สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

พัฒนาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานธรรมชาติจากลูกหมุนระบายอากาศ

DEVELOPMENT OF ELECTRIC GENERATOR USING ROOF VENTILATOR AS ENERGY SOURCE

นาย ธีรศักดิ์ เฉิดสงคราม
นาย อมรเทพ ปรีดาภรณ์ภากร
นาย อานนท์ จันทาบุตร

วศ.
ธ664พ
2551
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 82974
วัน,เดือน,ปี 30 ก.ค. 2551
b 11952412
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัฒนาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานธรรมชาติจากลูกหมุนระบายอากาศ

DEVELOPMENT OF ELECTRIC GENERATOR USING ROOF VENTILATOR AS ENERGY SOURCE

โดย

นาย ธีรศักดิ์ เลิศสงคราม

นาย อมรเทพ ปรีดาภรณ์ภากร

นาย อานนท์ จันทาบุตร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2550

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง พัฒนาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานธรรมชาติจากลูกหมุนระบายอากาศ

Development of Electric Generator using Roof Ventilator as Energy Source

ผู้จัดทำ

1.นายธีรศักดิ์ เลิศสงคราม รหัสประจำตัว 48015537

2.นายอมรเทพ ปรีดาภรณ์ภากร รหัสประจำตัว 48015561

3.นายอานนท์ จันทาบุตร รหัสประจำตัว 48015564

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร. วัชระ เพิ่มชาติ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัฒนาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานธรรมชาติจากลูกหมุนระบายอากาศ

นาย ธีรศักดิ์ เลิศสงคราม
นาย อมรเทพ ปรีดาภรณ์ภากร
นาย อานนท์ จันทาบุตร
ผศ.ดร. วัชระ เพิ่มชาติ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท เอ็มมี่ โปรดักส์ เซ็นเตอร์ จำกัด ผู้ได้คิดค้นการนำลูกหมุนระบายอากาศมาติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตพลังงานที่ได้จากธรรมชาติ โดยตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต้นแบบมีน้ำหนักของชุดจานหมุนแม่เหล็กมากทำให้กำลังการผลิตได้ไม่มากนักเพราะต้องอาศัยกระแสลมที่แรงพอสมควรจึงจะเริ่มการหมุนและผลิตกระแสไฟฟ้าได้ดังนั้นจึงได้คิดหาวัสดุที่มีน้ำหนักเบาและมีความแข็งแรงเช่นเดียวกับเหล็ก และได้เปลี่ยนจากเหล็กมาเป็นอะคริลิคที่น้ำหนักโดยรวมแล้วน้อยกว่าเหล็ก 8.2 กิโลกรัม จากนั้นได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลองด้วยกัน คือ 1) การทดสอบสมรรถนะของลูกหมุนติดตั้งตัวเครื่องต้นแบบการ 2) การทดสอบสมรรถนะลูกหมุนติดตั้งตัวเครื่องที่ปรับปรุงลดน้ำหนักจานหมุนที่ความเร็วลมต่างๆ

ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิอากาศได้ลูกหมุนมีผลต่อความเร็วรอบของลูกหมุนมีเพียงเล็กน้อย และเมื่อเพิ่มความเร็วลมสามารถเพิ่มความเร็วรอบของลูกหมุนได้ทำให้แรงดันไฟฟ้าเพิ่มเช่นกัน โดยแรงดันไฟฟ้าที่ได้มากที่สุดของลูกหมุนที่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต้นแบบเท่ากับ 14.5 โวลต์ ที่ความเร็วลม 5.01 เมตรต่อวินาที จำนวนรอบเท่ากับ 71 รอบต่อนาที แต่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ปรับปรุงลดน้ำหนักจานได้แรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 18.4 โวลต์ ที่ความเร็วลม 4.57 เมตรต่อวินาที จำนวนรอบเท่ากับ 88 รอบต่อนาที สำหรับโครงงานนี้สามารถลดน้ำหนักตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ 30 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มประสิทธิภาพได้ 26 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Development of Electric Generator using Roof Ventilator as Energy Source

Theerasak Lerdsongkram
Amornthap Preedapornphakorn
Arnon Chuntabuts
Assist. Prof.Dr. Watchara Permchart Advisor

Abstract

This project is supported by Emmy Product Center Co.Ltd, which discovered using of the roof ventilator to be as power source for electricity generation. The electric generator was composed of which generate less electricity due to the strong wind was needed. In the experiment, a strong light material (i.e.acrylic), was used to be as main parts of the device. The experiments were sub-divided into 2 steps; 1) performance test of the roof ventilator with the old electric generator at various ambient temperatures and various wind velocities 2) performance test of the roof ventilator using new acrylic electric generator at various wind velocities.

It was found that the rotation speed was slightly increased when the ambient temperature was increased. The ventilator with old electric generator gave 14.5 V, 71 rpm at 5.01 m/s of wind speed where as it gave 18 V, 88 rpm at 4.57 m/s of wind speed when the new generator was used. Finally, the weight of the new electric generator can be reduced by 30 % and its efficiency was increased for 26 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และร่วมมือจากหลายๆ ฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ปริญญานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์ลงได้คือ อาจารย์ วัชระ เพิ่มชาติ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมาในทุกๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ฉูกหมุนระบายอากาศ	3
2.2 ประเภทของฉูกหมุนระบายอากาศ	4
2.3 ส่วนประกอบของฉูกหมุนระบายอากาศ	4
2.4 ประเภทของความร้อนที่อยู่ในอาคาร	8
2.5 ปริมาณความร้อนที่ลดลงจากการใช้ฉูกหมุนระบายอากาศ	8
2.6 การติดตั้งฉูกหมุนระบายอากาศ	10
2.7 ข้อแนะนำในการติดตั้งฉูกหมุนระบายอากาศ	11
2.8 การคำนวณจำนวนฉูกหมุนระบายอากาศที่เหมาะสม	12
2.9 แผ่นพลาสติกอะคริลิค	14
2.10 การเกิดฉมและประเภทของฉม	15
2.11 ข้อมูลความแร็วฉม กรุงเทพและปริมณฑลในประเทศไทย	16
2.12 เซอร์กิตเบรคเกอร์	19
2.13 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	20
2.14 ไฟฟ้ากระแสสลับความถี่และคาบเวลา	21
2.15 รีเลย์	25
2.16 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.17 วงจรไฟฟ้า 3 เฟส	26
2.18 การกำเนิดแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส	27
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	31
3.1 เก็บข้อมูลจากสถานที่จริง	31
3.2 ทำชิ้นส่วนและดัดแปลงตัวเครื่องเพื่อประกอบเป็นชุดการทดลอง	34
3.3 วิธีการทดลองก่อนปรับปรุงเครื่องกำเนิดกระไฟฟ้า	37
3.4 ปรับปรุงชิ้นส่วน	39
3.5 วิธีการทดลองหลังปรับปรุงเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า	46
บทที่ 4 ผลการทดลอง	49
4.1 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานธรรมชาติจากลูกหมุนระบายอากาศก่อนการปรับปรุง	49
4.2 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานธรรมชาติจากลูกหมุนระบายอากาศที่ปรับปรุงฉดน้ำหนักจานแม่เหล็ก	53
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	56
5.1 สรุปผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	56
5.2 ข้อเสนอแนะ	57
เอกสารอ้างอิง	59
ภาคผนวก	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ชนิดของลูกหมุน	6
2.2 ขนาดของลูกหมุน	6
2.3 อัตราการหมุนเวียนอากาศต่อชั่วโมงที่เหมาะสมสำหรับอาคารต่าง ๆ	12
2.4 อัตราความสามารถในการระบายอากาศที่ความเร็วลมและลูกหมุนขนาดต่างๆ	13
2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับความสูงในประเทศไทย	16
2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับความสูงในเขตกรุงเทพมหานคร	17
2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับความสูง	18
2.8 บทสรุปในการต่อขดลวดแบบสตาร์และแบบเดลต้า	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ลูกหมุนระบายอากาศ	3
2.2 ลักษณะของลูกหมุนระบายอากาศ	4
2.3 ระบบของลูกหมุน	5
2.4 ลูกปืนบนและลูกปืนล่าง	5
2.5 ลัดส่วนของลูกหมุน	5
2.6 ฐานลูกหมุน	7
2.7 ฐานลูกหมุนที่ผลิตจากเครื่องจักร	7
2.8 ฐานลูกหมุนชนิด Hand lay - up	7
2.9 การติดตั้งลูกหมุนระบายอากาศที่เหมาะสม และการติดลูกหมุนมากเกินไป	9
2.10 ก่อนการติดตั้งลูกหมุนและหลังการติดตั้งลูกหมุน	9
2.11 เจาะช่องหลังคาใหญ่กว่าลูกหมุนเล็กน้อยโดยเหลือช่องว่างไว้สำหรับติดลูกหมุนระบายอากาศ	10
2.12 ทดลองวางฐานลูกหมุนให้พอดี โดยซ้อนทับตามวิธีการมุงหลังคาทั่วไป	10
2.13 ยิงรีเวทขนาด 6-6 ทั้ง 4 ด้าน หรือใช้เกลียวปล่อยยึดทั้ง 4 ด้าน ท่านจะได้ฐานลูกหมุนที่แข็งแรง และใช้งานได้ยาวนาน ระยะลูกหมุนควรติดตั้งห่างกันอย่างน้อย 2 เมตรขึ้นไป	10
2.14 เมื่อทดลองว่าพอดีแล้ว ยกฐานลูกหมุนออก เพื่อซีน polymeric sealer* โดยรอบฐานไฟเบอร์ และวางในตำแหน่งเดิม ยึดด้วยสกรูให้เรียบร้อย นำฐานลูกหมุนระบายอากาศ วางบนฐานไฟเบอร์ และปรับให้ได้ในตำแหน่งระดับน้ำ ทั้ง 4 ด้าน	11
2.15 การวางตำแหน่งลูกหมุนบนหลังคา	11
2.16 ศักยภาพพลังงานลมในประเทศไทย	16
2.17 ศักยภาพพลังงานลมในเขตกรุงเทพมหานคร(1)	17
2.18 ศักยภาพพลังงานลมในเขตกรุงเทพมหานคร(2)	18
2.19 แสดงรูปคลื่นไซน์	23
2.20 รูปเคลื่อนความถี่	24
2.21 การกำเนิดแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส	27
2.22 การกำเนิดแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส	28
2.23 การต่อขดลวดแบบสตาร์	28
2.24 การต่อขดลวดแบบเดลต้า	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.1 เครื่องวัดอุณหภูมิอากาศ	31
3.2 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบ อินฟาเรด	32
3.3 เครื่องวัดความเร็วลม	32
3.4 เก็บข้อมูลอุณหภูมิใต้หลังคา	33
3.5 เก็บข้อมูลบนหลังคา	33
3.6 เจาะรูบนตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์	34
3.7 การติดตั้งลูกปืนเข้ากับขาตัวเครื่อง	35
3.8 กลึงเพลาส่งกำลัง	35
3.9 เป็นส่วนที่ แยกจานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าออกจากตัวลูกหมุน	36
3.10 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้ากับตู้และเพลา	36
3.11 ติดตั้งลูกหมุนเข้ากับเพลาส่งกำลัง	36
3.12 ติดตั้งขดลวดความภายในตู้อบ	37
3.13 ตู้ที่ประกอบกับโบเวอร์เรียบร้อยแล้ว	37
3.14 แบบเครื่องกำหนดไฟฟ้าที่ปรับปรุงน้ำหนักการหมุนแล้ว	40
3.15 แบบจานหมุนที่ปรับปรุงโดยเปลี่ยนจากเหล็กเป็นอะคริลิค	40
3.16 แบบชุดขดลวดไฟฟ้า	41
3.17 จานยึดระหว่างจานแม่เหล็กกับฐานรับน้ำหนัก	41
3.18 ตัวยึดฐานเครื่องกำเนิดกับชุดฐานรับน้ำหนักจานหมุนแม่เหล็ก	42
3.19 ตัวยึดเพลาและล็อคลูกปืน	42
3.20 เพลากลมตันยึดระหว่างลูกปืนและจานรับน้ำหนัก	43
3.21 ฐานที่ทำจากอะคริลิค	43
3.22 เพลาที่หล่อจากเรซิน	44
3.23 เตรียมอุปกรณ์สำหรับหล่อเรซิน	44
3.24 ติดเทปและทำแวนจูรี่	45
3.25 ติดท่อลมเข้ากับโครงสร้างพัดลม	45
3.26 ประกอบชุดฐานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	46
3.27 ประกอบเพลาส่งกำลังเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	46
3.28 ต่อเครื่องมือวัดเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (°C) เทียบกับความเร็วรอบ (rpm) (1)	51
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (°C) เทียบกับความเร็วรอบ (rpm) (2)	51
4.3 ความสัมพันธ์อุณหภูมิ (°C) เทียบกับแรงดันไฟฟ้า (V) กระแสสลับ	52
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วรอบ (rpm) กับ แรงดันไฟฟ้า (V) กระแสสลับ (1)	52
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วรอบ (rpm) กับ แรงดันไฟฟ้า (V) กระแสสลับ (2)	54
4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ (rpm) กับความเร็วลม (m/s)	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

สภาพอากาศและอุณหภูมิที่เหมาะสมภายในอาคารเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ช่วยให้การทำงานหรือ ประกอบกิจกรรมต่าง ๆ มีประสิทธิภาพ เพราะถ้าอากาศเย็นหรือร้อนเกินไปจะส่งผลเสียต่อสภาพร่างกายและจิตใจของผู้ปฏิบัติงาน ทำให้คุณภาพของงานลดลง จึงเกิดเทคโนโลยีมากมายในการทำความเย็นหรือความร้อนเพื่อปรับสภาพอุณหภูมิให้เหมาะสมต่อการทำงาน

สำหรับประเทศไทยซึ่งอยู่ในเขตร้อนชื้น ฝนตกในหน้าฝนเป็นปริมาณมาก และอากาศร้อนตลอดทั้งปี ทำให้อุตสาหกรรมผลิตเครื่องทำความเย็น (Air conditioner) เกิดขึ้นและได้รับความนิยมแพร่หลายเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว โดยเฉพาะฤดูร้อนในช่วงเดือนเมษายนและพฤษภาคม อุณหภูมิในเวลาเที่ยงวันอาจขึ้นไปถึง 45 องศาเซลเซียส และถึงแม้ว่าไม่ใช่ช่วงฤดูร้อน แต่อุณหภูมิในช่วงเที่ยงอาจสูงถึง 39-41 องศาเซลเซียส ซึ่งถือว่าร้อนมากทำให้มีผลต่อประสิทธิภาพของการทำงานลดต่ำลง หรืออาจสร้างความเสียหายให้กับสินค้าในบางธุรกิจ ดังนั้นสถานประกอบการส่วนใหญ่จึงยากที่จะหลีกเลี่ยงการติดตั้งเครื่องทำความเย็น แต่ปัญหาที่ตามมาคือ ค่าไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องสูงขึ้นมาก เป็นการเพิ่มต้นทุนให้กับธุรกิจ ถ้ามีการนำเอาอุปกรณ์ที่สามารถลดต้นทุนการผลิตเข้ามาติดตั้ง อย่างเช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีกำลังการผลิตไม่สูงมากแต่ผลิตได้ตลอดเวลา และมีจำนวนมากก็จะทำให้ลดต้นทุนการผลิตได้อีกทางหนึ่ง

ดังนั้น แนวคิดของการระบายความร้อนด้วยวิธีธรรมชาติโดยไม่ต้องพึ่งพาพลังงานไฟฟ้าจึงเป็นจุดเริ่มต้นของการประดิษฐ์ลูกหมุนระบายอากาศ (Roof ventilator) โดยเป็นเทคโนโลยีที่ผลิตขึ้นสำหรับแก้ปัญหาข้างต้น ซึ่งได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในการนำไปติดตั้งบนหลังคาของโรงงานโกดังสินค้าขนาดใหญ่และ อาคารสถานที่ต่างๆ หรือแม้แต่ตามบ้านเรือนและเนื่องจากลูกหมุนไม่ได้ใช้พลังงานไฟฟ้ามาเป็นกำลังในการหมุน จึงมีความคิด ที่จะสร้างพลังงานไฟฟ้าจากลูกหมุน โดยการใช้แรงขับเคลื่อนการหมุนของอากาศร้อนใต้หลังคา มาผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า โดยเมื่อลูกหมุนหมุนก็จะทำให้ตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุน สนามแม่เหล็กตัดกับขดลวด ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นมา

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1) เพื่อลดน้ำหนักและสามารถติดตั้งใช้งานได้จริง
2) เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าและนำไปใช้งานได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1) ศึกษาและพัฒนาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานธรรมชาติจากลูกหมุนระบายอากาศ
2) นำไปใช้งานกับลูกหมุนระบายอากาศขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 22 นิ้ว

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

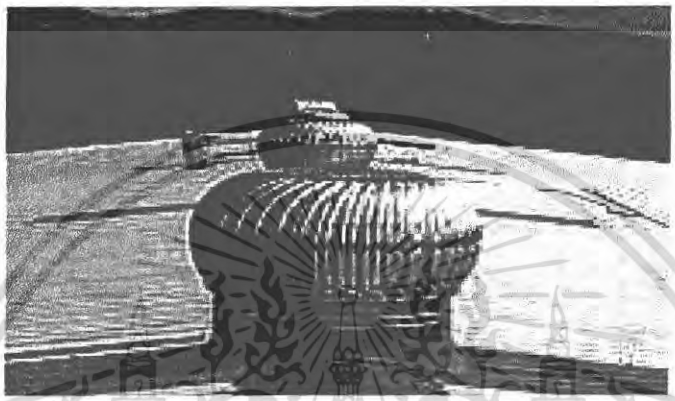
1) ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้า
2) สามารถนำเครื่องไปติดตั้งเพื่อใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมละบ้านเรือนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลูกหมุนระบายอากาศ (Ventilator)



รูปที่ 2.1 ลูกหมุนระบายอากาศ (ชูเด่นการช่าง, 2007)

สภาพอากาศและอุณหภูมิที่เหมาะสมภายในอาคารเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ช่วยให้การทำงานหรือประกอบกิจกรรมต่าง ๆ มีประสิทธิภาพ เพราะถ้าอากาศเย็นหรือร้อนเกินไปจะส่งผลเสียต่อสภาพร่างกายและจิตใจของผู้ปฏิบัติงาน ทำให้คุณภาพของงานลดลง จึงเกิดเทคโนโลยีมากมายในการทำความเย็นหรือความร้อนเพื่อปรับสภาพอุณหภูมิให้เหมาะสมต่อการทำงาน สำหรับประเทศไทยซึ่งอยู่ในเขตร้อนชื้น ฝนตกในหน้าฝนเป็นปริมาณมาก และอากาศร้อนตลอดทั้งปี ทำให้อุตสาหกรรมผลิตเครื่องทำความเย็น (Air conditioner) เกิดขึ้นและได้รับความนิยมแพร่หลายเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว โดยเฉพาะฤดูร้อนในช่วงเดือนเมษายนและพฤษภาคม อุณหภูมิในเวลาเที่ยงวันอาจขึ้นไปถึง 45 องศาเซลเซียส และถึงแม้ว่าไม่ใช่ช่วงฤดูร้อน แต่อุณหภูมิในช่วงเที่ยงอาจสูงถึง 39 - 41 องศาเซลเซียส ซึ่งถือว่าร้อนมากทำให้มีผลต่อประสิทธิภาพของการทำงานลดต่ำลงหรืออาจสร้างความเสียหายให้กับสินค้าในบางธุรกิจ ดังนั้นสถานประกอบการส่วนใหญ่จึงยากที่จะหลีกเลี่ยงการติดตั้งเครื่องทำความเย็น แต่ปัญหาที่ตามมาคือ ค่าไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องสูงขึ้นมาก เป็นการเพิ่มต้นทุนให้กับธุรกิจ ดังนั้น แนวคิดของการระบายความร้อนด้วยวิธีธรรมชาติโดยไม่ต้องพึ่งพาพลังงานไฟฟ้าจึงเป็นจุดเริ่มต้นของการประดิษฐ์ ลูกหมุนระบายอากาศ (Roof ventilator)โดยเป็นเทคโนโลยีที่ผลิตขึ้นสำหรับแก้ปัญหาข้างต้น ซึ่งได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในการนำไปติดตั้งบนหลังคาของโรงงาน, โกดังสินค้าขนาดใหญ่และอาคารสถานที่ต่าง ๆ หรือแม้แต่ตามบ้านเรือน [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ประเภทของลูกหมุนระบายอากาศ

