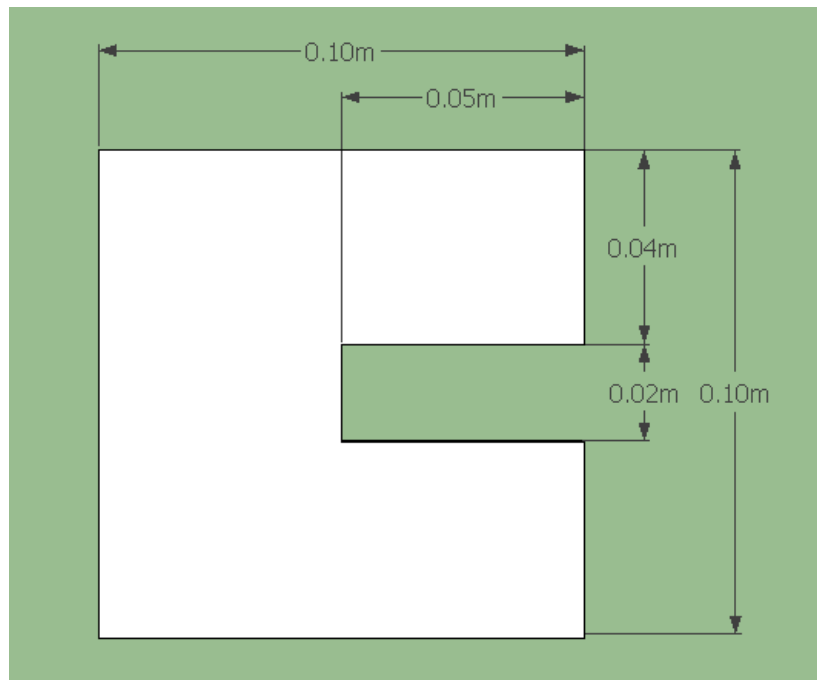
รูปที่ 3.19 ระบบอินเทอร์เน็ต

3.5 การออกแบบโครงสร้างระบบวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม

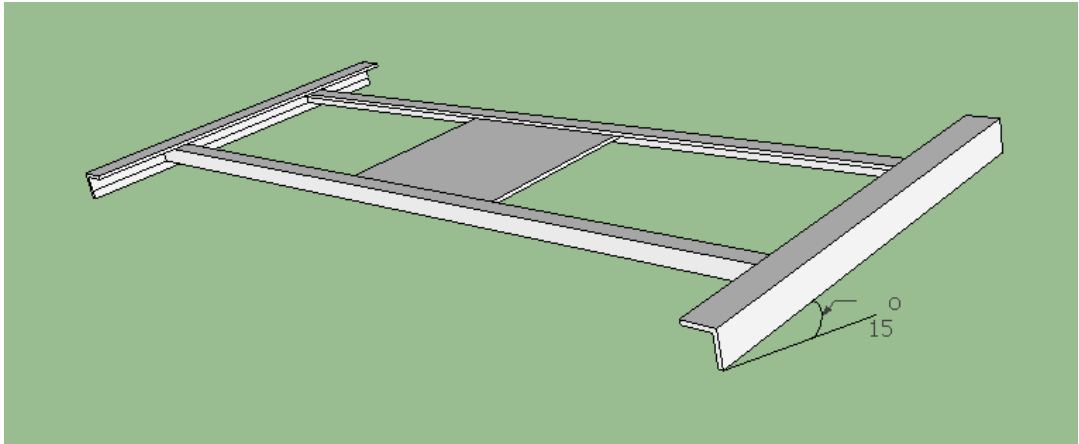
การออกแบบโครงสร้างระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร รายละเอียดของระบบซึ่งประกอบไปด้วยชุดเครื่องมือวัด ได้แก่ ไพรานอมิเตอร์ (Pyranometer) ใช้สำหรับวัดรังสีแสงอาทิตย์รวม เครื่องมือวัดความเร็วลม (Anemometer) และโปรแกรมเชื่อมต่อบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์ ผ่านทางพอร์ตอนุกรมจากนั้นจะเขียนโปรแกรมรับค่าจากไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Studio 2012 ซึ่งจากการพัฒนาและเขียนโปรแกรมสำหรับเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล MySQL เพื่อบันทึกค่าที่ได้ลงฐานข้อมูล MySQL ลักษณะของการออกแบบโครงสร้างระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครมีรายละเอียดดังนี้



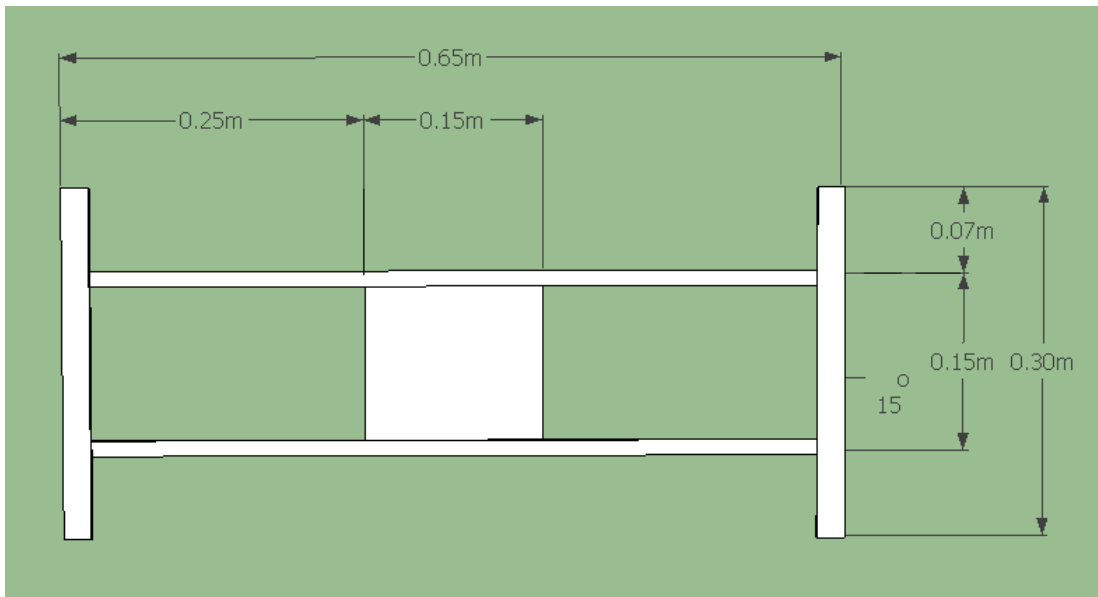
รูปที่ 3.20 ฐานติดตั้งเครื่องมือวัดพลังงานแสงอาทิตย์



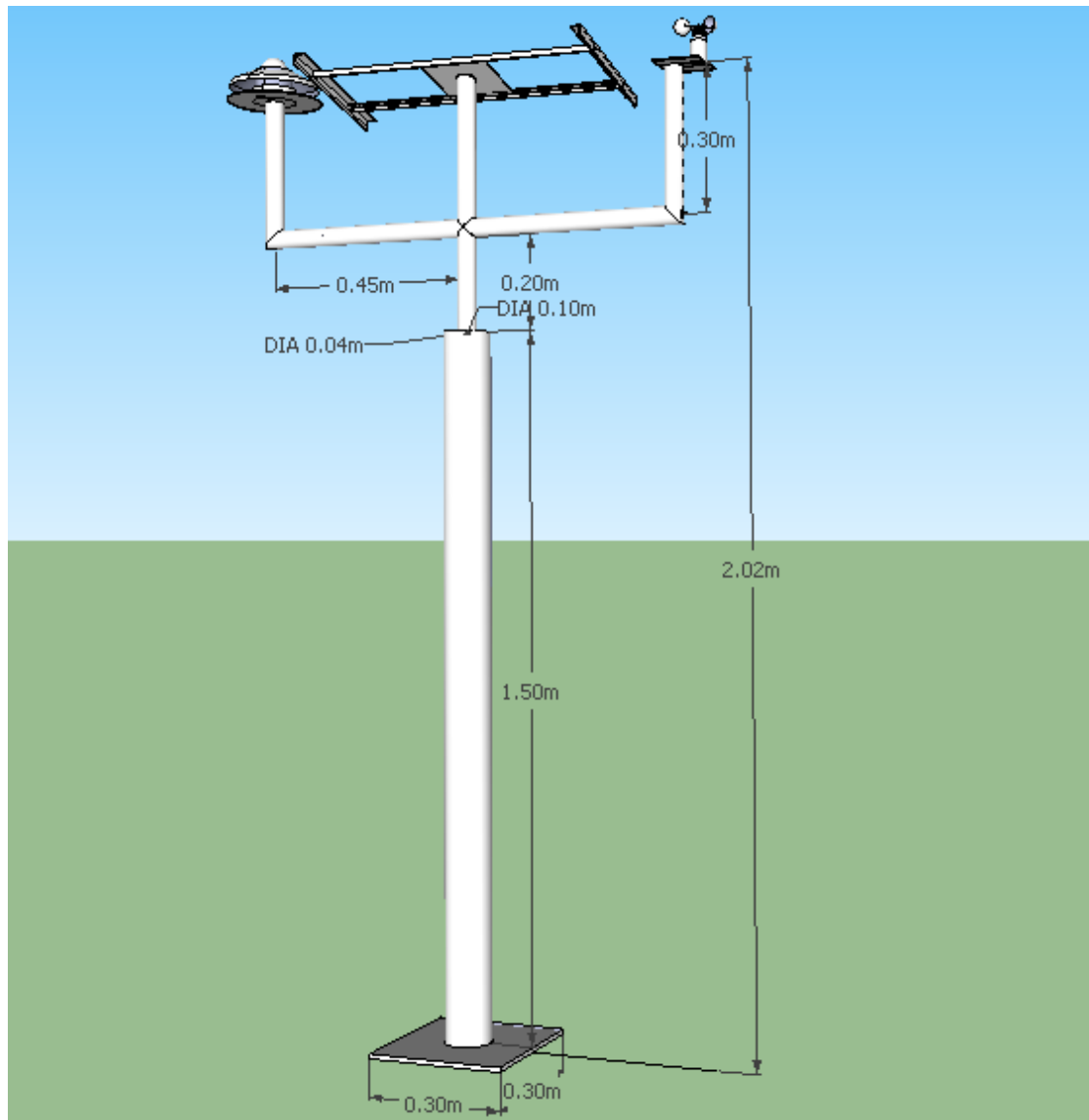
รูปที่ 3.21 ฐานติดตั้งเครื่องมือวัดพลังงานลม



รูปที่ 3.22 มุมของฐานติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 3.23 ขนาดของฐานติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 3.24 โครงสร้างทั้งหมดของระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม



รูปที่ 3.25 แบบแปลนอาคารเพื่อรองรับระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม

3.6 สรุปวิธีดำเนินการวิจัย

เนื้อหาภายในบทที่ 3 ได้อธิบายถึงวิธีดำเนินการวิจัยของระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม ประกอบด้วย เครื่องมือวัดพลังงานแสงอาทิตย์และความเร็วลม การบันทึกข้อมูลจากวงจรวัดลงคอมพิวเตอร์ การบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล การสื่อสารข้อมูลบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร และการออกแบบโครงสร้างระบบวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม ซึ่งจะนำส่วนต่างๆ ดังกล่าวไปทำการทดสอบในบทต่อไป

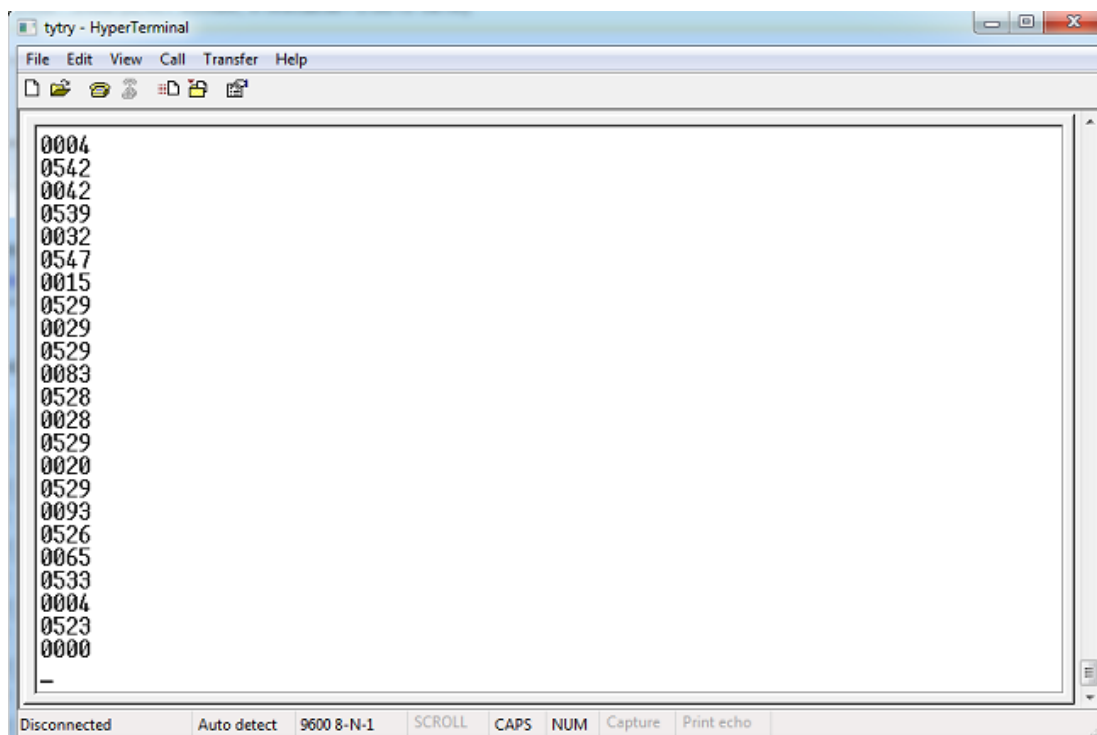
บทที่ 4

ผลการวิจัย

บทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองของระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า โดยทดลองบันทึกค่ากับคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ระบบการวัดพลังงานที่พัฒนาขึ้นสามารถแสดงผลบนหน้าเว็บเพจได้ และมีการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จากระบบที่พัฒนากับซอฟต์แวร์และเครื่องมือมาตรฐาน เพื่อยืนยันถึงหลักการว่าระบบที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้งานได้จริง และมีประสิทธิภาพการใช้งานที่ยอมรับได้ โดยมีหัวข้อการทดสอบดังนี้

