



รายงานการวิจัย

เรื่อง

การพัฒนาชุดจัดเก็บและใช้พลังงานไฟฟ้าจากกังหันลม

บุญรอด ทองสว่าง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ปี 2554

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความอนุเคราะห์จากหลายฝ่าย ขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ สำหรับทุนสนับสนุนที่ใช้ในการวิจัย ขอขอบคุณ อาจารย์อัมรินทร์ นิมพลินภานนท์ ที่ช่วยตรวจสอบเครื่องมือการวิจัยและขอขอบคุณอาจารย์และเจ้าหน้าที่ คณะเทคโนโลยีการเกษตรทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือการวิจัยครั้งนี้

ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณทุกท่านมา ณ โอกาสนี้

นายบุญรอด ทองสว่าง

หัวข้อวิจัย การพัฒนาชุดจัดเก็บและใช้พลังงานไฟฟ้าจากกังหันลม
 ชื่อผู้วิจัย นายบุญรอด ทองสว่าง
 มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
 ปีการศึกษา 2554

บทคัดย่อ

รายงานการวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดจัดเก็บและใช้พลังงานไฟฟ้าจากกังหันลม มีวัตถุประสงค์ 1. เพื่อพัฒนาชุดจัดเก็บและใช้พลังงานไฟฟ้าจากกังหันลมและ 2. เพื่อหาปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานลม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้แบ่งออกดังนี้ 1.ชุดจัดเก็บและใช้พลังงานไฟฟ้าจากกังหันลม วงจร 1 ชุด ประกอบด้วยวงจรประจุไฟฟ้า แบตเตอรี่ อินเวอร์เตอร์ และชุดใช้พลังงานไฟฟ้า ผู้วิจัยได้ทดลองที่คณะเทคโนโลยีการเกษตร

ผลการวิจัยได้ดังนี้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ค่าความเร็วลมที่สามารถทำให้กังหันลมผลิตไฟฟ้าได้เริ่มต้นที่ 1.8 mps แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 4 Vac ค่าความเร็วลมสูงสุดที่สามารถวัดได้คือ 4.1 mps แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 13 Vac จากการทดลอง ผู้วิจัยได้ทดลองวัดระดับความเร็วลม แต่ปริมาณความเร็วลมไม่คงที่ ในระยะเวลาที่ทำการทดลอง อย่างน้อย 1 ชั่วโมงต่อครั้งนั้น ความเร็วลมไม่เท่ากันทุกเวลา ผู้วิจัยจึงได้ทำการเฉลี่ยค่าความเร็วลมและค่าแรงดันไฟฟ้า

จากการทดลองใช้อุปกรณ์ใช้พลังงานไฟฟ้า ได้แก่หลอดนีออน 40 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยการเชื่อมต่อเข้ากับชุดอินเวอร์เตอร์แปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ การทดลองจะใช้ระดับแรงดันเริ่มต้นที่ไม่เท่ากัน เพื่อให้กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่หมด ระยะเวลาการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ที่ได้รับการประจุจากการหมุนของกังหันลม ระยะเวลาจะใช้ไม่เท่ากัน โดยค่าแรงดันที่ได้รับจากแบตเตอรี่ต่ำสุดคือ 6.0 Vdc ใช้เวลาประมาณ 50 นาที และค่าแรงดันที่ได้รับจากแบตเตอรี่สูงสุดคือ 12.0 Vdc ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง 30 นาที

Research Title A development the energy storage for save and usage electrical by wind energy.

Name Mr.Boonrod Tongsaewang

University Phetchabun Rajabhat University

Year 2011

ABSTRACT

The research report about development the energy storage for save and usage electrical by wind energy. There were objective 1. development for save and usage electrical by wind energy and 2. seek Amount of electricity from generation of electricity by wind energy. Tools was use research that researcher had distributed as follows 1. the energy storage for save and usage electrical by wind energy a series circuit compose the charge circuit, battery, inverter and the electrical energy. The researcher had experiment at Agricultural Technology Faculty.

The research result had follows

Result of data analysis met speed wind value could make wind energy electricity minimum speed at 1.8 mps, ac voltage 4 Vac. , the maximum wind speed that could be measured 4.1 mps, ac voltage 13 Vac. The researcher had experiment measure wind speed but velocity was non stable during experiment at least 1 hour. Wind speed was not the same every time. Researcher had been average wind speed and voltage.

Experiments using electrical energy for example a 40 watts fluorescent tube by connecting with inverters convert direct current into alternating current. The experiment will used voltage levels were not equal to made electricity from the battery. Time from battery was discharged by rotation of the wind turbine, time were not same. The battery voltage was 6.0 Vdc. min was approximately 50 minutes and the maximum voltage was 12.0 Vdc battery took about 2 hours and 30 minutes.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	(ก)
บทคัดย่อภาษาไทย	(ง)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(จ)
สารบัญ	(ฉ)
สารบัญตาราง	(ซ)
สารบัญภาพ	(ณ)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
กรอบแนวคิดในการวิจัย	1
ขอบเขตของการวิจัย	2
นิยามศัพท์เฉพาะในการวิจัย	2
ประโยชน์ที่รับจากการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
พลังงานลม	4
กังหันลม การเปลี่ยนพลังงานลมเป็นพลังงานไฟฟ้า	14
วงจรประจุไฟฟ้าและแบตเตอรี่	19
การวัดค่าพลังงานไฟฟ้า	26
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	28
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	31
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	31
การเก็บรวบรวมข้อมูลและการประเมินผล	35
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	36
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	36

บทที่ 5	สรุปผลการวิจัย	38
	สรุปผล	38
	อภิปรายผล	38
	ข้อเสนอแนะ	39
บรรณานุกรม		40
ภาคผนวก		43
	ก. การนำเสนองานวิจัยไปใช้ในการเรียนการสอน	44
	ข. แนวการสอนรายวิชาการวิจัยและพัฒนาในงานเทคโนโลยีอุตสาหกรรม	46
	ค. ประวัตินักวิจัย	58

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางเทียบความเร็วลมและชนิดลมของมาตราโบฟอร์ด	8
2.2 ตารางเทียบความเร็วลมของมาตราโบฟอร์ดกับปรากฏการณ์ธรรมชาติเหนือพื้นดิน	9
2.3 เกณฑ์ความเร็วลมผิวพื้น	13
3.1 ตารางการบันทึกค่าความเร็วลมและแรงดันไฟฟ้า	35
3.2 ตารางใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยอุปกรณ์หลอดนีออน 40 w 1 หลอด	35
4.1 ตารางผลการบันทึกค่าความเร็วลมและแรงดันไฟฟ้า	36
4.2 ตารางใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยอุปกรณ์หลอดนีออน 40 w 1 หลอด	37

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย	2
2.1 การแทนที่ของอากาศ	5
2.2 ทิศทางลมเทียบเป็นองศาจากทิศจริง	7
2.3 Cup Anemometer	10
2.4 มาตรฐานวัดลมแบบวินด์มิลล์	10
2.5 มาตรฐานวัดลม (anemometer)	11
2.6 Aervo Vane	12
2.7 กังหันลมแบบแนวแกนนอน (Horizontal Axis Wind Turbine)	15
2.8 กังหันลมแบบแนวแกนตั้ง (Vertical Axis Wind Turbine)	16
2.9 ส่วนประกอบของระบบกังหันลม	18
2.10 วงจรประจุไฟฟ้าสำหรับ NICAD	20
2.11 วงจรประจุไฟฟ้าสำหรับ Li-Po	21
2.12 วงจรประจุไฟฟ้าสำหรับแบตเตอรี่แบบอัดโน้มติ	21
2.13 วงจรประจุไฟฟ้าสำหรับแบตเตอรี่ 12 V	22
2.14 ภาพแสดงโครงสร้างของเซลล์แบบตะกั่ว-กรด แผ่นอาโนดและคาโทดจะ วางสลับกัน เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวระหว่างกัน	23
2.15 ไอออนบวกของตะกั่วจะออกมา อาโนดเข้าไปในอิเล็กโทรไลต์ อิเล็กตรอน จะมีอิสระที่จะเข้าไปวงจรที่นำมาต่อภายนอก ซึ่งจะทำให้เกิดกระแสไหล จากคาโทดไปยังอาโนด	23
2.16 โครงสร้างของแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรดที่มีการปิดผนึก ซึ่งแบตเตอรี่ชนิด นี้สามารถใช้ที่ใดก็ได้โดยจะไม่ปล่อยอิเล็กโทรไลต์ออกมา ใช้ประโยชน์ ในเครื่องมือแบบกระเป๋านิ้ว	26
3.1 โฟลว์ชาร์ตการเก็บพลังงานไฟฟ้า	31
3.2 ชุดกังหันลม อาคารคณะเทคโนโลยีการเกษตร	32
3.3 วงจรประจุไฟฟ้าสำหรับ NICAD	33
3.4 การประกอบวงจรประจุไฟฟ้าสำหรับ NICAD	33
3.5 การติดตั้งวงจรประจุไฟฟ้าพร้อมอินเวอร์เตอร์ อาคารคณะ เทคโนโลยีการเกษตร	34
3.6 แบตเตอรี่แห้ง 12 Vdc กระแส 18 A	34

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การใช้พลังงานในยุคปัจจุบันนิยมใช้พลังงานที่ได้จากน้ำมันทั้งการใช้ร่วมกับยานพาหนะ การผลิตกระแสไฟฟ้า การใช้พลังงานน้ำมันจะมีอายุการใช้งานที่ไม่ยาวนาน มีการหมด และราคาก็จะสูงขึ้น การแสวงหาพลังงานในรูปแบบอื่นเพื่อนำมาทดแทนพลังงานน้ำมัน จะมีแนวโน้มที่จะมากขึ้น การใช้พลังงานทดแทนที่นิยมได้แก่พลังงาน แสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานชีวมวล พลังงานน้ำ พลังงานคลื่น ฯ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เป็นสถาบันการศึกษาที่มีการใช้งานพลังงานปริมาณที่มาก มีค่าใช้จ่ายต่อการใช้มากและจะมีความต้องการมากขึ้นตามจำนวนผู้ใช้งาน การหาพลังงานทดแทนอื่นๆ มาช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานนั้น จะเป็นส่วนที่จะช่วยให้ค่าใช้จ่ายการใช้พลังงานลดลง พลังงานลมเป็นพลังงานหนึ่งที่เป็นพลังงานสะอาดและสามารถใช้งานได้ตลอด ผู้ที่ต้องการใช้งาน พลังงานลม จะต้องใช้เครื่องกำเนิดพลังงานไฟฟ้า เพื่อเปลี่ยนพลังงานจลน์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า และการเลือกตำแหน่งการติดตั้งเครื่องกำเนิดพลังงานไฟฟ้าให้ถูกตำแหน่งทิศทางลม เพื่อให้ได้พลังงานลมที่มีปริมาณมากที่สุด ส่วนวงจรประจุไฟฟ้าสำหรับแบตเตอรี่ที่มีความสามารถในการประจุไฟฟ้าที่ได้รับจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าจะมีผลช่วยให้การกำหนดระยะเวลาการประจุไฟฟ้า

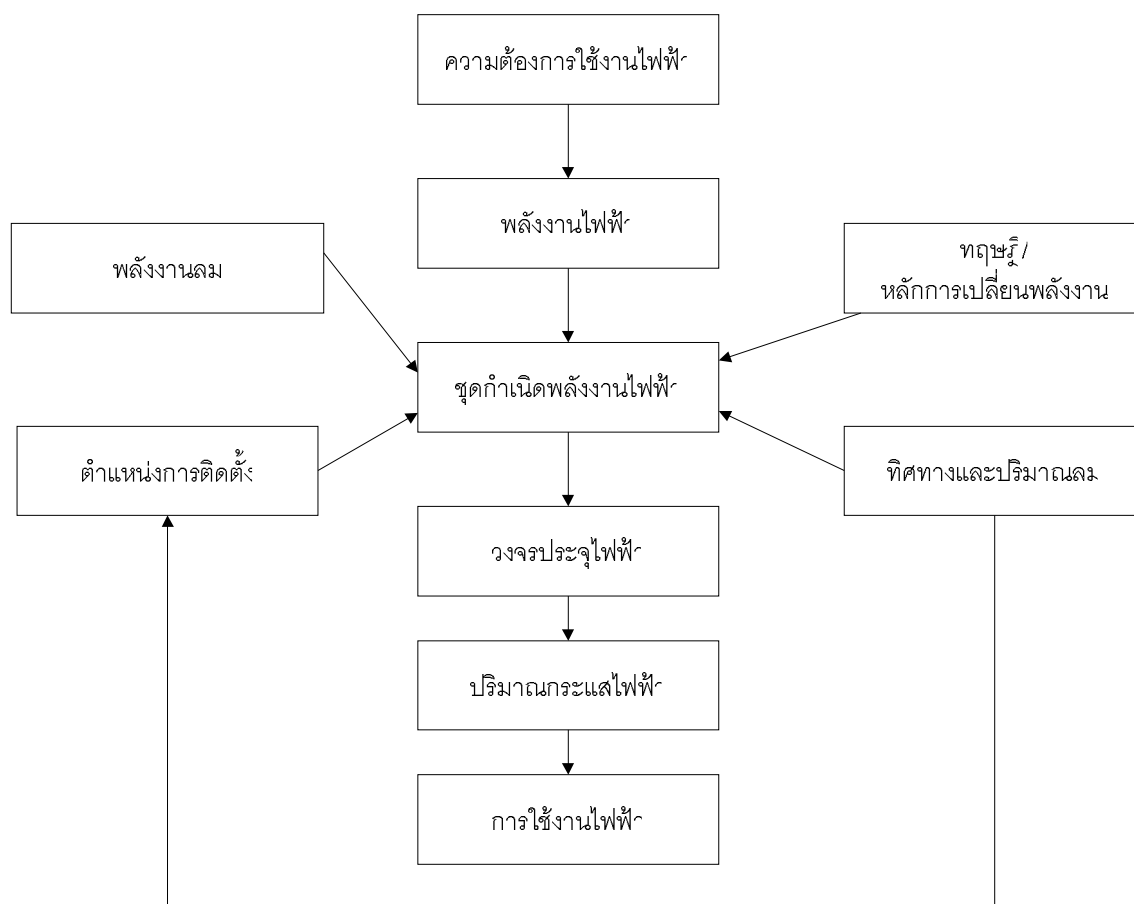
จากสภาพปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะการพัฒนาชุดจัดเก็บและใช้พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานลม เพื่อวัดปริมาณลมและปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามากที่สุดต่อไป เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนาชุดผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลมที่เหมาะสมกับหน่วยงานอื่นๆ ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์และชุมชนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาชุดจัดเก็บและใช้พลังงานไฟฟ้าจากกังหันลม
2. เพื่อหาปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานลม

กรอบแนวคิดในการวิจัย

1. แนวความคิดเกี่ยวกับจัดเก็บและใช้พลังงานไฟฟ้าจากกังหันลม
2. แนวคิดเกี่ยวกับการเปลี่ยนพลังงานลมเป็นพลังงานไฟฟ้า



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้จะทำการทดลองวัดปริมาณลมและปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ได้รับจากเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ เครื่องวัดความเร็วลม เครื่องกำเนิดพลังงานไฟฟ้า ชุดจัดเก็บและใช้พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานลม

เครื่องมือวัดประสิทธิภาพได้แก่ แบบประเมินชุดจัดเก็บและใช้พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานลม

นิยามศัพท์เฉพาะในการวิจัย

พลังงานลม หมายถึง การเคลื่อนที่ของอากาศที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน

เครื่องกำเนิดพลังงานไฟฟ้า หมายถึง ชุดวงจรที่เปลี่ยนพลังงานจลน์เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยพลังงานลมเป็นตัวขับเคลื่อน

ชุดจัดเก็บ หมายถึง ชุดวงจรไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ประจุไฟฟ้าที่ได้รับจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้านำไปเก็บไว้ยังแบตเตอรี่

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ได้ชุดจัดเก็บและใช้พลังงานไฟฟ้าจากกังหันลม
2. ได้ทราบปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานลม
3. ได้แนวทางในการใช้พลังงานลมเปลี่ยนเป็นพลังงานในรูปแบบอื่นๆ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องชุดจัดเก็บและใช้พลังงานไฟฟ้าจากกังหันลม การพัฒนาพลังงานหมุนเวียนที่นำกลับมาใช้ใหม่ โดยเน้นการพัฒนาชุดจัดเก็บพลังงานที่สามารถจัดเก็บได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดและแสดงการนำพลังงานไปใช้งาน โดยผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้า เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งหัวข้อได้ดังนี้

1. พลังงานลม
2. กังหันลม การเปลี่ยนพลังงานลมเป็นพลังงานไฟฟ้า
3. วงจรประจุไฟฟ้าและแบตเตอรี่
4. การวัดค่าพลังงานไฟฟ้า
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

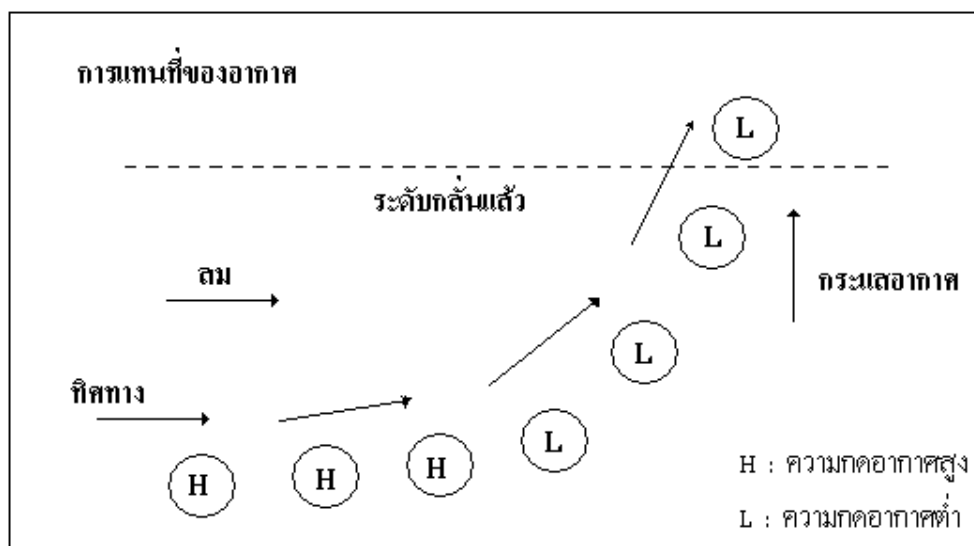
พลังงานลม

ลม คือ กระแสอากาศที่เคลื่อนที่ในแนวนอน ส่วนกระแสอากาศคือ อากาศที่เคลื่อนที่ในแนวตั้ง การเรียกชื่อลมนั้นเรียกตามทิศทางที่ลมนั้นๆ พัดมา เช่น ลมที่พัดมาจากทิศเหนือเรียกว่า ลมเหนือ และลมที่พัดมาจากทิศใต้เรียกว่า ลมใต้ เป็นต้น ในละติจูดต่ำไม่สามารถจะคำนวณหาความเร็วลม แต่ในละติจูดสูงสามารถคำนวณหาความเร็วลมได้ (ที่มา คลังปัญญาไทย, 2554)

ลม เป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ความกดดันของบรรยากาศและแรงจากการหมุนของโลก สิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเร็วลมและกำลังลม เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่าลมเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่มีอยู่ในตัวเอง ซึ่งในบางครั้งแรงที่เกิดจากลมอาจทำให้บ้านเรือนที่อยู่อาศัยพังทลายต้นไม้ หักโค่นลง สิ่งของวัตถุต่างๆ ล้มหรือปลิวลอยไปตามลม ฯลฯ ในปัจจุบันมนุษย์ยังได้ให้ความสำคัญและนำพลังงานจากลมมาใช้ประโยชน์มากขึ้น เนื่องจากพลังงานลมมีอยู่โดยทั่วไป ไม่ต้องซื้อหา เป็นพลังงานที่สะอาดไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสภาพแวดล้อม และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างไม่รู้จักหมดสิ้น (ที่มา กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2554.)