ประเภทของลูกหมุนระบายอากาศ ได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

2.2.1 ลูกหมุนระบายอากาศ ที่ใช้ไฟฟ้าและมอเตอร์ขับเคลื่อน

ลักษณะเป็นการติดพัดลมดูดอากาศบนหลังคาเพื่อดูดเอาอากาศภายในตัวอาคารออก สามารถควบคุมอัตราการดูดอากาศออกได้คงที่ตามความต้องการ ซึ่งการออกแบบส่วนใหญ่จะใช้สำหรับการระบายสารเคมี ฝุ่นละออง กลิ่น และความร้อนในอาคาร

2.2.2 ลูกหมุนระบายอากาศ ที่ไม่ได้ใช้ไฟฟ้าเป็นตัวขับเคลื่อน

ลูกหมุนประเภทนี้เมื่อมีอากาศพัดผ่านบนหลังคา หรืออากาศร้อนใต้หลังคาลอยตัวสูงขึ้น จะทำให้เกิดการหมุนของลูกหมุน ซึ่งแรงหมุนดังกล่าวจะดูดอากาศใต้หลังคาออก โดยอัตราการดูดอากาศขึ้นอยู่กับความเร็วของการหมุนและขนาดของตัวลูกหมุนเอง [1]

รูปที่ 2.2 ลักษณะของลูกหมุนระบายอากาศ (บริษัท บี.พี. โปรดักส์ แอนด์ ซัพพลาย จำกัด, 2007)

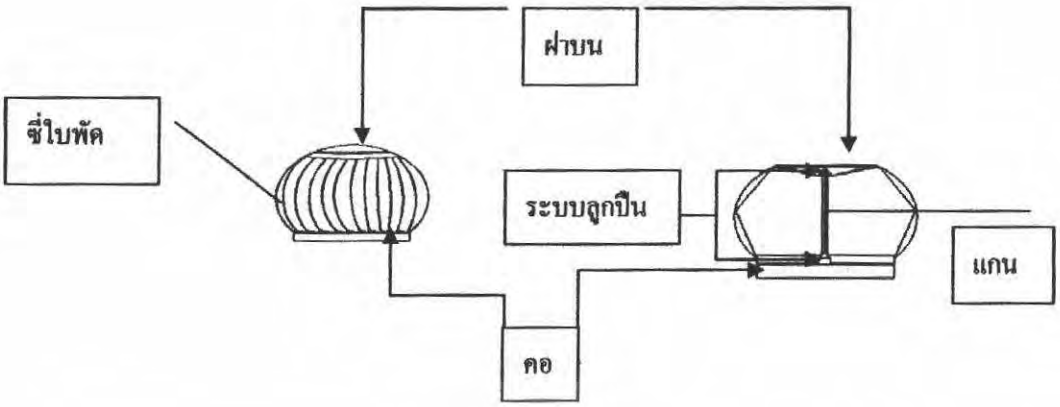
2.3 ส่วนประกอบของลูกหมุนระบายอากาศ

ลูกหมุนระบายอากาศสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน ดังนี้

2.3.1 ตัวลูกหมุน

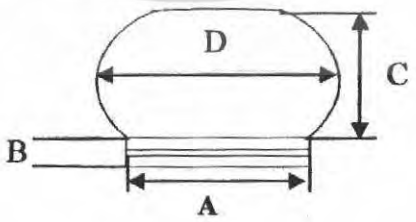
เป็นส่วนสำหรับดูดหรือระบายความร้อนภายใน ออกสู่ภายนอกอาคารหรือโรงงาน ทำงานโดยอาศัย พลังงานลม ช่วยให้ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายแต่อย่างใด ส่วนประกอบของตัวลูกหมุนที่เป็นฝาบนจะยึดด้วยสกรู 8 ตัว และใบพัดลม 3 ใบและส่วนอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ระบบของลูกหมุน (บริษัท บี.พี. โปรดักส์ แอนด์ ซัพพลาย จำกัด, 2007)

รูปที่ 2.4 ลูกปืนบนและลูกปืนล่าง (บริษัท บี.พี. โปรดักส์ แอนด์ ซัพพลาย จำกัด, 2007)



รูปที่ 2.5 สัดส่วนของลูกหมุน (บริษัท บี.พี. โปรดักส์ แอนด์ ซัพพลาย จำกัด, 2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ: ระบบลูกปืน

- ผลิตมาจากวัตถุดิบ POM สามารถรับน้ำหนักได้ 10 กิโลกรัม
- ทนความร้อนได้สูงถึง 150 องศาเซลเซียส โดยไม่เกิดความเสียหายต่อลูกปืน

2.3.2 ชนิดของตัวลูกหมุน

สามารถแบ่งชนิดของตัวลูกหมุนออกเป็นแบบต่าง ๆ ตามวัสดุที่ใช้เป็นส่วนประกอบ ดังนี้

ตารางที่ 2.1 ชนิดของลูกหมุน

ส่วนประกอบ	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	แบบที่ 4
ฝา	สแตนเลส	อลูมิเนียม	สแตนเลส	สแตนเลส
ซี่ใบพัด	อลูมิเนียม	อลูมิเนียม	อลูมิเนียม	สแตนเลส
คอ	อลูซิงค์	อลูซิงค์	สแตนเลส	สแตนเลส
แกน	เหล็กชุบกัลวาไนซ์	เหล็กชุบกัลวาไนซ์	หล็กชุบกัลวาไนซ์	สแตนเลส

2.3.3 ขนาด (Size) ของลูกหมุน

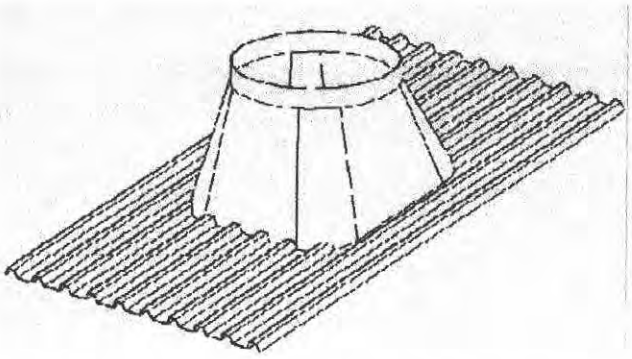
ตารางที่ 2.2 ขนาดของลูกหมุน

A (in)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	ความกว้าง ซี่ใบ (mm)	ความยาว ซี่ใบ (mm)	จำนวน ซี่ใบ (mm)	น้ำหนัก (kg)
14	130	290	457	70	385	22	3.1
22	130	340	675	70	450	36	5.1
24	130	340	700	70	470	39	5.6

2.3.4 ฐานลูกหมุน

ฐานลูกหมุนเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญสำหรับติดตั้งลูกหมุน เข้ากับหลังคาอาคารที่ต้องการติดตั้ง ฐานลูกหมุนไฟเบอร์กลาส (B.P.) ฐานลูกหมุนเป็นอุปกรณ์สำหรับติดตั้งลูกหมุน จึงมีความจำเป็นที่ต้องผลิตให้มีขนาดและรูปแบบที่เหมาะสม สามารถเข้ากับรูปแบบของหลังคาได้พอดี ดังนั้น ขนาดของฐานลูกหมุนจึงมีขนาดแตกต่างกัน ฐานลูกหมุนที่นิยมใช้กันมาก คือ ฐานขนาดมาตรฐาน 1.50 เมตร, ฐานขนาดพิเศษ 11.80 เมตร, ฐานขนาดพิเศษ 22.10 เมตร นอกจากนี้ยังสามารถออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



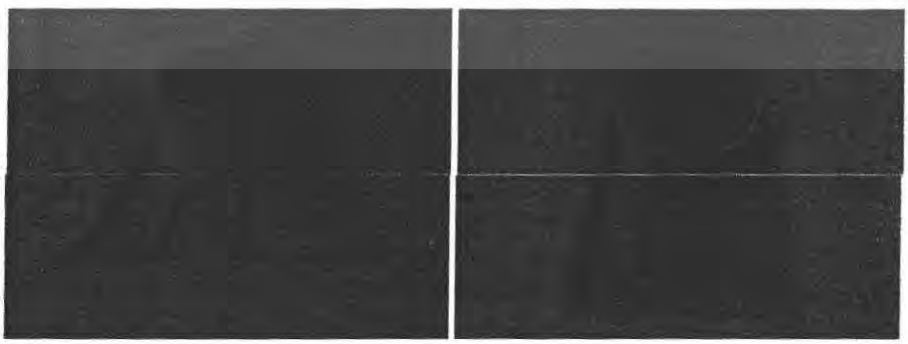
รูปที่ 2.6 ฐานลูกหมุน (บริษัท กรีนเวย์ สตีล โปรดักส์ จำกัด, 2007)

2.3.5 ฐานลูกหมุนสามารถแบ่งตามลักษณะการผลิตได้ 2 ชนิด คือ

1) ฐานลูกหมุนที่ผลิตจากเครื่องจักร โดยนำแผ่นไฟเบอร์กลาสของลอนหลังคาแต่ละลอนมาผสมกับงาน Hand lay-up ขึ้นรูปตามขนาดที่ต้องการ แล้วเคลือบด้วย Acrylic polymer และเสริมแรงด้วย Spun bond

2) ฐานลูกหมุนชนิด Hand lay-up เป็นฐานลูกหมุนที่ขึ้นรูปด้วยมือโดยนำส่วนผสมของเรซิ่นใยแก้วและสีตามต้องการแล้วเสริมแรงด้วยใยแก้วและเคลือบด้วย Gel coat เพื่อยืดอายุการใช้งาน [2]

รูปที่ 2.7 ฐานลูกหมุนที่ผลิตจากเครื่องจักร (บริษัท กรีนเวย์ สตีล โปรดักส์ จำกัด, 2007)



รูปที่ 2.8 ฐานลูกหมุนชนิด Hand lay-upบริษัท (กรีนเวย์ สตีล โปรดักส์ จำกัด, 2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6 วัสดุสำคัญที่ใช้ในการผลิต

1) เรซิน (Resin) ใช้เป็นน้ำยาประสาน และมีส่วนผสมของสารป้องกันรังสี UV

2) ใยแก้ว (Fiber glass) ชนิด Chopped strand mat 300 กรัม/ตร.ม. 450 กรัม/ตร.ม. และ 600 กรัม/ตร.ม. ซึ่งใช้สำหรับเสริมความแข็งแรง

3) เจลโคท (Gel coat) ที่มีส่วนผสมของสารป้องกันรังสี UV ใช้สำหรับทาเคลือบพื้นผิวภายนอก เพื่อให้ชิ้นงานสามารถทนต่อทุกสภาพอากาศ และไม่เกิดการรั่วซึม

4) ตัวอย่างฐานไฟเบอร์กลาสของ B.P. ดังรูปที่ 2.7 และ 2.8

2.4 ประเภทของความร้อนที่อยู่ในอาคาร

2.4.1. ความร้อนที่เกิดจากเครื่องจักรภายในอาคาร

จะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับประเภทของเครื่องจักรว่าเป็นชนิดใด ความร้อนที่เกิดขึ้นมีทั้งในรูปของการแผ่รังสีและส่งถ่ายผ่านมวลอากาศ ทำให้ภายในอาคารร้อนขึ้น ลูกหมุนระบายอากาศจะช่วยระบายความร้อนในส่วนที่ส่งถ่ายผ่านมวลอากาศได้ดี

2.4.2. ความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ส่งถ่ายผ่านหลังคาลงมา

ความร้อนในส่วนนี้จะมีปริมาณมากโดยเฉพาะในช่วงที่มีแดดแรง จะทำให้อุณหภูมิภายในอาคารสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ความร้อนที่ส่งถ่ายลงมาจากหลังคาเข้าสู่ภายในอาคารกว่า 80 % จะอยู่ในลักษณะของการแผ่รังสีความร้อนซึ่งไม่ต้องการตัวกลางใด ๆ ส่วนที่เหลือจะอยู่ในรูปการส่งถ่ายความร้อนผ่านมวลอากาศในอาคาร ลูกหมุนระบายอากาศจะช่วยระบายความร้อนจากมวลอากาศได้ แต่จะไม่สามารถสกัดกั้นความร้อนส่วนที่มาจากการแผ่รังสีได้เลย

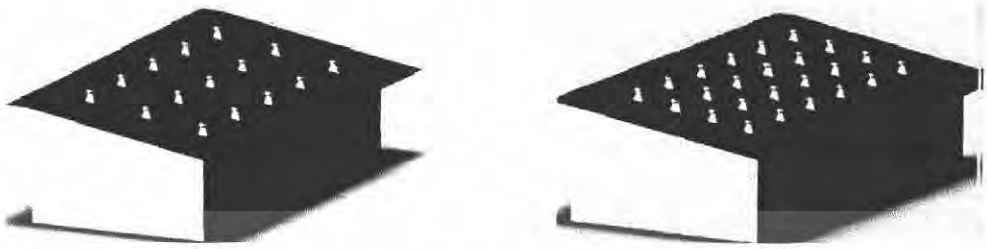
2.5 ปริมาณความร้อนที่ลดลงจากการใช้ลูกหมุนระบายอากาศ

ลูกหมุนระบายอากาศทำหน้าที่ระบายเอามวลอากาศร้อนที่อยู่ใต้หลังคาออกเป็นหลัก ทำให้อากาศเย็นไหลเข้ามาแทนที่จึงส่งผลให้อุณหภูมิภายในอาคารลดลง ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าความร้อนที่ลูกหมุนระบายอากาศระบายออกได้ คือ ความร้อนที่อาศัยมวลอากาศเป็นตัวกลางนั่นเอง ส่วนจะระบายมวลอากาศร้อนได้มากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับอัตราการดูดของตัวลูกหมุนระบายอากาศเอง

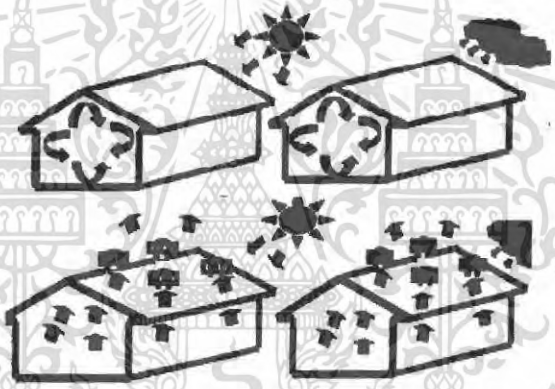
หากพิจารณาความร้อนที่เกิดจากหลังคาที่ถูกแดดเผา อยู่ในช่วงเวลากลางวัน ลูกหมุนระบายอากาศจะช่วยลดความร้อนในส่วนที่ส่งผ่านตัวกลางอากาศเท่านั้น ซึ่งมีปริมาณไม่เกิน 20 % ของความร้อนทั้งหมดจากหลังคาที่ส่งลงมา ดังนั้นการติดตั้งลูกหมุนระบายอากาศเป็นจำนวนมากจึงมิได้หมายถึงการเพิ่มความสามารถในการลดอุณหภูมิในอาคารมากขึ้นไปด้วย ดังนั้นก่อนการดำเนินการแก้ไขปัญหาความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารจึงควรพิจารณาถึงสาเหตุ แหล่งที่มาของความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ คุณสมบัติ และเป้าหมายของการติดตั้งอุปกรณ์ในการป้องกันความร้อนนั้น ๆ ก่อน เช่น การคำนึงถึงคุณสมบัติในการลดความร้อน อัตราและความสามารถในการระบายอากาศของลูกหมุนระบายอากาศนั้น ๆ ก่อนการเลือกใช้



รูปที่ 2.9 การติดตั้งลูกหมุนระบายอากาศที่เหมาะสมและการติดลูกหมุนมากเกินไป
(บริษัท กรีนเวย์ สตีล โปรดักส์ จำกัด, 2007)



รูปที่ 2.10 ก่อนการติดตั้งลูกหมุนและหลังการติดตั้งลูกหมุน
(บริษัท กรีนเวย์ สตีล โปรดักส์ จำกัด, 2007)

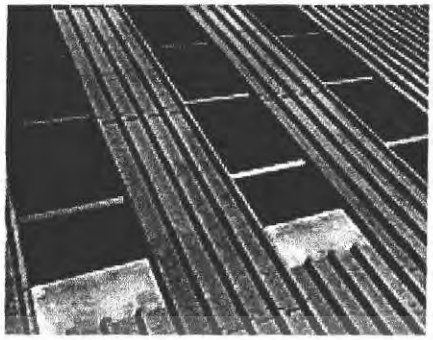
ลักษณะการระบายความร้อนด้วยลูกหมุนระบายความร้อนดังรูปที่ 2.10 จากภาพสามารถอธิบายได้ว่าความร้อนหรือความชื้นที่อยู่ภายในอาคาร หากไม่มีการติดตั้งลูกหมุนระบายอากาศ ความร้อนหรือความชื้นจะหมุนเวียนอยู่ภายในตัวอาคารทำให้ตัวอาคารมีความร้อนหรือความชื้นสูงขึ้นเรื่อยๆ แต่ถ้ามีการติดตั้งลูกหมุน เข้ากับตัวอาคาร ลูกหมุนจะช่วยระบายความร้อนหรือความชื้นจากภายในตัวอาคารสู่ภายนอก ทำให้ความร้อนหรือความชื้นภายในตัวอาคารลดลงอยู่ในระดับสมดุล [3]

คุณสมบัติพิเศษของลูกหมุนระบายอากาศระบบลูกปืน

1) ไม่มีเสียงดังตลอดอายุการใช้งาน
2) ลูกหมุนทำงานได้ดีแม้ในสภาวะแรงลมอ่อน
3) ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา

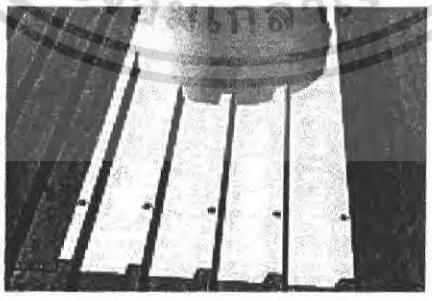
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การติดตั้งลูกหมุนระบายอากาศ



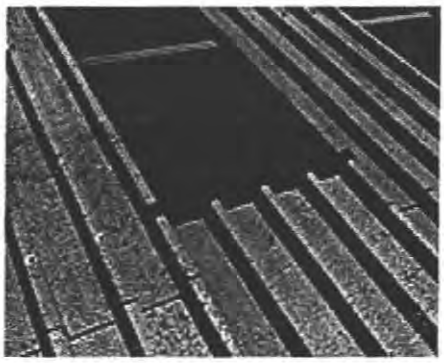
รูปที่ 2.11 เจาะช่องหลังคาใหญ่กว่าลูกหมุนเล็กน้อย โดยเหลือช่องว่างไว้สำหรับติดลูกหมุนระบายอากาศ (บริษัท กรีนเวย์ สตีล โปรดักส์ จำกัด, 2007)

รูปที่ 2.12 ทดลองวางฐานลูกหมุนให้พอดี โดยซ้อนทับตามวิธีการมุงหลังคาทั่วไป (บริษัท กรีนเวย์ สตีล โปรดักส์ จำกัด, 2007)