4.1 ผลการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์

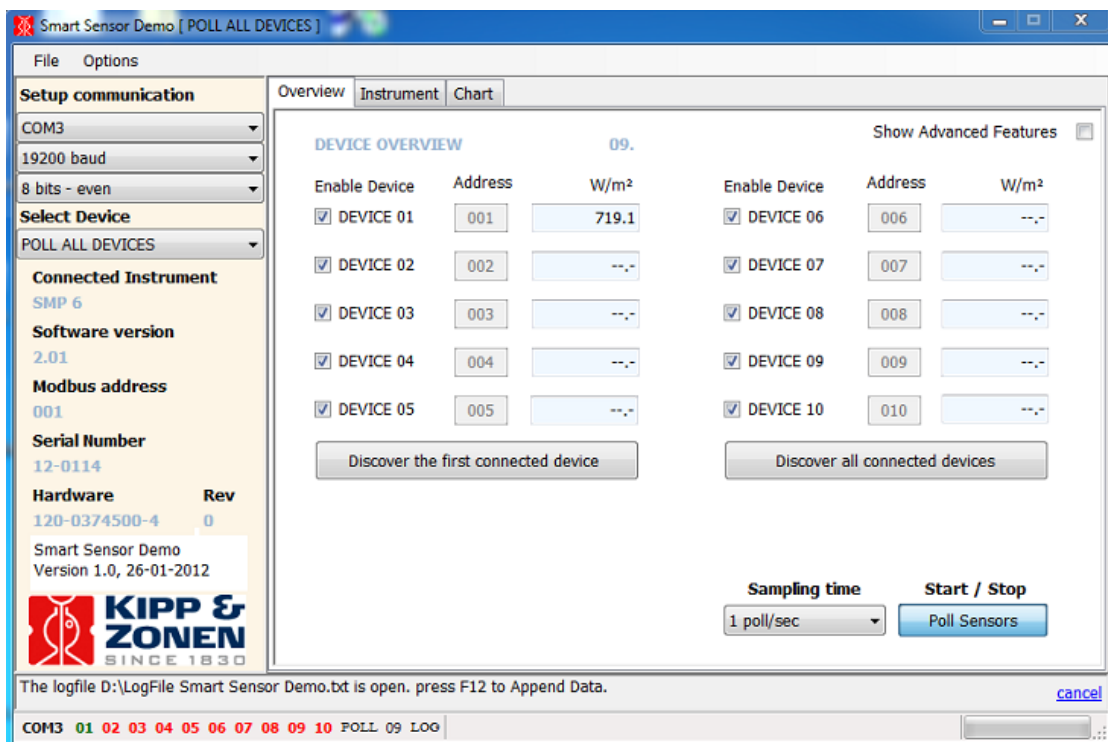
ผลการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์จะใช้โปรแกรม Hyper Terminal เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการรับสัญญาณจากอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อรับส่งข้อมูลติดต่อกับคอมพิวเตอร์ สำหรับการใช้งานเกี่ยวกับการ ส่งค่า รับค่า ตรวจสอบเช็ค หรือตั้งค่าอุปกรณ์ ซึ่งมีมากับระบบปฏิบัติการ Window ซึ่งสามารถใช้งานได้ง่ายและสะดวก โดยไม่ต้องเขียน โปรแกรมใดๆ เพิ่ม โดยเขียนโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ และสามารถต่อพอร์ตอนุกรมเข้าคอมพิวเตอร์แล้วเปิดใช้งานได้เลย



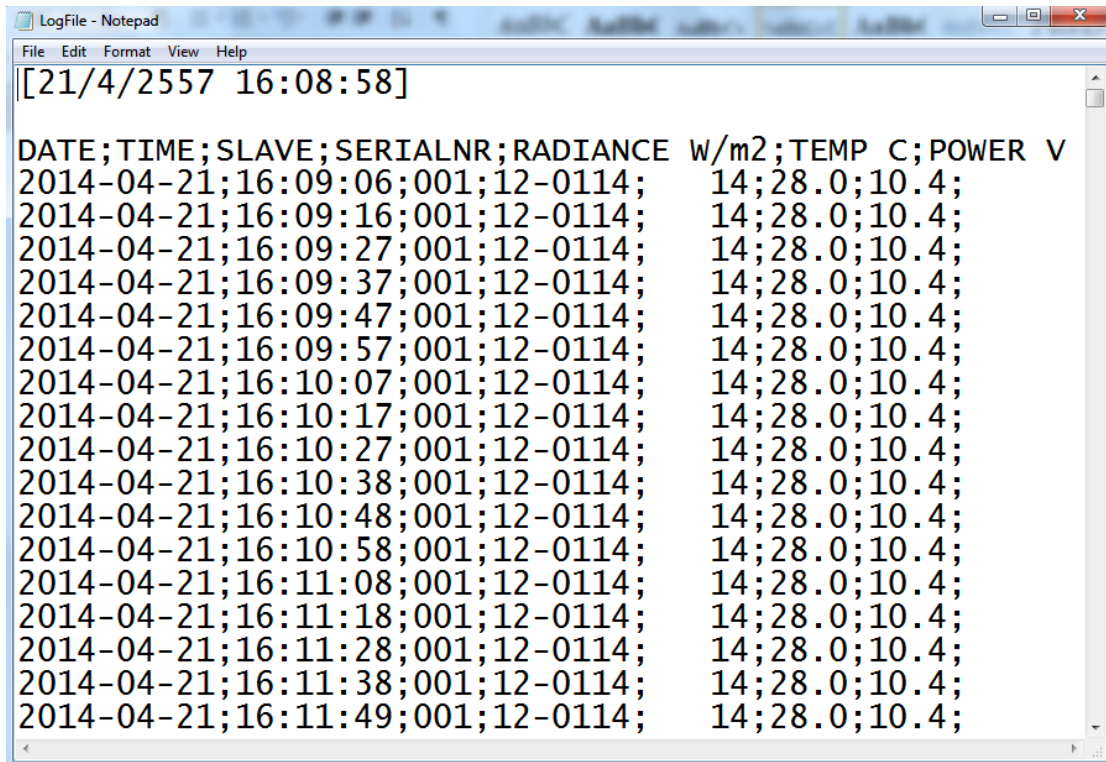
รูปที่ 4.1 แสดงผลการรันในโปรแกรม Hyper Terminal

4.2 ผลการเชื่อมต่อโปรแกรม SmartSensor Demo กับคอมพิวเตอร์

โปรแกรม SmartSensor Demo คือ Software สำหรับใช้วัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่สามารถ download ได้จาก http://www.kippzonen.com/Product/201/SMP3-Pyranometer#.UzPmoKh_uHY ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของ kipp&zonen สามารถใช้ได้กับเครื่องมือวัดรุ่น SMP3 Pyranometer ที่สามารถนำมาติดตั้งลงบนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต้องการใช้วัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์แบบเวลาปัจจุบัน โดยใช้ร่วมกับอุปกรณ์แปลงสัญญาณ RS485 เชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์โดยตรง ซึ่งข้อมูลที่ได้จะถูกเก็บบันทึกในรูปแบบ text file



รูปที่ 4.2 แสดงผลการใช้โปรแกรม SmartSensor Demo วัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์



```

[21/4/2557 16:08:58]

DATE;TIME;SLAVE;SERIALNR;RADIANCE W/m2;TEMP C;POWER V
2014-04-21;16:09:06;001;12-0114; 14;28.0;10.4;
2014-04-21;16:09:16;001;12-0114; 14;28.0;10.4;
2014-04-21;16:09:27;001;12-0114; 14;28.0;10.4;
2014-04-21;16:09:37;001;12-0114; 14;28.0;10.4;
2014-04-21;16:09:47;001;12-0114; 14;28.0;10.4;
2014-04-21;16:09:57;001;12-0114; 14;28.0;10.4;
2014-04-21;16:10:07;001;12-0114; 14;28.0;10.4;
2014-04-21;16:10:17;001;12-0114; 14;28.0;10.4;
2014-04-21;16:10:27;001;12-0114; 14;28.0;10.4;
2014-04-21;16:10:38;001;12-0114; 14;28.0;10.4;
2014-04-21;16:10:48;001;12-0114; 14;28.0;10.4;
2014-04-21;16:10:58;001;12-0114; 14;28.0;10.4;
2014-04-21;16:11:08;001;12-0114; 14;28.0;10.4;
2014-04-21;16:11:18;001;12-0114; 14;28.0;10.4;
2014-04-21;16:11:28;001;12-0114; 14;28.0;10.4;
2014-04-21;16:11:38;001;12-0114; 14;28.0;10.4;
2014-04-21;16:11:49;001;12-0114; 14;28.0;10.4;

```

รูปที่ 4.3 แสดงผลการเก็บบันทึกข้อมูลโดยใช้โปรแกรม SmartSensor Demo

4.3 ผลการบันทึกข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม

จากการสร้างระบบบันทึกค่าพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมลงฐานข้อมูล MySQL โดยใช้ภาษา VB.net ภายในโปรแกรม Microsoft Visual Studio 2012 เพื่อสร้าง Window Form รับค่าข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.4 และการสร้างฐานข้อมูลด้วย PHP-MyAdmin ใน AppServ การบันทึกข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมลงฐานข้อมูล MySQL แสดงดังรูปที่ 4.5

รูปที่ 4.4 Window Form รับค่าข้อมูลเก็บลงฐานข้อมูล MySQL

ID	Radiation	Velocity	time	date
72412	231	0.00	16:57:38	2014-06-04
72413	229	0.00	16:57:49	2014-06-04
72414	230	0.23	16:57:59	2014-06-04
72415	236	0.06	16:58:09	2014-06-04
72416	230	0.00	16:58:19	2014-06-04
72417	239	0.00	16:58:30	2014-06-04
72418	233	0.04	16:58:40	2014-06-04
72419	232	0.06	16:58:50	2014-06-04
72420	231	0.00	16:59:00	2014-06-04
72421	230	0.20	16:59:10	2014-06-04
72422	247	0.00	16:59:21	2014-06-04
72423	229	0.00	16:59:31	2014-06-04
72424	236	0.00	16:59:41	2014-06-04
72425	241	0.00	16:59:51	2014-06-04
72426	237	0.00	17:00:02	2014-06-04

รูปที่ 4.5 ผลการรับข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์เก็บลงในฐานข้อมูล MySQL

จากการทดลองรับข้อมูลจะเห็นว่าเมื่อสามารถทำการเชื่อมต่อระหว่าง VB.NET กับ MySQL ได้แล้ว ค่าที่ส่งเข้ามาใน Microsoft Visual Studio 2012 จะถูกส่งเข้ามาเก็บไว้ในฐานข้อมูลที่เราสร้างไว้แล้ว โดยจะเก็บข้อมูลทุกๆ 10 วินาที และค่าที่ได้จะถูกนำมาแสดงผลบนหน้าเว็บไซต์ต่อไป

4.4 ผลการแสดงผลจากฐานข้อมูล MySQL บนหน้าเว็บเพจ

การนำข้อมูลมาแสดงผลบนเว็บเพจนั้น จำเป็นต้องจำลองเครื่องให้เป็นเซิร์ฟเวอร์และสามารถทำได้ง่ายๆ โดยการติดตั้งโปรแกรม Appserv ซึ่งจะประกอบไปด้วย

- 1) Apache Web Serve คือ โปรแกรมที่ทำหน้าที่เป็น Web Server
- 2) MySQL Database คือ โปรแกรมที่ทำหน้าที่เป็น Database Server
- 3) PHP Script Language คือ ภาษา PHP ที่เอาไว้เขียนโปรแกรมที่เกี่ยวกับเว็บไซต์

- 4) phpMyAdmin คือ ตัวควบคุม MySQL Database ผ่านเว็บไซต์

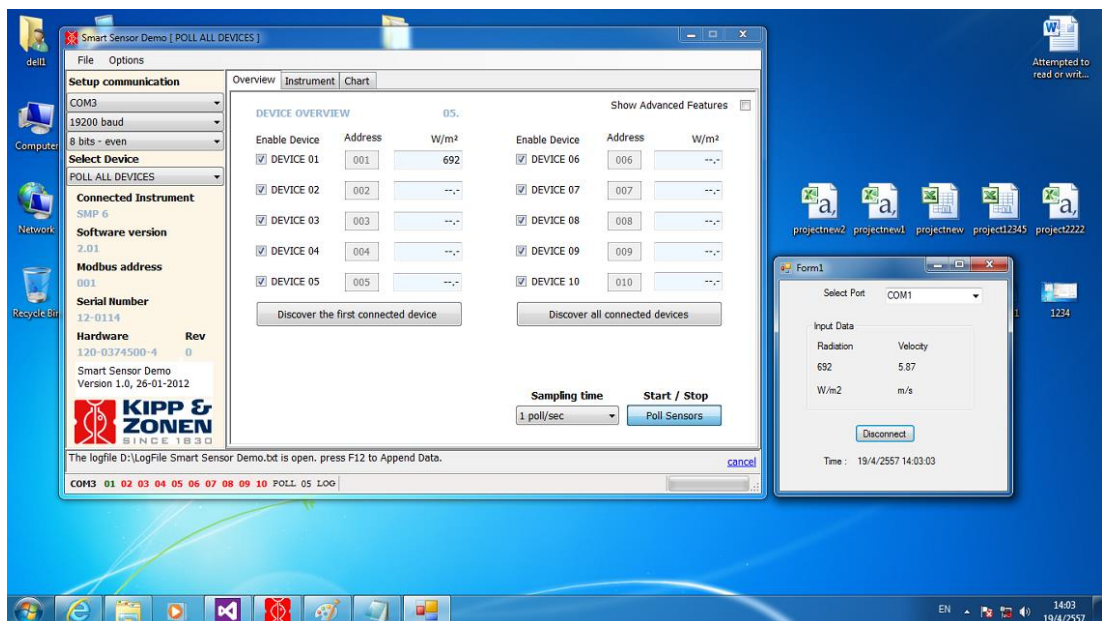
และสามารถแสดงข้อมูลออกมาแบบเวลาปัจจุบันได้ ส่วนหน้าเว็บเพจก็ขึ้นอยู่กับความคิดสร้างสรรค์ของแต่ละบุคคลว่าจะออกแบบอย่างไรให้สวยงาม ซึ่งจะสามารถศึกษาวิธีสร้างเว็บเพจได้จากหนังสือสร้างเว็บเพจทั่วไปและตามเว็บไซต์ต่างๆ



รูปที่ 4.6 แสดงการดึงข้อมูล MySQL ที่ใช้ภาษา PHP ดึงค่าสุดท้ายมาแสดงบน Web Server

4.5 ผลการแสดงผลข้อมูลจาก SmartSensor เปรียบเทียบกับ Window Form

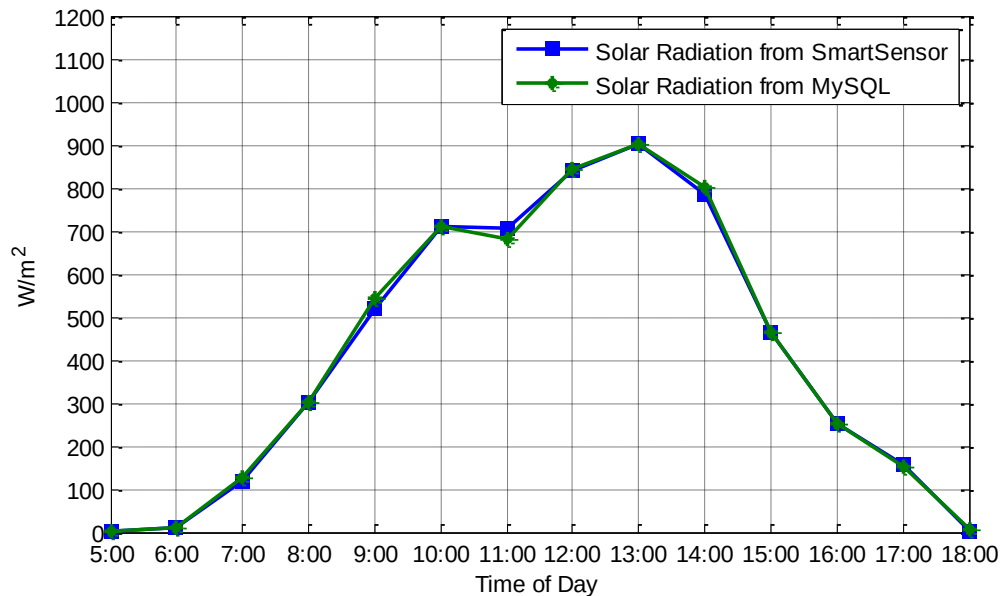
จากรูปที่ 4.7 เป็นการเปรียบเทียบโปรแกรมที่ใช้สำหรับรับค่าพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าทางด้านซ้ายจะใช้โปรแกรม SmartSensor Demo Version 1.0 เป็นผลิตภัณฑ์ของเครื่องมือวัด kipp&zonen เทียบกับโปรแกรม Microsoft Visual Studio 2012 ทางด้านขวาที่สร้างขึ้น ผลจากการทดลองรับค่าพลังงานแสงอาทิตย์ในวันและเวลาเดียวกัน จะเห็นได้ว่าโปรแกรมทั้งสองสามารถแสดงผลการรับค่าพลังงานแสงอาทิตย์ได้เท่ากับ 692 W/m^2 ซึ่งเป็นค่าที่ตรงกัน ดังแสดงรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แสดงข้อมูลจาก SmartSensor Demo เทียบกับ Window Form