ลม หมายถึง อากาศที่เคลื่อนที่ไปในทิศทางในแนวราบ เกิดจากการแทนที่ของอากาศเนื่องจากอากาศในบริเวณที่ร้อนจะลอยตัวสูงขึ้น ในขณะที่อากาศบริเวณใกล้เคียงที่อุณหภูมิต่ำกว่าจะเคลื่อนที่เข้ามาแทนที่ เมื่อมีการเคลื่อนไหวยของอากาศที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงและแตกต่างกันของ

ความกดอากาศ อากาศบริเวณที่มีความกดอากาศสูงจะเคลื่อนที่เข้ามายังบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ มวลอากาศที่เคลื่อนที่ที่เราเรียกว่า "ลม" จึงกล่าวได้ว่า ลม เกิดจากการเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความกดอากาศสูงไปยังบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำนั่นเอง โดยการเคลื่อนที่ของลมจะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความกดอากาศสูง และความกดอากาศต่ำ ถ้ามีความแตกต่างกันน้อยลมที่เกิดขึ้นจะเป็นลมเอื่อย และถ้ามีความแตกต่างกันมากจะกลายเป็นพายุได้ ดังนั้นการเกิดลม เป็นปรากฏการณ์ที่อากาศร้อนลอยตัวสูงขึ้น และอากาศเย็นเคลื่อนที่เข้ามาแทนที่ นอกจากนั้นการหมุนเวียนของลมบนโลกเป็นกลไกในการช่วยกระจายพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ให้เฉลี่ยทั่วถึงโลก และช่วยพัดพาเอาความชุ่มชื้นจากพื้นน้ำมาสู่พื้นดินด้วย ข้อสังเกต เราพบว่า การเคลื่อนที่ของอากาศมี 2 ชนิด ด้วยกัน คือ ถ้าเคลื่อนที่ขนานไปกับผิวโลกเราเรียกว่า "ลม" (Wind) แต่ถ้าเคลื่อนที่ในแนวดิ่งเราเรียกว่า "กระแสอากาศ" (Air current) สำหรับระบบการพัดของลมบนพื้นโลกส่วนหนึ่งเกิดเนื่องมาจากการหมุนรอบตัวเองของโลกทำให้เกิดแรงที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของกระแสอากาศ เราเรียกแรงดังกล่าวว่า "แรงคอริโอลิส" เป็นแรงที่มีการเคลื่อนที่ไปในแนวนอน มีลักษณะที่สำคัญคือแรงนี้จะหมุนทำมุมตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศ ในซีกโลกเหนือ แรงนี้จะทำให้อากาศเคลื่อนที่ในแนวนอน เหนือไปจากเดิมไปทางขวา และทางซีกโลกใต้ เหนือไปจากเดิมทางซ้าย แรงนี้จะมีค่าสูงสุดที่ขั้วโลกทั้งสอง และมีค่าเป็นศูนย์ที่ศูนย์สูตร และค่าของแรงนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อละติจูดสูงขึ้น จนกระทั่งมีค่าสูงสุดเท่ากับหนึ่งหรือ 100 เปอร์เซ็นต์ที่ขั้วโลกทั้งสอง(ทิมา ลักษณะ สัมมานิธิ. 2554.)



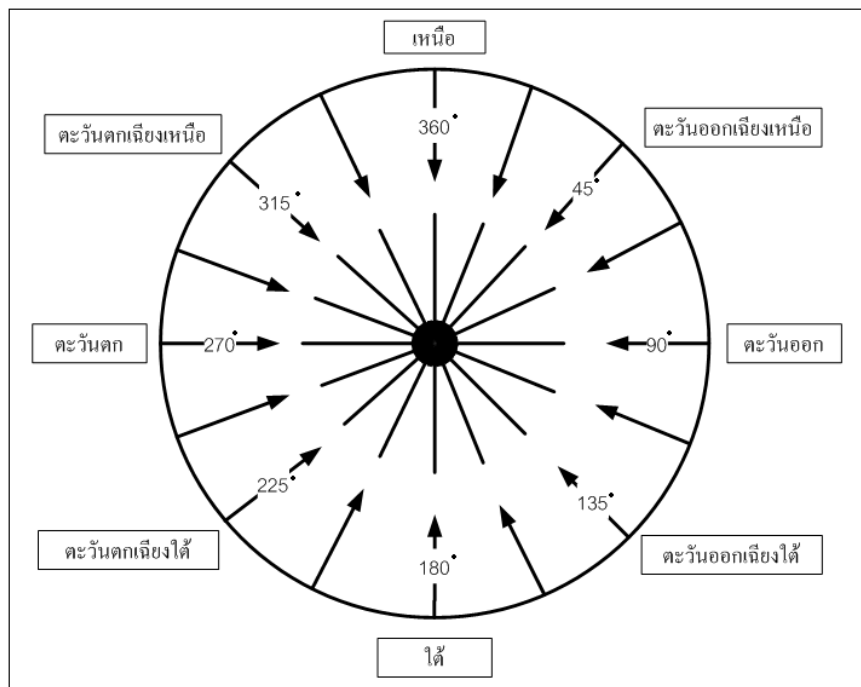
ภาพที่ 2.1 การแทนที่ของอากาศ
(ทิมา ลักษณะ สัมมานิธิ. 2554.)

พลังงานลมเป็นพลังงานหมุนเวียนชนิดหนึ่งที่มีต้นกำเนิดจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยอ้อม กล่าวคือพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบในภาคตัดขวางของโลกประมาณ 178,000 ล้านล้านวัตต์ มีเพียง 0.2% เท่านั้นที่ก่อให้เกิดการเคลื่อนไหวของอากาศที่เรียกว่าพลังงานลม และส่วนนี้ก็ยังเป็นผลให้เกิดคลื่นในมหาสมุทรด้วย ลมเป็นแหล่งพลังงานสะอาดที่มีอยู่อย่างมหาศาลและสามารถใช้ได้อย่างไม่มีวันหมดสิ้น ซึ่งได้มีการนำมาใช้ประโยชน์กันเป็นเวลานานแล้ว ด้วยการประกอบใช้กับเครื่องจักรต่าง ๆ เช่น เครื่องสีข้าว ระหัดวิดน้ำ ฯลฯ โดยในการนำพลังงานจากลมออกมาใช้ประโยชน์นั้น เครื่องมือสำคัญคือ กังหันลม (Wind Mill) ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานจลน์จากลมมาเป็นพลังงานกลโดยตรง การใช้ประโยชน์จากกังหันลมในระยะแรก ๆ จะเป็นการประยุกต์ใช้กับงานกลเป็นส่วนใหญ่ และในเวลาต่อมาการพัฒนาใช้ประโยชน์ในลักษณะกังหันลมผลิตไฟฟ้า (Wind Turbine Generator) จึงเริ่มขยายตัวมากขึ้นเพื่อทดแทนการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยพลังงานจากซากพืชซากสัตว์หรือพลังงานเชื้อเพลิงที่นับวันจะมีต้นทุนที่สูงขึ้นเรื่อย ๆ อีกทั้งยังก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม (ที่มา มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม (มฟส). 2554.)

การวัดลม

การวัดลมมีวิธีการวัด 2 วิธี คือ วัดทิศลม และวัดความเร็วลม

1. ทิศลม อาจเรียกชื่อตามทิศต่างๆ ของเข็มทิศ หรือเรียกเป็นองศาจากทิศจริง ปัจจุบันการวัดทิศลมนิยมวัดทิศลมตามเข็มทิศ และวัดเป็นองศา ถ้าวัดทิศลมด้วยเข็มทิศ เข็มทิศจะถูกแบ่งออกเป็นทิศใหญ่ๆ 4 ทิศ คือ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก ซึ่งทิศทั้ง 4 ทิศ เมื่อแบ่งย่อยอีกจะเป็น 8 ทิศ โดยจะเพิ่มทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันออกเฉียงใต้ นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งจาก 8 ทิศ ให้ย่อยเป็น 16 ทิศ หรือ 32 ทิศ ได้อีก แต่การรายงานทิศนั้น มักนิยมรายงานจำนวนทิศเพียง 8 หรือ 16 ทิศ เท่านั้น ส่วนการวัดทิศลมที่เป็นองศาบอกมุมของลมจากทิศจริง ในลักษณะที่เวียนไปตามเข็มนาฬิกา ใช้สเกลจาก 0 องศา ไปจนถึง 360 องศา เช่น ลมทิศ 0 องศา หรือ 360 องศา เป็นทิศตะวันออก , ลมทิศ 45 องศา เป็นทิศตะวันออกเฉียงเหนือ, ลมทิศ 90 องศา เป็นทิศตะวันออก, ลมทิศ 135 องศา เป็นทิศตะวันออกเฉียงใต้, ลมทิศ 180 องศา เป็นทิศใต้, ลมทิศ 225 องศา เป็นทิศตะวันออกเฉียงใต้, ลมทิศ 270 องศา เป็นทิศตะวันตก และลมทิศ 315 องศา เป็นทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (ภาพที่ 2.2)



ภาพที่ 2.2 ทิศทางลมเทียบเป็นองศาจากทิศจริง
(ที่มา ศูนย์อุตุนิยมวิทยา. 2554.)

2. ความเร็วลมคือ การเคลื่อนที่ของอากาศที่ทำให้เกิดแรง หรือความกดที่ผ่านจุดที่กำหนดให้ บนพื้นผิวโลก และแรงหรือความกดเป็นสัดส่วนกับกำลัง 2 ของความเร็วลม อธิบายดังในรูปของ สมการ

$$P = kv^2 \quad (2.1)$$

P = ความกดที่เกิดจากการกระทำของลม

V = ความเร็วลม

K = ค่าคงที่ของหน่วยที่ใช้

ถ้าความกดอากาศมีหน่วยเป็นปอนด์ต่อตารางฟุต ความเร็วลมเป็นนอต (1 นอต หมายถึง 1 ไมล์ทะเล (6,080.20 ฟุต) ต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นหน่วยมาตรฐานความเร็วลมที่ใช้ในสหรัฐอเมริกา) สมการจะเป็น $P = 0.0053 V^2$ โดยประมาณสำหรับผิวพื้นที่ราบเรียบ แต่ถ้าความเร็วลมมีหน่วยเป็น ไมล์ต่อชั่วโมง ค่า P ที่ได้จะเปลี่ยนไปเป็น $P = 0.004 V^2$ ด้วยเหตุนี้แรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากการกระทำของลม ทำให้สามารถหาความเร็วลมได้ โดยที่ไม่ต้องอาศัยเครื่องมือใดๆ แต่จะสังเกตได้จากปรากฏการณ์ของวัตถุที่อยู่รอบๆ ดังนั้น เพื่อวัตถุประสงค์ดังกล่าวจึงได้มีการกำหนดมาตราความเร็ว

ลมขึ้น เรียกว่ามาตราโบฟอร์ต (Beaufort Scale) พลเรือเอก เซอร์ฟรานซิส โบฟอร์ต (Admiral Sir Francis Beaufort) ชาวอังกฤษ เป็นผู้คิดขึ้นใช้ในปี พ.ศ. 2548 สำหรับตรวจลมในทะเล ต่อมาได้ถูกดัดแปลงนำมาใช้ทั้งบนบกและในทะเล มาตราโบฟอร์ต จะใช้เปรียบเทียบกับสิ่งที่กีดขวางไม่ว่าบนบกและในทะเล โดยสิ่งที่กีดขวางต่างๆ ได้แก่ ใบไม้ กิ่งไม้ สายโทรเลข สายโทรศัพท์ ธง สิ่งปรักหักพังต่างๆ และคลื่นในทะเล เกณฑ์ที่ใช้กำหนดความเร็วลม ได้มาจากการสังเกตกำลังลมเหนือพื้นดินและในทะเล มาตราโบฟอร์ต เริ่มต้นจากมาตราที่ 0 ไปจนถึงมาตราที่ 17 ความเร็วลมจะเพิ่มขึ้นคือ ที่มาตรา 0 จะเป็นเขตลมสงบ ไปจนถึงมาตราที่ 17 ลมมีกำลังแรงจัดกลายเป็นพายุเฮอริเคน ปัจจุบันมาตราโบฟอร์ตถูกนำมาใช้น้อยลง โดยเฉพาะสถานีบนบก ตารางที่ 1 เป็นตารางเทียบความเร็วลม และชนิดลมของมาตราโบฟอร์ต ส่วนตารางที่ 2 เป็นตารางเทียบความเร็วลมของมาตราโบฟอร์ตกับปรากฏการณ์ธรรมชาติเหนือพื้นดิน และตารางที่ 3 เป็นตารางเทียบความเร็วลมของมาตราโบฟอร์ตกับปรากฏการณ์ธรรมชาติเหนือพื้นน้ำ

ตารางที่ 2.1 ตารางเทียบความเร็วลมและชนิดลมของมาตราโบฟอร์ต

มาตราโบฟอร์ต	ความเร็วลม		ชนิดลม
	นอต	กม./ชม.	
0	1	1.6	ลมสงบ
1	1 – 3	1.6 – 4.8	ลมเบา
2	4 – 6	6.4 – 8.6	ลมอ่อน
3	7 – 10	12.8 – 19.2	ลมเฉื่อย
4	11 – 21	20.8 – 28.8	ลมปานกลาง
5	17 – 21	30.4 – 38.4	ลมกระโชก
6	22 – 27	40.0 - 38.4	ลมแรง
7	28 – 33	51.2 – 60.8	พายุปานกลาง
8	34 – 40	62.4 – 73.6	พายุกระโชก
9	41 – 47	75.2 – 86.4	พายุแรง
10	48 – 55	88.0 – 100.8	พายุจัด
11	56 – 63	102.4 – 115.2	พายุจัด
12	64 – 71	116.8 – 131.2	เฮอริเคน
13	72 – 80	132.8 – 147.3	เฮอริเคน
14	81 – 89	148.8 – 164.8	เฮอริเคน

15	90 – 99	166.4- 182.4	เฮอรัรีเคน
16	100 – 108	184.0 – 200.0	เฮอรัรีเคน
17	109 – 118	201.6 – 217.6	เฮอรัรีเคน

(ที่มา ศูนย์อุตุนิยมวิทยา. 2554.)

ตารางที่ 2.2 ตารางเทียบความเร็วลมของมาตราโบฟอร์ดกับปรากฏการณ์ธรรมชาติเหนือพื้นดิน

มาตราโบฟอร์ด	ปรากฏการณ์ธรรมชาติเหนือพื้นดิน
0	ลมสงบ คำนลยขึ้นตรง
1	ทิศทางลมสังเกตได้จากควันที่ แต่ไม่ใช่จากศรลม
2	รู้สึกมีลมปะทะหน้า ใบไม้เคลื่อนไหว ศรลมเริ่มหันทิศทางไปตามลม
3	ใบไม้และกิ่งไม้เล็กๆ เคลื่อนไหวตลอดเวลา ชงเคลื่อนตามลม
4	ฝุ่นฟุ้ง กระจายปลิว กิ่งไม้เล็กๆ โยก
5	ต้นไม้เล็กๆ เริ่มโยก แหล่งน้ำบนบก เช่นแม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง เป็นระลอก
6	กิ่งไม้ใหญ่โยก สายโทรเลขดังหวิวๆ ไม่สะดวกที่จะใช้ร่ม
7	ต้นไม้โยก เดินต้านลมไม่สะดวก
8	กิ่งไม้หัก เดินไปข้างหน้าไม่สะดวก
9	สิ่งก่อสร้างเสียหายเล็กน้อย
10	ต้นไม้ถอนราก สิ่งก่อสร้างเสียหายมาก
11	สิ่งก่อสร้างเสียหายเป็นบริเวณกว้าง
12-17	สิ่งก่อสร้างเสียหายหนัก

(ที่มา ศูนย์อุตุนิยมวิทยา. 2554.)