รูปที่ 2.13 ยิงรีเวทขนาด 6-6 ทั้ง 4 ด้าน หรือใช้เกลียวปล่อยยึดทั้ง 4 ด้าน ท่านจะได้ฐานลูกหมุนที่แข็งแรง และใช้งานได้ยาวนาน ระยะลูกหมุนควรติดตั้งห่างกันอย่างน้อย 2 เมตรขึ้นไป (บริษัท กรีนเวย์ สตีล โปรดักส์ จำกัด, 2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 เมื่อทดลองว่าพอดีแล้ว ยกฐานลูกหมุนออก เพื่อซีน Polymeric sealer โดยรอบฐาน (บริษัท กรีนเวย์ สตีล โปรดักส์ จำกัด, 2007)

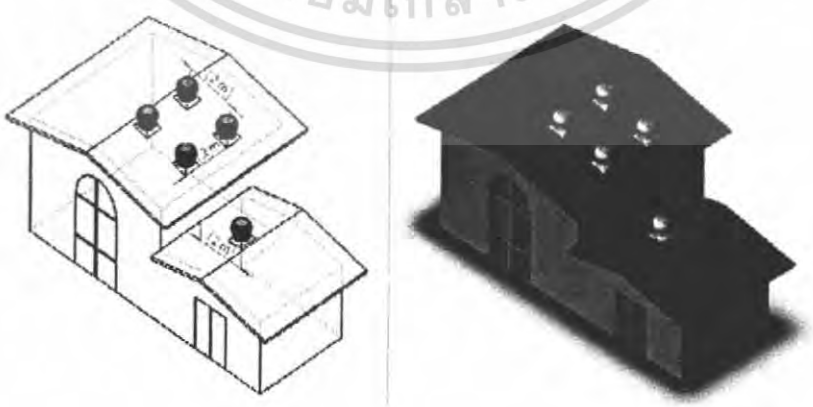
ไฟเบอร์ และวางในตำแหน่งเดิม ยึดด้วยสกรูให้เรียบร้อย นำฐานลูกหมุนระบายอากาศ วางบนฐานไฟเบอร์ และปรับให้ได้ในตำแหน่งระดับน้ำ ทั้ง 4 ด้าน [3]

2.7 ข้อแนะนำในการติดตั้งลูกหมุนระบายอากาศ

2.7.1 เลือกฐานลูกหมุน
ที่ได้ระดับองศาใกล้เคียงกับหลังคาเดิมให้มากที่สุด เพื่อง่ายต่อการปรับให้ขนานกับแนวระดับน้ำ

2.7.2 ระยะห่างระหว่างลูกหมุนและระยะห่าง
ระหว่างลูกหมุนกับกำแพงควรห่างกันอย่างน้อย 2 เมตรขึ้นไป

2.7.3 ไม่ควรติดตั้งลูกหมุนบนหลังคาต่ำที่อยู่
ใกล้กำแพงสูง เพราะบริเวณนี้จะมีความแปรปรวนของทิศทางลมสูง ทำให้ลูกหมุนหมุนผิดทิศทาง และอาจเกิดการรั่วซึมของน้ำเข้าลูกหมุนได้



รูปที่ 2.15 การวางตำแหน่งลูกหมุนบนหลังคา (บริษัท กรีนเวย์ สตีล โปรดักส์ จำกัด, 2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.4 ในกรณีลูกหมุนบางลูกอาจจะหมุนไม่ตรงศูนย์

สาเหตุเกิดจากการถูกกระแทกหรือสาเหตุอื่นๆ ในระหว่างการขนส่งวิธีการแก้ไขให้ช่างติดตั้งสังเกตว่าด้านใดต่ำให้ดึงใบพัดขึ้นด้านใดสูงให้กดลงโดยในขณะทำงานควรสวมถุงมือเพื่อป้องกันการบาดมือแล้วทดลองหมุนดูถ้ายังไม่ตรงให้ดำเนินการตามวิธีเดิมจนกว่าลูกหมุนจะหมุนตามปกติ

2.8 การคำนวณจำนวนลูกหมุนระบายอากาศที่เหมาะสม

เพื่อการระบายความร้อนของลูกหมุนระบายอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ จึงจำเป็นต้องคำนวณหาจำนวนลูกหมุนให้สัมพันธ์กับขนาดของอาคาร ซึ่งจะสามารถคำนวณได้ตามขั้นตอน ดังนี้

2.8.1 หาปริมาตรของอาคารหรือโรงงาน (V) ในหน่วยลูกบาศก์เมตร (กว้าง x ยาว x สูง)

2.8.2 เลือก "อัตราการหมุนเวียนอากาศ (AC) ต่อชั่วโมง" จากตารางที่ 1 ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดและลักษณะของอาคารหรือโรงงาน

2.8.3 พิจารณาหาความเร็วลม เพื่อคำนวณหาค่า "อัตราความสามารถระบายอากาศ (EC) ต่อชั่วโมง" โดยหน่วยวัด คือ ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ตามตารางที่ 2

2.8.4 สูตรการคำนวณ

$$\text{จำนวนลูกหมุนระบายอากาศ} = \frac{V*AC}{EC}$$

ตารางที่ 2.3 อัตราการหมุนเวียนอากาศต่อชั่วโมงที่เหมาะสมสำหรับอาคารต่าง ๆ

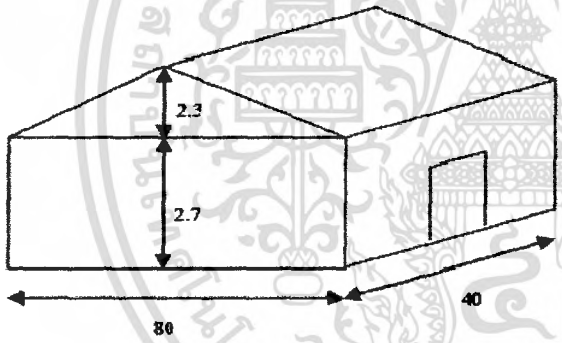
ชนิดของอาคาร	อัตราการหมุนเวียนอากาศต่อชั่วโมงที่เหมาะสม (AC)
คลังสินค้า	3 ถึง 5
โรงงาน & โรงซ่อม	3 ถึง 8
อาคารกีฬา	3 ถึง 8
ห้องโถงประชุม / กิจกรรม	6 ถึง 12
โรงรถ	6 ถึง 12
ห้องน้ำ	7 ถึง 12
ห้องซักผ้า	7 ถึง 15
โรงเลี้ยงสัตว์	7 ถึง 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 อัตราความสามารถในการระบายอากาศที่ความเร็วลมและลูกหมุนขนาดต่าง ๆ

ความเร็วลม (km/hr)	อัตราความสามารถระบายอากาศ(EC) (m3/hr)			
	ลูกหมุน 14 นิ้ว	ลูกหมุน 22 นิ้ว	ลูกหมุน 24 นิ้ว	ลูกหมุน 25 นิ้ว
6	1,225	1,925	2,100	2,187
8	1,644	2,582	2,817	2,934
10	1,816	2,853	3,113	3,242
12	2,000	3,141	3,428	3,570
16	2,505	3,937	4,295	4,473

ตัวอย่างการคำนวณ การใช้ลูกหมุนระบายอากาศขนาด 25 นิ้ว กับ อาคารห้องโถงประชุม



คำนวณพื้นที่

พื้นที่ 180 x 40 x 2.7 = 8,640 m3

พื้นที่ 2 ½ x 80 x 40 x 2.3 = 3,680 m3

รวมพื้นที่ทั้งหมด 12,320 m3

จำนวนลูกหมุน = $\frac{V \times AC}{EC}$

แทนค่าในสูตร = 21,876 x 12,320

ประมาณ 34 ลูก

หมายเหตุ:

V = ปริมาตรของอาคารหรือโรงงาน หน่วยลูกบาศก์เมตร

AC = อัตราการหมุนเวียนอากาศ ต่อ ชั่วโมง ซึ่งจากตารางที่ 1 อาคารเป็นแบบสำนักงาน เทียบได้กับ ห้องโถงประชุม / กิจกรรม เลือกอัตราการหมุนเวียนอากาศต่อชั่วโมงที่เหมาะสม โดยค่าต่ำสุด คือ 6

EC = อัตราความสามารถระบายอากาศ ต่อชั่วโมง ซึ่งความเร็วลมของประเทศไทย มีค่าเท่ากับ 5.5 กิโลเมตร/ชั่วโมง จากตารางที่ 2 จึงคิดค่าที่ 6 กิโลเมตร/ชั่วโมง ดังนั้น อัตราความสามารถระบายอากาศ จึงเท่ากับ 2,187 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 แผ่นพลาสติกอะคริลิค (Acrylic sheet)

2.9.1 คุณสมบัติ

1) สามารถดัดเป็นรูปต่างๆได้ตามต้องการด้วยความร้อน

2) มีน้ำหนักเบา โดยมีน้ำหนักเพียงครึ่งหนึ่งของน้ำหนักแผ่นกระจกขนาดเดียวกัน

3) สามารถต้านแรงกระแทกได้มากกว่ากระจกถึง 15 เท่าทนต่อแสงแดด และ น้ำเค็มทน อุณหภูมิ ตั้งแต่ 30 ถึง 160 องศา ฟาเรนไฮต์ ในงานใช้งานต่อเนื่อง

4) ไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลายเกลือ น้ำมัน น้ำมันเชื้อเพลิง เช่น ก๊าซโซลีน สารเคมี กรดและเบสต่างๆ

5) เป็นฉนวนกันความร้อนและกันไฟฟ้าได้ อีกทั้งไม่เป็นตัวนำความร้อน

6) นำมาเลื่อย ตะไบ เจาะรู หรือเข้าเครื่องตัดเป็นรูปต่างๆ ได้ตามต้องการ นอกจากนี้ยัง สามารถใช้ซิลค์สกรีน สลักลงบนแผ่น อะคริลิค หรือนำมาเชื่อมต่อกันได้

2.9.2 สีมาตรฐาน หลากหลาย ทั้งสีใส สีทึบ สีขุ่น หรือ สีสะท้อนแสง

2.9.3 ความหนา ตั้งแต่ 2 - 100 มม.

2.9.4 ขนาด มีหลายขนาด (ขนาดมาตรฐานคือ 4x8 ฟุต และ 4x6 ฟุต)

2.9.5 การนำไปใช้งาน

ใช้ทำฝาครอบเครื่องจักรฝาครอบสายพานลำเลียงฝาครอบโมเดลหุ่นจำลองใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเครื่องใช้สำหรับงานตกแต่งภายในและภาย เช่น ทำโต๊ะ เก้าอี้ ตู้วางสินค้าชั้นโชว์โป๊ะไฟ เครื่องสุขภัณฑ์ต่างๆ อ่างอาบน้ำ ผนังกั้นห้อง ที่บังแดด ราวบันได ราวระเบียง ใช้ปูพื้นบนพรมในสำนักงานต่างๆ

ใช้ทำหลังคารูปโดม หลังคาโปร่งแสง แผ่นกระเบื้องลอนใสหรือสีโปร่งแสง หน้าต่าง หลังคาเรือนเพาะชำ ฯลฯ

ใช้ทำแผ่นป้ายโฆษณา ส่วนประกอบตู้โทรศัพท์สาธารณะ แผงกั้นเคาน์เตอร์ ฯลฯ อื่นๆ เช่น ทำตู้ปลา ตู้โชว์สินค้า ไม้บรรทัด กรอบรูป พวงกุญแจ ของชำร่วย หน้ากากหมวกกันน็อก ที่บังลมรถมอเตอร์ไซค์

ใช้ทำชิ้นส่วนอุปกรณ์ในอุตสาหกรรมรถยนต์ เครื่องไฟฟ้า เครื่องมือการแพทย์ แท่นใส่รายการอาหารตั้งโต๊ะ ฯลฯ

2.9.6 การทำความสะอาด

1) ล้างด้วยน้ำสบู่อ่อนๆ ในน้ำอุ่น เช็ดให้แห้งด้วย ผ้านุ่ม หรือผ้าชามัวร์

2) ไขมันหรือ กรีซ ควรเช็ดออกด้วย hexane หรือ kerosene

3) ถ้ามีสารโซเวนท์ติดค้างอยู่ ควรล้างออกทันทีไม่ควรใช้น้ำยาเช็ดกระจก เอซิโทน แก๊สโซลีน เบนซีนหรือแลคเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 การเกิดและประเภทของลม

2.10.1 ลม (Wind)

สาเหตุหลักของการเกิดลมคือดวงอาทิตย์ ซึ่งเมื่อมีการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์มายังโลก แต่ละตำแหน่งบนพื้นโลกได้รับปริมาณความร้อนไม่เท่ากัน ทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิและความกดอากาศในแต่ละตำแหน่ง บริเวณใดที่มีอุณหภูมิสูงหรือความกดอากาศต่ำอากาศในบริเวณนั้นก็จะลอยตัวขึ้นสูง อากาศจากบริเวณที่เย็นกว่าหรือมีความกดอากาศสูงกว่าจะเคลื่อนที่เข้ามาแทนที่ การเคลื่อนที่ของมวลอากาศนี้คือการทำให้เกิดลมนั่นเอง และจากการเคลื่อนที่ของมวลอากาศนี้ทำให้เกิดเป็นพลังงานจลน์ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้ ลมสามารถจำแนกออกได้หลายชนิดตามสถานที่ที่เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิ ดังนี้

2.10.2 ลมบก ลมทะเล ลมบกและลมทะเล (land and sea breeze)

เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิของบริเวณทะเลกับฝั่ง โดยลมทะเลจะเกิดในตอนกลางวันเพราะบนฝั่งมีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณในทะเลจึงทำให้เกิดลมจากทะเลพัดเข้าสู่ฝั่ง ส่วนลมบกเกิดในเวลากลางคืนเพราะบริเวณในทะเลจะมีอุณหภูมิสูงกว่าบนฝั่ง ทำให้เกิดลมจากฝั่งออกสู่ทะเล

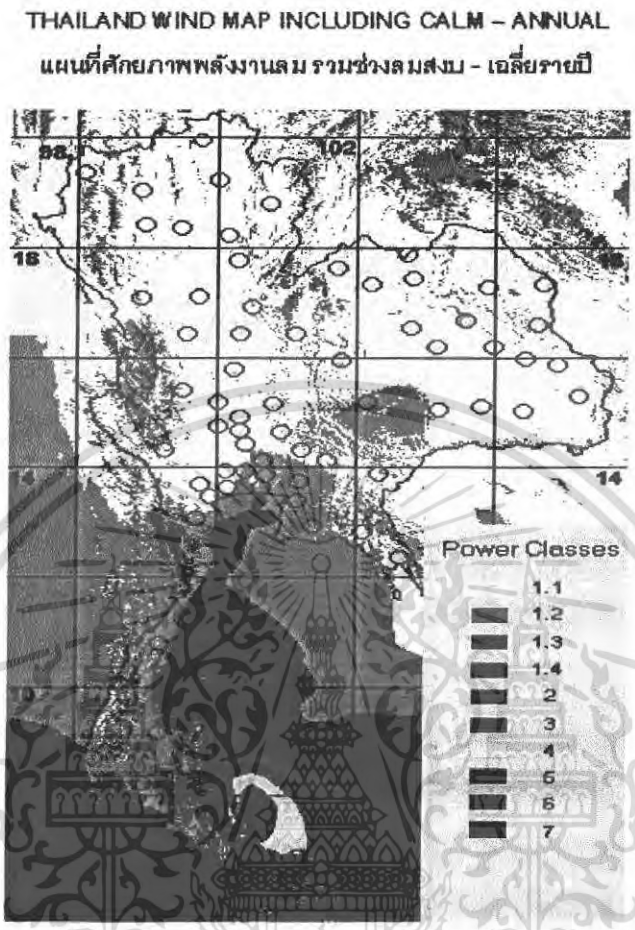
2.10.3 ลมภูเขาและลมหุบเขา ลมภูเขาและลมหุบเขา (mountain and valley winds)

เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างสันเขาและหุบเขา โดยลมภูเขาจะพัดจากสันเขาลงไปสู่หุบเขาในตอนกลางคืน เนื่องจากบริเวณสันเขาอยู่ในที่สูงกว่าจึงเย็นเร็วกว่าหุบเขาดังนั้นจึงมีลมพัดลงจากยอดเขาสู่หุบเขา ส่วนลมหุบเขาจะพัดจากหุบเขาขึ้นไปสู่สันเขาโดยเกิดขึ้นในตอนกลางวัน เนื่องจากบริเวณหุบเขาเบื้องล่างจะมีอุณหภูมิต่ำกว่ายอดเขาจึงมีลมพัดขึ้นไปตามความสูงของสันเขา นอกจากนี้ยังมีการเรียกชื่อลมตามทิศการเคลื่อนที่ในแต่ละฤดูกาล เช่น ลมมรสุม ซึ่งหมายถึงลมที่พัดเปลี่ยนทิศทางกับการเปลี่ยนฤดูคือฤดูร้อนจะพัดอยู่ในทิศทางหนึ่งและจะพัดเปลี่ยนทิศทางเป็นตรงกันข้ามในฤดูหนาว

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน มีข้อมูลที่ดีเกี่ยวกับการใช้พลังงานของเมืองไทย จะเห็นแนวโน้มอันชวนขนหัวลุกเคยไปเที่ยวเขื่อนป่าสักสองครั้ง ทั้งสองครั้งพบว่าลมแรงจริงๆ แต่ก็ไม่สามารถจะยืนยันได้ว่าลมแรงอย่างนี้ตลอดเวลาเป็นประจำหรือไม่ มีความคุ้มค่าที่จะตั้งทุ่งกังหันลมปั่นไฟขายให้การไฟฟ้าเพื่อจะลด การพึ่งพาพลังงานจากนอกประเทศได้หรือไม่ ภาษีต่างๆอันอาจเกิดขึ้นก็จะตกอยู่กับท้องถิ่น อาจจะไม่จำเป็นต้องตั้งแถวที่ทำการเขื่อนซึ่งนักท่องเที่ยวไปเที่ยวให้เสีย ทัศนียภาพ (เหมือนอนุสาวรีย์โฮปเวลที่คนกรุงเทพรู้จักดี) การตั้งทุ่งกังหันลมที่ไหนก็ได้รอบๆเขื่อน น่าจะให้ผลแบบเดียวกัน กังหันลมมาตรฐานในต่างประเทศที่ขายเพื่อนำมาปั่นไฟมีความสูง 10 เมตร ถ้าเป็นแบบที่รัฐลงทุนเองก็สูงกว่านั้นมาก แต่ก็ชี้ให้เห็นว่าพลังงานสะอาดจากธรรมชาติมีอยู่มากมาย เพียงแต่เรามองข้ามไปหมด ไม่ได้หยิบมาใช้ให้เป็นประโยชน์ที่ยกเรื่องนี้ขึ้นมา ก็ด้วยความรู้สึกที่ว่าเราทิ้งโอกาสเกี่ยวกับพลังงานทดแทนไปมากแล้ว [11]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 ข้อมูลความเร็วลม กรุงเทพและปริมณฑลในประเทศไทย



รูปที่ 2.16 ศักยภาพพลังงานลมในประเทศไทย
(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน, 2007)