4.6 การวิเคราะห์ผลพลังงานแสงอาทิตย์จากฐานข้อมูล MySQL เทียบกับโปรแกรม SmartSensor

จากรูปที่ 4.8 เป็นการนำข้อมูลพลังงานที่ได้จากแสงอาทิตย์(W/m^2) ที่บันทึกผลได้โดยตรงจากโปรแกรม SmartSensor Demo Version 1.0 มาพล็อตกราฟเปรียบเทียบกับโปรแกรมบันทึกค่าลงฐานข้อมูล MySQL ที่สร้างขึ้น (ข้อมูล ณ วันที่ 23 เมษายน 2557) โดยเส้นสีน้ำเงินจะแสดงค่าที่ได้จาก SmartSensor Demo Version 1.0 และเส้นเขียวจะแสดงค่าที่ได้จากฐานข้อมูล MySQL



รูปที่ 4.8 พลังงานแสงอาทิตย์จากฐานข้อมูล MySQL เปรียบเทียบกับโปรแกรม SmartSensor

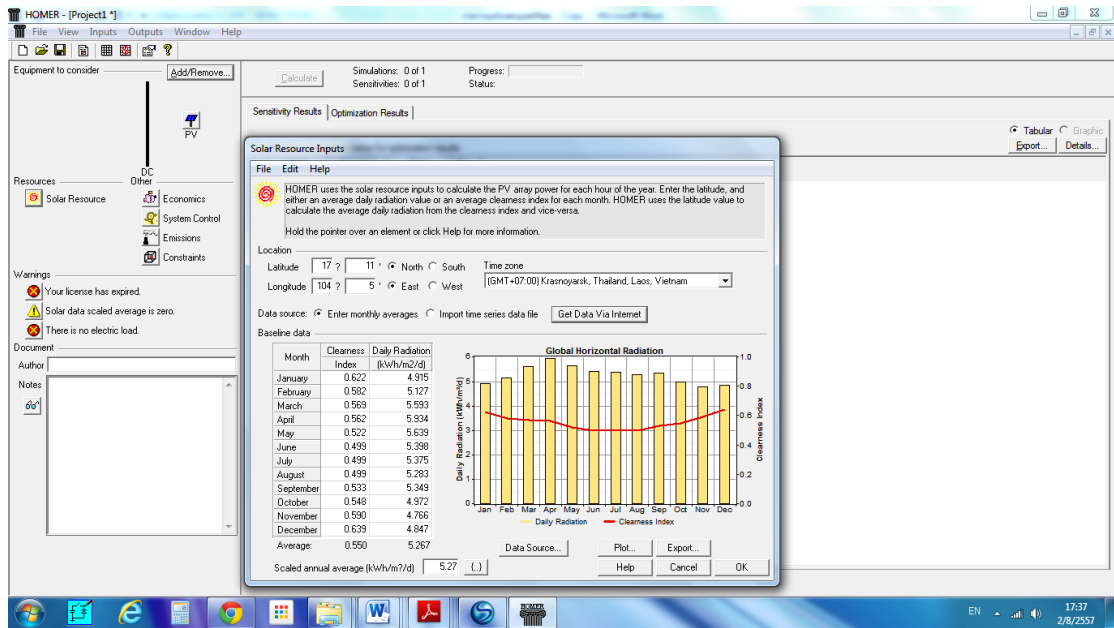
จากการวิเคราะห์ข้อมูลพลังงานที่ได้จากแสงอาทิตย์ (W/m^2) ของทั้งสองโปรแกรมแสดงให้เห็นว่ากราฟที่ได้มีลักษณะที่ใกล้เคียงกันมากโดยมีค่าพลังงานแสงอาทิตย์คิดเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2) วัดค่าได้จากโปรแกรม SmartSensor Demo Version 1.0 และค่าที่ได้จากฐานข้อมูล MySQL ที่สร้างขึ้น ซึ่งเป็นค่าที่นำมาเปรียบเทียบกันทุกๆ 1 ชั่วโมง ในวันและเวลาเดียวกัน โดยมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ในช่วงที่มีแสงแดดเท่ากับ 3.11 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 4.1 และจากกราฟรูปที่ 4.8 จะเห็นได้ว่าการเพิ่มขึ้นของค่าพลังงานแสงอาทิตย์นั้นมีลักษณะเพิ่มขึ้นเป็นค่า Slope ได้ระดับจนกระทั่งเส้นกราฟลดต่ำลงที่เวลา 11:00:00 น. เนื่องจากเป็นลักษณะปกติที่มีเมฆมาบังเซลล์แสงอาทิตย์และได้ระดับขึ้นอีกครั้งจนถึงจุดสูงสุดแล้วลดต่ำลงจนถึงช่วงเย็น และในเวลากลางวันเส้นกราฟทั้งสองโปรแกรมจะเป็นศูนย์เนื่องจากไม่มีแสงอาทิตย์และจะเริ่มมีพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาเช้าประมาณ 05:00:00 น. จนถึงช่วงเย็น เวลาประมาณ 18:00:00 น. ซึ่งเป็นค่าความเข้มแสงอาทิตย์โดยทั่วไป

ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบพลังงานแสงอาทิตย์จากฐานข้อมูล MySQL กับโปรแกรม SmartSensor

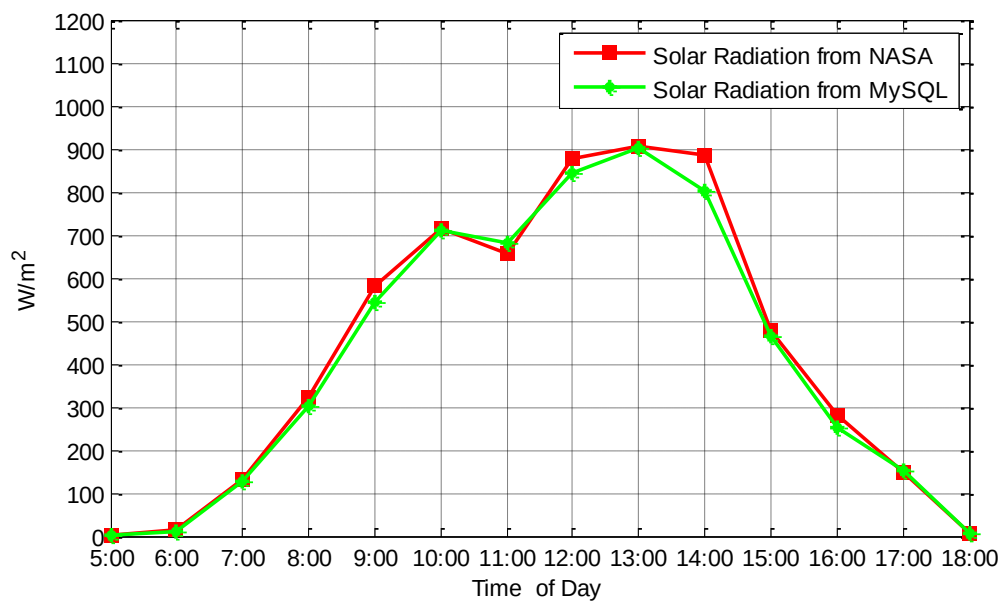
เวลา (ชั่วโมง)	พลังงานแสงอาทิตย์จาก โปรแกรมSmartSensor (W/m ²)	พลังงานแสงอาทิตย์จาก ฐานข้อมูล MySQL (W/m ²)	ค่าความ ผิดพลาด (%)
05:00:00	2	2	0
06:00:00	11	12	-9.090909091
07:00:00	120	129	-7.5
08:00:00	301	303	-0.664451827
09:00:00	518	545	-5.212355212
10:00:00	711	710	0.140646976
11:00:00	706	680	3.682719547
12:00:00	840	843	-0.357142857
13:00:00	902	903	-0.110864745
14:00:00	787	801	-1.778907243
15:00:00	465	463	0.430107527
16:00:00	254	254	0
17:00:00	157	154	1.910828025
18:00:00	4	5	-25
ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย			-3.110737779

4.7 การวิเคราะห์ผลพลังงานแสงอาทิตย์จากฐานข้อมูล MySQL เทียบกับข้อมูลอ้างอิง

การวิเคราะห์ผลการทดลองสามารถทำได้โดยการนำค่าที่ได้ไปทำการเปรียบเทียบกับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ ค่าที่วัดได้มีความเที่ยงตรงแค่ไหน และความคลาดเคลื่อนมากหรือน้อยเท่าไร จึงต้องทำการหาแหล่งข้อมูลที่มีความเที่ยงตรงสูงและน่าเชื่อถือ จึงได้ทำการอ้างอิงข้อมูลจากแหล่งที่มาที่น่าเชื่อถือที่สุดในตอนนี้คือ องค์การ NASA ข้อมูลที่ได้เมื่อนำมาเทียบกับค่าอ้างอิงที่ได้จากหน่วยงาน NASA เป็นค่าที่นำมาจากการวัดและบันทึกผลแล้ว (จากโปรแกรม Homer) โดยเมื่อนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบจะได้เป็นกราฟดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.9 โปรแกรม Homer



รูปที่ 4.10 พลังงานแสงอาทิตย์จากฐานข้อมูล MySQL เปรียบเทียบกับองค์การ NASA

ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบพลังงานแสงอาทิตย์จากฐานข้อมูล MySQL กับองค์การ NASA

เวลา (ชั่วโมง)	พลังงานแสงอาทิตย์จาก องค์การ NASA (W/m^2)	พลังงานแสงอาทิตย์จาก ฐานข้อมูล MySQL (W/m^2)	ค่าความ ผิดพลาด (%)
05:00:00	2.5	2	20
06:00:00	12.97	12	7.478797
07:00:00	130.4	129	1.07362
08:00:00	322.8	303	6.133829
09:00:00	581.3	545	6.244624
10:00:00	715.8	710	0.810282
11:00:00	655	680	-3.81679
12:00:00	877	843	3.876853
13:00:00	905.9	903	0.320124
14:00:00	886.7	801	9.66505
15:00:00	476.1	463	2.751523
16:00:00	282.9	254	10.21562
17:00:00	146.2	154	-5.33516
18:00:00	5.2	5	3.846154
ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย			4.518894873

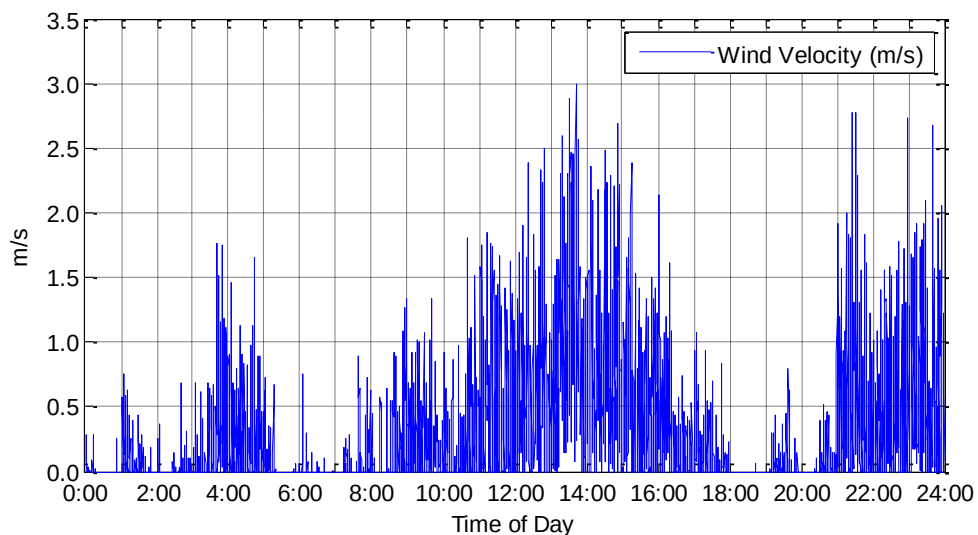
จากการเปรียบเทียบจะเป็นการเปรียบเทียบกันของค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่เก็บค่าได้ของ องค์การ NASA เท่าที่เห็นเป็นการเปรียบเทียบกันทุกๆ 1 ชม. ในวันและเวลาเดียวกัน จากกราฟจะเห็นได้ว่าการเพิ่มขึ้นของค่าพลังงานแสงอาทิตย์นั้นมีการเพิ่มขึ้นเป็นค่า Slope โดยค่าพลังงานแสงอาทิตย์ จะเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 05:00:00 น. และได้ระดับกราฟไปเรื่อยๆเนื่องจากดวงอาทิตย์เริ่มขึ้นมาจนถึง 11:00:00 น. ระดับกราฟลงมาจากอาจมีเมฆมาบังแสง จากนั้นระดับกราฟจะไต่ขึ้นไปอีกครั้ง แสงอาทิตย์เริ่มมีมากขึ้นทำให้เป็นช่วงที่มีค่าความชันสูงจนถึง 13:00:00 น. จะมีค่าสูงสุด และได้ระดับกราฟลงมาอีกครั้งจนเท่ากับระดับต่ำสุดในที่สุด ซึ่งผลที่ได้มีค่าผิดพลาดเฉลี่ยเท่ากับ 4.52 เปอร์เซ็นต์

4.8 การวิเคราะห์ผลความเร็วลมจากฐานข้อมูล MySQL เทียบกับ VICTOR 816 Digital Anemometer

การวิเคราะห์ผลการทดลองสามารถทำได้โดยนำค่าความเร็วลมจากฐานข้อมูล MySQL ที่ได้เปรียบเทียบกับเครื่องมือวัด VICTOR 816 Digital Anemometer ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดความเร็วลมและอุณหภูมิในอากาศแบบพกพา ที่มีความแม่นยำในการวัดสูง เครื่องมือที่ใช้เปรียบเทียบการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.11



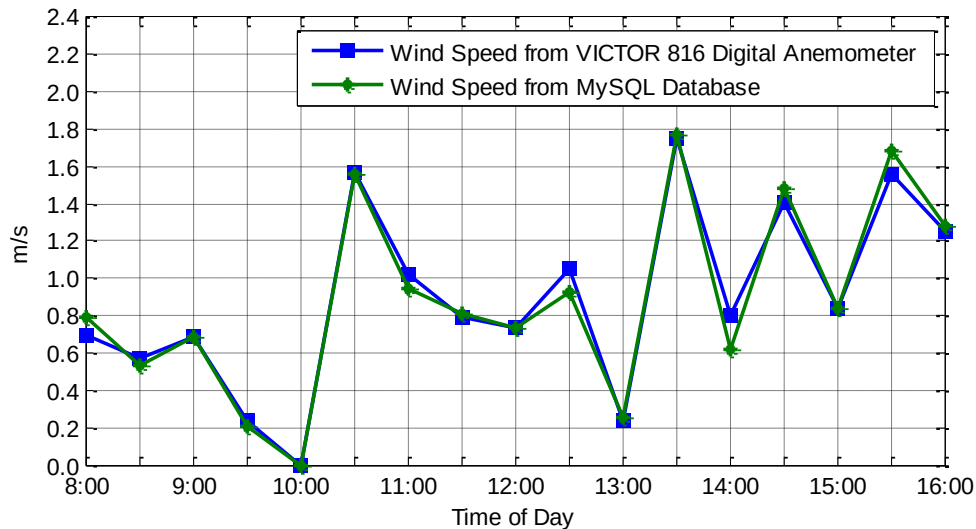
รูปที่ 4.11 เครื่องมือทดสอบความเร็วลม VICTOR 816 Digital Anemometer



รูปที่ 4.12 ผลการวัดความเร็วลมจากฐานข้อมูล MySQL แบบเต็มวัน

ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบความเร็วลมจากฐานข้อมูล MySQL กับ Digital Anemometer