การวัดความเร็วและทิศของลม อาจทำได้โดยใช้เครื่องมืออีกชนิดหนึ่งเรียกว่า "ใบพัดลม" ซึ่งสามารถวัดความเร็วและทิศได้พร้อมกัน ในการวัดความเร็วของลมมีหน่วยที่ใช้กันอยู่หลายหน่วยแล้วแต่ว่าผู้ใช้นิยมและสะดวกที่จะใช้หน่วยใด เช่น

1. นอต หรือไมล์ทะเลต่อชั่วโมง
2. กิโลเมตรต่อชั่วโมง
3. ไมล์ (บก) ต่อชั่วโมง

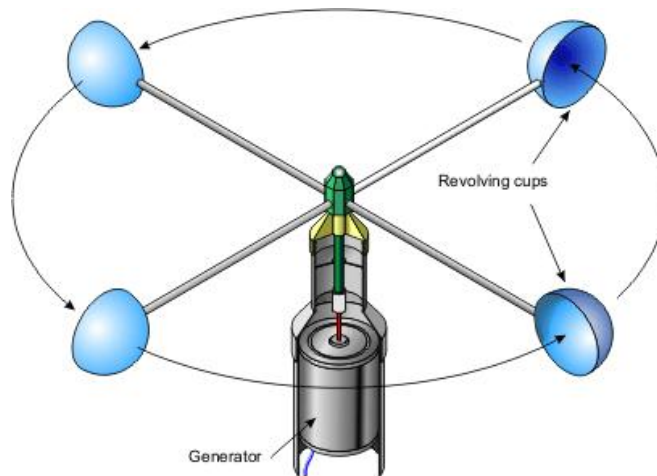
เครื่องมือวัดความเร็วลม

การวัดความเร็วลมในที่ต่างๆ จะใช้มาตรวัดลม หรือ แอเนโมมิเตอร์ (Anemometer)

มี 3 แบบ คือ

1. มาตรวัดความเร็วลมแบบหมุน

มาตรวัดลมแบบถ้วย (Cup Anemometer) มีลักษณะเป็นถ้วยกลมครึ่งซีก 3-4 ใบ ติดอยู่ที่ปลายก้านซึ่งต่อกับแกนกลาง เมื่อลมพัดจะทำให้ถ้วยถ้วยหมุนไปรอบๆ แกนกลาง จำนวนรอบที่หมุนแสดงความเร็วของลม (ที่มา หมวดวิชาคอมพิวเตอร์ โรงเรียนเบญจมราชูทิศ นครศรีธรรมราช. 2554)



ภาพที่ 2.3 Cup Anemometer

(ที่มา Webmaster <http://www.mywindpowersystem.com>. 2011)

มาตรวัดลมแบบโปร펠เลอร์ (Propellor) มีลักษณะคล้ายกังหันลม มาตรวัดลมแบบวินด์มิลล์ (Windmill)



ภาพที่ 2.4 มาตรวัดลมแบบวินด์มิลล์

(ที่มา หมวดวิชาคอมพิวเตอร์ โรงเรียนเบญจมราชูทิศ นครศรีธรรมราช. 2554)

2. มาตรวัดลมแบบหลอดความกดดัน โดยอาศัยแรงของลมพัดเข้าไปในหลอด เพื่อให้แรงของลมกดลงไปบนพื้นผิวโลหะที่มีแขนต่อไปยังหน้าปัดที่บอกสเกลความเร็ว การทำงานเหมือนกับแอนนิรอยด์ซึ่งวัดความดันอากาศ มาตรวัดลมแบบนี้ได้พัฒนาไปจนสามารถบอกความเร็วของลมได้ตลอดเวลา มีกระดาษกราฟเป็นม้วนหมุนได้อย่างช้าๆ ซึ่งขับเคลื่อนด้วยระบบโซลานแบบนาฬิกา จึงเป็นมาตรวัดลมแบบอัตโนมัติ เรียกว่า อะนิโมกราฟ (anemograph)

ในการวัดความเร็วลมนั้น ต้องทราบทิศทางที่ลมพัดด้วย ซึ่งใช้อุปกรณ์ง่ายๆ ในการวัดทิศทางของลม เรียกว่า ศรลม (Wind Vane) ลักษณะจะเป็นลูกศรที่มีหางเป็นแผ่นใหญ่กว่าลูกศรมาก เมื่อลมพัดมาทางลูกศรจะถูกผลักแรงกว่าหัวลูกศร หัวลูกศรจึงชี้ไปทางที่ลมพัด

มาตรวัดลม (anemometer) เป็นเครื่องมือวัดความเร็วของลม ที่นิยมใช้กันมากเป็นมาตรวัดลมแบบรูปถ้วย (cup anemometer) ประกอบด้วยลูกถ้วยทรงกรวย 3 หรือ 4 ใบ มีแขนยึดติดกันกับแกนซึ่งอยู่ในแนวตั้ง และติดอยู่กับเครื่องอ่านความเร็ว ลูกถ้วยจะหมุนรอบเพลาตามแรงลม จำนวนรอบหมุนจะเปลี่ยนเป็นระยะทาง โดยมีหน่วยเป็นกิโลเมตรหรือไมล์ อ่านได้จากหน้าปัดของเครื่องอ่านความเร็ว (ที่มา จักรกฤษณ์ ดาวไรสง. 2554)



ภาพที่ 2.5 มาตรวัดลม (anemometer)

(ที่มา จักรกฤษณ์ ดาวไรสง. 2554)

3. แอโรเวน (Aerovane) เป็นเครื่องมือที่วัดได้ทั้งทิศทางและความเร็วลม เครื่องวัดลมที่กล่าวมานี้เป็นการวัดลมที่พื้นดิน และบอกทิศทาง หรือความเร็วลมในตำแหน่งคงที่โดยเฉพาะสิ่งกีดขวางอื่นๆ ก็มีอิทธิพลต่อลม เช่น อาคารต้นไม้ และอื่นๆ ความเร็วลมจะเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อความสูงเพิ่มขึ้น ดังนั้น เครื่องมือที่ใช้วัดลมควรตั้งอยู่ในที่โล่งที่อากาศถ่ายเทได้สะดวก และควรอยู่สูงกว่าหลังอาคาร แต่ในทางปฏิบัติอะนิโมมิเตอร์จะถูกวางไว้ในระดับความสูงต่างๆ ไม่แน่นอน ทำให้การวัดลมมีความผิดพลาดอยู่เสมอ



ภาพที่ 2.6 Aero Vane

(ที่มา Belfort Instrument, 2011)

ส่วนในการวัดทิศทางและความเร็วของลมนั้น ในที่สูงๆต้องใช้เครื่องมือที่เรียกว่า เรวินด์ (Rawind) ซึ่งผูกติดกับบอลลูน โดยรายงานแบบคลื่นวิทยุ นอกจากนี้ยังใช้ ไพลอตท บอลลูน ซึ่งบางครั้งอาจใช้เครื่องเรดาห์ กล้องส่องทางไกล หรือกล้องโทรทัศน์ตรวจสอบจากบอลลูนได้ ในการวัดความเร็วนิยมใช้หน่วยเป็น นอต โดย

$$1 \text{ นอต} = 1 \text{ ไมล์ทะเลต่อชั่วโมง}$$

$$1 \text{ ไมล์ทะเล} = 1.85 \text{ กิโลเมตร}$$

นอกจากนี้ยังมีมาตรฐานความเร็วลม คือ มาตราส่วนของโบฟอร์ต มีผู้นิยมใช้กันมาก สร้างโดย เซอร์ ฟรานซิส โบฟอร์ต ราชนาวิกอังกฤษ

ตารางที่ 2.3 เกณฑ์ความเร็วลมผิวพื้น

ขนาดของลม		สัญลักษณ์ที่แสดงบนบก	Knots	Km./hr
ลมสงบ	CALM	ลมเงียบ ค้างลอยขึ้นตรงๆ	น้อยกว่า 1	น้อยกว่า 1
ลมเบา	LIGHT AIR	ค้างลอยตามลม แต่ศลมไม่ทันไปตามทิศลม	1-3	1-5
ลมอ่อน	LIGHT BREEZE	รู้สึกลมพัดที่ใบหน้า ใบไม้แกว่งไกว ศลมหันไปตามทิศลม	4-6	6-11
ลมโชย	GENTLE BREEZE	ใบไม้และกิ่งไม้เล็ก ๆ กระดิก ขงปลิว	7-10	12-19
ลมปานกลาง	MODERATE BREEZE	มีฝุ่นตลบ กระดาษปลิว กิ่งไม้เล็กขยับเขยื้อน	11-16	20-28
ลมแรง	FRESH BREEZE	ต้นไม้เล็กแกว่งไกวไปมา มีระลอกน้ำ	17-21	29-38
ลมจัด	STRONG BREEZE	กิ่งไม้ใหญ่ขยับเขยื้อน ได้ยินเสียงหวีดหวิว ไร่ล้มล้ม	22-27	39-49
พายุเกล อ่อน	GALE	ต้นไม้ใหญ่ทั้งต้นแกว่งไกว เดินทวนลมไม่สะดวก	28-33	50-61
พายุเกล แรง	STRONG GALE	อาคารที่ไม่มั่นคงหักพัง หลังคาปลิว	41-47	75-88
พายุ	STORM	ต้นไม้ถอนรากล้ม เกิดความเสียหายมาก (ไม่ปรากฏบ่อยนัก)	48-55	89-102
พายุใหญ่	VIOLENT STORM	เกิดความเสียหายทั่วไป (ไม่ค่อยปรากฏ)	56-63	103-117
พายุไต้ฝุ่นหรือเฮอริเคน	TYPHOON or HURRICANE		มากกว่า 63	มากกว่า 117

เกณฑ์ความเร็วลมผิวพื้น ความเร็วลมที่ระดับสูงมาตรฐาน 10 เมตรเหนือพื้นดินในบริเวณที่โล่งแจ้ง (ที่มา สถาบันตรวจวัดอากาศอัตโนมัติ มูลนิธิอาสาเพื่อนพึ่ง(ภาฯ) ยามยาก สภากาชาดไทย . 2554.)

กังหันลม การเปลี่ยนพลังงานลมเป็นพลังงานไฟฟ้า

1. กังหันลม

กังหันลม คือ เครื่องจักรกลอย่างหนึ่งที่สามารถรับพลังงานจลน์จากการเคลื่อนที่ของลมให้เป็นพลังงานกลได้ จากนั้นนำพลังงานกลมาใช้ประโยชน์โดยตรง เช่น การบดสีเมล็ดพืช การสูบน้ำ หรือในปัจจุบันใช้ผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า การพัฒนากังหันลมเพื่อใช้ประโยชน์มีมาตั้งแต่ชนชาวอียิปต์โบราณและมีความต่อเนื่องถึงปัจจุบัน โดยการออกแบบกังหันลมจะต้องอาศัยความรู้ทางด้านพลศาสตร์ของลมและหลัก วิศวกรรมศาสตร์ในแขนงต่างๆ เพื่อให้ได้กำลังงาน พลังงาน และประสิทธิภาพสูงสุด (ที่มา กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2554.)

กังหันลม คือ ชุดเครื่องจักรกลอย่างหนึ่งที่สามารถเปลี่ยนพลังงานจลน์จากการเคลื่อนที่ของลมให้เป็นพลังงานกล และนำพลังงานกลมาใช้กับระบบสูบน้ำและผลิตไฟฟ้าได้ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามการหมุนของกังหันลม ได้แก่ กังหันลมแกนหมุนแนวตั้ง(vertical axis wind turbine) และกังหันลมแกนหมุนแนวนอน(horizontal axis wind turbine) (ที่มา ระบบเครือข่ายสารสนเทศด้านพลังงาน และสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย . 2554)

กังหันลมผลิตไฟฟ้า คือเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (อาจเรียกว่าเครื่องปั่นไฟ) ขับเคลื่อนด้วยกังหันซึ่งใช้กำลังลมมาขับ ใบพัดทำหน้าที่รับกำลังลมมาเปลี่ยนให้เป็นแรงหมุน นำไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ใบพัดและเครื่องกำเนิดไฟฟ้ายึดติดเป็นชุดเดียวกัน ติดตั้งไว้บนเสาสูงเพื่อให้ได้กำลังลมแรง แล้วจึงต่อสายไฟลงมาใช้งาน (ที่มา Webmaster <http://www.thaiwindturbine.com>. 2554)

กังหันลม เป็นเครื่องจักรกลชนิดหนึ่งที่สามารถปรับเปลี่ยนและแปลงพลังงานจลน์ที่ได้จากการเคลื่อนที่ของลมให้แปรเปลี่ยนเป็นพลังงานกลได้ โดยที่เราสามารถนำพลังงานกลมาใช้ในเรื่องของการสูบน้ำหรือ ผลิตพลังงานไฟฟ้า กังหันลม มีมาตั้งแต่สมัยอียิปต์โบราณได้ถูก พัฒนาเรื่อยมาจนถึงยุคปัจจุบันการออกแบบ กังหันลม ต้องใช้ความรู้ทางด้านหลักวิศวกรรมศาสตร์ แขนงต่างๆ และทางด้านพลศาสตร์ของลม เพื่อให้ได้พลังงานที่มีประสิทธิภาพ (ที่มา บริษัท เบนนิฟิท มีเดีย จำกัด. 2554.)

2. ชนิดของกังหันลม

ปัจจุบันการพัฒนาเทคโนโลยีกังหันลมเพื่อใช้สำหรับผลิตไฟฟ้าได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง หลายประเทศทั่วโลกได้ให้ความสนใจ โดยเฉพาะในทวีปยุโรป เช่น ประเทศเดนมาร์ก กังหันลมที่ได้มีการพัฒนากันขึ้นมานั้นจะมีลักษณะและรูปร่างแตกต่างกันออกไป แต่ถ้าจำแนกตามลักษณะแนวแกนหมุนของกังหันจะได้ 2 แบบ คือ

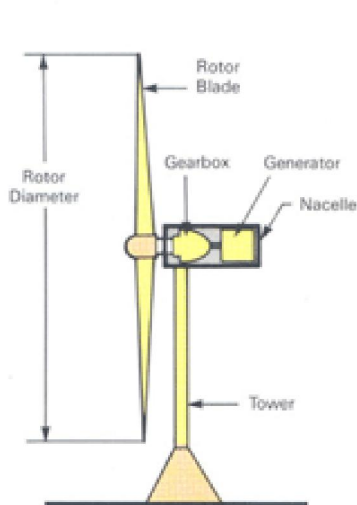
กังหันลมสามารถแบ่งออกตาม ลักษณะการจัดวางแกนของใบพัดได้ 2 รูปแบบ คือ

กังหันลมแนวแกนนอน (Horizontal Axis Turbine (HAWT)) เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนขนานกับการเคลื่อนที่ของลมในแนวราบ โดยมีใบพัดเป็นตัวตั้งฉากกับแรงลม

กังหันลมแนวแกนตั้ง (Vertical Axis Turbine (VAWT)) เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนและใบพัดตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของลมในแนวราบ

2.1 กังหันลมแนวแกนนอน (Horizontal Axis Wind Turbine)

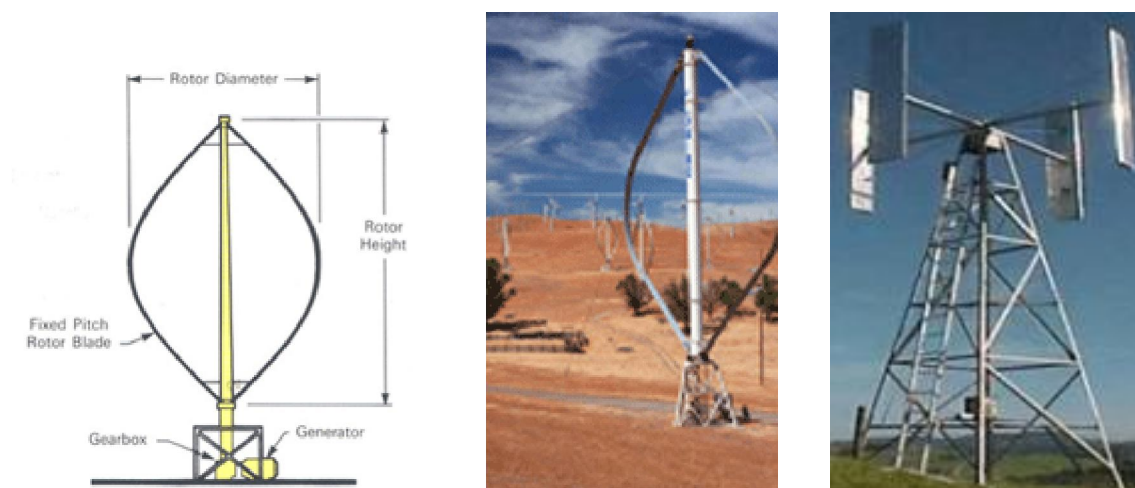
เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนขนานกับทิศทางของลม โดยมีใบพัดเป็นตัวตั้งฉากกับแรงลม มีอุปกรณ์ควบคุมกังหันให้หันไปตามทิศทางของกระแสลม เรียกว่า หางเสือ และมีอุปกรณ์ป้องกันกังหันชำรุดเสียหายขณะเกิดลมพัดแรง เช่น ลมพายุและตั้งอยู่บนเสาที่แข็งแรง กังหันลมแบบแกนนอน ได้แก่ กังหันลมวินด์มิลล์ (Windmills) กังหันลมใบสี่ลำแพน นิยมใช้กับเครื่องสูบน้ำ กังหันลมแบบกังล้อจักรยาน กังหันลมสำหรับผลิตไฟฟ้าแบบพรอปเพลเลอร์ (Propeller)



ภาพที่ 2.7 กังหันลมแบบแนวแกนนอน (Horizontal Axis Wind Turbine)
(ที่มา การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 2554)

2.2 กังหันลมแนวแกนตั้ง (Vertical Axis Wind Turbine)

เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนและใบพัดตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของลมในแนวราบ ซึ่งทำให้สามารถรับลมในแนวราบได้ทุกทิศทาง



ภาพที่ 2.8 กังหันลมแบบแนวแกนตั้ง (Vertical Axis Wind Turbine)
(ที่มา การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 2554)

กังหันลมแบบแนวแกนตั้งเป็นแบบที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ส่วนมากออกแบบให้เป็นชนิดที่ขับใบกังหันด้วยแรงยก แต่อย่างไรก็ตาม กังหันลมแบบแนวแกนตั้ง ซึ่งได้รับการพัฒนามากในระยหลังก็ได้รับความสนใจมากขึ้นเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากข้อดีกว่าแบบแนวแกนนอนคือ ในแบบแนวแกนตั้งนั้น ไม่ว่าลมจะเข้ามาทิศไหนก็ยังหมุนได้ โดยไม่ต้องมีอุปกรณ์ควบคุมให้กังหันหันหน้าเข้าหาลม นอกจากนี้แล้วแบบแนวแกนตั้งนั้น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าและระบบการส่งกำลังวางไว้ใกล้พื้นดินมากกว่าแบบแกนนอน เวลาเกิดปัญหาแก้ไขง่ายกว่าแบบแกนนอนที่ติดอยู่บนหอคอยสูง