ตารางที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับความสูงในประเทศไทย

THAILAND WIND POWER CLASSES

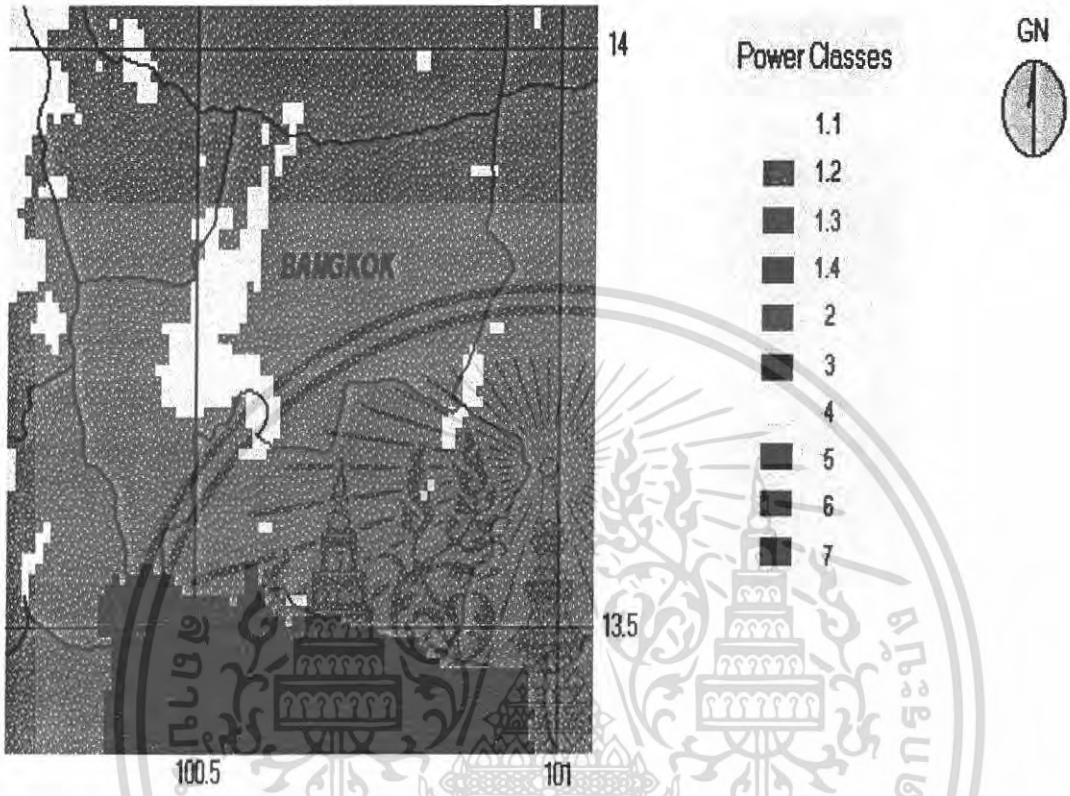
Elevation		1.1	1.2	1.3	1.4	2	3	4	5	6	7
10 m	m/s	0	2.8	3.6	4.0	4.4	5.1	5.6	6.0	6.4	7.0	9.4
	W/m^2	0	25	50	75	100	150	200	250	300	400	1,000
30 m	m/s	0	3.3	4.1	4.7	5.2	5.9	6.5	7.0	7.4	8.2	11.0
	W/m^2	0	40	80	120	160	240	320	400	480	640	1,600
50 m	m/s	0	3.6	4.4	5.1	5.6	6.4	7.0	7.5	8.0	8.8	11.9
	W/m^2	0	50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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

BANGKOK WIND MAP EXCLUDING CALM - ANNUAL AVERAGE

แผนที่ศักยภาพพลังงานลม กรุงเทพฯ ไม่รวมช่วงลมสงบ - เฉลี่ยรายปี



รูปที่ 2.17 ศักยภาพพลังงานลมในเขตกรุงเทพมหานคร

(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน, 2007)

ตารางที่ 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับความสูงในเขตกรุงเทพมหานคร

THAILAND WIND POWER CLASSES

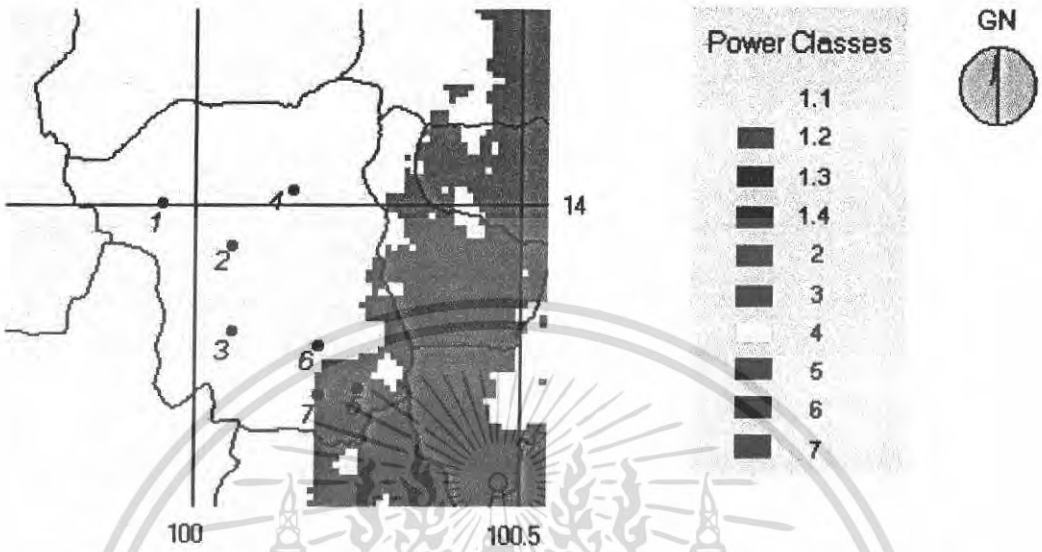
Elevation		1.1	1.2	1.3	1.4	2	3	4	5	6	7
10 m	m/s	0	2.8	3.6	4.0	4.4	5.1	5.6	6.0	6.4	7.0	9.4
	W/m^2	0	25	50	75	100	150	200	250	300	400	1,000
30 m	m/s	0	3.3	4.1	4.7	5.2	5.9	6.5	7.0	7.4	8.2	11.0
	W/m^2	0	40	80	120	160	240	320	400	480	640	1,600
50 m	m/s	0	3.6	4.4	5.1	5.6	6.4	7.0	7.5	8.0	8.8	11.9
	W/m^2	0	50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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

82974

NAKHON PATHOM WIND MAP EXCLUDING CALM – ANNUAL AVERAGE

แผนที่ศักยภาพพลังงานลม จ.นครปฐม ไม่รวมช่วงลมสงบ - เฉลี่ยรายปี



รูปที่ 2.18 ศักยภาพพลังงานลมในเขตกรุงเทพมหานคร

(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน, 2007)

ตารางที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับความสูง

No. / AMPHOE(อำเภอ)	LONG	LAT	CLASS
1.Kamphaeng Saen (อ.กำแพงแสน)	99.95	14	1.1
2.Don Tum (อ.ดอนตูม)	100.06	13.94	1.1
3.Nakhon Chai Sri (อ.นครชัยศรี)	100.19	13.8	1.1
4.Bang Len (อ.บางเลน)	100.15	14.02	1.1
5.Buddha Monthon (อ.พุทธมณฑล)	100.25	13.74	1.2
6.Muang Nakhon Pathom (อ.เมือง นครปฐม)	100.06	13.82	1.1
7.Sam Phran (อ.สามพราน)	100.19	13.73	1.2

โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน พบว่าแหล่งศักยภาพพลังงานลมที่ดีของประเทศไทยมีกำลังลมเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ระดับ 3 (class 3) หรือมีความเร็วลมเฉลี่ยประมาณ 6.4 เมตรต่อวินาทีขึ้นไป ที่ระดับความสูง 50 เมตร ในแถบภาคใต้บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเริ่มตั้งแต่จังหวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นครศรีธรรมราช จังหวัดสงขลา จังหวัดปัตตานี และที่อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ อันเกิดจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงปลายเดือนมีนาคม นอกจากนี้ยังพบว่ายังมีแหล่งศักยภาพพลังงานลมที่ดีอีกแหล่งหนึ่งอยู่บริเวณเทือกเขาด้านทิศตะวันตกตั้งแต่ภาคใต้ตอนบนจรดภาคเหนือตอนล่างในจังหวัดเพชรบุรี จังหวัดกาญจนบุรี และจังหวัดตาก อันเกิดจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม นอกจากนี้ยังมีแหล่งศักยภาพพลังงานลมที่ดีซึ่งได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ อยู่ในบริเวณเทือกเขาในอุทยานแห่งชาติแก่งกรุง จังหวัดสุราษฎร์ธานีอุทยานแห่งชาติเขาหลวงและอุทยานแห่งชาติใต้ร่มเย็น จังหวัดนครศรีธรรมราช อุทยานแห่งชาติศรีพังงา จังหวัดพังงา อุทยานแห่งชาติเขาพนมเบญจา จังหวัดกระบี่ ส่วนแหล่งที่มีศักยภาพรองลงมาโดยมีกำลังลมเฉลี่ยทั้งปีตั้งแต่ระดับ 1.3 ถึง 2 (class 1.3 – class 2) หรือมีความเร็วลม 4.4 เมตรต่อวินาทีขึ้นไปที่ความสูง 50 เมตร พบว่าอยู่ที่ภาคใต้ตอนบนบริเวณอ่าวไทยชายฝั่งตะวันตกตั้งแต่จังหวัดเพชรบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดชุมพรถึงจังหวัดสุราษฎร์ธานี และบริเวณเทือกเขาในภาคเหนือคือจังหวัดเชียงใหม่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือคือ จังหวัดเพชรบูรณ์และจังหวัดเลย โดยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และพบที่ภาคใต้ฝั่งตะวันตกตั้งแต่ จังหวัดพังงา จังหวัดภูเก็ต จังหวัดกระบี่ จังหวัดตรังถึงจังหวัดสตูลและชายฝั่งตะวันออกบริเวณอ่าวไทยคือ จังหวัดระยองและจังหวัดชลบุรี โดยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ [11]

2.12 เซอร์กิตเบรคเกอร์ (Circuit breakers)

เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำงาน โดยอาศัยผลของแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ซึ่งทำหน้าที่เปิด-ปิดวงจรไฟฟ้าและควบคุมภาระไฟฟ้าคล้ายสวิตช์ แต่มีคุณสมบัติอีกประการหนึ่งคือ เป็นอุปกรณ์ป้องกันในระบบไฟฟ้า จะทำหน้าที่ป้องกันระบบไฟฟ้า เมื่อกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวมัน มีค่าสูงกว่าพิกัดที่กำหนดไว้จึงอาจเกิดจาก มีการลัดวงจรของระบบไฟฟ้า หรือในสภาวะที่ภาระไฟฟ้าในระบบเกิดการบกพร่อง ทำให้กระแสที่ผ่านระบบไฟฟ้าเกินขนาดพิกัดปกติ เซอร์กิตเบรคเกอร์ ก็จะทำงานโดยตัดวงจรไฟฟ้าออกจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า สามารถป้องกันไม่ให้ภาระไฟฟ้าที่อยู่ในระบบไฟฟ้าใดๆ เกิดเสียหาย หรือเกิดการลัดวงจรที่ทำให้เกิดประกายไฟหรือไฟไหม้ได้ ลักษณะภายนอกของเซอร์กิตเบรคเกอร์

เซอร์กิตเบรคเกอร์ประกอบไปด้วยขั้วไฟฟ้า 2 ขั้วซึ่งหนึ่งต่อไปที่หน้าสัมผัส (Contacts) ที่หน้าสัมผัสนี้มีส่วนเคลื่อนที่(โยกย้าย)โดยยึดปลายข้างหนึ่งไว้กับสปริง จากหน้าสัมผัสที่เคลื่อนที่ได้นี้สายไฟฟ้าจะพันอยู่รอบๆแกนเหล็ก ในลักษณะของหน้าสัมผัสอนุกรมกับแท่งแม่เหล็กไฟฟ้า ที่หน้าสัมผัสทั้งสอง ซึ่งต่อกันอยู่จะมีด้านอามาเจอร์ (Armature) เป็นตัวล็อก (Look) ในสภาวะปกติในขณะที่เซอร์กิตเบรคเกอร์ทำงาน เช่น กรณีที่กระแสที่ผ่านเซอร์กิตเบรคเกอร์ที่ผ่านหน้าสัมผัส มีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากกว่าปกติ ทำให้แม่เหล็กไฟฟ้ามีเส้นแรงแม่เหล็กเพิ่มมากขึ้น เมื่อถึงพิกัดที่สร้างไว้ เช่น เซอร์กิตเบรคเกอร์ขนาด 5 A จะทำงานเมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านหน้าสัมผัสมากกว่า 5A นั่นคือ แท่งแม่เหล็กไฟฟ้าจะดึงดูดก้านอามาเจอร์ให้เคลื่อนที่มาทางขวามือ ผลคือ ก้านของหน้าสัมผัสที่กับสปริงจะถูกแรงสปริงดึงให้จากกัน กระแสไฟฟ้าก็ไม่สามารถผ่านขั้นไฟฟ้าทั้งสองของเซอร์กิตเบรคเกอร์ได้ เซอร์กิตเบรคเกอร์จึงเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สามารถป้องกันการลัดวงจร หรือกระแสไฟฟ้าพิกัดได้ [9]

2.13 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงพลังงานกลมาเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กตามหลักการของ ไมเคิล ฟาราเดย์ คือ การเคลื่อนที่ของขดลวดตัวนำผ่านสนามแม่เหล็ก หรือการเคลื่อนที่แม่เหล็กผ่านขดลวดตัวนำ จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวดตัวนำนั้น

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามี 2 ชนิด คือชนิดกระแสตรงเรียกว่า ไดนาโม (Dynamo) และชนิดกระแสสลับเรียกว่า อัลเตอร์เนเตอร์ (Alternator) สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้งานในเชิงอุตสาหกรรมนั้น โดยมากจะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดกระแสสลับ ซึ่งมีทั้งแบบ 1 เฟส และแบบ 3 เฟส โดยเฉพาะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่ใช้ตามโรงไฟฟ้าจะเป็นเครื่องกำเนิดแบบ 3 เฟส ทั้งหมด เนื่องจากสามารถผลิตและจ่ายกำลังไฟฟ้าได้เป็นสามเท่าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ 1 เฟส

โดยทั่วไปแล้วเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือส่วนที่เรียกว่า โรเตอร์ (Rotor) ซึ่งจะมีขดลวดตัวนำฝังอยู่ในร่องรอบแกนโรเตอร์ที่ทำจากแผ่นเหล็กซิลิคอน(Silicon steel sheet) ขนาดหนาประมาณ 0.35-0.5 มิลลิเมตร นำมาอัดแน่นโดยระหว่างแผ่นเหล็กซิลิคอนจะมีฉนวนเคลือบ ทั้งนี้เพื่อลดการสูญเสียที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าไหลวน (Eddy current) ภายในแกนเหล็กของโรเตอร์จะได้รับไฟฟ้ากระแสตรงจากเอ็กไซเตอร์ (Excitor) เพื่อทำหน้าที่ในการสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น อีกส่วนหนึ่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าคือส่วนที่อยู่กับที่ เรียกว่า สเตเตอร์ (Stator) ภายในร่องแกนสเตเตอร์ มีขดลวดซึ่งทำจากแผ่นเหล็กอัดแน่นเช่นเดียวกับโรเตอร์ฝังอยู่ อาศัยหลักการของการเคลื่อนที่ของแม่เหล็กผ่านลวดตัวนำ จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าที่สเตเตอร์และนำแรงดันไฟฟ้านี้ไปใช้ต่อไป

อุปกรณ์ประกอบที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่ คือ เอ็กไซเตอร์อยู่แกนเดียวกับโรเตอร์ ทำหน้าที่ผลิตไฟฟ้ากระแสตรงป้อนให้แก่โรเตอร์ (D.C. Exciting current) เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นบนโรเตอร์ ชนิดของเอ็กไซเตอร์จะเป็นแบบไฟฟ้ากระแสตรง หรืออาจจะใช้แบบกระแสสลับ แล้วผ่านวงจรแปลงไฟฟ้าให้เป็นกระแสตรงก่อนป้อนเข้าสู่โรเตอร์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่มักจะใช้เอ็กไซเตอร์ชนิดหลังเป็นส่นมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมแรงดันไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สามารถกระทำได้โดยการปรับความเข้มของสนามแม่เหล็กที่โรเตอร์สร้างขึ้นด้วยการปรับกระแสไฟฟ้าตรงที่ป้อนให้กับโรเตอร์ ส่วนความถี่ของไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 อย่าง คือ ความเร็วรอบที่โรเตอร์หมุน ยิ่งหมุนรอบมากความถี่ไฟฟ้าก็จะยิ่งสูง และจำนวนขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าที่สร้างขึ้นบนโรเตอร์ ยิ่งมีขั้วมากเท่าไร ความถี่ไฟฟ้าก็จะมากขึ้นตาม ซึ่งพอสรุปออกมาได้ดังสมการ

$$n = \frac{120 \times f}{P} \quad \text{(รอบต่อวินาที)}$$

f หมายถึง ความถี่ไฟฟ้า (เฮิรตซ์)

n หมายถึง ความเร็วรอบในการหมุน (รอบต่อนาที)

p หมายถึง จำนวนขั้วแม่เหล็ก (ขั้ว)

ค้านประสิทธิภาพ มิใช่อยู่ที่ตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเท่านั้น ต้องควบคุมการผลิตไฟฟ้าให้ได้ระดับแรงดันและความถี่อยู่ในเกณฑ์กำหนดด้วย ดังนั้น ความเร็วรอบหมุนและสนามแม่เหล็กที่สร้างขึ้นบน โรเตอร์จึงต้องได้รับการควบคุมอยู่เสมอ โดยจะมีตัวโกเวอร์เนอร์ (Governor) ควบคุมความเร็วรอบให้คงที่ ถ้าความเร็วรอบลดลงก็จะส่งสัญญาณไปยังแหล่งต้นกำลังงาน ให้เพิ่มกำลังในการหมุนมากขึ้นเพื่อเข้าสู่สภาวะปกติต่อไป

2.14 ไฟฟ้ากระแสสลับความถี่และคาบเวลา

2.14.1 ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating current)

ไฟฟ้ากระแสสลับ คือ ไฟฟ้าที่ลักษณะการไหลของกระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนทิศทางตลอดเวลา คือ ขณะหนึ่งมีค่าเป็น 0 แล้วจะเพิ่มขึ้นมีค่าสูงสุดในทิศทางบวกแล้วลดลงเป็น 0 ต่อจากนั้นก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นอีกจนถึงค่าสูงสุด และทิศทางลบแล้วจะลดลงเป็น 0 อีก จะสลับกันไปตลอดเวลา ถ้าไฟฟ้ากระแสสลับมีความถี่คงที่ กระแสไฟฟ้าที่จะไหลก็จะเปลี่ยนทิศทางคงที่ตามไฟด้วย

2.14.2 การสร้างไฟฟ้ากระแสสลับ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับมีลักษณะการทำงาน คือ จะทำการเปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับนี้ สามารถที่จะผลิตแรงดันไฟฟ้า AC ได้โดยใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการของการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นขบวนการของการเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าในลวดตัวนำ โดยลวดตัวนำจะเคลื่อนที่ผ่านสนามแม่เหล็ก