เวลา (ชั่วโมง)	ความเร็วลมที่ตรวจวัดได้จาก Digital Anemometer (m/s)	ความเร็วลมที่ตรวจวัดได้จาก ฐานข้อมูล MySQL (m/s)	ค่าความ ผิดพลาด (%)
08:00:00	0.70	0.79	-12.8571
08:30:00	0.57	0.53	7.017544
09:00:00	0.69	0.69	0
09:30:00	0.24	0.21	12.5
10:00:00	0	0	0
10:30:00	1.57	1.56	0.636943
11:00:00	1.02	0.95	6.862745
11:30:00	0.79	0.81	-2.53165
12:00:00	0.73	0.73	0
12:30:00	1.05	0.93	11.42857
13:00:00	0.24	0.25	-4.16667
13:30:00	1.75	1.77	-1.14286
14:00:00	0.80	0.62	22.5
14:30:00	1.41	1.48	-4.96454
15:00:00	0.84	0.84	0
15:30:00	1.56	1.68	-7.69231
16:00:00	1.25	1.28	-2.4
ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย			1.481802596



รูปที่ 4.13 ความเร็วลมจากฐานข้อมูล MySQL เปรียบเทียบกับ Digital Anemometer

จากผลการเปรียบเทียบจะเป็นการเปรียบเทียบกันของค่าความเร็วลมที่เก็บได้ของเครื่องมือวัดความเร็วลม VICTOR 816 Digital Anemometer เป็นการเปรียบเทียบกันทุก ๆ 30 วินาที ในวันและเวลาเดียวกัน (ข้อมูล ณ วันที่ 30 มิถุนายน 2557) โดยค่าความเร็วลมจะเริ่มการเปรียบเทียบกันตั้งแต่เวลา 08:00:00 น. จนถึง 16:00:00 น. ผลการเปรียบเทียบความเร็วลมจากตารางที่ 4.3 จะแสดงให้เห็นว่าค่าความเร็วลมที่วัดได้มีค่าใกล้เคียงกัน ผลที่ได้มีค่าผิดพลาดเฉลี่ยเท่ากับ 1.48 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าความเร็วลมสูงสุด ณ เวลา 13:30:00 น. และจากกราฟความเร็วลมในรูปที่ 4.12 เป็นการนำค่าจากฐานข้อมูล MySQL แบบเต็มวันมาพล็อตกราฟ ซึ่งจะเห็นได้ว่าความเร็วลมมีความผันผวนและไม่แน่นอน อีกทั้งค่าที่เก็บได้ยังสามารถนำไปวิเคราะห์หาศักยภาพพลังงานลม เพื่อนำไปออกแบบขนาดของกังหันลมให้เหมาะสมสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าในแต่ละพื้นที่ได้ต่อไป

4.9 สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการและการทดสอบวิเคราะห์ผลการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ดังที่ออกแบบไว้ในบทที่ 3 จากการทดสอบวัดบันทึกผลระบบวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมแบบเต็มวัน แสดงให้เห็นว่าระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมที่สร้างขึ้นสามารถตรวจวัดและบันทึกผลได้จริง อีกทั้งระบบวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมสามารถแสดงผลพลังงานได้อย่างครอบคลุมในทุกส่วนของระบบ อยู่ในรูปกราฟฟิคหรืออาจจะแสดงในรูปของ Excel File ก็ได้ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และเมื่อนำข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้จากฐานข้อมูล MySQL ที่สร้างขึ้นมาเปรียบเทียบกับโปรแกรม SmartSensor ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของ kipp&zonen และเปรียบเทียบกับองค์การ NASA จากโปรแกรม Homer และเมื่อนำข้อมูลพลังงานลมจากฐานข้อมูล MySQL มาเปรียบเทียบกับเครื่องมือทดสอบความเร็วลม VICTOR 816 Digital Anemometer ซึ่งผลที่ได้จากการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมมีค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้

บทที่ 5

บทสรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ทำการพัฒนาระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร โดยสร้างวงจรควบคุมที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการบันทึกค่าลงฐานข้อมูล MySQL และสร้างระบบแสดงผลบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งเมื่อทำการสร้างระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมเสร็จแล้วระบบนี้จะถูกติดตั้งไว้บนอาคารคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ผลสำเร็จของการวิจัยนี้เพื่อวิจัยและพัฒนา ระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม จากเครือข่ายสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการอนุรักษ์พลังงานและการพัฒนาวิจัยการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นแหล่งศึกษาเรียนรู้เทคโนโลยีเพื่อการวิจัยพัฒนาสำหรับนักเรียนนักศึกษาในสาขาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร และผู้สนใจทั่วไป

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ที่มีการแสดงผลบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

5.1.2 การแสดงผลการตรวจสอบจะแสดงผลที่เครื่องคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์สื่อสารได้ทั้งแบบไร้สายที่ต่ออยู่กับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแบบ Wireless หรือ เครือข่าย LAN โดยผ่านโปรแกรมบราวเซอร์

5.1.3 การตรวจสอบด้วยระบบตรวจสอบพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต จะทำการตรวจสอบพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม ที่มีความละเอียดทุกๆ 10 วินาที และเก็บบันทึกลงฐานข้อมูล MySQL

5.1.4 จากการทดสอบหาประสิทธิภาพของระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม โดยทดสอบจากความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดตามมาตรฐานและซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ พบว่าค่าที่วัดได้มีความผิดพลาดเล็กน้อยและมีความเที่ยงตรงสูง ซึ่งสามารถยืนยันคุณภาพของเครื่องมือที่สร้างขึ้นได้ว่ามีประสิทธิภาพสูง

5.1.5 จากการพัฒนาระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม พบว่าพลังงานแสงอาทิตย์จากการตรวจวัดต่อวัน ได้ค่าประมาณ $5.80 \text{ KW/m}^2/\text{d}$ ซึ่งเหมาะสำหรับการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนในการผลิตกระแสไฟฟ้า และความเร็วลมเฉลี่ยจากการตรวจวัด ได้ค่าประมาณ 0.89 m/s ซึ่งพบว่ายังมีความไม่เหมาะสมสำหรับการนำพลังงานลมไปใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า เนื่องจากมีค่าความเร็วลมอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่าจุดทำงานของกังหันลม

5.2 อภิปรายผล

ผลการออกแบบและสร้างระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานีบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้สามารถวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม โดยมีค่าที่การวัดพลังงานแสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับโปรแกรม SmartSensor ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของ kipp&zonen และเปรียบเทียบกับองค์การ NASA จากโปรแกรม Homer แล้วมีค่าความผิดพลาดของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ยอมรับได้ และความเร็วลมเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดความเร็วลม VICTOR 816 Digital Anemometer แบบพกพา แล้วมีค่าความผิดพลาดของความเร็วยอมรับได้เช่นเดียวกัน

การใช้งานระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสามารถต่อเข้ากับระบบเครือข่าย Wireless หรือ เครือข่าย LAN และเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยระบบวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมนี้ จะมีหมายเลข IP Address เหมือนกับคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์เครือข่ายอื่นๆ โดยในการเข้าถึงข้อมูลของระบบวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมของผู้ใช้ จะอ้างอิงหมายเลข IP Address โดยใช้โปรแกรมบราวเซอร์ และสามารถเรียกดูข้อมูลบนฐานข้อมูลได้จาก Web Server ซึ่งผู้เข้าถึงข้อมูลจำเป็นต้องมี User name และ Password เพื่อการเข้าถึง Database Server โดยข้อมูลที่ได้จะถูกเก็บบันทึกค่าลงฐานข้อมูล MySQL แต่ละครั้งถูกตั้งค่าไว้ห่างกันทุกๆ 10 วินาที เพื่อให้ข้อมูลที่นำมาแสดงเป็นกราฟโดยโปรแกรม Microsoft Excel หรือโปรแกรมอื่นๆ ที่สามารถแสดงผลเป็นกราฟให้มีความละเอียดมากขึ้น

5.3 ปัญหาที่พบในการทำโครงการ

จากการดำเนินงานวิจัยที่ผู้พัฒนาได้พบกับปัญหาและอุปสรรคดังต่อไปนี้

5.3.1 ในขั้นตอนการสั่งและซื้ออุปกรณ์การสั่งซื้อเครื่องมือวัดความเข้มแสงอาทิตย์ (Smart Pyranometers) และเครื่องมือวัดความเร็วลม (Wind Transmitter) ใช้เวลารอนานเนื่องจากได้สั่งซื้อเครื่องมือจากต่างประเทศ ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดตามค่ามาตรฐาน จึงทำให้การทำงานไม่ตรงตามแผนดำเนินงานที่วางไว้

5.3.2 ข้อมูลที่ได้อาจมีค่าผิดพลาดอยู่บ้าง เนื่องจากระบบการรับส่งข้อมูล Analog to Digital ทำขึ้นจากวงจรควบคุมของไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F3013 ซึ่งเป็นบอร์ดทดลองที่ผู้พัฒนาขึ้นเอง จึงทำให้การใช้งานมีความคลาดเคลื่อนอยู่เล็กน้อย

5.3.3 ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ผลเพื่อประเมินศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมเป็นข้อมูลที่จัดเก็บแบบรายเดือนและยังไม่ครบปี ซึ่งข้อมูลที่ได้อาจนำมาวิเคราะห์ผลได้ไม่เต็มศักยภาพ

5.4 ข้อเสนอแนะ

ระบบที่พัฒนาขึ้นมีข้อจำกัดหลายๆ ด้านเช่น ความถูกต้องของข้อมูลเป็นต้น ทำให้คณะผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อที่จะใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไปในอนาคตดังนี้

- 5.4.1 ควรนำข้อมูลแบบรายปีมาวิเคราะห์เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำมากขึ้น
- 5.4.2 ควรพัฒนาระบบเพื่อให้สามารถแสดงผลข้อมูลเป็นกราฟบนเว็บไซต์
- 5.4.3 ควรพัฒนาระบบเพื่อให้สามารถรับ-ส่งข้อมูลได้ที่หลายช่องสัญญาณ

เอกสารอ้างอิง

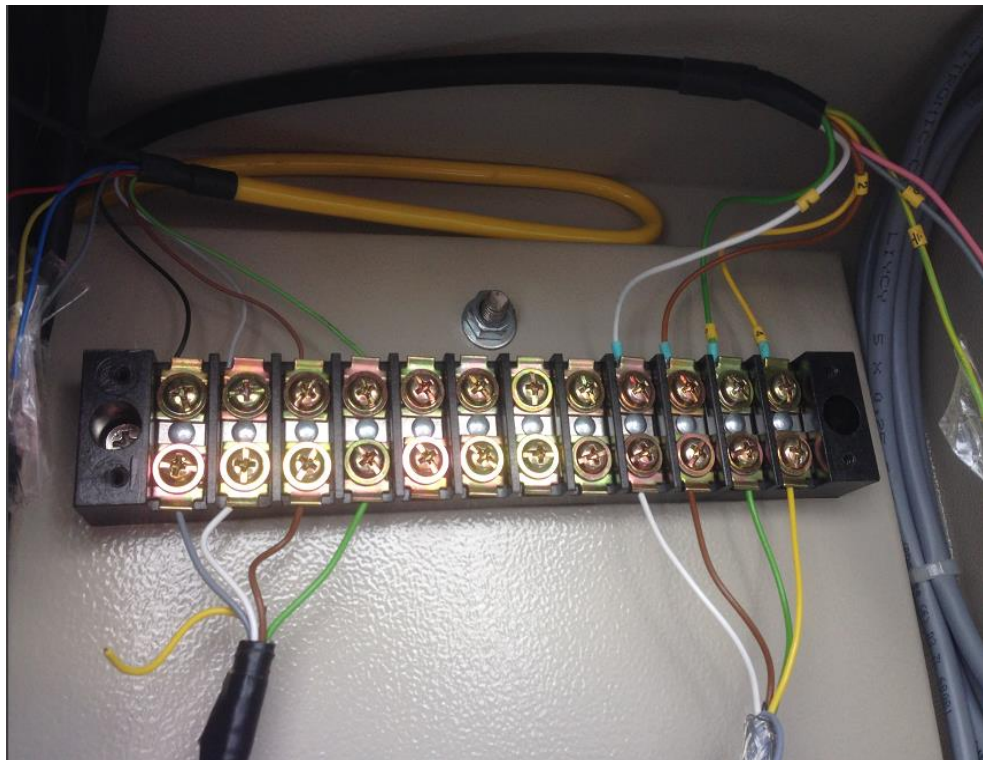
- [1] กองพัฒนาพลังงานทดแทน ฝ่ายพัฒนาและแผนงานโรงไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, “ไฟฟ้าจากพลังงานลม,”
[Online], Available: http://www2.egat.co.th/re/egat_wind/wind_energy.htm
[2012, September 2]
- [2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, “โครงการจัดทำแผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย,”
[Online], Available: http://www.dede.go.th/dede/index.php?option=com_content&view=article&id=97&Itemid=58&lang=th [2012, September 12]
- [3] ศูนย์เรียนรู้ IT สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข, “ความรู้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร,”
[Online], Available: http://ict.moph.go.th/elearning/it_link/IT.html [2012, September 12]
- [4] B. Plangklang, “Decentralized interactive monitoring website for PV-Grid connected system,” World PV conference, Paris, France, 2003.
- [5] J. Schmid, “Photovoltaic systems Technology,” teaching script, IEE-RE, University of Kassel, Germany, 2002.
- [6] Nipon Ketjoy, “Photovoltaic-Diesel Generator Hybrid system at Energy Park,” Naresuan University, Phitsanulok 65000 Thailand, 2001.
- [7] บุญยัง ปลั่งกลาง สมชาย เปียนสูงเนิน และ ไพศาล บุญเจียม, “ระบบวัดและแสดงผลพลังงานที่ได้จากดวงอาทิตย์,” ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [8] อีรศักดิ์ สรวลแย้ม และ วราพล ภูซัง, “ระบบวัดบันทึกและแสดงผลบ้านพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน,” วิทยานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2550.
- [9] กฤษฎา พรหมพินิจ บุญยัง ปลั่งกลาง และวิรัชชัย โรยนรินทร์, “หลักการรูปแบบในการควบคุมระบบผลิตไฟฟ้าผสมผสานจากพลังงานแสงอาทิตย์,” การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย, ครั้งที่ 5, 29 เมษายน-1 พฤษภาคม 2552, มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก.
- [10] สมจิต ชินะใจ, “การวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานของกังหันลมแกนตั้งโดยใช้กรอบเสริมกันบังคับลมเข้า,” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2550.