3. การเปลี่ยนพลังงานลมเป็นพลังงานไฟฟ้า

หลักการทำงานของกังหันลมผลิตไฟฟ้านั้น เมื่อมีลมพัดผ่านใบกังหัน พลังงานจลน์ที่เกิดจากลมจะ ทำให้ใบพัดของกังหันเกิดการหมุน และได้เป็นพลังงานกลออกมา พลังงานกลจากแกนหมุนของกังหันลมจะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เชื่อมต่ออยู่กับแกนหมุนของกังหันลม จ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านระบบควบคุมไฟฟ้า และจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ระบบต่อไป โดยปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จะขึ้นอยู่กับความเร็วของลม ความยาวของใบพัด และสถานที่ติดตั้งกังหันลม (ที่มา การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 2554)

4. ส่วนประกอบของระบบกักเก็บพลังงานขนาดใหญ่สำหรับผลิตไฟฟ้า

ส่วนประกอบสำคัญของระบบกักเก็บพลังงานต่างๆ ไปอาจแบ่งได้ดังนี้

4.1 ใบพัด เป็นตัวรับพลังงานลมและเปลี่ยนให้เป็นพลังงานกล ซึ่งยึดติดกับชุดแกนหมุนและส่งแรงจากแกนหมุนไปยังเพลาแกนหมุน

4.2 เพลาแกนหมุน ซึ่งรับแรงจากแกนหมุนใบพัด และส่งผ่านระบบกำลัง เพื่อหมุนและปั่นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

4.3 ห้องส่งกำลัง ซึ่งเป็นระบบปรับเปลี่ยนและควบคุมความเร็วในการหมุน ระหว่างเพลาแกนหมุนกับเพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

4.4 ห้องเครื่อง ซึ่งมีขนาดใหญ่และมีความสำคัญต่อกักเก็บ ใช้บรรจุระบบต่างๆ ของกักเก็บ เช่น ระบบเกียร์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เบรก และระบบควบคุม

4.5 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า

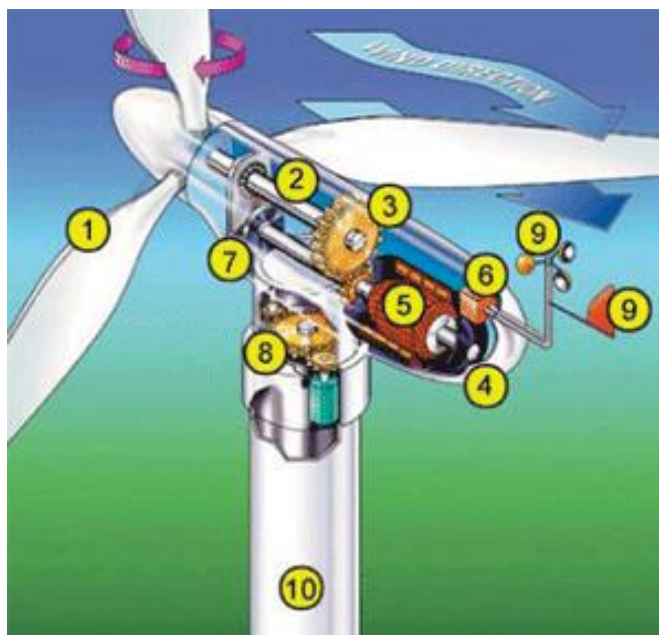
4.6 ระบบควบคุมไฟฟ้า ซึ่งใช้ระบบคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมการทำงาน และจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ระบบ

4.7 ระบบเบรก เป็นระบบกลไกเพื่อใช้ควบคุมการหยุดหมุนของใบพัดและเพลาแกนหมุนของกังหัน เมื่อได้รับความเร็วลม เกินความสามารถของกังหัน ที่จะรับได้ และในระหว่างการซ่อมบำรุงรักษา

4.8 แกนคอกหมุนรับทิศทางลม เป็นตัวควบคุมการหมุนห้องเครื่อง เพื่อให้ใบพัดรับทิศทางลมโดย ระบบอิเล็กทรอนิกส์ ที่เชื่อมต่อให้มีความสัมพันธ์ กับทางเลี้ยวรับทิศทางลมที่อยู่ด้านบนของเครื่อง

4.9 เครื่องวัดความเร็วลมและทิศทางลม ซึ่งเชื่อมต่อสายสัญญาณเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อเป็นตัวชี้ขนาดของความเร็วและทิศทางของลม เพื่อที่คอมพิวเตอร์จะได้ควบคุมกลไกอื่นๆ ได้ถูกต้อง

4.10 เสากักเก็บ เป็นตัวแบกรับส่วนที่เป็นตัวเครื่องที่อยู่ข้างบน



ภาพที่ 2.9 ส่วนประกอบของระบบกังหันลม
(ที่มา การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 2554)

หลักการทำงานของกังหันลมผลิตไฟฟ้า นั้น เมื่อมีลมพัดผ่านใบกังหัน พลังงานจลน์ที่เกิดจากลมจะทำให้ใบพัดของกังหันเกิดการหมุน และได้เป็นพลังงานกลออกมา พลังงานกลจากแกนหมุนของกังหันลมจะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เชื่อมต่ออยู่กับแกนหมุนของกังหันลม จ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านระบบควบคุมไฟฟ้า และจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ระบบต่อไป โดยปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จะขึ้นอยู่กับความเร็วของลม ความยาวของใบพัด และสถานที่ติดตั้งกังหันลม

5. กังหันลมกับการใช้งาน

เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของความเร็วลมที่แปรผันตามธรรมชาติ และความต้องการพลังงานที่สม่ำเสมอเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานแล้ว จะต้องมีการเก็บพลังงานและใช้แหล่งพลังงานอื่นที่เชื่อถือได้เป็นแหล่งสำรอง หรือใช้ร่วมกับแหล่งพลังงานอื่น

ตัวเก็บพลังงานมีอยู่หลายชนิด ส่วนมากขึ้นอยู่กับงานที่จะใช้เช่น ถ้าเป็นกังหันเพื่อผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมักนิยมใช้แบตเตอรี่เป็นตัวเก็บพลังงาน

การใช้แหล่งพลังงานอื่นที่เป็นตัวหมุน ระบบนี้ปกติกังหันลมจะทำหน้าที่จ่ายพลังงานให้ตลอดเวลาที่มีความเร็วลมเพียงพอ หากความเร็วลมต่ำหรือลมสงบ แหล่งพลังงานชนิดอื่นจะทำหน้าที่จ่ายพลังงานทดแทน (ระบบนี้กังหันลมจ่ายพลังงานเป็นตัวหลักและแหล่งพลังงานส่วนอื่นเป็นแหล่งสำรอง) (ที่มา การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 2554)

วงจรประจุไฟฟ้าและแบตเตอรี่

1. การประจุทีละน้อย (Trickle Recharge)

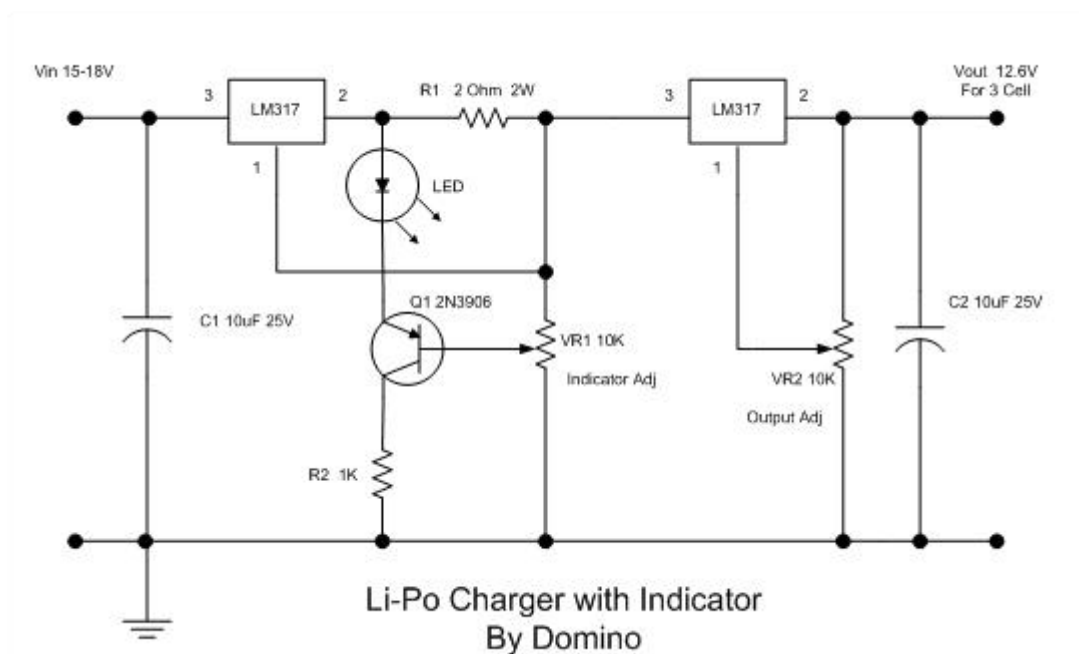
ถ้ากระแสในวงจรถูกรักษาไว้ที่อัตราเท่ากับ $C/10$ (10% ของความจุ) แล้ว เซลล์ที่หมดประจุอย่างสมบูรณ์สามารถจะประจุได้ภายใน 10 ชั่วโมง แต่ความเป็นจริงจะใช้เวลามากกว่า 10 ชั่วโมง การประจุทีละน้อยด้วยอัตราขนาดนี้สามารถประจุทิ้งไว้ค้างคืนได้ ประโยชน์อีกข้อหนึ่งของการประจุเซลล์ด้วยอัตราขนาดนี้คือ ถึงแม้ว่าเซลล์จะถูกประจุเต็มแล้วก็ตาม ก็ไม่จำเป็นต้องนำเซลล์ออกเนื่องจากถ้าเราประจุต่อไปก็จะไม่ทำความเสียหายให้แก่เซลล์ เนื่องจากก๊าซออกซิเจนที่เกิดขึ้นทั้งหมดที่ขั้วบวกจะรวมตัวกับขั้วลบ การประจุเซลล์โดยไม่มีข้อจำกัด ซึ่งจะไม่ทำให้ความเสียหายแก่เซลล์ยกตัวอย่างเช่น เซลล์มีขนาดความจุ 500 มิลลิแอมป์ – ชั่วโมง ถ้าประจุด้วยอัตรา $C/10$ ก็เท่ากับ 10% ของความจุ คือ 50 มิลลิ-แอมป์

2. การประจุอย่างรวดเร็ว (Fast Recharge)

เซลล์แบบนิแคดนี้สามารถประจุด้วยอัตราที่สูงขึ้นกว่าได้ เช่นด้วยอัตรา $C/3$ (33% ของความจุ) ถึง $C/5$ (20% ของความจุ) โดยจะต้องเตรียมการตัดการประจุ เมื่อเซลล์ได้รับการประจุจนเต็มที่แล้ว ซึ่งสามารถทำได้อย่างอัตโนมัติ โดยใช้วงจรตรวจจับแรงดัน ซึ่งจะตัดกระแสที่ใช้ในการประจุออก เมื่อแรงดันของเซลล์เพิ่มขึ้นเกินกว่าค่าปัจจุบัน รูปที่ 10 แสดงถึงการแปรเปลี่ยนของแรงดันของเซลล์กับอัตราการประจุเท่ากับ $C/4$ (25% ของความจุ) จะเห็นได้ชัดว่าวิธีการนี้สามารถใช้ได้เฉพาะ ถ้าสามารถวัดค่าแรงดันได้อย่างเที่ยงตรงและว่องไว สามารถตัดกระแสที่ใช้ประจุออกก่อนที่จะเกิดความเสียหายขึ้น ปัญหาในการใช้การประจุแบบนี้ก็คือ ถ้ากระแสที่ใช้ในการประจุค่าสูงๆ นี้ไม่ได้ถูกตัดออกอย่างทันที เมื่อเซลล์ได้รับการประจุจนเต็มที่แล้ว ก๊าซออกซิเจนที่เกิดขึ้นมากเกินไปเกินจากขั้วลบในปริมาณที่เพียงพอ ความดันจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และเซลล์จะระบายก๊าซออกซิเจนออกไปโดยที่ รูระบายที่ปิดไว้จะเปิดออกและปล่อยก๊าซออกซิเจนกับอิเล็กโทรไลต์บางส่วนออกมา เนื่องจากเมื่ออิเล็กโทรไลต์สูญเสียออกจากเซลล์แล้ว ก็ไม่สามารถเติมกลับเข้าไปใหม่ได้ ดังนั้น ความจุของเซลล์จะลดลงอย่างถาวรก็คือ เซลล์นั้นจะมีความจุน้อยลงตลอดไป

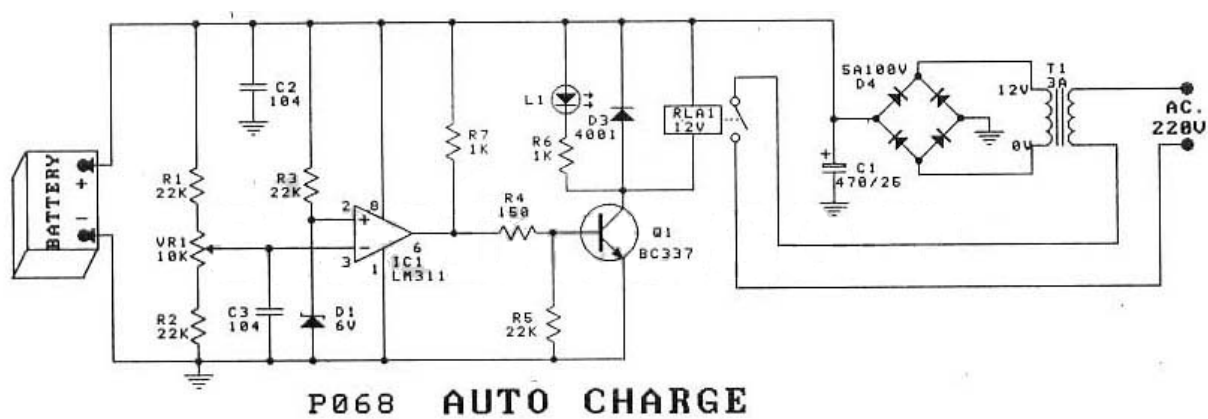
3. การประจุอย่างเร่งด่วน (Super – Fast Recharging)

มีบางกรณีที่ใช้ต้องการที่จะประจุเซลล์ภายในเวลาเพียง 2–3 นาที ยกตัวอย่างเช่น เครื่องบินเล็กที่ใช้แบตเตอรี่เป็นตัวจ่ายกำลังจะต้องการการประจุเซลล์ที่หมดประจุ เพื่อที่จะนำเครื่องบินขึ้นสู่อากาศอีกครั้ง โดยเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ มันเป็นไปได้ที่จะประจุเซลล์อย่างเร่งด่วน ด้วยอัตราการประจุถึง $4C$ (4 เท่าของความจุ) หรือมากกว่านี้ โดยวิธีการต่อไปนี้ คือวัดแรงดันของเซลล์และตัดกระแสที่ใช้ประจุออก เมื่อแรงดันของเซลล์ขึ้นสูงถึงค่าที่ตั้งไว้ อย่างไรก็ตามมีวิธีการที่ง่ายกว่า แล้วก็เที่ยงตรงด้วย โดยจากหลักความจริงที่ว่าเซลล์ได้หมดประจุอย่างสมบูรณ์ก่อนที่จะพยายามทำการประจุนั้นใหม่ ให้ประจุไฟเข้าโดยกำหนดค่ากระแสประจุคงที่ไว้ใช้เวลาในการประจุตามที่



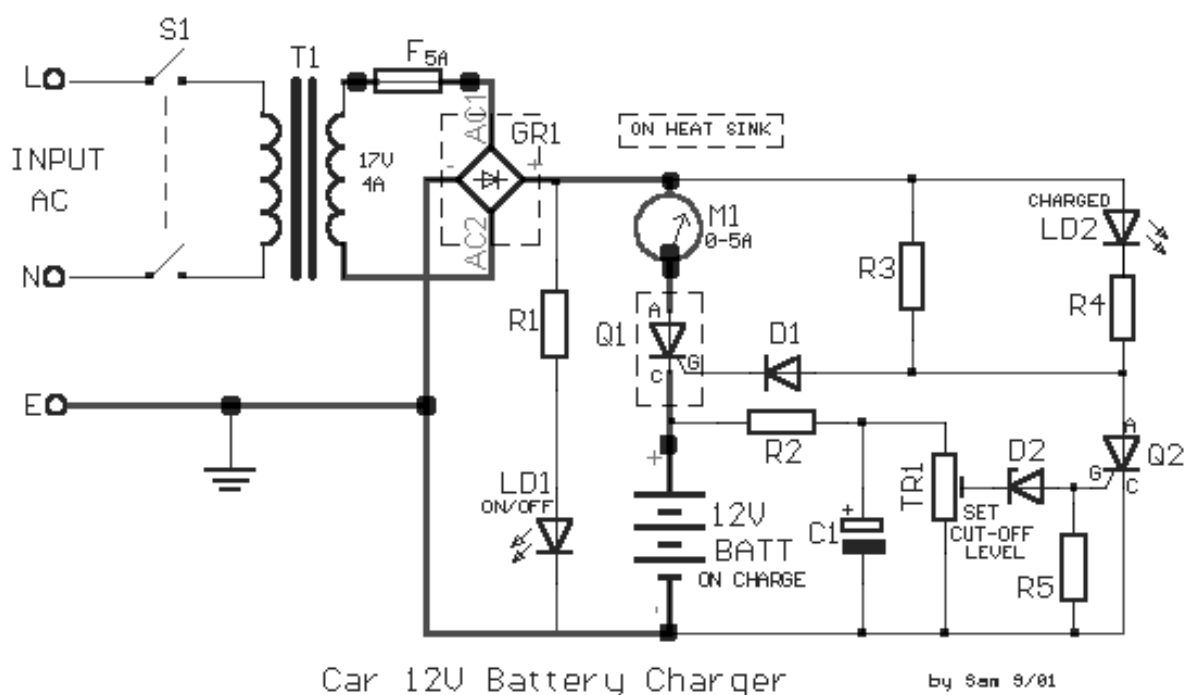
ภาพที่ 2.11 วงจรประจุไฟฟ้าสำหรับ Li-Po

(ที่มา Webmaster <http://www.bluelocation.com>. 2554.)



ภาพที่ 2.12 วงจรประจุไฟฟ้าสำหรับแบตเตอรี่แบบอัตโนมัติ

(ที่มา Webmaster <http://www.eleccircuit.com>. 2554.)