กฎมือซ้ายสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สามารถถูกใช้ในการหาทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำที่เคลื่อนที่ผ่านสนามแม่เหล็ก เมื่อนิ้วหัวแม่มือจะแทนทิศทางการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ นิ้วชี้แทนทิศทางของการแนวฟลักซ์แม่เหล็กจากเหนือไปใต้ และนิ้วกลางจะแทนทิศทางของกระแสที่ไหลในลวดตัวนำ สำหรับค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุดจะถูกเหนี่ยวนำเมื่อแนวการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำตั้งฉากกับแนวของฟลักซ์ และเมื่อแนวการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำไปอยู่ในแนวขนานกับแนวของฟลักซ์ จะทำให้ไม่มีแรงดันไฟฟ้าเกิดขึ้น จากรูปที่ 1 แสดงลวดตัวนำที่หมุนผ่านสนามแม่เหล็ก โดยที่ในตำแหน่ง A แนวการเคลื่อนที่ของวงลวดตัวนำจะขนานกับแนวของเส้นแรงแม่เหล็กซึ่งในสภาวะนี้จะไม่มีแรงดันไฟฟ้าถูกเหนี่ยวนำขึ้นในวงลวดตัวนำเลย และเมื่อวงลวดตัวนำถูกหมุนมาอยู่ในตำแหน่ง B จะทำให้มันตัดกับแนวเส้นแรงแม่เหล็กขึ้น และแรงดันไฟฟ้าถูกเหนี่ยวขึ้นสูงที่สุดเมื่อแนวทิศทางการเคลื่อนที่ของวงลวดตัวนำที่มุมฉากกับแนวเส้นแรงแม่เหล็ก และเมื่อวงลวดตัวนำหมุนต่อไปจนถึงตำแหน่ง C ซึ่งมันจะตัดผ่านแนวเส้นแรงแม่เหล็กเพียง 2-3 เส้น ทำให้แรงดันไฟฟ้าถูกเหนี่ยวนำลดลง จากการเคลื่อนที่ของวงลวดตัวนำจากตำแหน่ง A – C จะกล่าวได้ว่าขดลวดตัวนำหมุนไป 180 องศา และเมื่อวงลวดตัวนำหมุนต่อไปจนถึงตำแหน่ง D จะส่งผลให้เกิดการสลับของทิศทางของการไหลของกระแส และแรงดันไฟฟ้าจะถูกเหนี่ยวนำขึ้นสูงสุดอีกครั้งหนึ่งเมื่อแนวการเคลื่อนที่ของวงลวดตัวนำตั้งฉากกับแนวเส้นแรงแม่เหล็กและวงลวดตัวนำจะเคลื่อนที่กลับไปอยู่ในตำแหน่งเริ่มต้นที่ E ซึ่งแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะกลับไปสู่ O การสลับ คือใน1ไซเคิลจะมีการเปลี่ยนแปลงที่เหมือนกัน

ในแต่ละครั้งที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ จะกล่าวได้ว่า "เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับทำงานได้ 1 ไซเคิล" และแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้ก็จะเรียกว่าแรงดันไฟฟ้า 1ไซเคิลเช่นกัน และในทำนองเดียวกันเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับก็จะผลิตกระแสไฟฟ้าในวงจรที่สมบูรณ์แบบออกมา 1ไซเคิลเช่นกัน และสำหรับการเปลี่ยนแปลงของทั้งสองซีกของไซเคิลนี้เรียกว่าการสลับ (Alternation) สำหรับวงลวดตัวนำที่หมุนนี้เรียกว่า อาร์เมเจอร์ (Armature) และแรงดันไฟฟ้า AC นั้นจะถูกเหนี่ยวนำในอาร์เมเจอร์ และเคลื่อนที่จากตอนปลายของวงลวดตัวนำผ่านหน้าสัมผัสที่เคลื่อนที่ได้ซึ่งติดอยู่ตรงปลายของอาร์เมอเจอร์ วงแหวน 2 วงจะถูกเรียกว่า สลิปริง ซึ่งจะถูกยึดติดกับตอนปลายของวงลวดตัวนำและแปรงถ่าน จะเป็นส่วนที่รับแรงดันไฟฟ้า AC จาก สปริง และสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับที่อธิบายมานี้จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้า AC ที่ค่าต่ำๆ ดังนั้นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับจะต้องมีจำนวนของวงลวดตัวนำเพิ่มขึ้น จึงจะทำให้แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำสูงขึ้น

สำหรับรูปคลื่นที่ถูกผลิตโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับจะถูกเรียกว่า รูปคลื่นซายน์หรือคลื่นรูปซายน์ (Sinusoidal waveform หรือ Sine wave) สำหรับคลื่นรูปซายน์เป็นคลื่นพื้นฐานที่นิยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้มากที่สุดในบรรดาคลื่นกระแสสลับทั้งหมด มันสามารถผลิตได้ทั้งวิธีทางกลและทางไฟฟ้า คลื่นรูปซายน์ถูกแจกแจงด้วยฟังก์ชันซายน์ในตรีโกณมิติ ซึ่งคลื่นรูปซายน์จะเปลี่ยนแปลงจาก 0 ไปจนถึงค่าสูงสุดของฟังก์ชันซายน์ โดยทั้งแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าจะอยู่ในรูปซายน์

2.14.3 ค่าใช้งาน (Effective value)

ของไฟฟ้ากระแสสลับ คือ จำนวนที่คำนวณจากองศาของความร้อนที่ให้โดยตัวต้านทานซึ่งจะเปรียบเทียบเสมือนกับจำนวนของไฟฟ้ากระแสตรง

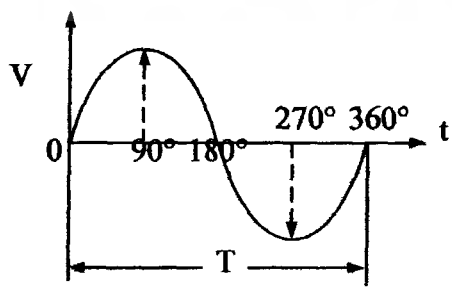
ค่าที่ใช้งานสามารถหาได้โดยวิธีทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่ารูทมีนสแคว (root–mean – square process) ดังนั้นค่าใช้งานจะเป็นค่าเดียวกับค่า rms จากการที่ใช้ขั้นตอนของ rms จะได้ว่าค่าใช้งานของคลื่นซายน์จะเท่ากับ 0.707 เท่าของค่ายอด เมื่อแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้า AC ที่ให้มาไม่มีข้อกำกับมาจะถือว่าเป็นค่าที่ใช้งาน และมิเตอร์ส่วนมากจะถูกปรับแต่งให้แสดงแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าออกมาเป็นค่าที่ใช้งานหรือ rms

2.14.4 คาบ (Period)

คือเวลาที่ต้องการสำหรับการสร้างคลื่นซายน์ 1 ไซเคิล ซึ่งมีหน่วยการวัดเป็นวินาที (Second, s) และใช้สัญลักษณ์แทนด้วยตัว T จำนวนของไซเคิลที่ปรากฏในคาบเวลาหนึ่ง ๆ ถูกเรียกว่า ความถี่ (frequency, *f*) ซึ่งความถี่ของคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับรูปซายน์จะถูกแสดงในรูปของไซเคิลต่อวินาที และหน่วยของความถี่คือ เฮิรตซ์ (Hertz, Hz) เพราะฉะนั้น 1 เฮิรตซ์จะเท่ากับ 1 ไซเคิลต่อวินาที คาบของคลื่นรูปซายน์จะเป็นส่วนกลับของความถี่ ดังนั้นความถี่ยิ่งสูงคาบเวลาก็จะยิ่งต่ำซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างคาบกับความถี่ [4]

2.14.5 คาบเวลาและความถี่ (Period and frequency)

คาบเวลา (Period) หมายถึง เวลาที่รูปคลื่นไซน์เกิดการเปลี่ยนแปลงจากจุดเริ่มต้นคือมีค่าเท่ากับศูนย์จนถึงจุดสิ้นสุดของการเปลี่ยนแปลงสัญญาณ ก่อนที่จะเริ่มต้นเปลี่ยนแปลงสัญญาณใหม่หรืออาจเรียกได้ว่าเป็นเวลาของการเปลี่ยนแปลงสัญญาณใน 1 รอบ (ไซเกิล) คาบเวลาใช้อักษร T แทนซึ่งจะเห็นได้จากรูป



รูปที่ 2.19 แสดงรูปคลื่นไซน์ (ฟิสิกส์ราชมงคล, 2007)

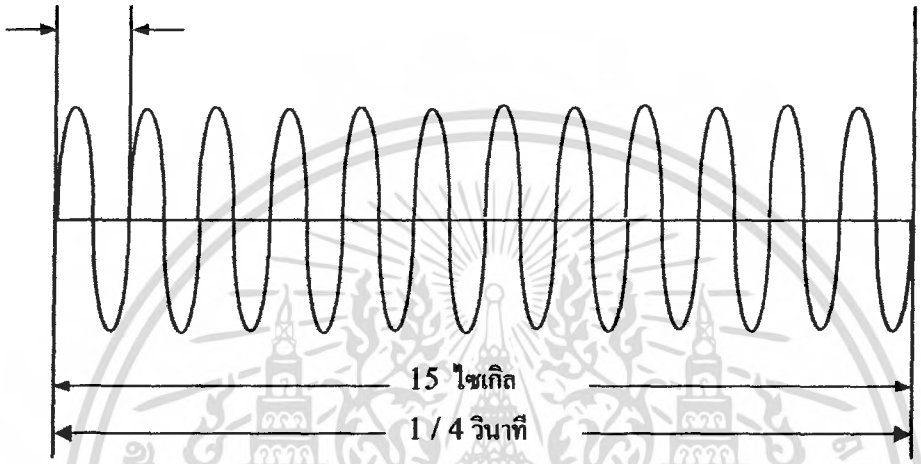
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ (Frequency) หมายถึง ความถี่ของแรงเคลื่อนไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้า ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นจำนวนรอบต่อหน่วยเวลา หรือจำนวนไซเกิลต่อวินาที ความถี่จะมีความสัมพันธ์กับจำนวนขั้วแม่เหล็กและความเร็วรอบ ความถี่มีหน่วยเป็นไซเกิลต่อวินาที หรือเฮิรตซ์ (Hertz; Hz)

1 ไซเกิล/วินาที = 1 Hz

ถ้าให้ f = ความถี่ หน่วยเป็นไซเกิล/วินาที หรือ Hz

T = คาบเวลา หน่วยเป็นวินาที



รูปที่ 2.20 รูปเคลื่อนความถี่ (ฟิสิกส์ราชมงคล, 2007)

1 / 4 วินาที มีความถี่ = 15 ไซเกิล

1 วินาที มีความถี่ = 15 × 4

f = 60 ไซเกิล

จะได้สูตร T = 1/f วินาที

f = 1/T Hz

ถ้าให้ P = จำนวนคู่ของขั้วแม่เหล็ก (Pair of Pole)

N = ความเร็วรอบ หน่วยเป็น รอบ / นาที

จะได้ f = PN/60 Hz

องศาทางกล (Mechanical degree) หมายถึง มุมองศาของขดลวดที่เคลื่อนที่ตัดกับเส้นแรงแม่เหล็กของเครื่องกำเหนิดไฟฟ้าซึ่งหมุนไป 1 รอบ จะทำมุม 360 องศา ดังนั้น 360 องศานี้ เรียกว่า องศากล เขียนย่อเป็น 360° M

องศาทางไฟฟ้า (Electrical degree) หมายถึง จำนวนองศาของรูปคลื่นไซน์ใน 1 ไซเกิลของไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งใน 1 ไซเกิล มีมุมกำกับอยู่ 360 องศา ถ้า 2 ไซเกิล มีมุม 360 × 2 = 720 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศานี้เรียก องศาทางไฟฟ้า ซึ่งถือเอา 1 ไซเกิล มี 360 องศาไฟฟ้าเป็นหลัก
องศาไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงไปตามองศาทางกลและจำนวนคู่ของขั้วแม่เหล็ก

องศาทางไฟฟ้า = องศาทางกล × จำนวนคู่ของขั้วแม่เหล็ก

$$\text{จำนวนไซเกิล} = \frac{\text{องศาทางไฟฟ้า}}{360^{\circ}}$$

ความเร็วเชิงมุม (Angular velocity) คือจำนวนองศา (มุม) ที่รัศมีของวงกลมหมุนผ่านไปต่อวินาที ใช้สัญลักษณ์ " ω " (โอเมก้า) หน่วยเป็น เรเดียนต่อวินาที

ความถี่ 1 รอบ/วินาที จะได้มุมเท่ากับ 2π เรเดียน
ความถี่ 1 รอบ/วินาที ได้ความเร็วเชิงมุมเท่ากับ 2π เรเดียน/วินาที
ความถี่ f รอบ/วินาที ได้ความเร็วเชิงมุมเท่ากับ $2\pi f$ เรเดียน/วินาที
ถ้าไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนแปลงจาก 0 องศา เป็นมุม θ ใช้เวลา t วินาที

$$\text{ดังนั้น } \theta = \omega t \text{ , เมื่อ } \omega = 2\pi f$$

จากสมการรูปคลื่นไซน์ จะได้สูตรแรงเคลื่อนไฟฟ้าชั่วขณะในขณะหนึ่งดังนี้

$$v = V_{max} \sin \theta$$

หรือ $$v = V_{max} \sin \omega t$$

หมายเหตุ: 1 ไซเกิล (Cycle) คือการเปลี่ยนแปลงของแรงเคลื่อนไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับใน 360 องศา ซึ่งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงจาก 0 แล้วเพิ่มสูงสุดทางบวก แล้วลดลงต่ำสุดที่ 0 แล้วจะเพิ่มสูงสุดทางลบอีกครั้ง แล้วต่ำสุดที่ 0 อีก ครบ 360 องศาพอดี [5]

2.15 รีเลย์ (The relay)

เป็นสวิชต์แม่เหล็กชนิดหนึ่งที่การทำงานหน้าสัมผัสสวิทช์เคลื่อนที่เปิด-ปิดได้จากผลของแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเกิดจากการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดของรีเลย์ (Coil) และจะหยุดทำงานเมื่อหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไป โครงสร้างเบื้องต้นประกอบ ไปด้วยขดลวดรีเลย์หนึ่งชุดและหน้าสัมผัสรีเลย์อย่างน้อยหนึ่งชุดหรือมากกว่า เช่น อาจจะมีหน้าสัมผัสปกติเปิด (no) หนึ่งชุด หรือหน้าสัมผัสปกติปิด (nc) หนึ่งชุดก็ได้ เมื่อไม่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดของรีเลย์หน้าสัมผัส No คือ ขั้ว 1 และ 2 จะปิดอยู่ สภาวะนี้คือ สภาวะที่รีเลย์ไม่ทำงาน เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเกิดเส้นแรงแม่เหล็กไฟฟ้าของขดลวดดึงดูดให้หน้าสัมผัสของรีเลย์เคลื่อนที่ลงมา ทำให้หน้าสัมผัสของขั้ว 1และ 2 ซึ่งเคยปิดอยู่จากกัน และต่อหน้าสัมผัสของขั้ว 1 และ 3 ให้ติดกันแทน [8]

2.16 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง (DC generator)

เป็นเครื่องกลไฟฟ้า (Electrical machines)ชนิดหมุนที่เปลี่ยนแรงขับทางกล (เช่น การหมุน) ให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DV volts) โดยอาศัยการเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำโดยการนำลวดตัวนำพันบนแกนหมุนวางไว้ในสนามแม่เหล็ก และทำการหมุนลวดตัวนำให้ตัดกับเส้นแรงแม่เหล็กก็จะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวที่ปลายทั้งสองของลวดตัวนำได้ การที่แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวเกิดขึ้น จากการหมุนนั้น รูปคลื่นของแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ได้ขึ้นอยู่กับการต่อและอุปกรณ์ประกอบที่จะต่อแรงเคลื่อนไฟฟ้าออกมาใช้งาน ถ้าเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแล้ว ส่วนที่ต่อแรงเคลื่อนไฟฟ้าออกมาใช้งานจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ 2 ชิ้นที่สำคัญ คือ แปรงถ่าน (Brushes) และคอมพิวเตอร์ (Commutator)

ขั้นตอนการเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อนำมาเขียนรูปคลื่นของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นจะได้ดังรูป จะพบว่า การหมุนเครื่องกำเนิดหนึ่งรอบนั้นจะเกิดรูปคลื่นไซต์ 1 รูปคลื่น แต่การต่อระหว่างแปรงถ่านกับคอมมิวเตเตอร์บังคับให้รูปคลื่นไซต์ด้านลบ กลับข้างมาปรากฏทางด้านบวก ดังนั้นจะได้แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดเฉพาะค่าศูนย์กับค่าสูงสุด (Max) ทางบวก จึงแรงกว่ารูปคลื่นของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสตรง

2.17 วงจรไฟฟ้า 3 เฟส (Three phase circuits)

หลักการทั่วไป

2.17.1 การกำเนิดสัญญาณแรงดันไฟฟ้ารูปคลื่นไซน์ 3 เฟส จะต้องมีขดลวดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 ชุด วางห่างกันเป็นมุม 120° ทางไฟฟ้า

2.17.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยส่วนใหญ่จะต่อขดลวดทั้ง 3 ชุดแบบสตาร์ ทั้งนี้เพราะต้องการใช้แรงดันทั้ง 2 ระดับ แต่ถ้าต่อแบบเดลต้าจะมีแรงดันเพียงระดับเดียว

2.17.3 แรงดันไฟฟ้าในระบบ 3 เฟสมี 2 ระดับ เรียกว่า "แรงดันระหว่างสาย" ซึ่งจะวัดความต่างศักย์ระหว่างสายมีไฟกับสายนิวทรัล

2.17.4 ลำดับเฟสของแรงดันรูปคลื่นไซน์ 3 เฟสมี 2 ลักษณะคือ "ลำดับเฟสนำหน้า หรือ ลำดับเฟสบวก" แทนด้วยตัว ABC หรือ 123 และ "ลำดับเฟสหลัง หรือลำดับเฟสสลับ" แทนตัวอักษร CBA หรือ 321

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.17.5 โหลดในระบบไฟฟ้า 3 เฟสมีทั้งที่เป็นโหลดสมดุลกับโหลดไม่สมดุล กล่าวคือ โหลดสมดุล หมายความว่า อิมพีแดนซ์ที่นำมาต่อในแต่ละเฟสมีค่าไม่เท่ากัน ทำให้กระแสรวมของโหลดทางเวกเตอร์มีผลลัพธ์ไม่เป็นศูนย์ ถ้าโหลดนั้นต่อแบบสตาร์จะมีกระแสไหลในสายนิวทรัลด้วย

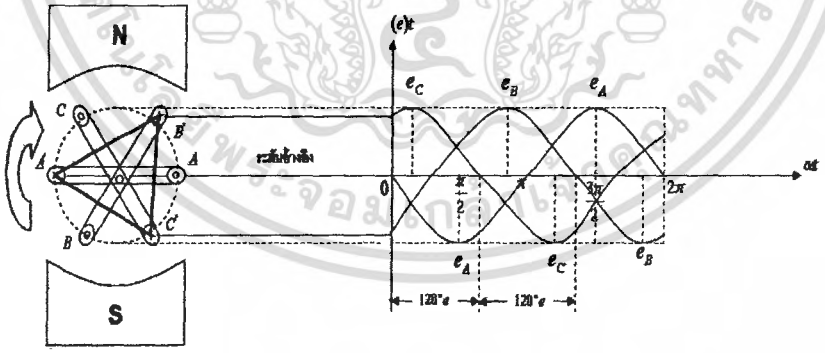
2.17.6 โหลดไม่สมดุล จะทำให้ขดลวดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือหม้อแปลงไฟฟ้าชำรุดเสียหายได้โดยเฉพาะในระบบที่โหลดต่อแบบเดลต้า จะทำให้มีกระแสไหลวนในวงรอบในลักษณะที่เป็นภาระพึ่งพิงต่อกันระหว่างเฟส

2.17.7 ในทางปฏิบัติ การที่จะทำให้โหลดสมดุลนั้นเป็นไปได้ยากมาก หรือแทบเป็นไปไม่ได้เลยเพียงแต่ว่าทำอย่างไรจึงจะออกแบบและควบคุมระบบไฟฟ้ามิให้เกิดปรากฏการณ์โหลดไม่สมดุล