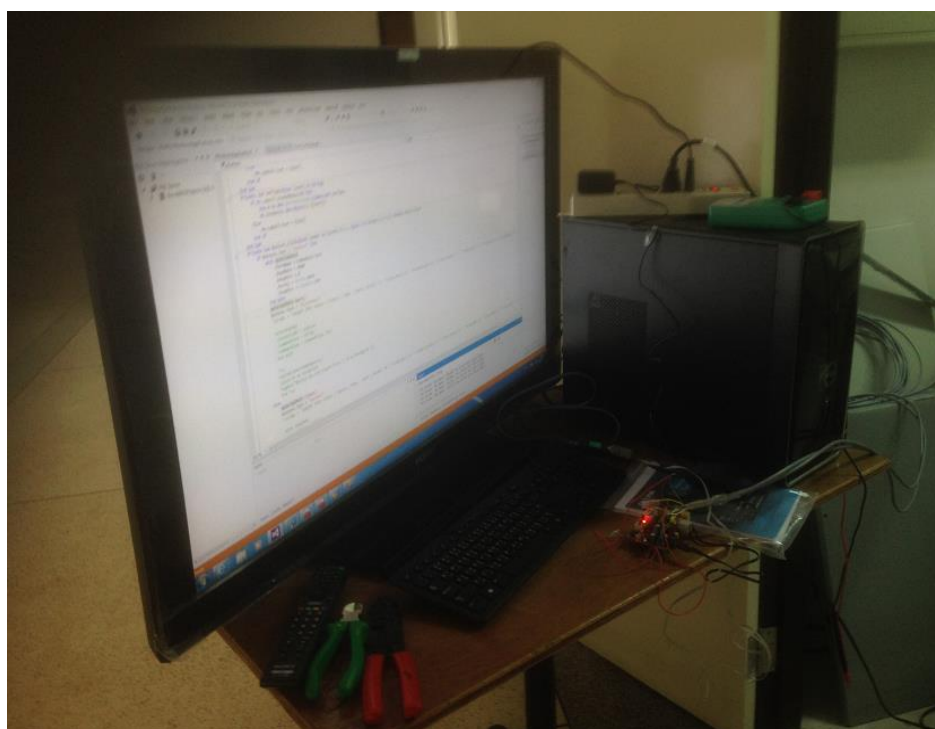
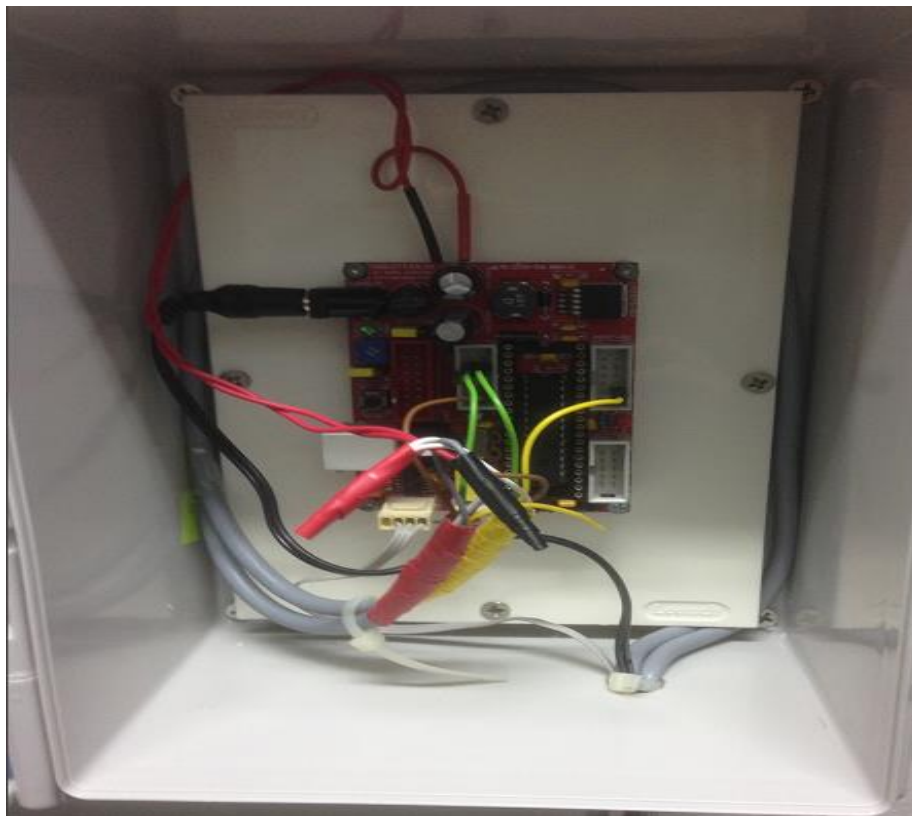
- [11]จีระเดช สิงคลีประภา, “การศึกษาความเป็นไปได้การเกิดกำลังไฟฟ้าจากพลังงานลมโดยใช้พัดลมระบายอากาศติดหลังคา,” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2548.
- [12]กิตติศักดิ์ ดีพื่นและคณะฯ, “การพัฒนาชุดเครื่องมือวัดความเร็วลม ที่ระดับความสูง 10-15 เมตร พร้อมประมวลผลผ่านทางอินเทอร์เน็ตและเก็บข้อมูลผ่าน USB flash drive,” วิทยานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 2551.
- [13]อนุรักษ์ เกษวัฒนากุล, “การประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์วัดค่าเซลล์แสงอาทิตย์และศึกษาคุณสมบัติของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เชิงแสง,” วิทยานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2553.
- [14]นครินทร์ ศรีปัญญา, “ระบบตรวจสอบแรงดันและอุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต,” วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2548.
- [15]วุฒิไกร จำรัสแนว, “ระบบตรวจวัดเซลล์แสงอาทิตย์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต,” วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

การติดตั้งเครื่องมือวัดพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องมือวัดพลังงานลม







ภาคผนวก ข.

Data Sheet ของเครื่องมือวัดพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม

1. เครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์ (Smart Pyranometers)



Smart Pyranometers

THE MORE INTELLIGENT WAY TO MEASURE SOLAR IRRADIANCE

Enhanced performance by digital signal processing
RS-485 serial data interface with Modbus® protocol
0 to 1 V voltage output
4 to 20 mA current output
Extremely low power

INTRODUCTION

Solar radiation drives almost every dynamic process on the Earth's surface and above, from ocean current circulation to the weather, and life itself. Precise long-term measurements of the radiation budget at the surface are fundamental to understanding the Earth's climate system and weather forecasting, and are important in agriculture, hydrology and ecology. Accurate solar radiation data has also become crucial information in solar energy and other industrial applications.

Kipp & Zonen has been manufacturing pyranometers for over 80 years. These instruments are designed for measuring the total (global) irradiance from the sun and sky falling on a plane surface in the wavelength range from 300 nm (nanometers) to 3000 nm. We produce models at all price and performance points, up to the very best available, designed for a long operating life in all environments, from deserts to the Antarctic.

Our pyranometers meet, or exceed, the requirements of ISO 9060:1990 and IEC 60904 and are fully traceable to the World Radiometric Reference (WRR) in Davos, Switzerland, where Kipp & Zonen Instruments form part of the World Standard Group.

Now, Kipp & Zonen makes the link between our class-leading instruments and industry standard interfaces to bring you something completely new, the SMP series of smart pyranometers.

Building on the proven CMP Series design and technology that is used around the world, the new SMP pyranometers add digital

signal processing and interfaces optimised for industrial data acquisition and control systems. Kipp & Zonen has developed a smart interface that features Modbus® data communication for connection to programmable logic controllers (PLC's), Inverters, digital control equipment and the latest generation of data loggers. Amplified Voltage or Current outputs are also included for devices that have high level analogue inputs or current loop interfaces.

The smart interface not only provides versatile outputs. An integrated temperature sensor and digital polynomial functions provide correction for the temperature sensitivity of the detector. The response time has been improved and the output ranges are standardised, making it easy to interchange instruments for recalibration. Using Modbus® a range of instrument status and configuration information is available, with user-selectable options.

SMP pyranometers have extremely low power consumption so that internal heating does not affect the detector performance. They operate from a wide range of supply voltages, making them ideal for power-critical applications.

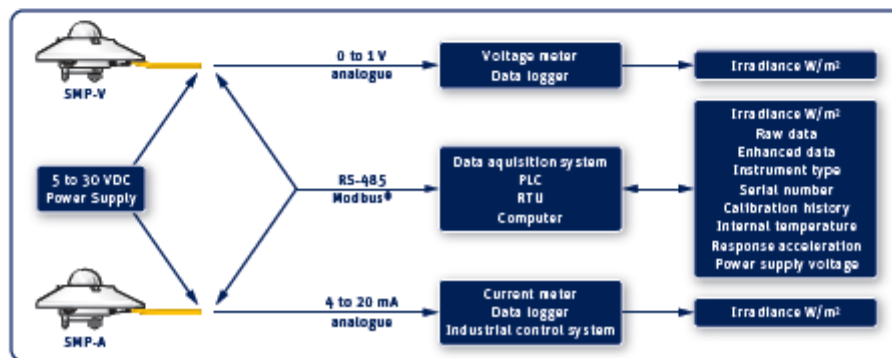
INTERFACING

SMP Series pyranometers are equipped with a smart interface. There are two versions, one has an analogue output of 0 to 1 V, the other is 4 to 20 mA. Both have a 2-wire RS-485 interface with Modbus® (RTU) protocol. All the outputs are protected against short-circuits, and reversed polarity.

The analog outputs allow easy connection to virtually any data logger or without the need for sensitive mV inputs. Modbus® interfaces directly to RTU's, PLC's, SCADA systems, industrial networks and controllers. Not only measurement data is available, the user can access the pyranometer type and serial number, instrument settings, calibration history, status information, and more. A

recalibrated instrument keeps the same analog and digital measurement ranges, so saving time by eliminating re-scaling of data collection equipment.

SMP Series pyranometers can operate from a power supply in the range from 5 VDC to 30 VDC and have both reverse polarity and over-voltage protection.



CHOICE OF PYRANOMETER

To achieve the required spectral and directional characteristics SMP Series pyranometers use thermopile detectors and glass domes. SMP3 and SMP11 both have built-in bubble levels and adjustable levelling feet. Snap-on sun shields reduce solar heating of the housings. The waterproof connectors have gold-plated contacts and are fitted with 10 m of high quality signal cable as standard.

SMP3 is smaller and lighter than the SMP11 pyranometer. It has a robust 4 mm thick glass dome to protect the thermopile detector from external influences. The small size and sealed construction make this instrument the ideal choice for monitoring solar energy installations, agriculture, horticulture, hydrology and industrial applications. With its digital temperature compensation it is the fastest and best performing ISO 9060:1990 Second Class pyranometer available.



SMP3 and SMP11 come in two versions; '-V' with a 0 to 1 V analogue output, and '-A' with 4 to 20 mA. Both versions have the Modbus® Interface, very low power requirements and are supplied with comprehensive, traceable, calibration certificates. The most appropriate model for an application largely depends on the desired accuracy and performance.



SMP11 has a dual-dome construction of higher quality glass and increased thermal mass. It uses a more sophisticated detector design than the SMP3 and is a significant step up in performance. SMP11 comfortably exceeds the requirements for ISO Secondary Standard pyranometers and is the ideal choice for site prospecting, technology research and high quality solar radiation monitoring in solar energy applications. It is also particularly suitable for upgrading meteorological networks and for use in sun tracker based solar monitoring stations.

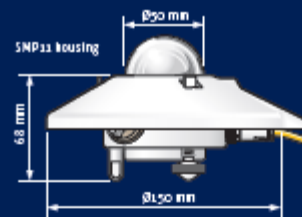
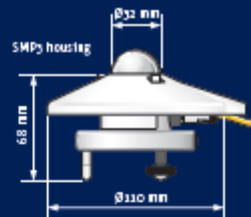


BUILDING A SYSTEM

The system capabilities of Kipp & Zonen pyranometers can be extended with our wide range of compatible products and accessories, including: mountings, ventilation unit, adjustable tilt mounting kit, shadow ring, sun trackers and data loggers.



Please refer to our website www.kippzonen.com for more information on the above products and other accessories available.



Specifications	SMP3	SMP11
ISO 9060:1990 CLASSIFICATION	Second Class	Secondary Standard
Response time (93 %)	< 1 s	< 0.5 s
Response time (95 %)	< 12 s	< 2 s
Zero offsets		
(a) thermal radiation (200 W/m ²)	< 15 W/m ²	< 7 W/m ²
(b) temperature change (5 K/s)	< 5 W/m ²	< 2 W/m ²
Non-stability (change per year)	< 1 %	< 0.5 %
Non-linearity (0 to 1000 W/m ²)	< 1 %	< 0.2 %
Directional error (up to 90° with 1000 W/m ² beam)	< 20 W/m ²	< 10 W/m ²
Temperature dependence of sensitivity	< 3 % (-20 °C to +50 °C) < 5 % (-40 °C to +70 °C)	< 1 % (-20 °C to +50 °C) < 2 % (-40 °C to +70 °C)
Tilt error (at 1000 W/m ²)	< 1 %	< 0.2 %
Other specifications		
Analogue output	-V version: 0 to 1 V -A version: 4 to 20 mA	-V version: 0 to 1 V -A version: 4 to 20 mA
Analogue output range	-V version: -200 to 2000 W/m ² -A version: 0 to 1600 W/m ²	-V version: -200 to 2000 W/m ² ⁽¹⁾ -A version: 0 to 1600 W/m ²
Digital output	2-wire RS-485	2-wire RS-485
Digital output maximum range	-400 to 2000 W/m ²	-400 to 4000 W/m ²
Digital communication protocol	Modbus®	Modbus®
Level accuracy	1°	0.1°
Operating temperature	-40 °C to +80 °C	-40 °C to +80 °C
Ingress Protection (IP)	67	67
Spectral range (50 % points)	300 to 2800 nm	285 to 2800 nm
Supply voltage	5 to 30 VDC	5 to 30 VDC
Power consumption (at 12 VDC)	-V version: 55 mW -A version: 100 mW	-V version: 55 mW -A version: 100 mW
Expected daily uncertainty	< 10 %	< 2 %
Documentation	Calibration certificate traceable to WRR, multi-language instruction sheet, manual on CD-ROM	Calibration certificate traceable to WRR, multi-language instruction sheet, manual on CD-ROM
Recommended applications	Economical solution for efficiency and maintenance monitoring of PV power installations, routine measurements in weather stations, agriculture, horticulture and hydrology	High performance for PV panel and thermal collector testing, solar energy research, solar prospecting, materials testing, advanced meteorology and climate networks

⁽¹⁾ The analogue output range of SMP11 can be rescaled by the user to a maximum of -200 to 4000 W/m²

SMP instruments have a standard cable length of 10 m. Optional cable lengths 25 m and 50 m

Note: The performance specifications quoted are worst-case and/or maximum values



Go to www.kippzonen.com for your local distributor

HEAD OFFICE

Kipp & Zonen B.V.
Delftechpark 36, 2628 XH Delft
P.O. Box 507, 2600 AM Delft
The Netherlands
T: +31 (0) 15 2755 210
F: +31 (0) 15 2620 351
info@kippzonen.com

Kipp & Zonen B.V. reserve the right to alter specifications of the equipment described in this documentation without prior notice

441A330 - V1.001

2. เครื่องวัดพลังงานลม (Wind Transmitter)

WIND TRANSMITTER »COMPACT«

The innovative
wind transmitter with
good price/performance ratio

Thies
CLIMA



T H E W O R L D O F W E A T H E R D A T A



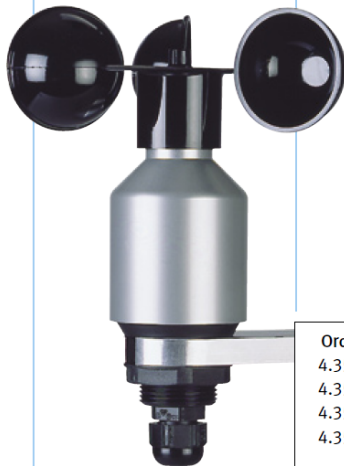
Wind Transmitter »compact«

The "compacts" are predestined for use in building technology systems, in industrial power plants, wind power plants, and in environmental protection – everywhere where precise weather data must be determined and converted for control technology purposes. The different electrical outputs are universally compatible, also with other innovative systems.

Selected and tested materials ensure the operation even under extreme conditions. The housings are made of seawater-resistant anodized aluminum. Cupstar and wind vane are made of glass fiber reinforced special plastic and thus extremely durable and resistant.