ภาพที่ 2.13 วงจรประจุไฟฟ้าสำหรับแบตเตอรี่ 12 V

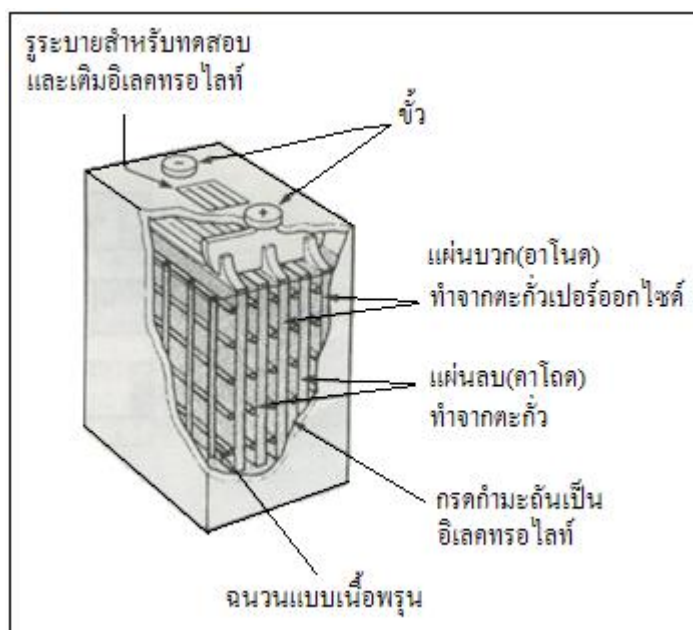
(ที่มา Webmaster <http://www.eleccircuit.com>. 2554.)

แบบเตอรัรณนต

เซลล์แบบตะกั่ว – กรด (Lead Acid)

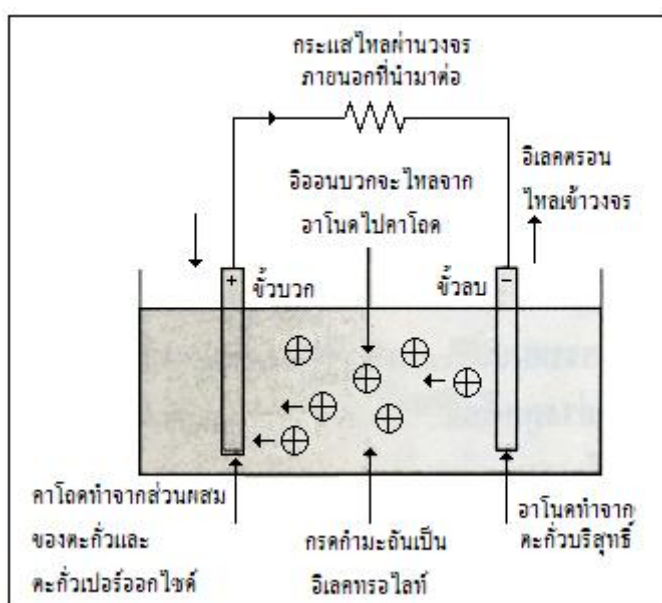
เซลล์แบบพหุติยภูมิชนิดหนึ่งที่เป็นที่นิยมใช้กันมากก็คือ เซลล์แบบตะกั่วกรด ซึ่งใช้กันทั่วไปในรถยนต์ ตัวอย่างเซลล์ชนิดนี้แสดงในรูปที่ 1 ซึ่งเราจะเห็นมันประกอบด้วยแผ่นคาโอด และแผ่นแอนโนดวางสลับกันจมอยู่ในอิเล็กโทรไลต์ที่ทำจากสารละลายกรดกำมะถัน แผ่นเพลทจะวางสลับกัน เพื่อจะได้มีพื้นที่ผิวสัมผัสกับอิเล็กโทรไลต์ได้มาก ในขณะที่รักษาปริมาตรให้น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ สารที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างแผ่นอิเล็กโทรด และอิเล็กโทรไลต์มากเท่าไร ปฏิกริยาเคมีก็จะเกิดขึ้นมากเท่านั้น นอกจากนี้ค่าความต้านทานภายในเซลล์จะยังมีค่าน้อยลงด้วย ดังนั้นในการค้นคว้าจึงมุ่งทางด้านเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส วิธีที่นิยมใช้กันก็คือใช้แผ่นเพลทบางๆ กันด้วยฉนวนแบบมีรูพรุน

อิเล็กทรอนิกส์เป็นอาโนจะสร้างขึ้นมาจากตะกั่วบริสุทธิ์ ในขณะที่คาโอดจะสร้างจากส่วนผสมของตะกั่วและตะกั่วเปอร์ออกไซด์ ในขณะที่เซลล์คายประจุให้กระแสไฟฟ้าออกมา นั้น อะตอมของตะกั่วจากแผ่นอาโนจะแตกตัวเป็นไอออนที่มีประจุบวกเข้าไปอยู่ในอิเล็กโทรไลต์ และทั้งอิเล็กตรอนให้ไหลเข้าสู่วงจรที่นำมาต่อภายนอก ดังแสดงในภาพที่ 2.



ภาพที่ 2.14 ภาพแสดงโครงสร้างของเซลล์แบบตะกั่ว-กรด แผ่นคาโนดและคาโทดจะวางสลับกันเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวระหว่างกัน

(ที่มา Webmaster <http://www.carbatt.com>. 2554.)



ภาพที่ 2.15 ไอออนบวกของตะกั่วจะออกมา คาโนดเข้าไปในอิเล็กโทรไลต์ อิเล็กตรอนจะมีอิสระที่จะเข้าไปวงจรที่นำมาต่อภายนอก ซึ่งจะทำให้เกิดกระแสไหลจากคาโนดไปยังคาโนด

(ที่มา Webmaster <http://www.carbatt.com>. 2554.)

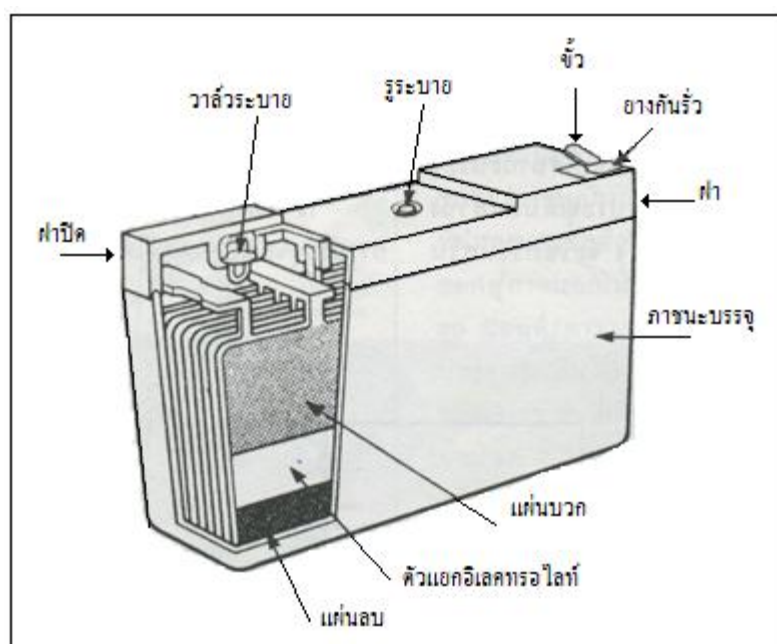
ที่คาโอด ตะกั่วเปอร์ออกไซด์จะแตกตัวเป็นไอออนของตะกั่ว ซึ่งมีประจุบวกสูง และเป็นไอออนที่มีประจุลบสูง ไอออนของตะกั่วที่มีประจุบวกสูงจะดึงเอาอิเล็กตรอนจากวงจรที่ต่ออยู่ภายนอก เพื่อรวมตัวกลายเป็นไอออนตะกั่วที่มีประจุบวก ซึ่งเป็นชนิดเดียวกับอะโนดทำให้เกิดกระแสไหลจากคาโอดผ่านไปยังวงจรภายนอก

ไอออนของตะกั่วจากแผ่นอิเล็กโทรดทั้งสองจะทำปฏิกิริยากับกรดกำมะถัน ซึ่งเป็นอิเล็กโทรไลต์ กลายเป็นตะกั่วซัลเฟต (lead sulphate) (ซึ่งจะเห็นเป็นตะกอนสีขาวเกาะอยู่ที่อิเล็กโทรดทั้งสอง) และก๊าซไฮโดรเจน (ซึ่งจะรวมกับไอออนของออกซิเจนจากคาโอดกลายเป็นน้ำ) เราสามารถจะเขียนสูตรสำหรับปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นได้ดังนี้



ซึ่งแสดง (โดยลูกศร 2 ทิศทาง) ว่าเป็นปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ ดังนั้นจึงสามารถที่จะประจุเซลล์ใหม่โดยการต่อวงจร ซึ่งจะขับอิเล็กตรอนให้ไหลจากคาโอดไปสู่อะโนด ดังจะเห็นวงจรต่อไป สูตรทางเคมีแสดงให้เห็นว่าสารละลายอิเล็กโทรไลต์ จะเจือจางลงโดยโมเลกุลของน้ำที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นขณะเดียวกับที่เซลล์คายประจุ ทำให้เราสามารถใช้เป็นวิธีการหาสถานะการประจุและคายประจุของเซลล์ได้ โดยการวัดความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งจะบอกว่าเซลล์ใกล้จะถึงสถานะคายประจุหมดหรือยัง เพื่อจะได้ประจุไฟฟ้ากลับเข้าไปใหม่ โดยค่าความถ่วงจำเพาะของเซลล์ที่ประจุมาเต็มที่จะมีค่าประมาณ 1.25 และค่าความถ่วงจำเพาะของเซลล์ที่คายประจุหมดจะมีค่าระบุไว้ประมาณ 1.2 จะใช้ไฮโดรมิเตอร์ในการวัด แรงดันของเซลล์โดยปกติจะมีค่าเท่ากับ 2 โวลต์

เซลล์แบบตะกั่ว – กรดนี้มีโครงสร้างแบบที่กล่าวมาเป็นระยะเวลานานแล้ว การปรับปรุงให้เซลล์มีอายุการใช้งานนานขึ้น โดยที่แบตเตอรี่ที่มีการผนึกอย่างดี และมีอิเล็กโทรไลต์เป็นของแข็งได้ถูกผลิตขึ้นมาแล้ว ซึ่งไม่ต้องมีการบำรุงรักษาเลย จึงสามารถนำไปใช้ที่ใดก็ได้ นับว่ามีประโยชน์ในการใช้แทนหรือใช้อย่างปกติแทนเซลล์แบบปฐมภูมิในเครื่องมือวัดแบบกระเป๋านิ้ว เนื่องจากมันสามารถประจุไฟฟ้าใหม่ได้ โครงสร้างของเซลล์แบบนี้ในแบตเตอรี่ขนาด 6 โวลต์ แสดงไว้ในภาพที่ 2.



ภาพที่ 2.16 โครงสร้างของแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรดที่มีการปิดผนึก ซึ่งแบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถจะ
ใช้ที่ใดก็ได้โดยจะไม่ปล่อยอิเล็กโทรไลต์ออกมา ใช้ประโยชน์ในเครื่องมือแบบกระเป๋
หิ้ว

(ที่มา Webmaster <http://www.carbatt.com>. 2554.)

เนื่องจากในแบตเตอรี่นั้นมีสารเคมีอยู่ภายใน เช่น สารตะกั่ว น้ำกรด เป็นต้น ดังนั้นในการ
ทำงานกับแบตเตอรี่ควรใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ

1. ให้ระมัดระวังพวกไฟ หรือ ประกายไฟต่างๆ รวมทั้งประกายไฟจากการสูบบุหรี่ด้วย
2. ให้ทำการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันดวงตา
3. ระมัดระวังอย่าให้เด็กเข้าใกล้ น้ำกรด และ แบตเตอรี่
4. การจัดวางและจัดเก็บแบตเตอรี่เก่าควรจัดวางและเก็บในสถานที่ที่ปลอดภัยและเป็นจุดที่
จัดเก็บแบตเตอรี่โดยเฉพาะไม่วางทิ้งเกลื่อนกลาด
5. ไม่ควรทิ้งแบตเตอรี่รถยนต์เก่าลงในถังขยะปกติธรรมดาทั่วไป
6. ให้ระมัดระวังอันตรายจากแบตเตอรี่ระเบิด ในขณะที่ทำการชาร์จแบตเตอรี่นั้นจะมีแก๊ส
เกิดขึ้น ซึ่งแก๊สนั้นเป็นสารที่ทำให้เกิดการระเบิดได้อย่างสูง
7. ให้ปฏิบัติตามคำแนะนำบนตัวแบตเตอรี่ ปฏิบัติตามคู่มืองานซ่อมประจำอยู่เรื่องระบบไฟฟ้า
และ ปฏิบัติตามคู่มือประจำรถ

8. ให้ระวังอันตรายจากน้ำกรดเวลาเดือด น้ำกรดในแบตเตอรี่นั้นเป็นสารกัดกร่อนอย่างรุนแรง ดังนั้นควรสวมอุปกรณ์ป้องกันดวงตา และ ถูมือขณะที่ทำงานในกรณีนี้อยู่ รวมทั้งระวังอย่าเอียงหรือตะแคงแบตเตอรี่เป็นอันขาด เพราะน้ำกรดสามารถรั่วไหลออกมาทางรูระบายได้

การวัดค่าพลังงานไฟฟ้า

การคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากลม กำลังที่ได้รับจากลม มีหน่วยเป็นวัตต์ (Power, Watt) สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{Power (Watt)} = 1/2 \times \text{Air density} \times \text{Swept area} \times \text{Wind velocity}^3 \quad (2.2)$$

เมื่อ Air density คือ ความหนาแน่นของอากาศ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.23 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่ระดับน้ำทะเล

Swept area คือ พื้นที่วงกลมของใบพัด มีหน่วยเป็นตารางเมตร คำนวณได้จาก $22 / 7 \times \text{รัศมี}^2$

Wind velocity คือความเร็วลม มีหน่วยวัดเป็น เมตรต่อวินาที (นำมายกกำลัง 3)

ตัวอย่าง การหากำลังสำหรับกังหันลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เมตร ($r = 7.5$) ที่ความเร็วลม 8 เมตรต่อวินาที

$$\begin{aligned} \text{กำลังลม} &= 1/2 \times 1.23 \times (22 / 7 \times 7.5^2) \times 8^3 \\ &= 0.5 \times 1.23 \times 176.78 \times 512 \\ &= 55,664 \text{ วัตต์ หรือ } 55.664 \text{ กิโลวัตต์} \end{aligned}$$

หมายเหตุ กำลังที่ได้รับนี้เป็นกำลังที่ได้รับจากลม(ไม่ใช่กำลังไฟฟ้าที่ได้) ซึ่งต่อไปจะต้องขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของใบพัด (ประมาณ 45%) มีการสูญเสียกำลังในเกียร์ทดรอบ ประมาณ 5% (ประสิทธิภาพ 95 %) และรวมทั้งประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (ประมาณ 85%) ซึ่งการสูญเสียทั้งหมดจะต้องถูกหักออกไปอีก จึงจะเหลือเป็นกำลังไฟฟ้าที่ได้ใช้ จากตัวอย่างข้างบน กำลังไฟฟ้าที่สามารถใช้ได้ = $55,664 \times 0.45 \times 0.95 \times 0.85 = 20,226$ วัตต์ หรือ 20.26 กิโลวัตต์

การคำนวณความเร็วรอบของใบพัด

ใบพัดกังหันลมจะหมุนด้วยความเร็วรอบเท่าไรขึ้นอยู่กับปัจจัยสามอย่างคือ ความเร็วลม จำนวนใบ และความโตของใบพัด เราสามารถคำนวณความเร็วรอบได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{ความเร็วรอบ (RPM)} &= \text{ความเร็วลม (m/s)} \times \text{TSR} \times 60 / (22 / 7 \times D) \\ \text{หรือ} &= \text{ความเร็วลม (m/s)} \times \text{TSR} \times 60 \times 7 / (22 \times D)\end{aligned}\quad (2.3)$$

เมื่อ TSR (Tip Speed Ratio) คืออัตราส่วนความเร็ว ณ.ปลายใบพัดเมื่อเทียบกับความเร็วลม ซึ่งใบพัดชนิดสามใบมีค่าเท่ากับ 5 เท่าของความเร็วลม

D คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบพัด (เมตร) นำมาคำนวณเป็นเส้นรอบวง โดยคูณด้วย 22 / 7

ตัวอย่างการคำนวณความเร็วรอบของใบพัดชนิดสามใบ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เมตร ณ. ความเร็วลม 8 เมตรต่อวินาที

$$\begin{aligned}\text{ความเร็วรอบ} &= 8 \times 5 \times 60 \times 7 / (22 \times 15) \\ &= 16800 / 330 \\ &= 50.90 \text{ รอบต่อนาที}\end{aligned}$$

หมายเหตุ จากสูตรการคำนวณนี้ ถ้าความเร็วลมลดลงจาก 8 เหลือ 6 เมตรต่อวินาที ความเร็วรอบจะลดลงจาก 50.90 เหลือ 38.175 รอบต่อนาที ซึ่งกรณีที่ต้องการทดรอบพิกัดขึ้นให้ได้ 1500

รอบต่อนาทีอาจจะต้องใช้เกียร์ทดอัตรา 1: 40

(ที่มา Webmaster <http://www.thaiwindturbine.com>. 2554)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมาน เสนงามและเกริกชัย ทองหนู .2552. **บทคัดย่อ** โครงการ การศึกษาศักยภาพพลังงานลมเฉพาะแหล่ง : ลำตะคอง อ่าวไผ่และแหลมพรหมเทพ จังหวัดภูเก็ต.