2.18 การกำเนิดแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส

ระบบไฟฟ้า 3 เฟสจะพบได้ในระบบสายส่งและจ่ายไฟฟ้า เพราะระบบดังกล่าวมีโหลดกำลัง (Power Load) ต่ออยู่เป็นส่วนใหญ่ จึงต้องการระบบไฟฟ้าที่จ่ายกำลังไฟฟ้าได้สูง ประหยัดตัวนำ มีแรงดันได้มากกว่าหนึ่งระดับ ซึ่งสิ่งต่างๆ เหล่านี้ระบบไฟฟ้า 3 เฟสสามารถรองรับได้เป็นอย่างดี

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส เป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่ผลิตหรือกำเนิดแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส โดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำตามกฎของฟาราเดย์ที่ว่า "เมื่อมีตัวนำเคลื่อนที่ตัดกับสนามแม่เหล็ก หรือสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดกับขดลวด จะทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้น"



รูปที่ 2.21 การกำเนิดแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส (มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2007)

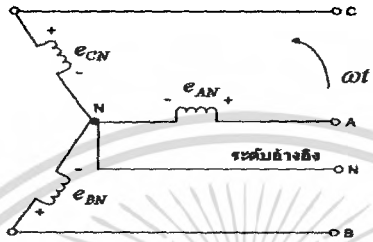
จากรูป ขดลวด A-A', B-B' และ C-C' วางห่างซึ่งกันและกันเป็นมุม 120° พิจารณารูป ที่ระดับอ้างอิง กำหนดให้ขดลวดหมุนทวนเข็มนาฬิกา ขดลวดชุด A จะมีแรงดันเหนี่ยวนำเพิ่มขึ้นจากศูนย์ก่อนและตามมาด้วยชุด B และ C ตามลำดับการกำเนิดแรงดันรูปคลื่นไซน์จึงเป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉะนั้น ลำดับเฟสจะเป็น ABC หรือ BCA หรือ CAB แต่โดยทั่วไปนิยมเรียกว่า "ลำดับเฟส ABC" ซึ่งเป็นลำดับเฟสบวก (ดูหัวลูกศรของรูปคลื่นสัญญาณมีทิศทางไปในด้านบวก)

การต่อขดลวดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส

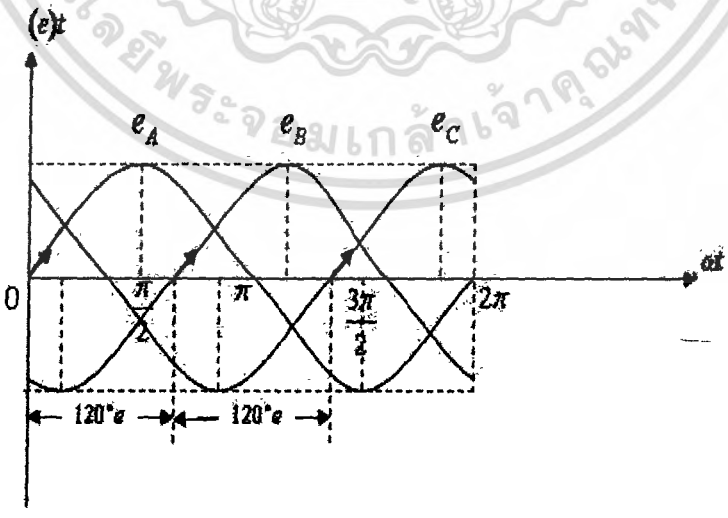
ถ้าเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กจะมีขดลวดพันอยู่ที่ตัวเคลื่อนที่ (Rotor) ส่วนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่ติดตั้งในโรงจักรไฟฟ้ามีขดลวดพันอยู่ที่ตัวอยู่กับที่ (Stator)



รูปที่ 2.22 การกำเนิดแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส (มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2007)

2.18.1 การต่อขดลวดแบบสตาร์

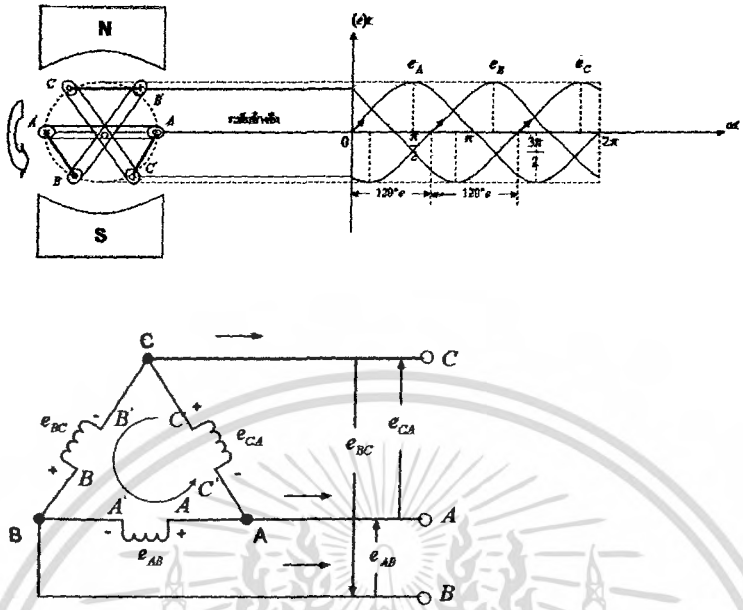
การต่อขดลวดแบบสตาร์มีการต่อเป็นลักษณะที่นำปลายของขดลวดทั้ง 3 ขดต่อรวมกัน (Star Point) ส่วนต้นของลวดทั้งหมดจะต่อเข้ากับระบบสายส่งหรือสายจำหน่ายเพื่อจ่ายโหลดต่อไป อย่างไรก็ดีการต่อขดลวดแบบสตาร์ยังแบ่งเป็นชนิดของลำดับเฟสดังนี้ ชนิดลำดับเฟส ABC จะมีลักษณะดังรูป 2.23



รูปที่ 2.23 การต่อขดลวดแบบสตาร์ (มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดลำดับเฟส ABC



รูปที่ 2.24 การต่อขดลวดแบบเดลต้า (มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2007)

2.18.2 การต่อขดลวดแบบเดลต้า

การต่อขดลวดแบบเดลต้ามีลักษณะการต่อของขดลวดเป็นปลายต่อกับต้น แล้วกลับมาบรรจบที่ขดลวดเดิมเป็นวงรอบ ดังรูปที่ 2.24 [10]

2.18.3 การวิเคราะห์วงจรเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ต่อขดลวดแบบเดลต้า

กำหนดให้

$\bar{I}_{AP}, \bar{I}_{BP}, \bar{I}_{CP}$ คือกระแสที่เฟส $(\bar{I}_P)$

$\bar{I}_{AL}, \bar{I}_{BL}, \bar{I}_{CL}$ คือกระแสที่สาย $(\bar{I}_L)$

อาศัยกฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ที่โนด A,B และ C ตามลำดับ เพื่อหาความสัมพันธ์ของกระแสที่เฟสและสาย

Node A $\bar{I}_{AL} = \bar{I}_{AP} - \bar{I}_{CP}$

Node B $\bar{I}_{BL} = \bar{I}_{BP} - \bar{I}_{AP}$

Node C $\bar{I}_{CL} = \bar{I}_{CP} - \bar{I}_{BP}$

ขั้นต่อไปให้พิจารณาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเสมือนเป็นโนดหนึ่งๆ จะได้ว่า $\bar{I}_{AL} + \bar{I}_{BL} + \bar{I}_{CL} = 0$

กำหนดให้ $\bar{I}_{AP}, \bar{I}_{BP}, \bar{I}_{CP}$ ล้าหลัง $\bar{E}_{AB}, \bar{E}_{BC}, \bar{E}_{CA}$ เป็นมุม 0_S ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 บทสรุป ในการต่อขดลวดแบบสตาร์และแบบเดลต้า

การต่อขดลวดแบบสตาร์	การต่อขดลวดแบบเดลต้า
1.การกำเนิดแรงดันมี 2 ระดับคือแรงดัน (E_P) และแรงดันระหว่างสาย (E_L) 2. แรงดันระหว่างสายมีค่าเท่ากับ $\sqrt{3}$ เท่าของแรงดันที่เฟส 3. กระแสที่สายมีค่าเท่ากับกระแสที่เฟส 4. ลำดับ ABC $\overline{E}_{AN} = E_P\angle 0°$ $\overline{E}_{AN} = E_P\angle -120°$ $\overline{E}_{AN} = E_P\angle -240°$ $\overline{E}_{AN} + \overline{E}_{AN} + \overline{E}_{CN} = 0$ $\overline{E}_{AB} = \overline{E}_{AN} - \overline{E}_{BN} = \sqrt{3}E_P\angle 30°$ $\overline{E}_{BC} = \overline{E}_{BN} - \overline{E}_{CN} = \sqrt{3}E_P\angle 30°$ $\overline{E}_{CA} = \overline{E}_{CN} - \overline{E}_{AN} = \sqrt{3}E_P\angle 30°$ $\overline{E}_{AB} + \overline{E}_{BC} + \overline{E}_{CA} = 0$	1. การกำเนิดแรงดันมีระดับเดียว 2. แรงดันระหว่างสายมีค่าเท่ากับแรงดันระหว่างเฟส 3. กระแสที่สายมีค่าเท่ากับ $\sqrt{3}$ เท่าของกระแสที่เฟส 4. ลำดับเฟส ABC $\overline{E}_{AB} = E_P\angle 0° = E_L\angle 0°$ $\overline{E}_{BC} = E_P\angle 0° = E_L\angle 0°$ $\overline{E}_{CA} = E_P\angle 0° = E_L\angle 0°$ $\overline{E}_{AB} + \overline{E}_{BC} + \overline{E}_{CA} = 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

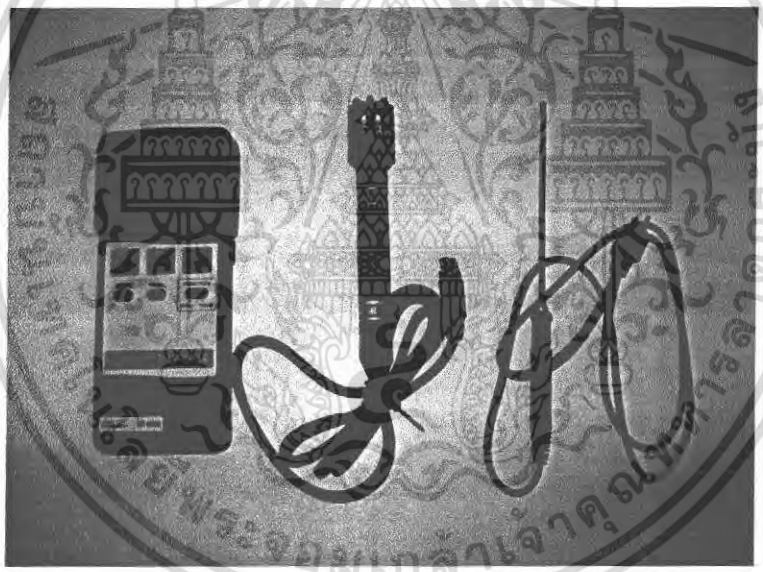
บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 เก็บข้อมูลจากสถานที่จริง

การเก็บข้อมูลเป็นการนำเอาข้อมูลจากสภาพแวดล้อมจริงมาเพื่อที่จะทดลองในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นการเก็บข้อมูล จึงจำเป็นที่จะ ต้องเก็บค่าต่างๆจำนวน 6 ค่าด้วยกันคือ อุณหภูมิภายนอก อุณหภูมิภายใน อุณหภูมิหลังคาภายนอก อุณหภูมิหลังคาภายใน ความเร็วลม จำนวนรอบ

3.1.1 เตรียมเครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูล ได้แก่ เครื่องวัดอุณหภูมิอากาศดังรูปที่ 3.1 เครื่องวัดอุณหภูมิที่ผิวหลังคาดังรูปที่ 3.2 เครื่องวัดความเร็วลมดังรูปที่ 3.3

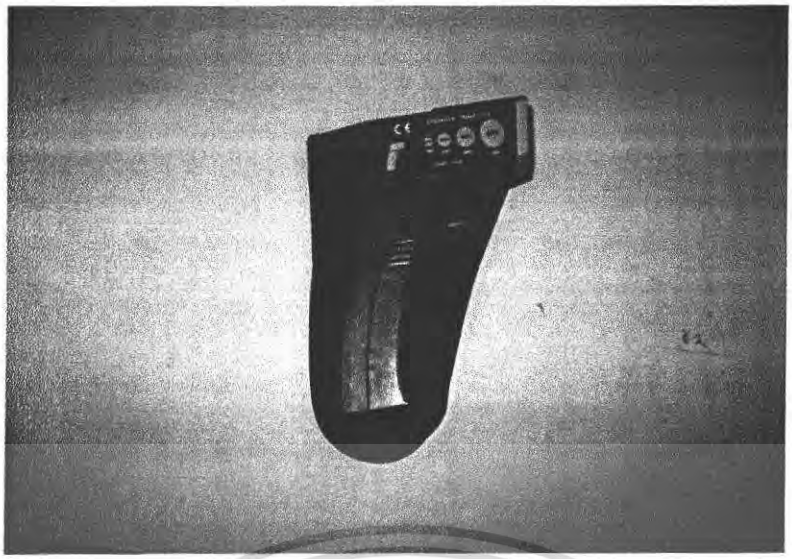


รูปที่ 3.1 เครื่องวัดอุณหภูมิอากาศ

เพื่อวัดความร้อนของอากาศใต้ลูกหมุนและเปรียบเทียบกับอากาศภายนอกลูกหมุนโดยทำการวัดอุณหภูมิภายนอกอีกครั้งในเวลาใกล้เคียงกันแล้วจึงจดค่า ตัวเครื่องประกอบไปด้วยหัววัด 2 ชนิดด้วยกัน คือ

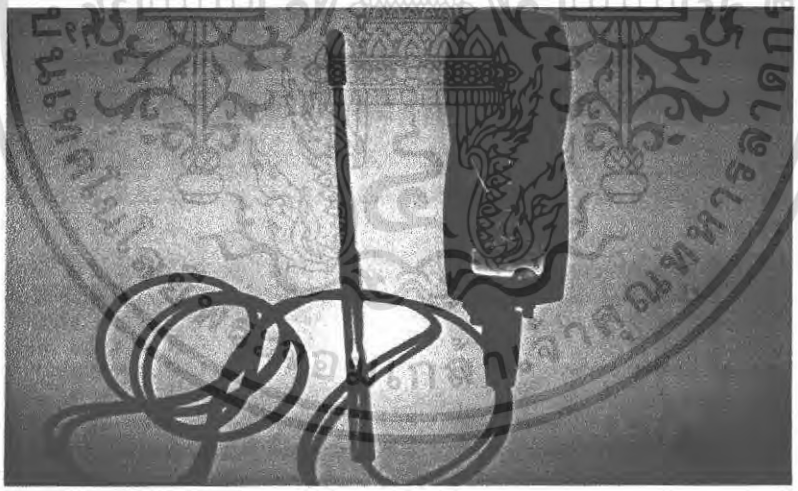
1) หัววัดแบบที่สามารถวัดได้ทั้งอุณหภูมิและความชื้น
2) หัววัดแบบสัมผัส สามารถวัดได้แต่ความร้อนเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบ อินฟาเรด

เป็นเครื่องวัดโดยการยิงแสงให้ไปกระทบกับพื้นผิวที่ต้องการวัดค่าความร้อนจากนั้นตัวเครื่องก็จะอ่านค่าอุณหภูมิและแสดงที่หน้าจอเครื่องมือวัดอุณหภูมิชนิดนี้จะใช้วัดความร้อน ที่ หลังคา ภายในและภายนอกเพื่อนำค่ามาเปรียบเทียบกันภายหลัง



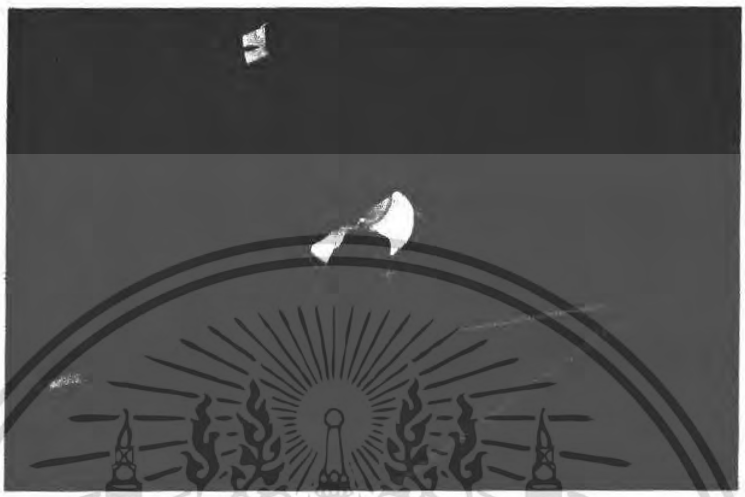
รูปที่ 3.3 เครื่องวัดความเร็วลม

ใช้วัดความเร็วลมที่กระทบกับลูกหมุนและทำให้ลูกหมุนหมุนได้โดยการวัดนี้จะวัดในทิศทางที่ลมเข้ามากระทบกับลูกหมุนแล้วจับค่ามากสุด ต่ำสุดมาคำนวณค่ากลางในขณะที่วัดลมได้ทำการนับรอบของลูกหมุนไปด้วยว่าได้วามเร็วรอบเท่าไรแล้วบันทึกค่าพร้อมความเร็วลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

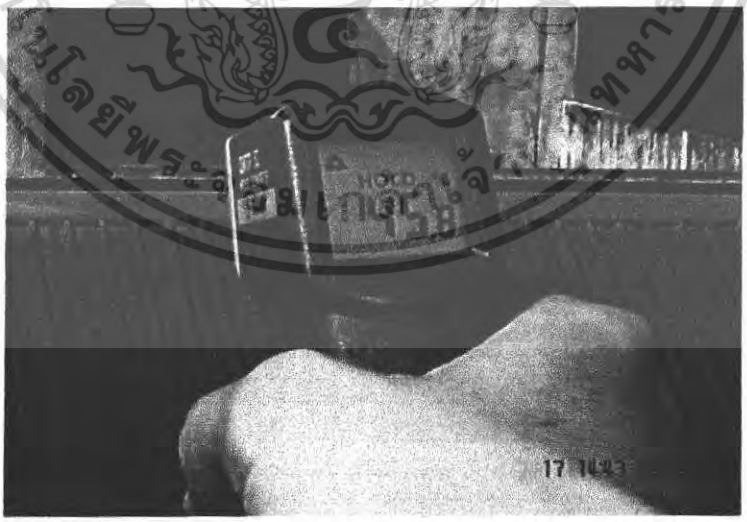
3.1.2 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

1) เก็บข้อมูลอุณหภูมิที่ตัวลูกหมุนระบายความร้อน โดยการเก็บนี้ เมื่อขึ้นไปถึงตัวลูกหมุนแล้วควรเก็บทันทีมิฉะนั้นอุณหภูมิภายใต้ลูกหมุนจะมีค่าผิดไปเนื่องจากอุณหภูมิของตัวผู้เก็บจะมีผลให้อุณหภูมิบริเวณนั้นเพิ่มขึ้นได้ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 เก็บข้อมูลอุณหภูมิใต้หลังคา

2) เก็บข้อมูลอุณหภูมิที่ผิวใต้หลังคา จะเก็บไปพร้อมๆกับการเก็บอุณหภูมิใต้ลูกหมุน โดยการใช้ปืนวัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรดยิงไปที่ผิวของหลังคาดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 เก็บข้อมูลบนหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) เก็บข้อมูลอุณหภูมิที่ผิวบนหลังคา การเก็บจะใช้ปืนวัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรดยิงที่ผิวบนหลังคา