Wind Transmitter »compact«

Measuring range	0,5 ... 75 m/s
Survival speed	85 m/s
Resolution	< 0,1 m/s
Accuracy	±3% of meas. value or ±0,5 m/s
Heating	20 W, 24 V AC/DC
Ambient temperature	- 40 ... + 70 °C
Connection	cable UV-resistant or 7-pol. connector
Dimension	Ø 135 x 165 mm
Weight	0,4 kg / 0,75 kg

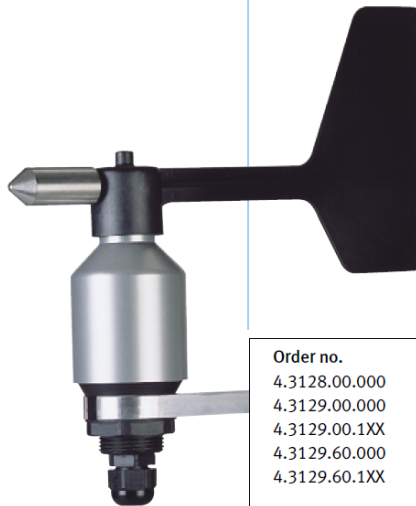


Order no.	Electr. output	Operating voltage
4.3518.00.000	2 ... 573 Hz open collector sink	10 ... 28 V DC
4.3520.00.000	2 ... 573 Hz open collector source	10 ... 28 V DC
4.3519.00.000	2 ... 630 Hz	4 ... 40 V DC Low power
4.3519.00.1XX	0-20mA, 4-20mA, 0- 10V*, 0-5 V, 0-2 V	9 ... 30 V DC, * 13 ... 30 VDC / 24VAC

All types also available with plug connector, e.g. 4.3519.00.700, 4.3518.00.700 or 4.3519.741

Wind Direction Transmitter »compact«

Measuring range	0 ... 360 °
Survival speed	85 m/s
Resolution	depending on type 11,25° / 0,4°
Accuracy	depending on type +/- 5° / +/-2°
Heating	20 W, 24 V AC/DC
Ambient Temperature	- 40 ... + 70 °C
Anschlussart	cable UV-resistant or 7-pol. connector
Dimension	Ø 135 x 165 mm
Weight	0,6 kg / 1,1 kg



Order no.	Electr. output	Operating voltage
4.3128.00.000	2, 3, 4 bit Gray-Code	10 ... 28 VDC
4.3129.00.000	5 bit Gray-Code serial synchronous	5 ... 30 VDC Low power
4.3129.00.1XX	0-20mA, 4-20mA, 0- 10V*, 0-5 V, 0-2 V	9 ... 30 VDC, * 15 ... 30 VDC / 24 VAC
4.3129.60.000	8 bit Gray -Code serial synchronous	5 ... 30 VDC Low Power
4.3129.60.1XX	0-20mA, 4-20mA, 0- 10V*, 0-5 V, 0-2 V	9 ... 30 VDC, * 15 ... 30 VDC / 24 VAC

All types also available with plug connector, e.g. 4.3129.00.700, 4.3129.00.741



ADOLF THIES GMBH & CO KG
Meteorology – Environmental Technology
Box 3536 + 3541
D-37025 Göttingen
Phone ++ 551 7 90 01 -0
Fax ++ 551 7 90 01 -65
E-Mail info@thiesclima.com
www.thiesclima.com



ภาคผนวก ค.

โปรแกรม Microcontroller dsPIC30F3013

```

//-----//
// Program      : UART
// Description   : Gets character and send to display to terminal program(Echo)
// Frequency    : 7.3728 MHz at PLL 16x
// Filename     : uart.c
// C compiler    : C30 Compiler by Microchip Technology
//-----//

#include<p30f3013.h>      // Header file for dsPIC30F3013
#include<uart.h>         // Module function for uss
#include<adc12.h>        // Module function for 12 bit ADC

#define Uss2    LATBbits.LATB5
#define set      1;
#define clr      0;
#define send     1;
#define receive  0;
#define LED3     LATBbits.LATB6
#define LED4     LATBbits.LATB7
#define LED1     LATBbits.LATB8
#define LED2     LATBbits.LATB9

/*      USS2 GLOBAL VARIABLE      */
// MODE 3 SETUP          02  39  39  03  02  39  39  03  02  39  39  03
02  39  39  03  33  0d
unsigned char  U2TX[127]                                     =
{0x39,0x39,0x03,0x02,0x39,0x39,0x03,0x02,0x39,0x39,0x03,0x02,0x39,0x39,0x03,0x33,0x
0d};
unsigned char TEST[127]      = {0x2d,0x38,0x38,0x38,0x38,0x38,0x0d};
unsigned char DATA[127]     = {0x31,0x32,0x33,0x34,0x35,0x36,0x0d};
unsigned char StartText = 0x02;  // MODE 3 SETUP
unsigned char U2Length  = 0x0f;  // MODE 3 SETUP
unsigned char U2TX_Point;
struct {
    unsigned STX:          1;
    unsigned LEN:          1;

```

```

        unsigned ADD:          1;
        unsigned RX_FULL:      1;
        unsigned TX_FULL:      1;
        unsigned Tranferdata:   1;
        unsigned Sumcheck:      1;
        unsigned Convers:       1;
        unsigned Sendding:      1;
        unsigned RXActive:      1;
        unsigned Sendend:       1;
        unsigned SumcheckOk:    1;
        unsigned unused :       2;
    }    U2Flags;

/*****/

//_FOSC(CSW_ON_FSCM_OFF & XT_PLL16);
//_FWDT(WDT_OFF & WDTPSA_512 & WDTPSB_16);
//_FBORPOR(PBOR_ON & PWRT_64 & MCLR_EN);
//_FGS(CODE_PROT_OFF);

//-----//
//----- Function for configuration UART2 -----//
//-----//

void uart2_init()
{
    unsigned int baudvalue;          // Keep baud rate value for Load into U1BRG
    unsigned int U2MODEvalue;        // Keep value for Load into U1MODE
    unsigned int U2STAvale;          // Keep value for Load into U1STA

    CloseUART2();                    // Disable UART1
    ConfigIntUART2( UART_RX_INT_DIS & // Enable RX interrupt UART1
                   UART_RX_INT_PR5&   // Set RX interrupt Priority ==>5
                   UART_TX_INT_EN &   // Enable TX interrupt UART1
                   UART_TX_INT_PR3);  // Set RX interrupt Priority ==>3

```

```

baudvalue = 95;                                // Baud rate 34800 bps 47 190 95

U2MODEvalue =  UART_EN &                       // Enable UART1
                UART_IDLE_CON &                 // UART1 working in idle mode
                UART_DIS_WAKE &                 // Disable wake-up on start UART
                UART_DIS_LOOPBACK &             // Disable loop back mode
                UART_DIS_ABAUD &                // Disable autobaud mode
                UART_NO_PAR_8BIT &              // Set data 8 bit ,non parity bit
                UART_1STOPBIT;                  // Set 1 stop bit

U2STAValue   =  UART_INT_TX &                   // Interrupt on buffer empty
mode
                UART_TX_PIN_NORMAL &            // TX Break bit normal
                UART_TX_ENABLE &                // Enable TX for UART
                UART_INT_RX_CHAR &              // UART interrupt receive mode
                UART_ADR_DETECT_DIS &           // Disable detect address mode
                UART_RX_OVERRUN_CLEAR;          // Reset buffer over run

OpenUART2(U2MODEvalue, U2STAValue, baudvalue);  // Execute configuration
for UART1

};
//-----//
//----- Function initialize ACD module -----//
//-----//

void adc_init3()
{
    unsigned int Channel, PinConfig, Scanselct, Adcon3_reg, Adcon2_reg, Adcon1_reg;

    ADCON1bits.ADON = 0;                        // Turn off ADC

    /* Input select register (ADCHS) configuration defines */
    Channel   =  ADC_CH0_POS_SAMPLEA_AN2 &      // Channel 0 positive input
select AN0
                ADC_CH0_NEG_SAMPLEA_NVREF;      //Channel 0 negative VREF

```

```

        SetChanADC12(Channel);                // Set channel configuration

/* enable / disable interrupts */
        ConfigIntADC12(ADC_INT_DISABLE);      // Disable interrupt for ADC

/*defines for ADPCFG register */
        PinConfig    =    ENABLE_AN2_ANA; //&    // Enable AN0 analog port
                        // ENABLE_AN3_ANA ;

/*defines for ADCSSL register */
        Scanselct    =    SKIP_SCAN_AN0 &      // Scan for AN0
                        SKIP_SCAN_AN1 &
                        SKIP_SCAN_AN3 &
                        SKIP_SCAN_AN4 &
                        SKIP_SCAN_AN5 &
                        SKIP_SCAN_AN6 &
                        SKIP_SCAN_AN7;

/* defines for ADCON3 register */
        Adcon3_reg    =    ADC_SAMPLE_TIME_10 &    // Sample for 10 time
                        ADC_CONV_CLK_INTERNAL_RC &    // Internal Clock
                        ADC_CONV_CLK_13Tcy;

/* defines for the ADCON2 register */
        Adcon2_reg    =    ADC_VREF_AVDD_AVSS &      // Vref at Vdd and Vss
                        ADC_SCAN_ON &                // Enable scan for ADC
                        ADC_ALT_BUF_OFF &            // Buffer configured as 1 16-word
                        ADC_ALT_INPUT_OFF &          // Disable alternate input ,use
MUXA only
                        ADC_SAMPLES_PER_INT_1;        // 1 sample between interrupt

/* ADCON1 Configuration Bit Definitions */
        Adcon1_reg    =    ADC_MODULE_ON &          // Enable module ADC
                        ADC_IDLE_CONTINUE &          // ADC run on idle mode
                        ADC_FORMAT_INTG &            // Output value integer format

```



```

        ADC_CLK_MANUAL &                // ADC manual clock
        ADC_AUTO_SAMPLING_ON &          // ADC auto sampling
        ADC_SAMP_ON ;                    // hold amplifiers are sampling
OpenADC12(Adcon1_reg, Adcon2_reg, Adcon3_reg, PinConfig, Scanselct); // Turn
on ADC module
};
void adc_init4()
{
    unsigned int Channel, PinConfig, Scanselct, Adcon3_reg, Adcon2_reg, Adcon1_reg;
    ADCON1bits.ADON = 0;                // Turn off ADC
/* Input select register (ADCHS) configuration defines */
    Channel = ADC_CH0_POS_SAMPLEA_AN2 & // Channel 0 positive input
select AN0
    ADC_CH0_POS_SAMPLEA_AN3 &          // Channel 0 positive input select AN1
    ADC_CH0_NEG_SAMPLEA_NVREF;          // Channel 0 negative VREF

    SetChanADC12(Channel);              // Set channel configuration

/* enable / disable interrupts */
    ConfigIntADC12(ADC_INT_DISABLE);    // Disable interrupt for ADC

/*defines for ADPCFG register */
    PinConfig = ENABLE_AN2_ANA; //&    // Enable AN0 analog port
        ENABLE_AN3_ANA ;
/*defines for ADCSSL register */
    Scanselct = SKIP_SCAN_AN0 &        // Scan for AN0
        SKIP_SCAN_AN1 &
        SKIP_SCAN_AN2 &
        SKIP_SCAN_AN4 &
        SKIP_SCAN_AN5 &
        SKIP_SCAN_AN6 &
        SKIP_SCAN_AN7;
/* defines for ADCON3 register */
    Adcon3_reg = ADC_SAMPLE_TIME_10 &  // Sample for 10 time
        ADC_CONV_CLK_INTERNAL_RC &    // Internal Clock

```

```

        ADC_CONV_CLK_13Tcy;
/* defines for the ADCON2 register */
    Adcon2_reg  =  ADC_VREF_AVDD_AVSS &    // Vref at Vdd and Vss
        ADC_SCAN_ON &                      // Enable scan for ADC
        ADC_ALT_BUF_OFF &                  // Buffer configured as 1 16-word
        ADC_ALT_INPUT_OFF &                // Disable alternate input ,use
MUXA only
        ADC_SAMPLES_PER_INT_1;              // 1 sample between interrupt
/* ADCON1 Configuration Bit Definitions */
    Adcon1_reg  =  ADC_MODULE_ON &          // Enable module ADC
        ADC_IDLE_CONTINUE &                // ADC run on idle mode
        ADC_FORMAT_INTG &                  // Output value integer format
        ADC_CLK_MANUAL &                   // ADC manual clock
        ADC_AUTO_SAMPLING_ON &              // ADC auto sampling
        ADC_SAMP_ON ;                       // hold amplifiers are sampling

    OpenADC12(Adcon1_reg, Adcon2_reg, Adcon3_reg, PinConfig, Scanselct);    //
    Turn on ADC module

};
//-----//
//----- Function for delay -----//
//-----//

void delay(unsigned int count) // example delay(1) ---> ?uS
{
    int i,j;
    for (i=0;i<count;i++)
    {
        for (j=0;j<13;j++)
        {
            Nop();
        }
    }
};

```

```

//-----//
//----- Interrupt service routine TX UART2 -----//
//-----//

void __attribute__((interrupt, no_auto_psv)) _U2TXInterrupt(void)
{
    if (U2Flags.Sending == 1)
    {
        U2TXREG = U2TX[U2TX_Point];
        if(U2TX_Point > U2Length)
        {
            U2Flags.Sending = clr;
            U2Flags.Sendend = set;
            // LED4 = 0;
        }
        else
        {
            U2TX_Point++;
        }
    };
    IFS1bits.U2TXIF = 0; // Clear TX interrupt flag
};

//-----//
//----- Function for Transition TEST-----//
//-----//

void TranferTest (void)
{
    unsigned char x;
    U2Flags.Tranferdata = clr;
    for (x=0;x<= 127 ;x++)
    {
        U2TX[x] = TEST[x];
    };
};

```

```

        U2Flags.Tranferdata = set;
    };
    //-----//
    //----- Function for Transition -----//
    //-----//

void Tranferdata (void)
{
    unsigned char x;
    U2Flags.Tranferdata = clr;
    for (x=0;x<= 127 ;x++)
    {
        U2TX[x] = DATA[x];
    };
    U2Flags.Tranferdata = set;
};

//-----//
//----- Function for Send -----//
//-----//

void Send (void)
{
    U2TX_Point      = 1;
    U2Flags.Sendend  = clr;
    U2Flags.RXActive = clr;
    U2Flags.Sendding = set;
    Uss2             = send;
    delay(60);
    WriteUART2(DATA[0]);
    // LED4 = 1;
};

/*****
/***** Function set initial parameter LCD 4 Bit *****/
/*****/

```

```

void InttoAscll(unsigned int value)
{
    char buff[5];                                // For keep string send to LCD
    buff[0] = ((value%10000)/1000) | 0x30;        // Convert data to ascii 1000'th
    buff[1] = (((value%10000)%1000)/100) | 0x30;  // Convert data to ascii 100'th
    buff[2] = (((((value%10000)%1000)%100)/10) | 0x30; // Convert data to ascii 10'th
    buff[3] = ((((((value%10000)%1000)%100)%10) | 0x30; // Convert data to ascii 1'th
    buff[4] = 0;                                // End of data

    if(buff[0]==0x30)                            // if data 1'th = 0 none display
    {buff[0] = 0x00;}                            // Shift to display 2'th
    if(buff[0]==0x30 && buff[1]==0x30)            // if data 1'th = 0 and 2'th = 0 none
display
    {buff[1] = 0x00;}                            // Shift to display 3'th
    if(buff[0]==0x30 && buff[1]==0x30 && buff[2]==0x30) // if data 1'th = 0,
2'th = 0 and 3'th = 0 none display
    {buff[2] = 0x00;}                            // Shift to display 4'th
    if(buff[0]==0x30 && buff[1]==0x30 && buff[2]==0x30 && buff[3]==0x30) // if
data 1'th = 0, 2'th = 0, 3'th = 0 and 4'th = 0 none display
    {buff[3] = 0x30;}                            // Shift to display 5'th
    DATA[4]= buff[4];
    DATA[3]= buff[3];
    DATA[2]= buff[2];
    DATA[1]= buff[1];
    DATA[0]= buff[0];
    if(DATA[1]==0x30||DATA[1]==0x00)
    {
        if(DATA[2]==0x30||DATA[2]==0x00)
        {
            if(DATA[3]==0x30||DATA[3]==0x00)
            {
                if(DATA[4]==0x30)
                {
                    DATA[4] = 0x30;
                }
            }
        }
    }
}

```

```

        };
    };
};

if(DATA[1]==0x30||DATA[1]==0x00)
{
    if(DATA[2]==0x30||DATA[2]==0x00)
    {
        if(DATA[3]==0x30)
        {
            DATA[3] = 0x30;
        };
    };
};
if(DATA[1]==0x30||DATA[1]==0x00)
{
    if(DATA[2]==0x30)
    {
        DATA[2] = 0x30;
    };
};

if(DATA[1]==0x30)
{
    DATA[1] = 0x30;
};
};

//-----//
//----- Main Program -----//
//-----//

int main(void)
{
    unsigned int Radiation,Velocity,scale,a,b;           // Keep data
    TRISB = 0xff;