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาศักยภาพพลังงานลมเฉพาะแหล่ง ในบริเวณพื้นที่สถานีตรวจวัดข้อมูลลมของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยจำนวน 3 สถานี คือ สถานีลำตะคอง นครราชสีมา สถานีอ่าวไผ่ชลบุรี และสถานีแหลมพรหมเทพ ภูเก็ต โดยใช้ข้อมูลที่ตรวจวัดและบันทึกในปี พ.ศ. 2549-2550 เป็นระยะเวลา 24 เดือน และใช้โปรแกรม WAsP 9.0 ในการวิเคราะห์ ผลที่ได้เป็นแผนที่ศักยภาพพลังงานลมเฉพาะแหล่ง (wind resource map) ของทั้ง 3 สถานี จากแผนที่ดังกล่าวพบว่าพื้นที่บริเวณสถานีลำตะคองเป็นพื้นที่ ที่มีศักยภาพพลังงานลมสูงค่าเฉลี่ยรายปีของความเร็วลมที่ระดับความสูง 50 เมตร เป็น 6.6-8.6 เมตร/วินาที หรือมีค่ากำลังลมเฉลี่ยอยู่ในระดับ 3-6 หรือมีค่าเป็น 330-680 วัตต์/ตารางเมตร และมีความเหมาะสมทางกายภาพหลายด้าน เช่น มีลักษณะเป็นแนวเทือกเขาเรียงตัวเหนือใต้ ด้านตะวันตกเป็นอ่างเก็บน้ำของเขื่อนลำตะคอง ไม่มีสิ่งกีดขวางทิศทางลมอยู่ห่างจากชุมชนประมาณ 1.5 กิโลเมตร สามารถเดินทางเข้าถึงได้สะดวก มีระบบสายส่งไฟฟ้าแรงสูงและระบบผลิตไฟฟ้าชนิดสูบน้ำกลับของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เป็นต้น ทำให้มีเหมาะสมต่อการพัฒนาพื้นที่ให้เป็นสถานที่ติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี

คณะผู้วิจัยจึงได้จำลองแบบไว้กังหัน ขนาด 15 MW โดยใช้กังหันลม 1 MW จำนวน 15 ตัว และผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่าต้องใช้เงินลงทุนทั้งสิ้น 998.45 ล้านบาท โดยมีศักยภาพผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 33.593 ล้านหน่วยต่อปี ในราคาต้นทุน 3.33 บาท/หน่วย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีและกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2553. **บทคัดย่อ** โครงการศึกษา วิจัย พัฒนา สาธิต ต้นแบบเทคโนโลยีกังหันลมผลิตไฟฟ้าความเร็วลมต่ำ

ในรายงานฉบับนี้เป็นผลการศึกษา วิจัย พัฒนา สาธิตต้นแบบเทคโนโลยีกังหันลมผลิตไฟฟ้าความเร็วลมต่ำ ซึ่งมีจุดมุ่งหมายหลักคือการสร้างต้นแบบและการใช้เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมอย่างเหมาะสมกับประเทศไทย เนื่องจากกังหันลมผลิตไฟฟ้ามีต้นกำเนิดมาจากประเทศในแถบยุโรปหรือประเทศที่มีความเร็วลมสูง ทำให้การออกแบบกังหันลมเหมาะสมกับความเร็วลมเฉลี่ยค่อนข้างสูง 7-8 เมตรต่อวินาที ขณะที่ประเทศไทยมีความเร็วลมเฉลี่ยอยู่แค่เพียง 3-4 เมตร ต่อวินาที เท่านั้น ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาและวิจัยรวมทั้งผลิตกังหันลมต้นแบบขึ้นมา 2 ชนิด คือกังหันลมแนวแกนนอนจำนวน 1 ตัว กังหันลมแนวแกนตั้งจำนวน 1 ตัว และนำมาเปรียบเทียบกับกังหันลมแนวแกนนอนที่นำเข้ามาจากต่างประเทศอีก 1 ตัว ซึ่งทั้ง 3 ตัวมีกำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุดเท่ากันคือ 5

กิโลวัตต์ ผลจากการวิเคราะห์พบว่ากังหันลมแนวแกนตั้งที่ผลิตในประเทศต้องมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติม เนื่องจากมีการเริ่มหมุนตัวได้ที่ความเร็วลมสูงเกินไป ส่วนกังหันลมแนวแกนนอนที่ผลิตในประเทศสามารถทำงานได้ดีกว่ากังหันลมที่นำเข้ามาจากต่างประเทศซึ่งหากนำมาใช้งานที่ความเร็วลมต่ำจะมีประสิทธิภาพในการทำงานเพียง 15-20 % เท่านั้น ผลจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ทำให้ได้ต้นแบบกังหันลมผลิตไฟฟ้าแนวแกนนอนขนาด 5 กิโลวัตต์ที่มีความเหมาะสมต่อการผลิตไฟฟ้าที่เหมาะสมกับลมในประเทศ โดยพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลมที่ผลิตในประเทศแบบแนวแกนนอนขนาด 5 กิโลวัตต์ผลิตไฟฟ้าได้ 120 หน่วยทางไฟฟ้า ขณะที่กังหันลมนำเข้าจากต่างประเทศที่มีกำลังการผลิตเท่ากันผลิตไฟฟ้าได้ 20 หน่วยจากผลการทดสอบในเวลา 1 เดือน

อภิรักษ์ สวัสดิ์กิจ ธีปกร คุณาพรวิวัฒน์และวรพจน์ พันธุ์คง .2552. **บทคัดย่อ** ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากลูกหมุนระบายอากาศ

บทความนี้ เป็นการนำเสนอศักยภาพของการผลิตไฟฟ้าจากลูกหมุนระบายอากาศโดยใช้ลูกหมุนขนาด 24 นิ้ว จำนวน 1 ลูก ที่ใช้ในการระบายอากาศร้อนใต้หลังคาอาคารหรือโรงงานและใช้แรงลมธรรมชาติเป็นต้นกำลังในการหมุนและในการศึกษานี้จะไม่ส่งผลกระทบต่อภัยธรรมชาติ ความร้อนของตัวลูกหมุน การศึกษาเริ่มจากการติดตั้งครีบลึงด้านบนของชุดหมุนเพื่อให้สามารถรับลมได้มากขึ้น และหมุนได้เร็วขึ้นในส่วนของการผลิตไฟฟ้า มีการติดตั้งขอลวดทองแดงจำนวน 12 ชุด บนฐานที่อยู่ซึ่งทำจากสแตนเลส และมีแม่เหล็กขนาด $50 \times 30 \times 10$ mm. จำนวน 12 ตัว ติดตั้งอยู่บนชุดที่เคลื่อนที่ เมื่อลูกหมุนเคลื่อนที่ด้วยแรงลมจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุนตัดขดลวดตัวนำและเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นจากนั้นนำไปต่อผ่านชุดไดโอด และเครื่องควบคุมการชาร์จเพื่อชาร์จเข้าแบตเตอรี่พิกัดขนาด 6 Volt กระแส 1.2 Ah จำนวน 2 ลูก ที่ต่อขนานกันอยู่ จากแบตเตอรี่ถ่านนำไปต่อผ่านชุดอินเวอร์เตอร์เพื่อแปลงแรงดันให้เป็น 220 Volt สามารถนำไปใช้กับโหลดได้โดยตรง จากการทดสอบที่ความเร็วลมเฉลี่ย 8 m/s ลูกหมุนหมุนด้วยความเร็ว 122 rpm ผลิตไฟฟ้าขณะชาร์จได้แรงดัน 18 Volt กระแส 0.22 Amp เมื่อชาร์จเก็บในแบตเตอรี่และต่อผ่านชุดอินเวอร์เตอร์สามารถนำไปใช้กับหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ขนาด 5 Watt ได้นานประมาณ 2 ชั่วโมง หรือกรณีนำไปใช้โดยตรงขณะมีการชาร์จด้วยสามารถนำไปใช้กับหลอด LED ขนาดแสง 1×1 ฟุต ได้อย่างต่อเนื่อง กรณีที่ใช้ลูกหมุนหลายลูกและความเร็วลมมากกว่า 8 m/s พลังงานไฟฟ้าที่ได้จะมากขึ้นและใช้งานได้ต่อเนื่อง

ธีรพัฒน์ คล้ายมุข. 2544. **บทคัดย่อ** วิทยานิพนธ์เรื่อง การประเมินเทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด กรณีศึกษา อุทยานแห่งชาติตะรุเตา

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการประเมินความเหมาะสมของเทคโนโลยีระบบผลิต ไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด (โซลาร์เซลล์+กังหันลม+เครื่องย่นดีเซล) ที่นำไป ติดตั้ง ณ อุทยานแห่งชาติตะรุเตา บริเวณที่ทำการอุทยาน หน่วยพันตะมะละกา ซึ่งมีพื้นที่ ประมาณ 0.3 ตาราง

กิโลเมตร จากการศึกษาด้านต่างๆ คือผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม การยอมรับความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และยังทำการรวบรวมความคิดเห็นในเรื่องของปัจจัย ที่ใช้สำหรับการประเมินเทคโนโลยี จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 12 ท่าน ด้วยวิธี Delphi Technique พบว่า เทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้าชนิดนี้ มีความเหมาะสมทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยพิจารณาระดับมลพิษทางเสียง อากาศ และการปนเปื้อนของกราดน้ำในดิน และมีความเหมาะสมทางด้านสังคม โดยทำการพิจารณาจากการยอมรับความต้องการ ทักษะคนในการประหยัด พลังงานของผู้ใช้งานและความสามารถในการดูแลรักษาระบบของผู้มีหน้าที่รับผิดชอบ แต่โครงการ ไม่คุ้มค่าในการลงทุนจากเกณฑ์ NPV IRR และ B/C ratio อย่างไรก็ตามความเต็มใจที่จะจ่าย ของผู้ใช้งานระบบฯ สามารถนับรวมเป็นผลประโยชน์ของโครงการเพิ่มเติมได้ ในการคำนวณ หากความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ จากการรวบรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยการนำข้อมูล ที่ได้จากการศึกษาไปใช้ประเมิน จะพบว่าเทคโนโลยีชนิดนี้โดยรวมมีความเหมาะสมต่อพื้นที่ จะมีก็เพียงแต่การลงทุนในการติดตั้งเท่านั้นที่ยังสูงเกินไป และเนื่องจากโครงการนี้เป็น ประโยชน์ต่อสาธารณะไม่ควรให้น้ำหนักกับความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มาก ผู้เชี่ยวชาญ เห็นตรงกันว่า ในการประเมินโครงการลักษณะนี้ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติควรพิจารณาตามลำดับ ดังนี้ คือ ศักยภาพของแหล่งพลังงานในพื้นที่ นโยบาย/กฎหมาย การคัดเลือกเทคโนโลยี ความ คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และความเหมาะสมของผู้ใช้งาน แต่โดยสรุปแล้ว ผู้วิจัยขอประเมินว่าระบบฯ มีความเหมาะสมที่จะนำมาติดตั้งในพื้นที่ เนื่องจากการเป็นการ ริเริ่มนำพลังงานที่ใช้ได้ไม่มีวันหมดมาใช้ในเขตอุทยานแห่งชาติ ซึ่งเป็นสถานที่ที่มีความอ่อนไหว ต่อมลพิษต่างๆ

ดอนสัน ปงผาบ. 2548 . **บทคัดย่อ** รายงานการวิจัย เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติและทดลอง โดยการออกแบบและสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม โดยออกแบบให้แกนโรเตอร์หมุนสวนทางกับสเตเตอร์ ทำให้ความเร็วรอบของแกนโรเตอร์รวมกับสเตเตอร์เพิ่มมากขึ้น เพื่อที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าในความเร็วรอบที่ต่ำลงได้ โดยใช้กังหันลมแกนอนแบบ 3 ใบพัด ใบพัด 2 ตัวหน้า จะใช้ขับเคลื่อนโรเตอร์ ใช้เฟืองและโซ่เป็นตัวส่งผ่านกำลังใบพัดตัวที่ 3 ใช้ขับเคลื่อนสเตเตอร์ บังคับทิศทางเข้าทางลมโดยใช้แผ่นบังคับทิศทาง และใช้อัลเตอร์เนเตอร์ขนาด 24 โวลท์ 45 แอมป์ เป็นเครื่องกำเนิดพลังงานไฟฟ้าโดยใช้พลังงานลมเป็นตัวขับเคลื่อนมาประจุไว้ที่แบตเตอรี่ และแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 Vac 50 Hz โดยใช้อินเวอร์เตอร์

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดจัดเก็บและใช้พลังงานไฟฟ้าจากกังหันลม การสร้างเครื่องมือใช้ในการจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากกังหันลม ที่มีความเร็วต่ำ พลังงานไฟฟ้าที่ได้มีปริมาณน้อย การเลือกชุดประจุไฟฟ้าเพื่อเก็บยังแบตเตอรี่ควรเลือกให้เหมาะสม จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินการวิจัยตามลำดับดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
2. การเก็บรวบรวมข้อมูลและการประเมินผล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้แบ่งออกดังนี้

1. ชุดจัดเก็บและใช้พลังงานไฟฟ้าจากกังหันลม 1 ชุด ประกอบด้วยวงจรประจุกระแสไฟฟ้าที่ได้รับจากกังหันลม 1 วงจร แบตเตอรี่ 1 ตัว ชุดวงจรอินเวอร์เตอร์ 1 ชุด และชุดแสดงผลการใช้พลังงานไฟฟ้า 1 ชุด โดยผู้วิจัยได้ใช้หลอดไฟฟ้าขนาด 18 วัตต์ เพื่อใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากกังหันลม

ชุดกังหันลม

ชุดกังหันลมประกอบด้วย แหล่งกำเนิดไฟฟ้าใช้กังหันลม ชุดประจุไฟฟ้าใช้ วงจรประจุไฟฟ้า แบตเตอรี่ และ ชุดอินเวอร์เตอร์ ดังภาพที่ 3.1



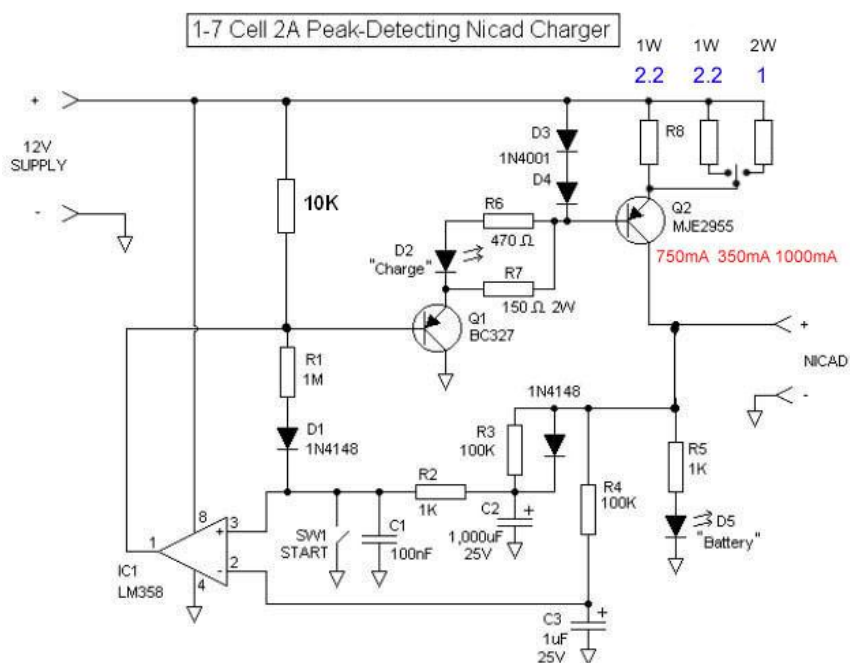
ภาพที่ 3.1 โฟลว์ชาร์ตการเก็บพลังงานไฟฟ้า



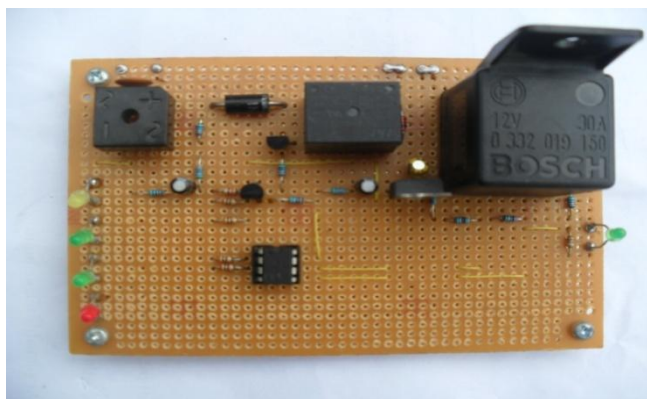
ภาพที่ 3.2 ชุดกังหันลม อาคารคณะเทคโนโลยีการเกษตร

วงจรประจุไฟฟ้า

การประจุกระแสไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่(Charger Battery) หรือ การประจุไฟเข้าไปในแต่ละครั้ง นั้น ควรจะเลือกใช้การชาร์จอย่างช้าเอาไว้ และทิ้งไว้ซักประมาณ 5-10 ชั่วโมง โดยเฉพาะในการเปลี่ยนแบตเตอรี่ลูกใหม่ ทั้งนี้ก็เพื่อให้แบตเตอรี่รถยนต์เสื่อมสภาพได้ช้าลง และมีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น แต่ตามร้านที่เปลี่ยนแบตเตอรี่รถยนต์โดยทั่วไป มักจะใช้วิธีชาร์จเร็วเพื่อรีบให้บริการลูกค้า ซึ่งจะทำให้แบตเตอรี่ลูกนั้นเสื่อมสภาพเร็ว ต้องเวียนมาเปลี่ยนใหม่เร็วขึ้นเล็กน้อย



ภาพที่ 3.3 วงจรประจุไฟฟ้าสำหรับ NICAD



ภาพที่ 3.4 การประกอบวงจรประจุไฟฟ้าสำหรับ NICAD

การประกอบวงจรประจุไฟฟ้าสำหรับ NiCad ผู้วิจัยเลือกใช้วงจรประจุไฟฟ้าที่ใช้สำหรับแบตเตอรี่แบบง่าย โดยเลือกใช้อุปกรณ์ตามท้องตลาดได้แก่ ทรานซิสเตอร์ BC327 ไดโอด 1N4148 ทรานซิสเตอร์ LM358 เพื่อง่ายต่อการติดตั้งและใช้งาน



ภาพที่ 3.5 การติดตั้งวงจรประจุไฟฟ้าพร้อมอินเวอร์เตอร์ อาคารคณะเทคโนโลยีการเกษตร

แบตเตอรี่ 12 V กระแส 18 A (ชนิดแห้ง)