4) นับความเร็วรอบของลูกหมุนในหน่วยรอบต่อนาที (rpm) โดยใช้นาฬิกาและนับเทียบเวลา

5) วัดความเร็วลมของอากาศภายนอกในหน่วยเมตรต่อวินาที (m/s) ขั้นตอนการวัดความเร็วลมและการนับ

6) รอบจะทำพร้อมกันเนื่องจากความเร็วลมมีความสัมพันธ์กันโดยใช้เครื่องวัดความเร็วลมแบบ Hot wire

7) เก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศใต้ลูกหมุนโดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส

8) เก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศภายนอกลูกหมุนโดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส

3.2 ทำชิ้นส่วนและดัดแปลงตัวเครื่องเพื่อประกอบเป็นชุดการทดลอง

3.2.1 ทำการติดตั้งลูกหมุนเข้ากับตู้อบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

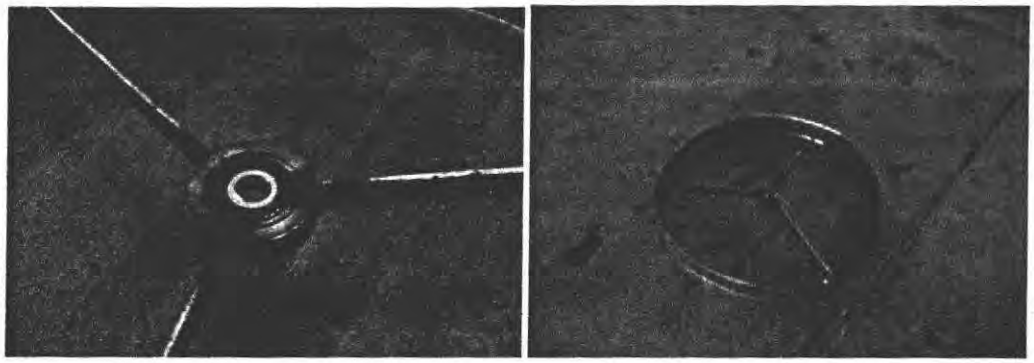
3.2.2 ดัดแปลงโครงสร้างเพื่อให้ลูกหมุนส่งถ่ายกำลังมาตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

1) เจาะรูบนตู้ควบคุมอุณหภูมิให้ได้ขนาด 60 cm เพื่อที่จะวางตัวฐานลูกหมุนโดยขนาดดังกล่าวจะเป็นขนาดที่เล็กกว่าตัวลูกหมุนเล็กน้อยดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 เจาะรูบนตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

2) ขั้นตอนแรกเริ่มจากกลึงเบ้าลูกปืนให้ได้ขนาด เชื่อมเบ้าลูกปืนติดกับโครงสร้างและทำการอัดลูกปืนเนื่องจากจะต้องใช้เพลาที่ยาวกว่าเดิมจึงต้องมีการปรับปรุงตัวลูกปืนให้มีประสิทธิภาพมากกว่าเดิมดังรูปที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



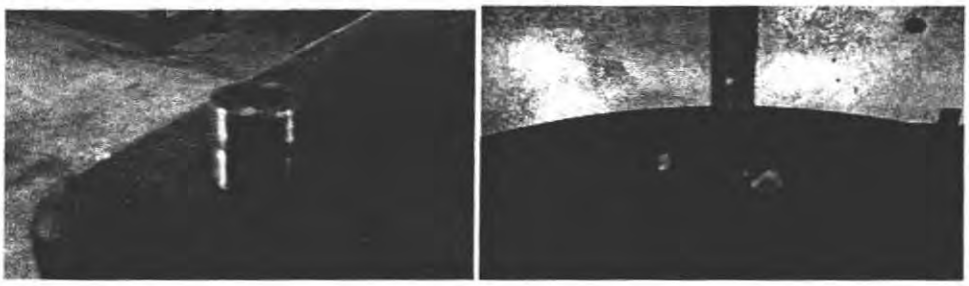
รูปที่ 3.7 การติดตั้งลูกปืนเข้ากับขาตัวเครื่อง

3) กลึงเพลาให้ได้ขนาดเพื่อติดตั้งตัวลูกหมุนกับตัวเพลาเพื่อให้ลูกหมุนส่งกำลังมาที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยให้เพลาอีกข้างหนึ่งทะลุลงมาถึงตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อที่จะได้ลดภาระน้ำหนักที่ลงมาตัวเครื่องกำเนิดไม่ต้องรับน้ำหนักลูกหมุนดังรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 กลึงเพลาส่งกำลัง

4) ทำบูทเพื่อสวมระหว่างเพลากับจานที่อยู่กับตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้าบูธตัวนี้มีหน้าที่แยกน้ำหนักระหว่างตัวลูกหมุนออกจากตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพราะว่าถ้าหากให้น้ำหนักลูกหมุนลงตัวเครื่องกำเนิดโดยตรงเลยจะทำให้ลูกหมุนหมุนได้ยาก เมื่อเพลาสอดผ่านรูลูกปืนลงมาแล้วก็จะมีบ่ารับให้พอดีกับระยะห่างระหว่างตัวลูกหมุนกับตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแล้วมาล็อกด้วยน็อตดังรูปที่3.9

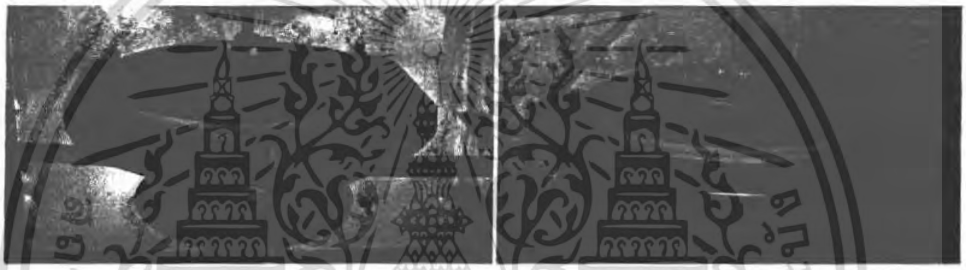
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 เป็นส่วนที่แยกจานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าออกจากตัวลูกหมุน

3.2.3 ประกอบชิ้นส่วนทั้งหมดเข้าตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

1) ขั้นแรกเริ่มจากการนำเอาตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขึ้นวางที่ตู้อบก่อนและตั้งให้ได้ศูนย์



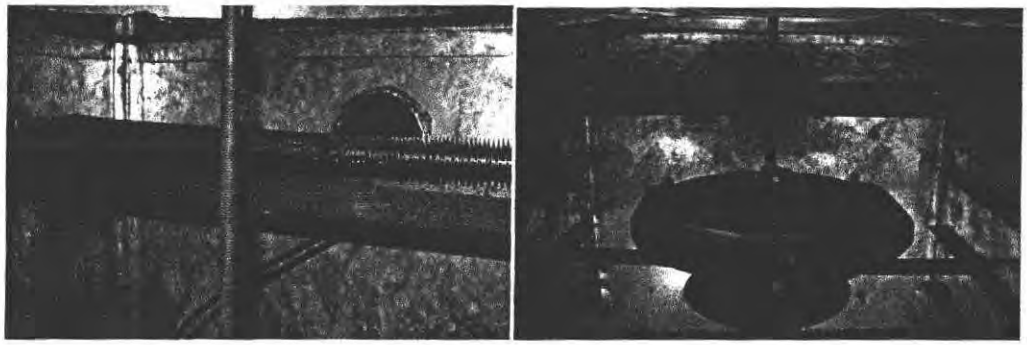
รูปที่ 3.10 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้ากับตู้และเพลา

2) นำตัวลูกหมุนที่ประกอบกับตัวฐานล่างแล้วมาวางสวมลง บนเครื่องด้านบนแล้วสวมเพลาให้ลงกับบูทที่จานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

รูปที่ 3.11 ติดตั้งลูกหมุนเข้ากับเพลาส่งกำลัง

3) ติดตั้งตัวสร้างความร้อน (Heater) ที่ภายในด้านบนของของตู้อบเพื่อจำลองความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆตั้งแต่ 32 องศาเซลเซียส จนถึง 42 องศาเซลเซียสดังรูปที่ 3.12และรูปที่ 3.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 ติดตั้งขดลวดความภายในตู้อบ

4) ติดตั้งโบลเวอร์เพื่อให้มีลมเข้าไปภายในตู้อบแห้งและจำลองลม

รูปที่ 3.13 ตู้ที่ประกอบกับโบลเวอร์เรียบร้อยแล้ว

3.3 วิธีการทดลองก่อนปรับปรุงเครื่องกำเนิดกระไฟฟ้า

3.3.1 จัดเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือ

1) มัลติมิเตอร์

2) เครื่องวัดอุณหภูมิ

3) เครื่องวัดความเร็วลมแบบ Hot wire

4) พัดลม

5) เครื่องวัดอุณหภูมิแบบ อินฟาเรด

6) เครื่องเปลี่ยนความเร็วรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 ในการทดลองได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง

ก. การทดลองที่ 1 ทดลองลูกหมุนตัวเปล่า

วิธีการ

1) ควบคุมให้ลมมีความเร็วอยู่ระหว่าง 1.5-1.8m/s

2) ตั้งความเร็วลมเข้าโดย เครื่องปรับความเร็วรอบ ให้มีความเร็วลมเข้าที่ 1.5 m/s

3) เปิดเครื่องทำความร้อน ให้มีอุณหภูมิเริ่มต้น

4) ติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิใต้ลูกหมุน

5) เมื่อลูกหมุนหมุนได้ด้วยความเร็วคงที่แล้วจึงเริ่มนับความเร็วรอบ (rpm) ของลูกหมุนเทียบกับอุณหภูมิ (°C)

6) เปลี่ยนอุณหภูมิใต้ลูกหมุนโดยเครื่องทำความร้อนให้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตั้งแต่ 32 (°C) จนถึง 42 (°C)

7) ทำการบันทึกผลแล้วพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วรอบ (rpm) กับอุณหภูมิ (°c)

ข. การทดลองที่ 2 ทดลองลูกหมุนที่ติดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ข1. วัด อุณหภูมิ (°C) เทียบกับ ความเร็วรอบ (rpm)

1) ควบคุมให้ลมมีความเร็วอยู่ระหว่าง 2.6 m/s เนื่องจากตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีน้ำหนักมากจึงต้องจำลองความเร็วลมให้มากกว่าลูกหมุนตัวเปล่า

2) ตั้งความเร็วลมเข้าโดย เครื่องปรับความเร็วรอบ ให้มีความเร็วลมเข้าที่ 1.5 m/s

3) เปิดเครื่องทำความร้อน ให้มีอุณหภูมิเริ่มต้น

4) ติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิใต้ลูกหมุน

5) เมื่อลูกหมุนหมุนได้ด้วยความเร็วคงที่แล้วจึงเริ่มนับความเร็วรอบ (rpm) ของลูกหมุนเทียบกับอุณหภูมิ (°C)

6) เปลี่ยนอุณหภูมิใต้ลูกหมุนโดยปรับค่าเครื่องทำความร้อนให้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตั้งแต่ 32(°C) จนถึง 42(°C)

7) ทำการบันทึกผลแล้วพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วรอบ (rpm) กับอุณหภูมิ (°C)

ข2. วัดความเร็วรอบ (rpm) เทียบกับ แรงดันไฟฟ้า (V)

1) ควบคุมให้ลมมีความเร็วอยู่ระหว่าง 2.6 m/s เนื่องจากตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีน้ำหนักมากจึงต้อง

2) จำลองความเร็วลมให้มากกว่าลูกหมุนตัวเปล่า

3) ตั้งความเร็วลมเข้าโดย เครื่องปรับความเร็วรอบ ให้มีความเร็วลมเข้าที่ 1.5 m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปิด เครื่องทำความร้อน ให้มีอุณหภูมิเริ่มต้น

4) ติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิใต้ลูกหมุน

5) เมื่อลูกหมุนหมุนได้ด้วยความเร็วคงที่แล้วจึงเริ่มนับความเร็วรอบ (rpm) ของลูกหมุนเทียบกับแรงดันไฟฟ้า (V)

6) เปลี่ยนอุณหภูมิใต้ลูกหมุนโดยทำการปรับเครื่องทำความร้อนให้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตั้งแต่ 32(°C) จนถึง 42 (°C)

7) ทำการบันทึกผลข้อมูลแล้วพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วรอบ (rpm) กับ แรงดันไฟฟ้า (V)

ข3. วัดอุณหภูมิ (°C) เทียบกับ แรงดันไฟฟ้า (V)

1) ควบคุมให้ลมมีความเร็วอยู่ระหว่าง 2.6 m/s เนื่องจากตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีน้ำหนักมากจึงต้องจำลองความเร็วลมให้มากกว่าลูกหมุนตัวเปล่า

2) ตั้งความเร็วลมเข้าโดย เครื่องปรับความเร็วรอบ ให้มีความเร็วลมเข้าที่ 1.5 m/s

3) เปิด เครื่องทำความร้อน ให้มีอุณหภูมิเริ่มต้น

4) ติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิใต้ลูกหมุน

5) เมื่อลูกหมุนหมุนได้ด้วยความเร็วคงที่แล้วจึงเริ่มนับอุณหภูมิ (°C) ของลูกหมุนเทียบกับแรงดันไฟฟ้า (V)

6) เปลี่ยนอุณหภูมิใต้ลูกหมุนโดยทำการปรับเครื่องทำความร้อนให้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตั้งแต่ 32(°C) จนถึง 42(°C)

7) บันทึกผลแล้วพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (°C) กับแรงดันไฟฟ้า (V)

3.4 ปรับปรุงชิ้นส่วน

3.4.1 โรเตอร์

1) ตัดแผ่นอะคิลิคหนา 15 มิลลิเมตรเป็นวงกลมให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร จำนวน 2 แผ่น

2) กัดชิ้นงานให้เป็นร่องลึก 1 เซนติเมตร กว้าง 2.5 เซนติเมตร ยาว 5 เซนติเมตร จำนวน 12 ช่องทุก 30 องศา

3) เจาะรูจำนวน 4 รูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร

3.4.2. ทำฐาน

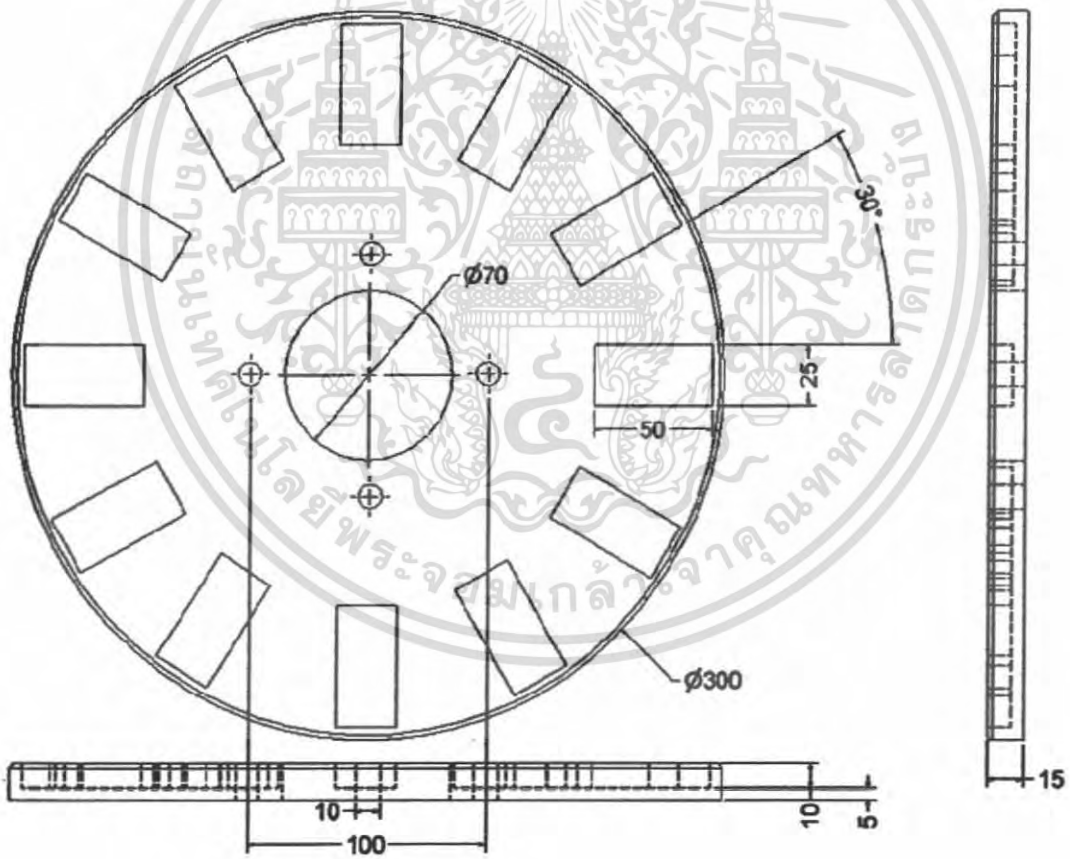
1) ทำฐานโดยใช้แผ่นอะคิลิคหนา 2.54 เซนติเมตร กลึงให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

2) เจาะรูเพื่อยัดแบริ่งขนาด 3*5*1 เซนติเมตร

3) ทำฐานชิ้นที่สองโดยใช้อะคิลิคดังรูปที่ 3.22

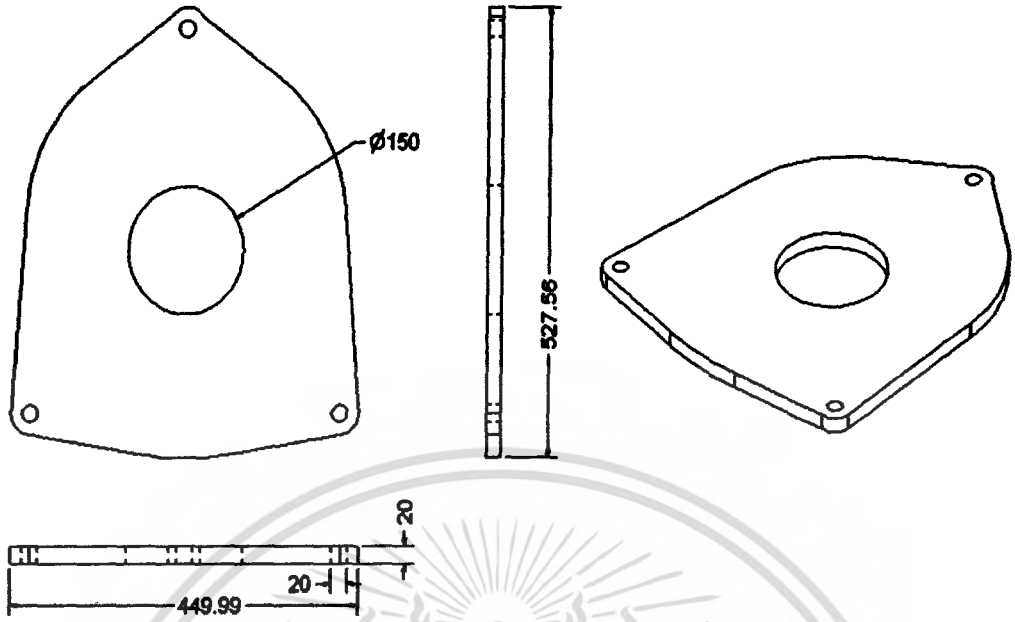
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.14 แบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ปรับปรุงน้ำหนักจานหมุนแล้ว