```

[illegible]

```

delay(60000);          // 378ms
delay(60000);          // 378ms
adc_init3();
delay(100);
    ADCON1bits.SAMP = 1;    // Start Sampling
    while(!ADCON1bits.SAMP); // Wait for End Sampling process
    delay(100);
        ConvertADC12();      // Convert ADC
    while(ADCON1bits.SAMP);  // Ensure for Sampling success
    while(BusyADC12());      // Ensure for Sampling success
        Velocity = ADCBUF0;

delay(60000);
delay(60000);
delay(60000);
delay(60000);
delay(60000);
delay(60000);
delay(60000);
delay(60000);
delay(60000);
delay(60000);
delay(60000);
if(Radiation<826)Radiation =0;
if(Radiation>=826)Radiation =(Radiation-826); // ค่าต่ำสุด
    Radiation =(Radiation*15);
    Radiation =(Radiation/29.4); //

InttoAscll(Radiation);
if(DATA[0]==0x30||DATA[0]==0x00) DATA[0]=0x30;//DATA[0]=0x31;//DATA[0];
if(DATA[1]==0x30||DATA[1]==0x00) DATA[1]=0x30;//DATA[1]=0x32;//DATA[1];
if(DATA[2]==0x30||DATA[2]==0x00) DATA[2]=0x30;//DATA[2]=0x33;//DATA[2];
if(DATA[3]==0x30||DATA[3]==0x00) DATA[3]=0x30;//DATA[3]=0x34;//[DATA4];
    Tranferdata(); while (U2Flags.Tranferdata == 0);
        U2Length = 0x03;
    Send(); while (U2Flags.Sendding == 1);
    putsUART2((unsigned int *)"\r\n"); //ขึ้นหน้าใหม่ & ขึ้นบรรทัดใหม่

```



```

if(Velocity<819)Velocity =0;
if(Velocity>=819)Velocity =(Velocity-819);
    Velocity =(Velocity*15);
    Velocity =(Velocity/12.288);
InttoAscll(Velocity);
if(DATA[0]==0x30||DATA[0]==0x00) DATA[0]=0x30;//DATA[0]=0x31;//DATA[0];
if(DATA[1]==0x30||DATA[1]==0x00) DATA[1]=0x30;//DATA[1]=0x32;//DATA[1];
if(DATA[2]==0x30||DATA[2]==0x00) DATA[2]=0x30;//DATA[2]=0x33;//DATA[2];
if(DATA[3]==0x30||DATA[3]==0x00) DATA[3]=0x30;//DATA[3]=0x34;//[DATA4];
    Tranferdata(); while (U2Flags.Tranferdata == 0);
    U2Length = 0x03;
    Send(); while (U2Flags.Sendding == 1);
    putsUART2((unsigned int *)"\r\n"); //ขึ้นหน้าใหม่ & ขึ้นบรรทัดใหม่
delay(60000); // 378ms
delay(60000); // 378ms
delay(60000); // 378ms
delay(60000); // 378ms
delay(60000); // 378ms
    }
};

```

ภาคผนวก ง.
โปรแกรม Microsoft Visual Studio

```

Imports System.Data
Imports System.IO.Ports
Imports MySQL.Data.MySQLClient
Public Class Form1
    Dim mySerialPort As New SerialPort
    Dim Radiation As String
    Dim Velocity, f As String
    Dim a, b, c, d, e As Char
    Dim objConn As MySqlConnection
    Dim objCmd As MySqlCommand
    Dim strSQL As String
    Delegate Sub SetTextCallback(ByVal [text] As String)
    Private Sub SetText8(ByVal [text] As String)
        If Me.Label8.InvokeRequired Then
            Dim d As New SetTextCallback(AddressOf SetText8)
            Me.Invoke(d, New Object() {[text]})
        Else
            Me.Label8.Text = [text]
        End If
    End Sub
    Private Sub SetText9(ByVal [text] As String)
        If Me.Label9.InvokeRequired Then
            Dim d As New SetTextCallback(AddressOf SetText9)
            Me.Invoke(d, New Object() {[text]})
        Else
            Me.Label9.Text = [text]
        End If
    End Sub
    Private Sub SetTime(ByVal [text] As String)
        If Me.Label7.InvokeRequired Then
            Dim d As New SetTextCallback(AddressOf SetTime)
            Me.Invoke(d, New Object() {[text]})
        Else
            Me.Label7.Text = [text]
        End If
    End Sub

```

```

End Sub

Private Sub Button1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button1.Click
    If Button1.Text = "Connect" Then
        With mySerialPort
            .PortName = ComboBox1.Text
            .BaudRate = 9600
            .DataBits = 8
            .Parity = Parity.None
            .StopBits = StopBits.One
        End With
        mySerialPort.Open()
        Button1.Text = "Disconnect"
    Else
        mySerialPort.Close()
        Button1.Text = "Connect"
    End If
End Sub

Private Sub mySerialPort_DataReceived(ByVal sender As Object, ByVal e As
SerialDataReceivedEventArgs)
    Radiation = mySerialPort.ReadLine
    Velocity = mySerialPort.ReadLine
    a = Velocity(0)
    b = Velocity(1)
    c = Velocity(2)
    d = Velocity(3)
    strSQL = "INSERT INTO project (`ID`,`Radiation`,`Velocity`,`time`,`date`) VALUES
(NULL,'" & Radiation & "','" & Velocity & "','" & Now.Hour() & ":" & Now.Minute() & ":" &
Now.Second() & "','" & Now.Year() & "-" & Now.Month() & "-" & Now.Day() & "')"
    With (objCmd)
        .Connection = objConn
        .CommandText = strSQL
        .CommandType = CommandType.Text
    End With
    Try

```

```

        objCmd.ExecuteNonQuery()
    Catch ex As Exception
        MsgBox("Record can not insert Error (" & ex.Message & ")")
    End Try
    Me.SetText8(Radiation)
    If a = "0" Then
        Me.SetText9(b & "." & c & d) '(Velocity) '(a & b & "." & c & d)'แ้ก้(Velocity)
    Else
        Me.SetText9(a & b & "." & c & d) '(Velocity) '(a & b & "." & c & d)'แ้ก้(Velocity)
    End If
    Me.SetTime(Date.Now())
End Sub

Private Sub Form1_Load(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles Me.Load
    Dim strConnString As String
    strConnString = "Server=localhost; User Id=root; Password=1234;
Database=newproject; Pooling=false"
    objConn = New MySqlConnection(strConnString)
    objCmd = New MySqlCommand
    objConn.ConnectionString = strConnString
    objConn.Open()
    objCmd.Connection = objConn
    If objConn.State = ConnectionState.Open Then
        'MsgBox("MySQL Connected")
    Else
        MsgBox("MySQL Connect Failed")
    End If
    AddHandler mySerialPort.DataReceived, AddressOf mySerialPort_DataReceived
End Sub

Private Sub Form1_FormClosed(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.FormClosedEventArgs) Handles Me.FormClosed
    strSQL = "INSERT INTO status (`status`,`time`,`date`) VALUES ('0'," & Now.Hour()
& ":" & Now.Minute() & ":" & Now.Second() & "," & Now.Year() & "-" & Now.Month() & "-"
& Now.Day() & ")"
    With (objCmd)

```

```

        .Connection = objConn
        .CommandText = strSQL
        .CommandType = CommandType.Text
    End With
    Try
        objCmd.ExecuteNonQuery()
    Catch ex As Exception
        MsgBox("Record can not insert Error (" & ex.Message & ")")
    End Try
    mySerialPort.Close()
    objConn.Close()
End Sub

Private Sub Label8_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Label8.Click
End Sub

Private Sub Label9_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Label9.Click
End Sub

Private Sub Label3_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Label3.Click
End Sub

Private Sub ComboBox1_SelectedIndexChanged(sender As Object, e As EventArgs)
Handles ComboBox1.SelectedIndexChanged
End Sub

Private Sub Label7_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Label7.Click
End Sub

Private Sub GroupBox1_Enter(sender As Object, e As EventArgs) Handles
GroupBox1.Enter
End Sub

Private Sub Label2_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Label2.Click
End Sub

Private Sub Label1_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Label1.Click
End Sub
End Class

```

ภาคผนวก จ.
โปรแกรม Code ที่ใช้เขียนเว็บเพจ

```

<?
    include ("connection.php");
?>
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN"
"http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8" />
<title>ยินดีต้อนรับสู่งานวิจัยออนไลน์</title>
<style type="text/css">
body {
    background-color: #360;
    margin-top: 0px;
    text-align: center;
    background-image: url();
    color: #F0F0F0;
    background-repeat: no-repeat;
}
.Arial {
    font-family: Arial, Helvetica, sans-serif;
    color: #000;
}
</style>
</head>

<body>
<table width="833" border="0" align="center" cellspacing="0">
<tr>
<th scope="col"></th>
</tr>
<tr>
<td bgcolor="#FFFFFF"><table width="1000" height="862" align="center"
cellpadding="0" cellspacing="0" bordercolor="#333" style="border-collapse:collapse;
color: #000; font-family: 'Angsana New'; font-size: 18px;">

```



```

<tr>
  <td width="211" height="835" align="right" valign="top">
    <table width="210">
      <tr>
        <th height="402" colspan="3" align="right" valign="top"
background="Image/btnForm.jpg" style="background-repeat:no-repeat; font-family:
'Angsana New'; color: #000; font-size: 20px;" scope="col" ><table width="200"
height="346">
          <tr>
            <th width="12" height="34" scope="col">&nbsp;</th>
            <th width="160" align="center" valign="middle" scope="col">เมนู</th>
            <th width="12" scope="col">&nbsp;</th>
          </tr>
          <tr>
            <td height="292">&nbsp;</td>
            <td align="center" style="font-size:12px; color:#000; font-weight:
normal;"><table width="160">
              <tr>
                <th scope="col"><a href="Index.php"></a></th>
              </tr>
              <tr>
                <th scope="col"><a href="LinkPDF/Comple - รายงานความก้าวหน้า
งานวิจัย.pdf"></a></th>
              </tr>
              <tr>
                <th scope="col"><a href="LinkPDF/KippZonen_Brochure_Smart_Pyranometers_A4_V1_2_0_1_.pdf"></a></th>
              </tr>
              <tr>
                <th scope="col"><a href="LinkPDF/Wind.pdf"></a></th>
              </tr>
            </td>
          </tr>
        </table>
      </td>
    </table>
  </td>
</tr>

```

```

        <tr>
            <th scope="col"><a href="Name.php"></a></th>
        </tr>
        <tr>
            <th scope="col"><a href="http://www.snru.ac.th/"></a></th>
        </tr>
    </table></td>
<td>&nbsp;</td>
</tr>
</table></th>
</tr>
<tr>
    <td height="189" colspan="3" align="right" valign="top"
background="Image/Poll.jpg" style="background-repeat:no-repeat; font-family:
'Angsana New'; color: #000; font-size: 20px; font-weight: bold;"><table width="200">
        <tr>
            <th width="12" height="34" scope="col">&nbsp;</th>
            <th width="160" align="center" valign="middle" scope="col">ผู้ชมออนไลน์
        </th>

            <th width="12" scope="col">&nbsp;</th>
        </tr>
        <tr>
            <td>&nbsp;</td>
            <td align="center" style="font-size:12px; color:#000; font-weight:
normal;"><table width="145">
                <tr>
                    <th scope="col">&nbsp;</th>
                </tr>
                <tr>
                    <td align="center"><span style="font-size:18px; color:#000"><span
style="font-size:18px; color:#000; font-weight: normal;">จำนวนผู้ออนไลน์ &nbsp;  

```

```

<script type="text/javascript"
src="http://fastonlineusers.com/on4.php?d=URL http://mamynongguy.pantown.com
"></script>
&nbsp;<span></span></td>
</tr>
<tr>
<td align="center"><span style="font-size:18px; color:#000">ผู้ชม
ทั้งหมด</span></td>
</tr>
<tr>
<td align="center"><a
href="http://www.rapidcounter.com/signup.php" target="_top"></a></td>
</tr>
<tr>
<td>&nbsp;</td>
</tr>
</table></td>
<td>&nbsp;</td>
</tr>
</table></td>
</tr>
<tr>
<td width="11">&nbsp;</td>
<td width="162">&nbsp;</td>
<td width="14">&nbsp;</td>
</tr>
</table></td>
<td width="576" align="center" valign="top"><table width="570">
<tr>
<td width="19">&nbsp;</td>
<td colspan="2">&nbsp;</td>
<td width="19">&nbsp;</td>

```

```

</tr>
<tr>
  <td>&nbsp;</td>
  <td colspan="2" align="center" style="background-repeat:no-repeat; font-
family: 'Angsana New'; color: #F00; font-size: 36px; font-weight: bold;" >ยินดีต้อนรับเข้า
สู่งานวิจัยออนไลน์</td>
  <td>&nbsp;</td>
</tr>
<tr>
  <td>&nbsp;</td>
  <td width="25">&nbsp;</td>
  <td width="487">&nbsp;</td>
  <td>&nbsp;</td>
</tr>
<tr>
  <td>&nbsp;</td>
  <td colspan="2" align="left" style="background-repeat:no-repeat; font-family:
'Angsana New'; color: #000; font-size: 29px; text-align: center;">การพัฒนาระบบการวัด
พลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานลม </td>
  <td>&nbsp;</td>
</tr>
<tr>
  <td>&nbsp;</td>
  <td colspan="2" align="left" style="background-repeat:no-repeat; font-family:
'Angsana New'; color: #000; font-size: 29px; text-align: center;">เพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า
ในมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร </td>
  <td>&nbsp;</td>
</tr>
<tr>
  <td>&nbsp;</td>
  <td colspan="2" align="left" style="background-repeat:no-repeat; font-family:
'Angsana New'; color: #000; font-size: 29px; text-align: center;">Development of
Monitoring System Solar Energy and Wind</td>
  <td>&nbsp;</td>
</tr>

```

```

<tr>
  <td>&nbsp;</td>
  <td colspan="2" align="left" style="background-repeat:no-repeat; font-family:
'Angsana New'; color: #000; font-size: 29px; text-align: center;"> Energy to generate
Electricity in Sakon Nakhon Rajabhat University</td>
  <td>&nbsp;</td>
</tr>
<tr>
  <td>&nbsp;</td>
  <td colspan="2" align="left">&nbsp;</td>
  <td>&nbsp;</td>
</tr>
<tr>
  <td>&nbsp;</td>
  <td colspan="2">&nbsp;</td>
  <td>&nbsp;</td>
</tr>
<tr>
  <td>&nbsp;</td>
  <td colspan="2">&nbsp;</td>
  <td>&nbsp;</td>
</tr>
<tr>
  <td>&nbsp;</td>
  <td colspan="2">&nbsp;</td>
  <td>&nbsp;</td>
</tr>
<tr>
  <td>&nbsp;</td>
  <td colspan="2">&nbsp;</td>
  <td>&nbsp;</td>
</tr>
<tr>
  <td colspan="2" align="center"><table width="487" border="1 "
cellpadding="0" cellspacing="0" style="border-collapse:collapse; border-color:#000">
  <tr>
    <td width="240" align="center" valign="top"></td>

```

```
 </td> </tr> </table></td> <td>&nbsp;</td> </tr> <tr> <td>&nbsp;</td> <td colspan="2">&nbsp;</td> <td>&nbsp;</td> </tr> <tr> <td>&nbsp;</td>   | | |
```

```

$sql_show = "SELECT ID,Radiation,Velocity,time,date
FROM project Order by ID DESC Limit 1";

```

```

                                $result_show      =      MySQL_query($sql_show)      or
die(MySQL_error());

                                while($row_show = MySQL_fetch_array($result_show))
                                {
                                    ?>

                                <tr>
                                <td align="center" bgcolor="#FFFFFF"><?=$row_show['ID']?></td>
                                <td align="center" bgcolor="#FFFFFF"><?=$row_show['Radiation']?></td>
                                <td align="center" bgcolor="#FFFFFF"><?=$row_show['Velocity']?></td>
                                <td align="center" bgcolor="#FFFFFF"><?=$row_show['time']?></td>
                                <td align="center" bgcolor="#FFFFFF"><?=$row_show['date']?></td>
                                </tr>
                                <?
                                    }
                                ?>
                                </table></td>
                                <td>&nbsp;</td>
                                </tr>
                                <tr>
                                <td>&nbsp;</td>
                                <td colspan="2">&nbsp;</td>
                                <td>&nbsp;</td>
                                </tr>
                                <tr>
                                <td>&nbsp;</td>
                                <td colspan="2">&nbsp;</td>
                                <td>&nbsp;</td>
                                </tr>
                                <tr>
                                <td>&nbsp;</td>
                                <td colspan="2">&nbsp;</td>
                                <td>&nbsp;</td>
                                </tr>
                                <tr>
                                <td>&nbsp;</td>
                                <td colspan="2">&nbsp;</td>
                                <td>&nbsp;</td>
                                </tr>