แบตเตอรี่มีหน้าที่เก็บพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากวงจรชาร์จและจ่ายไฟให้กับวงจรอินเวอร์เตอร์เพื่อแปลงกระแสไฟจาก 12Vdc ให้เป็น 220Vac เพื่อนำออกมาใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ สำหรับแบตเตอรี่ที่นำมาใช้กับวงจรชาร์จนี้ จะเป็นแบตเตอรี่แบบเคลือบขี้ผึ้ง แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ หรือชนิดแห้ง ใช้ตะกั่วผสมแคลเซียมทั้งในโครงแผ่นธาตุบวกและลบ คุณสมบัติคือไม่ต้องเติมน้ำกลั่นตลอดอายุการใช้งาน



ภาพที่ 3.6 แบตเตอรี่แห้ง 12 Vdc กระแส 18 A

การเก็บรวบรวมข้อมูลและการประเมินผล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลดังขั้นตอนดังนี้

1. เนื่องจากการวิจัยนี้เป็นการวิจัยภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ผู้วิจัยได้นำชุดจัดเก็บและใช้พลังงานไฟฟ้าจากกังหันลมและแบบบันทึกค่าพลังงานที่สร้างขึ้น โดยเริ่มเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 ธันวาคม 2554 ถึงวันที่ 31 มกราคม 2555
2. ตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลที่รวบรวมได้เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

การประเมินผลการใช้งานชุดจัดเก็บและใช้พลังงานไฟฟ้าจากกังหันลม

ตารางที่ 3.1 ตารางการบันทึกค่าความเร็วลมและแรงดันไฟฟ้า

วันเดือนปี	เวลา	ความเร็วลม mps (เฉลี่ย)	แรงดันไฟฟ้า Vac (เฉลี่ย)	กระแสไฟฟ้า A (เฉลี่ย)	แรงดันเมื่อสิ้นสุด การประจุ

ตารางที่ 3.2 ตารางใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยอุปกรณ์หลอดนีออน 40 w 1 หลอด

วัน เดือน ปี	เวลา	แรงดันไฟฟ้า เริ่มต้น	แรงดันไฟฟ้า สิ้นสุด	ระยะเวลาการใช้พลังงาน (ชั่วโมง)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาชุดจัดเก็บและใช้พลังงานไฟฟ้าจากกังหันลม ซึ่งผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล โดยแบ่งออกได้ดังนี้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการบันทึกค่าความเร็วลมและแรงดันไฟฟ้า โดยการบันทึกข้อมูลที่อาคารคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ตั้งแต่วันที่ 1 ธันวาคม 2554 ถึงวันที่ 31 มกราคม 2555 ได้แสดงในรูปตารางดังนี้

ตารางที่ 4.1 ตารางผลการบันทึกค่าความเร็วลมและแรงดันไฟฟ้า

วันเดือนปี	เวลา	ความเร็วลม mps (เฉลี่ย)	แรงดันไฟฟ้า Vac (เฉลี่ย)	กระแสไฟฟ้า A (เฉลี่ย)	แรงดันเมื่อสิ้นสุด การประจุ
1 ธ.ค. 54	10.00-14.00 น.	1.8 mps	4 Vac	0.16A	12.00 Vdc
5 ธ.ค. 54	11.00-13.00 น.	2 mps	5 Vac	0.16A	10.00 Vdc
10 ธ.ค. 54	10.00-12.00 น.	2 mps	5 Vac	0.16A	8.00 Vdc
15 ธ.ค. 54	13.00-15.00 น.	2.1 mps	7 Vac	0.16A	9.00 Vdc
20 ธ.ค. 54	11.00-13.00 น.	2.2 mps	7 Vac	0.16A	10.00 Vdc
25 ธ.ค. 54	12.00-13.00 น.	2.8 mps	7 Vac	0.16A	10.00 Vdc
30 ธ.ค. 54	12.30-13.30 น.	3.7 mps	8 Vac	0.16A	9.00 Vdc
4 ม.ค. 55	10.00-11.00 น.	3.9 mps	10 Vac	0.16A	8.00 Vdc
9 ม.ค. 55	11.00-12.00 น.	4.0 mps	12 Vac	0.16A	10.00 Vdc
14 ม.ค. 55	14.00-15.00 น.	4.1 mps	13 Vac	0.16A	11.00 Vdc
19 ม.ค. 55	12.00-14.00 น.	2 mps	5 Vac	0.16A	7.00 Vdc
24 ม.ค. 55	10.00-12.00 น.	3.9 mps	10 Vac	0.16A	9.00 Vdc
29 ม.ค. 55	10.00-11.00 น.	4.1 mps	13 Vac	0.16A	11.00 Vdc
31 ม.ค. 55	12.00-14.00 น.	2.8 mps	7 Vac	0.16A	6.00 Vdc

*ความเร็วลม mps (เมตรต่อนาที)

จากตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ค่าความเร็วลมที่สามารถทำให้กังหันลมผลิตไฟฟ้าได้เริ่มต้นที่ 1.8 mps แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 4 Vac ค่าความเร็วลมสูงที่สุดที่สามารถวัดได้คือ 4.1 mps แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 13 Vac

ตารางที่ 4.2 ตารางใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยอุปกรณ์หลอดนีออน 40 w 1 หลอด

วัน เดือน ปี	เวลา	แรงดันไฟฟ้า เริ่มต้น	แรงดันไฟฟ้า สิ้นสุด	ระยะเวลาการใช้พลังงาน (ชั่วโมง)
2-4 ธ.ค. 54	8.00-16.00 น	12.00 Vdc	0.00 Vdc	2.30 ชม.
6-9 ธ.ค. 54	8.00-16.00 น	10.00 Vdc	0.00 Vdc	2.00 ชม.
11-14 ธ.ค. 54	8.00-16.00 น	8.00 Vdc	0.00 Vdc	1.50 ชม.
16-19 ธ.ค. 54	8.00-16.00 น	9.00 Vdc	0.00 Vdc	1.50 ชม.
21-24 ธ.ค. 54	8.00-16.00 น	10.00 Vdc	0.00 Vdc	2.05 ชม.
26-29 ธ.ค. 54	8.00-16.00 น	10.00 Vdc	0.00 Vdc	2.00 ชม.
31-3 ธ.ค. 54	8.00-16.00 น	9.00 Vdc	0.00 Vdc	1.45 ชม.
5-8 ม.ค. 55	8.00-16.00 น	8.00 Vdc	0.00 Vdc	1.30 ชม.
10-13 ม.ค. 55	8.00-16.00 น	10.00 Vdc	0.00 Vdc	2.10 ชม.
15-18 ม.ค. 55	8.00-16.00 น	11.00 Vdc	0.00 Vdc	2.20 ชม.
20-23 ม.ค. 55	8.00-16.00 น	7.00 Vdc	0.00 Vdc	1.30 ชม.
25-28 ม.ค. 55	8.00-16.00 น	9.00 Vdc	0.00 Vdc	1.40 ชม.
30 ม.ค. 55	8.00-16.00 น	11.00 Vdc	0.00 Vdc	2.22 ชม.
31 ม.ค. 55	8.00-16.00 น	6.00 Vdc	0.00 Vdc	0.50 ชม.

จากตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า จากการทดลองใช้อุปกรณ์ใช้พลังงานไฟฟ้า ได้แก่ หลอดนีออน 40 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยการต่อกับชุดอินเวอร์เตอร์แปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ การทดลองจะใช้ระดับแรงดันเริ่มต้นที่ไม่เท่ากัน เพื่อให้กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่หมด ระยะเวลาการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ที่ได้รับการประจุจากการหมุนของกังหันลม ระยะเวลาจะไม่เท่ากัน โดยค่าแรงดันที่ได้รับจากแบตเตอรี่ต่ำสุดคือ 6.0 Vdc ใช้เวลาประมาณ 50 นาที และค่าแรงดันที่ได้รับจากแบตเตอรี่สูงสุดคือ 12.0 Vdc ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง 30 นาที

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดจัดเก็บและใช้พลังงานไฟฟ้าจากกังหันลม เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัยไว้ดังต่อไปนี้

สรุปผล

จากผลการทดลอง สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ค่าความเร็วลมที่สามารถทำให้กังหันลมผลิตไฟฟ้าได้เริ่มต้นที่ 1.8 mps แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 4 Vac ค่าความเร็วลมสูงที่สุดที่สามารถวัดได้คือ 4.1 mps แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 13 Vac จากการทดลอง ผู้วิจัยได้ทดลองวัดระดับความเร็วลม แต่ปริมาณความเร็วลมไม่คงที่ ในระยะเวลาที่ทำการทดลองอย่างน้อย 1 ชั่วโมงต่อครั้งนั้น ความเร็วลมไม่เท่ากันทุกเวลา ผู้วิจัยจึงได้ทำการเฉลี่ยค่าความเร็วลม และค่าแรงดันไฟฟ้า

จากการทดลองใช้อุปกรณ์ใช้พลังงานไฟฟ้า ได้แก่ หลอดนีออน 40 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยการเชื่อมต่อเข้ากับชุดอินเวอร์เตอร์แปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ การทดลองจะใช้ระดับแรงดันเริ่มต้นที่ไม่เท่ากัน เพื่อให้กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่หมด ระยะเวลาการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ที่ได้รับการประจุจากการหมุนของกังหันลม ระยะเวลาจะไม่เท่ากัน โดยค่าแรงดันที่ได้รับจากแบตเตอรี่ต่ำสุดคือ 6.0 Vdc ใช้เวลาประมาณ 50 นาที และค่าแรงดันที่ได้รับจากแบตเตอรี่สูงสุดคือ 12.0 Vdc ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง 30 นาที

อภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตารางที่ 4.2 จะพบว่า การวัดค่าความเร็วลมในช่วงฤดูหนาว ช่วงเดือน พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์ ผู้วิจัยได้ทดลองวัดค่าความเร็วลมมีค่าไม่คงที่ วัดได้ตั้งแต่ค่า 1.8 mps -4.1 mps โดยค่าของความเร็วลมที่สามารถทำให้กังหันลม สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ค่ากระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ตั้งแต่ 4 Vac - 13 Vac ค่าของแรงดันไฟฟ้าที่ได้รับไม่คงที่โดยจะแปรไปตามค่าความเร็วลมที่ได้รับ การผลิตกระแสไฟฟ้าจะสอดคล้องกับงานวิจัยของ ดอนสัน ปงผาบ โดยที่ ดอนสัน ปงผาบ จะผลิตกระแสไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 24 Vac โดยกังหันลมแกนนอนแบบ 3 ใบพัด ใบพัด 2 ตัวหน้า ใช้ขับเคลื่อนโรเตอร์ ใช้เฟืองและโซ่เป็นตัวส่งผ่านกำลังใบพัดตัวที่ 3 ใช้ขับเคลื่อนสเตเตอร์และจะใช้อินเวอร์เตอร์แปลงเป็นกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ 220 Vac

ข้อเสนอแนะ

1. การพัฒนาชุดจัดเก็บและใช้พลังงานไฟฟ้าจากกังหันลม ควรออกแบบชุดกังหันลมที่มีประสิทธิภาพคงที่ และเลือกตำแหน่งการติดตั้งกังหันลม ให้มีปริมาณลมที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้เพียงพอ
2. ควรออกแบบชุดประจุไฟฟ้าให้ใช้กับแรงดันไฟฟ้าที่มีขนาดแรงดันแบบหลากหลาย เนื่องจากแรงดันที่ได้รับจากกังหันลมมีค่าแรงดันที่เป็นช่วงกว้าง ตามปริมาณลมที่ได้รับ ทำให้การประจุไฟฟ้ามีค่าไม่คงที่ ระยะเวลาการประจุไฟฟ้าจึงใช้ปริมาณมาก
3. ควรออกแบบชุดแปลงกระแสไฟฟ้าจากกระแสตรงเป็นกระแสสลับให้รักษาระดับคงที่ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของระดับแรงดันภายในแบตเตอรี่ที่ลดลงอย่างรวดเร็วทำให้ระดับกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ 220 Vac ที่ออกจากอินเวอร์เตอร์ไม่คงที่

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2554. **พลังงานลม.**

[Online].Available : http://www.dede.go.th/dede/index.php?option=com_content&view=article&id=97&Itemid=58&lang=th [2554,เมษายน 29]

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 2554. **เทคโนโลยีกังหันลม.**

[Online].Available : http://www2.egat.co.th/re/egat_wind/wind_technology.htm
[2554,เมษายน 19]

คลังปัญญาไทย. 2554. **ลม.**

[Online].Available : <http://www.panyathai.or.th/wiki/index.php/%E0%B8%A5%E0%B8%A1>
[2554,มีนาคม 18]

ดอนสัน ปงผาบ . 2548 . **เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม .** โครงการ พวส.สำนักงานสถาบันราชภัฏ.
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏลำปาง. ลำปาง.

ธีรพัฒน์ คล้ายมุข. 2544. **บทคัดย่อวิทยานิพนธ์เรื่อง การประเมินเทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้าแบบ**
ผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด กรณีศึกษา อุทยานแห่งชาติตะรุเตา . มหาวิทยาลัยมหิดล.
บัณฑิตวิทยาลัย

[Online].Available : <http://www.thaithesis.org/detail.php?id=46118> [2554, มีนาคม 7]

บริษัท เบนนิฟิท มีเดีย จำกัด. 2554. **กังหันลม.**

[Online].Available : <http://www.กังหันลม.com/index.html> [2554,มีนาคม 21]

มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม (มพส). 2554. **พลังงานลม.** [Online].Available :

<http://efe.or.th/home.php?ds=preview&back=content&mid=QaThskHyxen7t4f1&doc=A7Wt3R0zN6bTfSpq> [2554,มีนาคม 18]

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีและกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวง
พลังงาน. 2553. **บทคัดย่อ โครงการศึกษา วิจัย พัฒนา สาธิต ต้นแบบเทคโนโลยีกังหันลมผลิต**
ไฟฟ้าความเร็วลมต่ำ.

[Online].Available : <http://e-lib.dede.go.th/mm-data/Bib12209-ฉบับสมบูรณ์.pdf>
[2554,เมษายน 1]

ระบบเครือข่ายสารสนเทศด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย . 2554. **พลังงานลม.**

[Online].Available : http://teenet.tei.or.th/Knowledge/energy_wind.html [2554,เมษายน 1]

ลักษณะ สัมมานิธิ. 2554. **ลมเกิดขึ้นได้อย่างไร**. ภาควิชาภูมิทัศน์และอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่.

[Online].Available : http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/sci3/geology/2/index_ch_2-5.htm [2554,มีนาคม 19]

ศูนย์อุตุนิยมวิทยา. 2554. **ลม**. [Online].Available : <http://www.marine.tmd.go.th/thai/windhtml/windhtml.html> [2554,มีนาคม 18]

สถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติ มูลนิธิอาสาเพื่อนพึ่ง(ภาฯ) ขามยาก สภากาชาดไทย . 2554.

เกณฑ์การวัดความเร็วลม.

[Online].Available : http://aws.nakhonthai.net/index.php?ind=reviews&op=entry_view&iden=7 [2554,มีนาคม 1]

สมาน เสงงามและเกริกชัย ทองหนู.2552. **บทคัดย่อ โครงการ การศึกษาศักยภาพพลังงานลม**

เฉพาะแหล่ง : ลำตะคอง อ่าวไผ่ และแหลมพรหมเทพ จังหวัดภูเก็ต.

[Online].Available : http://www2.egat.co.th/research/images/Complete/2552/job590_web.pdf [2554,เมษายน 21]

หมวดวิชาคอมพิวเตอร์ โรงเรียนเบญจมราชูทิศ นครศรีธรรมราช. 2554. **เครื่องมือวัดความเร็วลม.**

[Online].Available : <http://61.19.202.164/works/smtweb52/B05/tools.html> [2554,มีนาคม 10]

Belfort Instrument. 2011. **Aervo Vane**. [Online].Available :

http://www.belfortinstrument.com/content/imagegallery_popups/photo_02.html [2554 ,มกราคม 2]

Webmaster <http://klangbattery.igetweb.com>. 2554. **แบตเตอรี่รถยนต์ ความรู้เกี่ยวกับแบตเตอรี่**

รถยนต์. [Online].Available : <http://klangbattery.igetweb.com/index.php?mo=3&art=194667> [2554 , กุมภาพันธ์ 17]

Webmaster <http://www.bluelocation.com>. 2554. **วงจรชาร์จแบตเตอรี่** . [Online].Available :

<http://www.bluelocation.com/stmclub/webboard/showthread.php?tid=27>. [2554 ,มกราคม 14]

Webmaster <http://www.carbatt.com>. 2554. **วิธีการชาร์จแบตเตอรี่ที่ถูกต้อง**. [Online].Available :

<http://www.carbatt.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=370063>. [2554,มกราคม 22]

Webmaster <http://www.eleccircuit.com>. 2554. **วงจรชาร์จแบตเตอรี่** . [Online].Available :

<http://www.eleccircuit.com/auto-charger-battery-12v-with-pcb/>. [2554 ,มกราคม 14]

Webmaster <http://www.thaiwindturbine.com>. 2554. ความรู้เกี่ยวกับ Wind Turbine.

[Online].Available : <http://www.thaiwindturbine.com/windturbine.html>. [2554 ,มกราคม 12]

Webmaster <http://www.mywindpowersystem.com>. 2011. **Anemometer**.

[Online].Available : <http://www.mywindpowersystem.com/wp-content/uploads/2010/01/cup-anemometer1.gif>. [2554 ,มกราคม 2]

ภาคผนวก

ภาคผนวก ข

แนวการสอนรายวิชาการวิจัยและพัฒนาในงานเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ภาคผนวก ก

การนำเสนองานวิจัยไปใช้ในการเรียนการสอน

เรื่อง การนำเสนองานวิจัยไปใช้ในการเรียนการสอน

เรียน คณบดี คณะเทคโนโลยีการเกษตร

เนื่องจากข้าพเจ้า นายบุญรอด ทองสว่าง สังกัดคณะเทคโนโลยีการเกษตร ได้ทำวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดจัดเก็บและใช้พลังงานไฟฟ้าจากกังหันลม ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ งบประมาณ 12,540 บาท ได้นำงานวิจัยไปใช้ในการเรียนการสอนรายวิชา การวิจัยและพัฒนาในงานเทคโนโลยีอุตสาหกรรม รหัสวิชา 5514901 หมู่เรียน 5111021343, 5311021362 ภาคการศึกษาที่ 2 / 2554 โดยอาจารย์สนธยา วันชัย เป็นอาจารย์ประจำวิชา และเป็นข้อมูลสำหรับนักศึกษาที่สนใจหัวข้อสารนิพนธ์ด้านพลังงานทดแทน จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(นายบุญรอด ทองสว่าง)

ผู้วิจัย

คำรับรอง

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

คณบดี คณะ.....

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	คณะเทคโนโลยีการเกษตร สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม

หมวดที่ 1 ข้อมูลโดยทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา 5514901 การวิจัยและพัฒนาในงานเทคโนโลยีอุตสาหกรรม Research and Development for Industrial Technology
2. จำนวนหน่วยกิต 3 (0-6-3)
3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา 3.1 หลักสูตร เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม 3.2 ประเภทรายวิชา แขน
4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน อาจารย์สนธยา วันชัย
5. ภาคการศึกษา / ชั้นปีที่เรียน ภาคเรียนที่ 2 ชั้นปีที่ 4
6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (Pre-requisite) (ถ้ามี) 5503901 การสัมมนาหัวข้อการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisites) (ถ้ามี) ไม่มี
8. สถานที่เรียน อาคารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม หลังที่ 2 คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด 20 ตุลาคม 2554

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เพื่อให้นักศึกษาได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนา ในเรื่องที่สอบหัวข้อผ่านแล้ว ทั้งเครื่องมือวิจัยหรือสิ่งประดิษฐ์และจัดทำเอกสารสารนิพนธ์จนแล้วเสร็จ ตามขั้นตอนของข้อกำหนดในกลุ่มมือ การพิมพ์สารนิพนธ์ของคณะ กรรมการประจำหลักสูตร โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการสอบสารนิพนธ์

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

พัฒนารายวิชาเพื่อให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานการประกันคุณภาพการศึกษาและพัฒนาผู้เรียนให้ครบทั้งด้านคุณธรรม จริยธรรม ความรู้ ทักษะทางปัญญา ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ ทักษะการวิจัยและพัฒนาในงานเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมต่อไป

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

คำอธิบายรายวิชา

ดำเนินการวิจัยและพัฒนา ในเรื่องที่สอบหัวข้อผ่านแล้ว ทั้งเครื่องมือวิจัยหรือสิ่งประดิษฐ์และจัดทำเอกสารสารนิพนธ์จนแล้วเสร็จ ตามขั้นตอนของข้อกำหนดในกลุ่มมือ การพิมพ์สารนิพนธ์ของคณะกรรมการประจำหลักสูตร โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการสอบสารนิพนธ์

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งาน ภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
0 ชั่วโมง (0 ชั่วโมง x 15 สัปดาห์)	สอนเสริมตามความ ต้องการของนักศึกษา	90 ชั่วโมง (6 ชั่วโมง x 15 สัปดาห์)	45 ชั่วโมง (3 ชั่วโมง x 15 สัปดาห์)

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

- อาจารย์ประจำรายวิชา ประกาศเวลาให้คำปรึกษาแก่นักศึกษา
- อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมง/สัปดาห์
(เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม
1.1 คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา 1) ตระหนักถึงคุณค่าของคุณธรรม จริยธรรมในวิชาชีพ มีความซื่อสัตย์สุจริต มีความรับผิดชอบ ตรงต่อเวลา รู้จักกาลเทศะและมีระเบียบวินัย 2) เห็นคุณค่าของการเรียนรู้ อดทนขยันหมั่นเพียรและมีความกระตือรือร้นในการแสวงหาความรู้ 3) ความเป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี รับฟังความคิดเห็นผู้อื่นในการทำงานเป็นทีมและสามารถแก้ไขข้อขัดแย้ง ปฏิบัติตนตามกฎระเบียบของหน่วยงานและสังคม
1.2 วิธีการสอน 1) บรรยายพร้อมยกตัวอย่าง ประเด็นคุณธรรมและจริยธรรมที่เกี่ยวกับวิชาชีพ มีความซื่อสัตย์สุจริต มีความรับผิดชอบ เข้าเรียนและส่งงานตรงเวลา รู้จักกาลเทศะและมีระเบียบวินัย 2) บรรยายให้เห็นคุณค่าของการเรียนรู้ ยกตัวอย่างความขยันหมั่นเพียรและผลของการกระทำ 3) กำหนดให้นักศึกษาหาตัวอย่างที่เกี่ยวข้องและอภิปรายกลุ่ม ร่วมแสดงความคิดเห็น
1.3 วิธีการประเมินผล 1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น
2. ความรู้
2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ มีความรู้ในการจัดการดำเนินการวิจัยและพัฒนา ในเรื่องที่สอบหัวข้อผ่านแล้ว ทั้งเครื่องมือวิจัยหรือสิ่งประดิษฐ์และจัดทำเอกสารสารนิพนธ์จนแล้วเสร็จ ตามขั้นตอนของข้อกำหนดในกลุ่มมือ การพิมพ์สารนิพนธ์ของคณะ กรรมการประจำหลักสูตร โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการสอบสารนิพนธ์
2.2 วิธีการสอน ใช้การสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ได้แก่ การสอนบรรยายร่วมกับการสื่อสารสองทาง โดยเน้นให้นักศึกษาค้นคว้าหาความรู้และข้อมูลเพิ่มเติม การสอนโดยการฝึกปฏิบัติจริงกับอุปกรณ์และเครื่องมือ เกี่ยวกับการวิจัยและพัฒนาในงานเทคโนโลยีอุตสาหกรรม การสอนแบบศึกษาด้วยตนเอง การค้นคว้าจากหนังสือ ตำรา บทความและทางอินเทอร์เน็ต

2.3 วิธีการประเมินผล 1) ประเมินผลจากการเสนอหัวข้อสารนิพนธ์ การสอบก้าวหน้า การสอบป้องกันและการส่งเล่มรายงานสารนิพนธ์ 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ 3) ประเมินจากชิ้นงานเกี่ยวข้องกับรายวิชาที่นักศึกษาสร้าง
3. ทักษะทางปัญญา
3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา 1) พัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบและมีวิจารณญาณ 2) สามารถคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า 3) เข้าใจถึงสาเหตุของปัญหาและหาวิธีการแก้ไขปัญหอย่างเหมาะสม 4) พัฒนาการเรียนรู้เพื่อสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง 5) พัฒนาองค์ความรู้เพื่อออกแบบนวัตกรรมหรือกระบวนการทำงานที่เหมาะสม
3.2 วิธีการสอน 1) จัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยกระบวนการคิดเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ด้วยเหตุผล และมีวิจารณญาณ ประเมินค่า เช่น อภิปรายกลุ่ม ฝึกแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม จัดสถานการณ์จำลองให้ผู้เรียนฝึกตัดสินใจ เป็นต้น 2) จัดการเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติ แนวทางและวิธีการแก้ไขปัญหา 3) จัดองค์ความรู้ การเรียนรู้ การออกแบบและสร้างนวัตกรรมหรือสร้างกระบวนการทำงาน
3.3 วิธีการประเมินผล 1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ ขึ้นสังเกตตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหา ผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา 3) ประเมินด้วยผลงานการสร้างนวัตกรรม ผลการสร้างกระบวนการทำงาน การสัมภาษณ์
4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ
4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา 1) พัฒนาการทำงานเป็นทีมและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ 2) พัฒนาทักษะความเป็นผู้นำและผู้ตามในการทำงานเป็นทีม 3) มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย

- 4) สามารถปรับตัวในการทำงานและการดำรงชีวิตร่วมกับบุคคลอื่นได้
- 5) สามารถวางตัวและแสดงความคิดเห็นได้เหมาะสมกับบทบาทหน้าที่ ความรับผิดชอบ
- 6) ตระหนักถึงความปลอดภัยของตนเองและผู้อื่น ในการปฏิบัติงาน

4.2 วิธีการสอน

- 1) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ การทำงานเป็นทีมหรือร่วมกับผู้อื่น เพื่อฝึกความรับผิดชอบ ทักษะความเป็นผู้นำ และผู้ตามที่ดีมีทักษะการสร้างมนุษยสัมพันธ์ปรับตัวและยอมรับความแตกต่างของคนในสังคม เพื่อให้งานที่รับผิดชอบสำเร็จ
- 2) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ปรับตัว และวางตัวให้เหมาะสมกับหน้าที่ ความรับผิดชอบ มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน เช่น ทำงานกลุ่ม การแสดงบทบาทสมมุติร่วมกัน เป็นต้น
- 3) จัดกิจกรรมการเรียนรู้แสดงถึงความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

4.3 วิธีการประเมินผล

- 1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน
- 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน
- 3) ตรวจสอบขณะปฏิบัติงาน ความปลอดภัยในการปฏิบัติของผู้ปฏิบัติ

5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

- 1) พัฒนาทักษะด้านการสื่อสารและการสืบค้นข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ
- 2) พัฒนาทักษะการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลข เชิงปริมาณ หลักสถิติ สำหรับการแก้ไขปัญหา
- 3) พัฒนาทักษะด้านการสื่อสารทั้งการฟัง การพูด การเขียน การอ่านและตีความ โดยจัดทำเป็นรายงานและนำเสนอในชั้นเรียนเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษหรือภาษาต่างประเทศอื่นๆ

5.2 วิธีการสอน

- 1) จัดกิจกรรมการเรียนการสอนพัฒนาด้านการสื่อสาร และการใช้สารสนเทศในการสืบค้นข้อมูล
- 2) จัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้านการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลข เชิงปริมาณ การใช้ค่าสถิติ สำหรับการแก้ไขปัญหา พร้อมยกตัวอย่างการ
- 3) กำหนดให้นักศึกษานำเสนอผลงาน โดยใช้รูปแบบ เครื่องมือและเทคโนโลยีที่เหมาะสม ให้เพื่อนร่วมห้องสอบถาม แลกเปลี่ยนความรู้

5.3 วิธีการประเมินผล

- 1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้
- 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา
- 3) สังเกตเมื่อนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยี เพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้

วิธีการประเมินผลการเรียนรู้

1. การวัดผล

ค้นคว้ารายงาน	20 %
สอบย่อย	10 %
สอบกลางภาค	20 %
จิตพิสัย	20 %
สอบปลายภาค	30 %
รวม	100 %

2. การประเมินผลการเรียน

การตัดสินผลการเรียนโดยวิธี อิงเกณฑ์

คะแนนระหว่าง	80 - 100	ได้ระดับ A
คะแนนระหว่าง	75 - 80	ได้ระดับ B+
คะแนนระหว่าง	70 - 74	ได้ระดับ B
คะแนนระหว่าง	65 - 69	ได้ระดับ C+
คะแนนระหว่าง	60 - 64	ได้ระดับ C
คะแนนระหว่าง	55 - 59	ได้ระดับ D+
คะแนนระหว่าง	50 - 54	ได้ระดับ D
คะแนนระหว่าง	0 - 49	ได้ระดับ E

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

5.1 แผนการสอน					
ลำดับ ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน ชั่วโมง บรรยาย	จำนวน ชั่วโมง ปฏิบัติการ	กิจกรรม การเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	-ข้อตกลงในการเรียนและมอบหมายงาน -หลักการดำเนินการวิจัยด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม	0	6	-แนวการสอน เกณฑ์การประเมินผล -หลักการดำเนินการวิจัยด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม	อ.สนธยา วันชัย
2	การจัดทำสารนิพนธ์ (การวิจัย) สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต	0	6	-แนวทางการจัดทำสารนิพนธ์ (การวิจัย) สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต-บรรยาย อภิปรายกลุ่ม -สืบค้นผ่าน Internet	อ.สนธยา วันชัย
3	ดำเนินการวิจัยและพัฒนาในเรื่องที่สอบหัวข้อผ่านแล้ว	0	6	-การเลือกหัวข้อสารนิพนธ์ -การเลือกอาจารย์ที่ปรึกษา -การจัดทำเอกสารคำร้องต่างๆ -มอบหมายงานให้นักศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม	อ.สนธยา วันชัย
4	เครื่องมือวิจัยหรือสิ่งประดิษฐ์	0	6	-ขั้นตอนการเลือกเครื่องมือสำหรับงานวิจัย -การเลือกประชากรและกลุ่มตัวอย่าง -การเลือกสถิติที่ใช้ในการวิจัย	อ.สนธยา วันชัย
5	แนวทางการจัดทำเอกสารสารนิพนธ์	0	6	-รูปแบบการเขียนเอกสารเล่มสารนิพนธ์ -ปัญหาและวิธีการแก้ไขปัญหา	อ.สนธยา วันชัย
6-15	-ดำเนินการจัดทำสารนิพนธ์ -เอกสารประกอบ	0	6	-มอบหมายงานให้นักศึกษาดำเนินการจัดทำสารนิพนธ์ -จัดทำเอกสารสารนิพนธ์ -ปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษา	อ.สนธยา วันชัย

				-ประเมินผลจากการเสนอหัวข้อสารนิพนธ์ การสอบก้าวหน้า การสอบป้องกันและการส่งเล่มรายงานสารนิพนธ์ -ตัวอย่างการวิจัยด้านพลังงานทดแทน กรณีตัวอย่าง การวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดจัดเก็บและใช้พลังงานไฟฟ้าจากกังหันลม อ. บุญรอด ทองสว่าง สำหรับนักศึกษาที่สนใจหัวข้อด้านพลังงานทดแทน -ตัวอย่างการวิจัยด้านการเขียนโปรแกรมระบบฐานข้อมูล กรณีตัวอย่าง การวิจัยเรื่องการพัฒนาโปรแกรมระบบฐานข้อมูลเพื่อการบริหาร การเรียนการสอน และการวิจัย เป็นข้อมูลสำหรับนักศึกษาที่สนใจหัวข้อด้านการเขียนโปรแกรมระบบฐานข้อมูล	
16	สอบปลายภาค				

5.2 แผนการประเมินผลการเรียนรู้				
กิจกรรมที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมินผล
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10

2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย การสอบกลางภาค และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ 3) ประเมินจากชิ้นงานเกี่ยวข้องกับรายวิชาที่นักศึกษาสร้าง	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะทางปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ ขั้นสังเกตตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหา ผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา 3) ประเมินด้วยผลงานการสร้างนวัตกรรม ผลการสร้างกระบวนการทำงาน การสัมมนา	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีมของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน 3) ตรวจสอบขณะปฏิบัติงาน ความปลอดภัยในการปฏิบัติของผู้ปฏิบัติ	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยี เพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารและตำราหลัก เทคโนโลยีอุตสาหกรรม . 2553 . คู่มือจัดทำสารนิพนธ์ . หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม . 2548 .เอกสารประกอบการอบรม การแปลผลและเขียนผลการวิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย . สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ยุทธ ไถยวรรณ . 2550 . หลักการทํางานวิจัยและการทำวิทยานิพนธ์ . ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ. อุทุมพร จามรมาน. 2548. การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย . สถาบันวิจัยและพัฒนา . 2553. เอกสารการเรียนรู้การทำวิจัยด้วยตนเอง . มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ
3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา ให้นักศึกษาทุกคนประเมินประสิทธิผลของรายวิชา ได้แก่ วิธีการสอน การจัดกิจกรรมในและนอกห้องเรียน สิ่งสนับสนุนการเรียนการสอน ซึ่งมีผลกระทบต่อการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้ที่ได้รับและเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงรายวิชา
2. กลยุทธ์การประเมินการสอน ทำการประเมินการสอน โดยคณะกรรมการประเมินการสอนที่แต่งตั้งโดยคณะกรรมการบริหารหลักสูตร จากการสังเกตการสอนและทำการสัมภาษณ์นักศึกษา ผลการสอบของนักศึกษา
3. การปรับปรุงการสอน 1) สาขาวิชากำหนดให้อาจารย์ผู้สอนทบทวนและปรับปรุงกลยุทธ์และวิธีการสอนจากผลการประเมินประสิทธิผลของรายวิชา แล้วจัดทำรายงานรายวิชาตามรายละเอียดที่ สกอ.กำหนดทุกภาคการศึกษา 2) สาขาวิชากำหนดให้อาจารย์ผู้สอนเข้ารับการฝึกอบรมกลยุทธ์การสอน การวิจัยในชั้นเรียน และมอบหมายให้อาจารย์ผู้สอนรายวิชาที่มีปัญหา ทำวิจัยในชั้นเรียนอย่างน้อยภาคการศึกษาละ 1 รายวิชา 3) มีการประชุมอาจารย์ผู้สอนของหลักสูตรเพื่อหารือปัญหาการเรียนรู้ของนักศึกษาและหาแนวทางแก้ไข
4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา 1) หลักสูตรมีการตั้งคณะกรรมการในสาขาวิชา ประเมินการสอน การทบทวนสอบผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชาโดยการสุ่มประเมินข้อสอบและความเหมาะสมของการให้คะแนน ทั้งคะแนนดิบและระดับคะแนนของรายวิชา ภายในรอบเวลาของหลักสูตร 2) จัดการสอบประมวลผลความรู้นักศึกษาก่อนจบการศึกษา
5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา หลักสูตรมีระบบการทบทวนประสิทธิผลของรายวิชา โดยพิจารณาจาก ผลการประเมินการสอนโดยนักศึกษา ผลการประเมินโดยคณะกรรมการประเมินการสอนของหลักสูตร การรายงานรายวิชาโดยอาจารย์ผู้สอน ภายหลังการทบทวนประสิทธิผลของรายวิชา อาจารย์ผู้สอนรับผิดชอบในการทบทวนเนื้อหาที่สอนและกลยุทธ์การสอนที่ใช้ และนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาในรายงานผลการดำเนินงานของรายวิชาเสนอต่อคณะกรรมการบริหารหลักสูตร เพื่อพิจารณาให้ความคิดเห็นและสรุปวางแผนพัฒนาปรับปรุงสำหรับใช้ในปีการศึกษาถัดไป

ภาคผนวก ค
ประวัตินักวิจัย

ประวัติคณะผู้วิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย)

นายบุญรอด ทองสว่าง

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)

Mr. Boonrawd Tongsawang

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน

3100501205121

3. ตำแหน่งปัจจุบัน

อาจารย์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ
ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์คอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

โทร. 0-5671-7151

โทรสาร. 0-5671-7151 มือถือ. 08-1284-0993

E-mail : t_live@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

ปี 2525 - ปริญญาตรี ค.บ. อุตสาหกรรมศิลป์ (ไฟฟ้า- อิเล็กทรอนิกส์)

วิทยาลัยครูพระนคร

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

สาขาอิเล็กทรอนิกส์ สาขาไฟฟ้า สาขาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

-