```

```

</tr>
<tr>
  <td>&nbsp;</td>
  <td colspan="2">&nbsp;</td>
  <td>&nbsp;</td>
</tr>
<tr>
  <td>&nbsp;</td>
  <td colspan="2">&nbsp;</td>
  <td>&nbsp;</td>
</tr>
<tr>
  <td>&nbsp;</td>
  <td colspan="2">&nbsp;</td>
  <td>&nbsp;</td>
</tr>
</table></td>
<td width="211" valign="top"><table width="210" align="right">
  <tr>
    <th height="325" align="right" valign="top" background="Image/btnTmd.jpg"
style="background-repeat:no-repeat; font-family: 'Angsana New'; color: #000; font-
size: 20px;" scope="col"><table width="200" height="323" cellspacing="5">
      <tr>
        <th width="12" height="34" scope="col">&nbsp;</th>
        <th width="160" align="center" valign="middle" scope="col">พยากรณ์อากาศ
</th>
        <th width="12" scope="col">&nbsp;</th>
      </tr>
      <tr>
        <td colspan="3" align="center"><iframe
src="http://www.tmd.go.th/daily_forecast_forweb.php"      width="180" height="260"
scrolling="No"
frameborder="0" ></iframe></td>
      </tr>
    </table></th>

```



```

        </tr>
    <tr>
        <td height="229" align="right" valign="top" background="Image/link.jpg"
style="background-repeat:no-repeat; font-family: 'Angsana New'; color: #000; font-
size: 20px;"><table width="200" height="225">
    <tr>
        <th width="12" height="34" scope="col">&nbsp;</th>
        <th width="160" align="center" valign="middle" scope="col">แบนเนอร์ลิงค์
ภายนอก</th>
        <th width="12" scope="col">&nbsp;</th>
    </tr>
    <tr>
        <td>&nbsp;</td>
        <td align="center" valign="middle" style="font-size:12px; color:#000; font-
weight: normal;"><table width="143" cellpadding="0" border="0">
            <tr>
                <th
                    width="139" height="43" background="Image/16.gif"
style="background-repeat:no-repeat;
                    scope="col"><a
href="http://www.trf.or.th/"></a></th>
            </tr>
            <tr>
                <td height="46" align="center" background="Image/17.gif"
style="background-repeat:no-repeat;" ><a href="http://www.nectec.or.th"></a></td>
            </tr>
            <tr>
                <td height="43" align="center" background="Image/19.gif"
style="background-repeat:no-repeat;" ><a href="http://www.stkc.go.th"></a></td>
            </tr>
        </table></td>
        <td>&nbsp;</td>
    </tr>
</table></td>

```

```

</tr>
<tr>
  <td height="189" align="right" valign="top" background="Image/btnLinkU.jpg"
style="background-repeat:no-repeat; font-family: 'Angsana New'; font-size: 20px; color:
#000;"><table width="200">
  <tr>
    <th width="12" height="34" scope="col">&nbsp;</th>
    <th width="160" align="center" valign="middle" scope="col">รวมลิงค์
มหาวิทยาลัย</th>
    <th width="12" scope="col">&nbsp;</th>
  </tr>
  <tr>
    <td>&nbsp;</td>
    <td align="center" style="font-size:12px; color:#000; font-weight:
normal;"><table width="156">
  <tr>
    <th scope="col">&nbsp;</th>
  </tr>
  <tr>
    <td align="center"><div style="text-align: center;"><font
color="#99ccff">
      <select name="webname"
onchange="window.open(this.options[this.selectedIndex].value,'_blank')" size="1">
        <option selected="selected" value="">มหาวิทยาลัย</option>
        <option value="http://www.cru.in.th/">มร.เชียงใหม่</option>
        <option value="http://www.cmru.ac.th/">มร.เชียงใหม่</option>
        <option value="http://www.lpru.ac.th/">มร.ลำปาง</option>
        <option value="http://www.uru.ac.th/">มร.อุตรดิตถ์</option>
        <option value="http://202.29.15.3/">มร.กำแพงเพชร</option>
        <option value="http://www.nsruc.ac.th/">มร.นครสวรรค์</option>
        <option value="http://www.psru.ac.th/">มร.พิษณุโลก</option>
        <option value="http://www.pcruc.ac.th/">มร.เพชรบูรณ์</option>
        <option value="http://www.rmu.ac.th/">มร.มหาสารคาม</option>
        <option value="http://www.lru.ac.th/">มร.เลย</option>
        <option value="http://www.snru.ac.th/">มร.สกลนคร</option>

```

<option value="http://www.udru.ac.th/">มร.อุดรธานี</option>
 <option value="http://www.nrru.ac.th/">มร.นครราชสีมา</option>
 <option value="http://www.bru.ac.th/">มร.บุรีรัมย์</option>
 <option value="http://www.sru.ac.th/">มร.สุรินทร์</option>
 <option value="http://www.cpru.ac.th/">มร.ชัยภูมิ</option>
 <option value="http://www.ubru.ac.th/">มร.อุบลราชธานี</option>
 <option value="http://www.rru.ac.th/">มร.ราชบุรี</option>
 <option value="http://www.rits.ac.th/">มร.เทพสตรี</option>
 <option value="http://www.aru.ac.th/">มร.พระนครศรีอยุธยา</option>
 <option value="http://www.vru.ac.th/">มร.วไลยอลงกรณ์</option>
 <option value="http://www.qru.ac.th/">มร.รำไพพรรณี</option>
 <option value="http://www.kru.ac.th/">มร.กาญจนาบุรี</option>
 <option value="http://www.npru.ac.th/d">มร.นครปฐม</option>
 <option value="http://www.pbru.ac.th/">มร.เพชรบุรี</option>
 <option value="http://www.mcru.ac.th/">มร.หมู่บ้านจอมบึง</option>
 <option value="http://www.nstru.ac.th/">มร.นครศรีธรรมราช</option>
 <option value="http://www.pkru.ac.th/">มร.ภูเก็ต</option>
 <option value="http://www.yru.ac.th/">มร.ยะลา</option>
 <option value="http://www.skru.ac.th/">มร.สงขลา</option>
 <option value="http://www.sru.ac.th/">มร.สุราษฎร์ธานี</option>
 <option value="http://www.chandra.ac.th/">มร.จันทระ</option>
 <option value="http://www.dru.ac.th/">มร.ธนบุรี</option>
 <option value="http://www.bsru.ac.th/">มร.บ้านสมเด็จ</option>
 <option value="http://www.pnru.ac.th/">มร.พระนคร</option>
 <option value="http://www.dusit.ac.th/">มร.สวนดุสิต</option>
 <option value="http://www.riss.ac.th/">มร.สวนสุนันทา</option>
 <option value="http://www.chula.ac.th/">จุฬาลงกรณ์</option>
 <option value="http://www.tu.ac.th/">ม.ธรรมศาสตร์</option>
 <option value="http://www.ku.ac.th/">ม.เกษตรศาสตร์</option>
 <option value="http://www.mahidol.ac.th/">ม.มหิดล</option>
 <option value="http://www.su.ac.th/">ม.ศิลปากร</option>
 <option value="http://www.ru.ac.th/">ม.รามคำแหง</option>
 <option value="http://www.stou.ac.th/">ม.สุโขทัย</option>
 <option value="http://www.chiangmai.ac.th/">ม.เชียงใหม่</option>

```

<option value="http://www.mfu.ac.th/">ม.แม่ฟ้าหลวง</option>
<option value="http://www.mju.ac.th/">ม.แม่โจ้</option>
<option value="http://www.payap.ac.th/">ม.พายัพ</option>
<option value="http://www.ubu.ac.th/">ม.อุบลราชธานี</option>
<option value="http://www.kku.ac.th/">ม.ขอนแก่น</option>
<option value="http://www.msu.ac.th/">ม.มหาสารคาม</option>
<option value="http://www.psu.ac.th/">ม.สงขลานครินทร์</option>
<option value="http://www.tsu.ac.th/">ม.ทักษิณ</option>
<option value="http://www.buu.ac.th/">ม.บูรพา</option>
<option value="http://www.rsu.ac.th/">ม.รังสิต</option>
<option value="http://www.swu.ac.th/">ม.ศรีนครินทรวิโรฒ</option>
<option value="http://www.siam.edu/">ม.สยาม</option>
<option value="http://www.utcc.ac.th/">ม.หอการค้าไทย</option>
<option value="http://www.hcu.ac.th/">ม.หัวเฉียว</option>
<option value="http://https@www.au.edu/">ม.อัสสัมชัญ</option>
<option value="http://www.bu.ac.th/">ม.กรุงเทพ</option>
<option value="http://www.nu.ac.th/">ม.นเรศวร</option>
</select>
</font></div></td>
</tr>
<tr>
<td align="center">&nbsp;</td>
</tr>
</table></td>
<td>&nbsp;</td>
</tr>
</table></td>
</tr>
</table></td>
</tr>
<tr>
<td
height="40" colspan="3" align="center"
bgcolor="#95AAB0"><table width="979">
<tr>
<td width="9">&nbsp;</td>

```

```

        <td width="957" align="center"><span style="background-repeat:no-repeat;
font-family: 'Angsana New'; color: #000; font-size: 16px;">การพัฒนาระบบการวัดพลังงาน
แสงอาทิตย์ และพลังงานลม เพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า ในมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
</span></td>
        <td width="10">&nbsp;</td>
    </tr>
    <tr>
        <td>&nbsp;</td>
        <td align="center"><strong>Development of Monitoring system SolarEnergy
and Wind Energy to generate Electricity in SakonNakhonRajabhat
University</strong></td>
        <td>&nbsp;</td>
    </tr>
</table></td>
</tr>
</table></td>
</tr>
</table>
</table>
</body>
</html>

```

ประวัติผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล นายวาสนา เกษมสินธุ์
ชื่อ - นามสกุล Mr. Wassana Kasemsin

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน
3-4808-00086-822

3. ตำแหน่งปัจจุบัน
อาจารย์

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก

สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร 680 ม.11 ถ. นิตโย ต. ธาตุเชิงชุม อ. เมือง จ. สกลนคร 47000 โทรศัพท์ 081-052-2434, 042-970053 โทรสาร 042-970053, e – mail :

5. ประวัติการศึกษา

ระดับ	คุณวุฒิ	สำเร็จการศึกษาจากสถาบัน	ปี(พ.ศ.)
ปริญญาตรี	วท.บ. เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์	สถาบันราชภัฏสกลนคร	2542
ปริญญาโท	กศ.ม.อุตสาหกรรมศึกษา	มหาวิทยาลัยนเรศวร	2547

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

ดิจิทัลและอิเล็กทรอนิกส์

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

หัวหน้าโครงการวิจัย : นายวาสนา เกษมสินธุ์

ผู้ร่วมโครงการวิจัย : นายไวยุจน์ อัมโพ

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : การสร้างและหาประสิทธิภาพคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ความปลอดภัยในงานเชื่อม

แหล่งทุน : สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ปีงบประมาณ

2551

หัวหน้าโครงการวิจัย : นายวาสนา เกษมสินธ์

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาดิจิทัลเทคนิคและการออกแบบ เรื่องลอจิกเกทเบื้องต้นตาม หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

แหล่งทุน : สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ปีงบประมาณ 2553

หัวหน้าโครงการวิจัย : นายปริญญา รจนา

ผู้ร่วมโครงการวิจัย : นายกฤษฎา พรหมพินิจ

ผู้ร่วมโครงการวิจัย : นายวาสนา เกษมสินธ์

ผู้ร่วมโครงการวิจัย : นายทรงศักดิ์ อินทรสิทธิ์

งานวิจัยที่กำลังทำ : การวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์

แหล่งทุน : สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ปีงบประมาณ 2556

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล นายกฤษฎา พรหมพินิจ

ชื่อ - นามสกุล Mr. Krisada Prompinit

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน

3-4706-00055-109

3. ตำแหน่งปัจจุบัน

พนักงานมหาวิทยาลัย

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก

สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร 680 ม.11 ถ. นิตโย ต. ธาตุเชิงชุม อ. เมือง จ. สกลนคร 47000 โทรศัพท์ 086-233-6598, 042-970053 โทรสาร 042-970053, e – mail : Krisada_lek@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

ระดับ	คุณวุฒิ	สำเร็จการศึกษาจากสถาบัน	ปี(พ.ศ.)
ปริญญาตรี	วศบ. ไฟฟ้ากำลัง (Electrical Engineering)	มหาวิทยาลัยภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ	2548
ปริญญาโท	วศม. (วิศวกรรมไฟฟ้า) (Electrical Engineering)	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี	2553

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

Renewable Energy Application

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

หัวหน้าโครงการวิจัย : นายสิทธิรักษ์ แจ่มใส

ผู้ร่วมโครงการวิจัย : นายกฤษฎา พรหมพินิจ

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : การศึกษาและสร้างเครื่องฆ่าแมลงโดยใช้ไฟฟ้าแรงสูง

แหล่งทุน : สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ปีงบประมาณ

2550

หัวหน้าโครงการวิจัย : นายก่อภพ ขาอมาตย์

ผู้ร่วมโครงการวิจัย : นายกฤษฎา พรหมพินิจ

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : การศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าใน มหาวิทยาลัยราชภัฏ

สกลนคร

แหล่งทุน : สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ปีงบประมาณ

2554

หัวหน้าโครงการวิจัย : นายปริญญา รจนา

ผู้ร่วมโครงการวิจัย : นายกฤษฎา พรหมพินิจ

ผู้ร่วมโครงการวิจัย : นายวาสนา เกษมสินธ์

ผู้ร่วมโครงการวิจัย : นายทรงศักดิ์ อินทรสิทธิ์

งานวิจัยที่กำลังทำ : การวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์

แหล่งทุน : สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ปีงบประมาณ

2556

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ - สกุล นายปริญญา รจนา

ชื่อ - นามสกุล Mr.Parinya rojchana

2. หมายเลขบัตรประชาชน

346-060-0544-827

3. ตำแหน่งปัจจุบัน

พนักงานมหาวิทยาลัย

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก

สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร 680 ม.11 ถ. นิตโย ต. ธาตุเชิงชุม อ. เมือง จ. สกลนคร 47000 โทรศัพท์ 081-2628388, 042-970053 โทรสาร 042-970053, e – mail : p_rojchana@live.com

5. คุณวุฒิทางการศึกษา

ระดับ	คุณวุฒิ	สำเร็จการศึกษาจากสถาบัน	ปี(พ.ศ.)
ปริญญาตรี	วท.บ. เทคโนโลยีอุตสาหกรรม แขนงอิเล็กทรอนิกส์	สถาบันราชภัฏสกลนคร	2542
ปริญญาโท	ค.อ.ม. ไฟฟ้า – อิเล็กทรอนิกส์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมพระนคร เหนือ	2549

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

Microcontroller

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

หัวหน้าโครงการวิจัย : นายปริญญา รจนา

งานวิจัยที่กำลังทำ : เครื่องรักษาแรงดันไฟฟ้า ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

แหล่งทุน : สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ปีงบประมาณ

2551

หัวหน้าโครงการวิจัย : นายปริญญา รจนา

ผู้ร่วมโครงการวิจัย : นายกฤษฎา พรหมพินิจ

ผู้ร่วมโครงการวิจัย : นายวาสนา เกษมสินธุ์

ผู้ร่วมโครงการวิจัย : นายทรงศักดิ์ อินทรสิทธิ์

งานวิจัยที่กำลังทำ : การวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์

แหล่งทุน : สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ปีงบประมาณ

2556