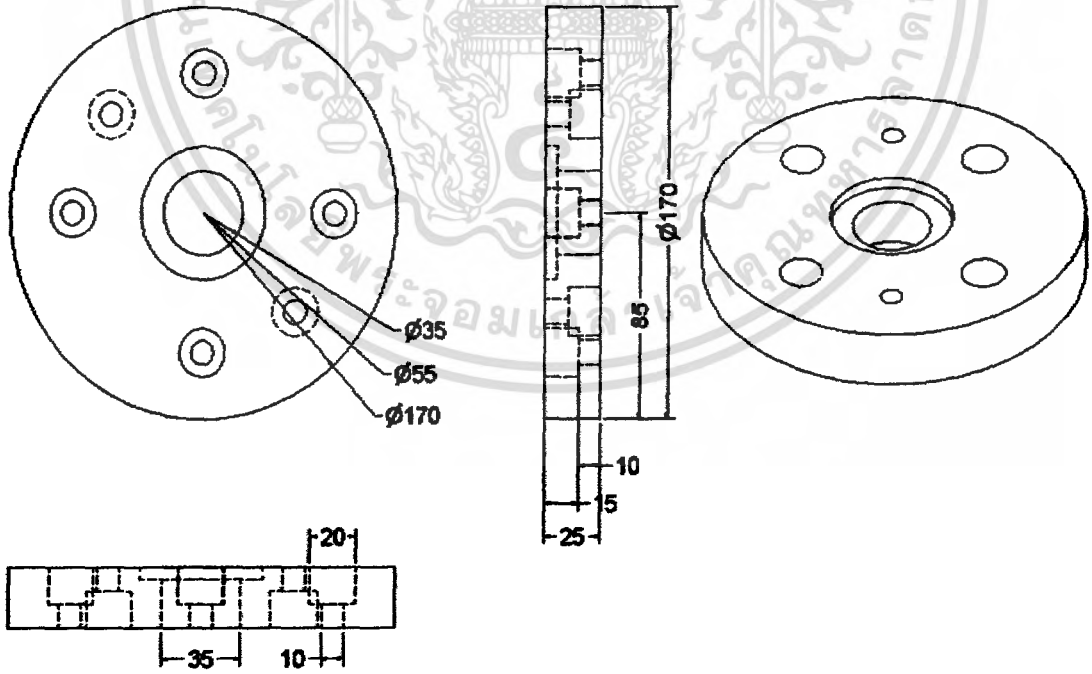


รูปที่ 3.15 แบบจานหมุนที่ปรับปรุงโดยเปลี่ยนจากเหล็กเป็นอะคริลิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

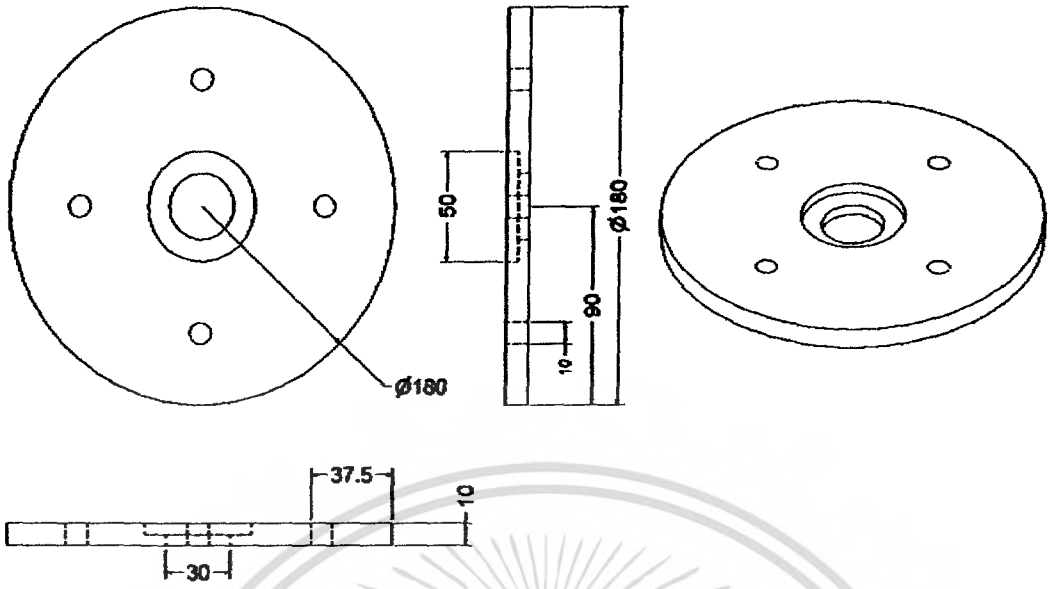


รูปที่ 3.16 แบบชุดขดลวดไฟฟ้า

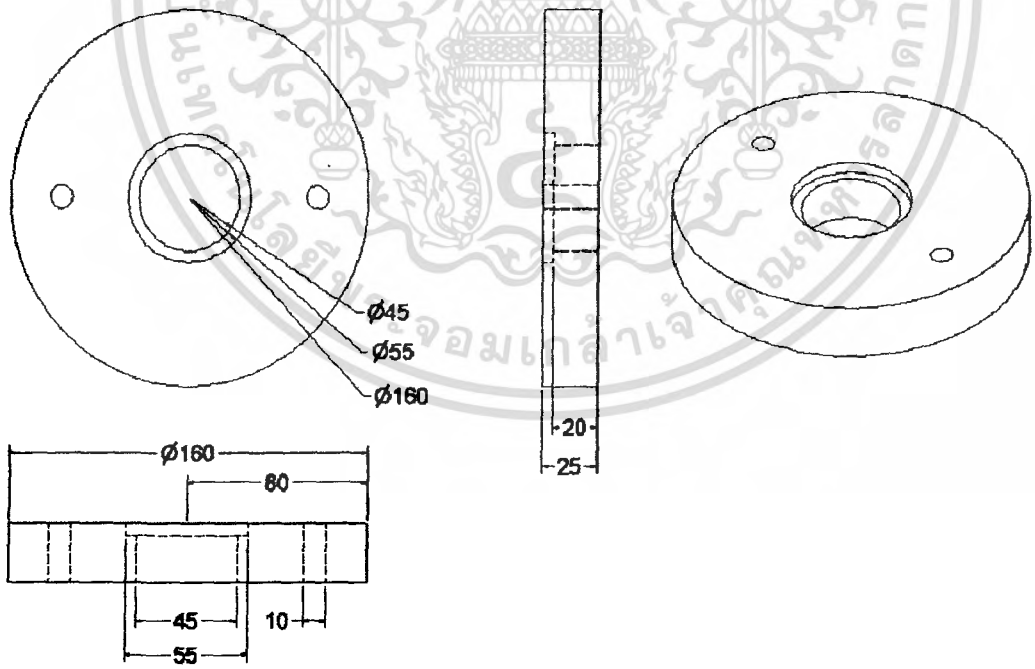


รูปที่ 3.17 จานยึดระหว่างจานแม่เหล็กกับฐานรับน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

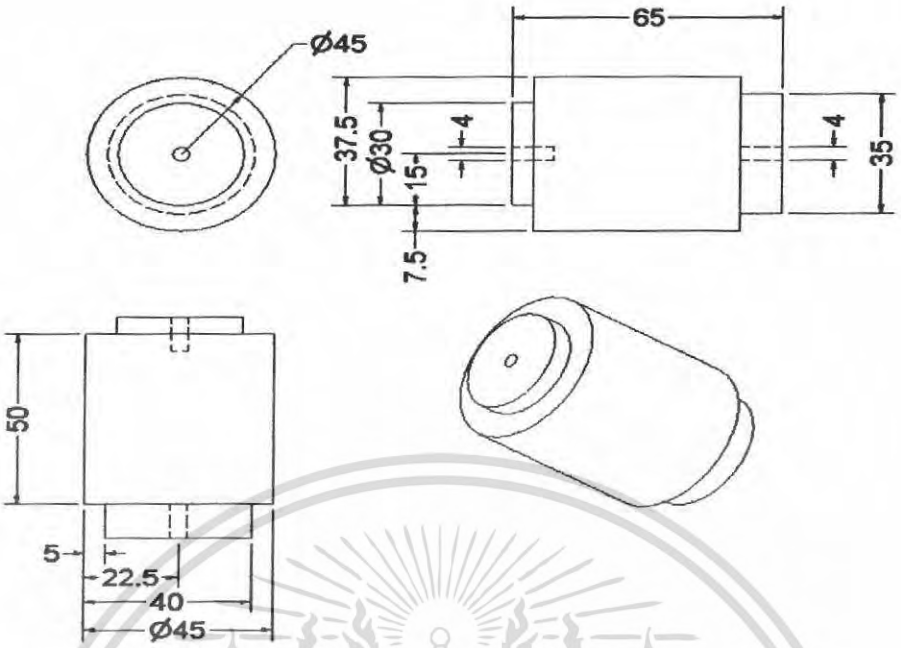


รูปที่ 3.18 ตัวยึดฐานเครื่องกำเนิดกับชุดฐานรับน้ำหนักจานหมุนแม่เหล็ก



รูปที่ 3.19 ตัวยึดเพลาและล็อคลูกปืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 เพลากลมตันยึดระหว่างลูกปืนและจานรับน้ำหนัก

รูปที่ 3.21 ฐานที่ทำจากอะคิลิค

3.4.3 ทำเพลา

1) หล่อเรซินเป็นทรงกระบอก

2) กลึงเพลาที่ทำด้วยเรซินให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร

3) กลึงปลายเพลาเพื่อสวมเข้ากับแบริ่ง

4) กลึงเพลาอีด้านเพื่อสวมกับจานรับโรเตอร์ดังรูปที่ 3.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.22 เพลาที่หล่อจากเรซิน

3.4.4 ติดแม่เหล็กกับโรเตอร์

1) ใช้กาวร้อนติดแม่เหล็กลงในร่องที่กัดไว้

2) ใช้เรซินหล่อทับแม่เหล็กกับอะคริลิค

3) ทำความสะอาดชิ้นงานขัดแต่งด้วยกระดาษทรายและมีดดังรูปที่ 3.23

รูปที่ 3.23 เตรียมอุปกรณ์สำหรับหล่อเรซิน

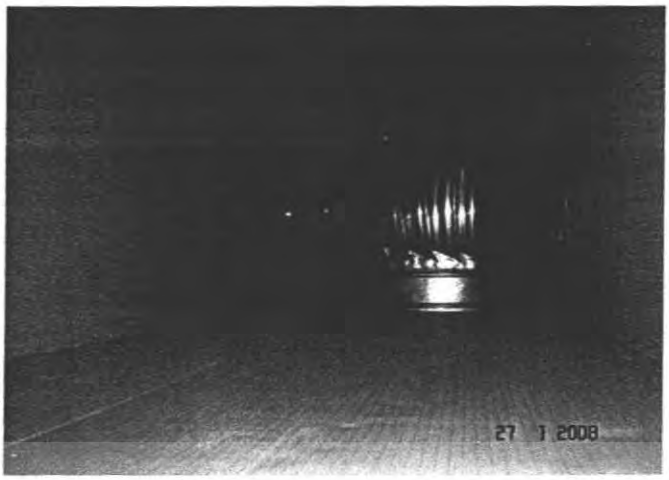
3.4.5 สร้างท่อลม

1) ตัดกระดาษให้ได้เป็นสี่เหลี่ยมเพื่อเป็นท่อลม

2) ทำครีบระบายลม

3) ตัดฟิวเจอร์บอร์ดเพื่อทำท่อลมแบบเวนจูรี่ดังรูปที่ 3.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24 ติดครีบและทำเวนจูรี่

3.4.6 ประกอบชิ้นส่วน

1) เจาะรูชุดฐานพัดลมเพื่อติดตั้งติดตั้งมอเตอร์

2) นำใบพัดติดเข้ากับเพลามอเตอร์

3) ติดตั้งท่อลมเข้ากับมอเตอร์โดยใช้สวดมัด ดังรูปที่ 3.25

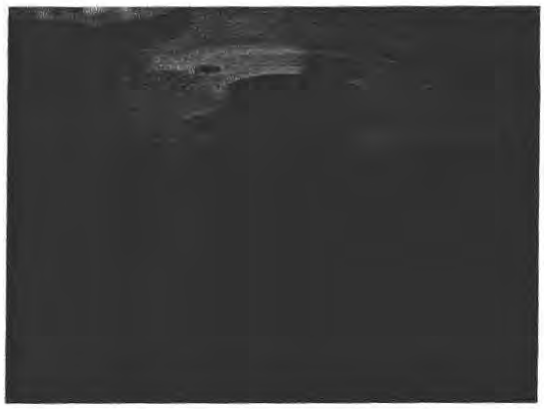
รูปที่ 3.25 ติดท่อลมเขากับโครงสร้างพัดลม

4) อัดเพลาเข้าแบริ่งและสวมอัดเขากับฐาน

5) นำฐานชิ้นล่างมาประกอบและใช้น็อตและโบล่ขึด

6) ติดตั้งจานรับโรเตอร์กับเพลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 ประกอบชุดฐานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

7) นำจานรับแม่เหล็กชิ้นล่างต่อเข้ากับชุดฐาน
8) ติดตั้งชุดสเตเตอร์
9) ติดตั้งจานรับแม่เหล็กชิ้นบน
10) ติดตั้งจานส่งกำลังเข้ากับชุดโรเตอร์
11) นำเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อเข้ากับเพลาส่งกำลังจากลูกหมุน

รูปที่ 3.27 ประกอบเพลาส่งกำลังเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

3.5 วิธีการทดลองหลังปรับปรุงเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

3.5.1 จัดเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือ

1) มัลติมิเตอร์
2) เครื่องวัดอุณหภูมิ
3) เครื่องวัดความเร็วลมแบบ Hot wire
4) พัดลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) เครื่องวัดอุณหภูมิแบบ อินฟาเรด

6) เครื่องเปลี่ยนความเร็วรอบ

3.5.2 ในการทดลองได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง

ก. การทดลองที่ 1 ทดลองลูกหมุนที่ติดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยไม่มีโหลดทางไฟฟ้า

1) ควบคุมให้ลมมีความเร็วอยู่ระหว่าง 2.6-4.7 m/s เนื่องจากตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีน้ำหนักมากจึงต้อง จำลองความเร็วลมให้มากกว่าลูกหมุนตัวเปล่า

2) ตั้งความเร็วลมเข้าโดย เครื่องปรับความเร็วรอบ ให้มีความเร็วลมเข้าที่ 7 ระดับ

3) เปิด เครื่องทำความร้อน ให้มีอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส (°C)

4) ติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิใต้ลูกหมุน

5) เมื่อลูกหมุนหมุนได้ด้วยความเร็วคงที่แล้วจึงเริ่มนับความเร็วรอบ (rpm) ของลูกหมุนเทียบกับแรงดันไฟฟ้า (V)

6) บันทึกผลแล้วพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วรอบ (rpm) กับแรงดันไฟฟ้า (V)

รูปที่ 3.28 ต่อเครื่องมือวัดเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ข. การทดลองที่ 2 ทดลองลูกหมุนที่ติดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยมีโหลดทางไฟฟ้า

1) ควบคุมให้ลมมีความเร็วอยู่ระหว่าง 2.6-4.7 m/s เนื่องจากตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีน้ำหนักมากจึงต้องจำลองความเร็วลมให้มากกว่าลูกหมุนตัวเปล่า

2) ตั้งความเร็วลมเข้าโดย เครื่องปรับความเร็วรอบ ให้มีความเร็วลมเข้าที่ 7 ระดับ

3) เปิด เครื่องทำความร้อน ให้มีอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส (°C)

4) ติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิใต้ลูกหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) เมื่อลูกหมุนหมุนได้ด้วยความเร็วคงที่แล้วจึงเริ่มนับความเร็วรอบ (rpm) ของลูกหมุนเทียบกับแรงดันไฟฟ้า (V)

6) บันทึกผลพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วรอบ (rpm) กับแรงดันไฟฟ้า (V)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานธรรมชาติจากลูกหมุนระบายอากาศก่อนการปรับปรุง

4.1.1 จุดประสงค์

1) เพื่อทดสอบกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้า

2) เพื่อเปรียบเทียบเครื่องเก่าและเครื่องใหม่

4.1.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้

1) มัลติมิเตอร์

2) เครื่องวัดอุณหภูมิ

3) เครื่องวัดความเร็วลมแบบ Hot wire

4) พัดลม

5) เครื่องวัดอุณหภูมิแบบ อินฟาเรด

6) เครื่องเปลี่ยนความเร็วรอบ

7) ชุดแปลงกระแสไฟฟ้า

8) เครื่องวัดความเร็วรอบ

4.1.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

การทดลองที่ 1 ทดลองลูกหมุนตัวเปล่า

ก. วัดความอุณหภูมิเทียบกับความเร็วรอบ

วิธีการ

1) ควบคุมให้ลมมีความเร็วอยู่ระหว่าง 1.5-1.8 m/s

2) ตั้งความเร็วลมเข้าโดย เครื่องปรับความเร็วรอบ ให้มีความเร็วลมเข้าที่ 1.5 m/s

3) เปิดเครื่องทำความร้อนให้มีอุณหภูมิเริ่มต้น

4) ติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิใต้ลูกหมุน

5) เมื่อลูกหมุนหมุนได้ด้วยความเร็วคงที่แล้วจึงเริ่มนับความเร็วรอบ (rpm) ของลูกหมุนเทียบกับอุณหภูมิ (°C)

6) ทำการเปลี่ยนอุณหภูมิใต้ลูกหมุนโดยปรับค่าตัวเครื่องทำความร้อนให้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตั้งแต่ 32 °C จนถึง 42 °C

7) บันทึกผลพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ (rpm) กับอุณหภูมิ (°C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2 ทดลองลองลูกหมุนที่ติดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ข. วัด อุณหภูมิ (°C) เทียบกับ ความเร็วรอบ (rpm)

วิธีการ

1) ควบคุมให้ลมมีความเร็วอยู่ระหว่าง 2.6 m/s เนื่องจากตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีน้ำหนักมากจึงต้องจำลองความเร็วลมให้มากกว่าลูกหมุนตัวเปล่า

2) ตั้งความเร็วลมเข้าโดย เครื่องปรับความเร็วรอบ ให้มีความเร็วลมเข้าที่ 1.5 m/s

3) เปิดเครื่องทำความร้อนให้มีอุณหภูมิเริ่มต้น

4) ติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิใต้ลูกหมุน

5) เมื่อลูกหมุนหมุนได้ด้วยความเร็วคงที่แล้วจึงเริ่มนับความเร็วรอบ (rpm) ของลูกหมุนเทียบกับอุณหภูมิ (°C)

6) ทำการเปลี่ยนอุณหภูมิใต้ลูกหมุนโดยปรับค่าตัวเครื่องทำความร้อนให้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตั้งแต่ 32 °C จนถึง 42 °C

7) บันทึกผลพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ (rpm) กับอุณหภูมิ (°C)

ค. วัดความเร็วรอบ (rpm) เทียบกับ แรงดันไฟฟ้า (V)

วิธีการ

1) ควบคุมให้ลมมีความเร็วอยู่ระหว่าง 2.6 เมตรต่อวินาที เนื่องจากตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีน้ำหนักมากจึงต้องจำลองความเร็วลมให้มากกว่าลูกหมุนตัวเปล่า

2) ตั้งความเร็วลมเข้าโดยเครื่องปรับความเร็วรอบให้มีความเร็วลมเข้าที่ 1.5 m/s

3) เปิดเครื่องทำความร้อนให้มีอุณหภูมิเริ่มต้น

4) ติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิใต้ลูกหมุน

5) เมื่อลูกหมุนหมุนได้ด้วยความเร็วคงที่แล้วจึงเริ่มนับความเร็วรอบ (rpm) ของลูกหมุนเทียบกับแรงดันไฟฟ้า (V)

6) ทำการเปลี่ยนอุณหภูมิใต้ลูกหมุนโดยปรับเครื่องทำความร้อนให้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตั้งแต่ 32 °C จนถึง 42 °C

7) ทำการบันทึกผลแล้วพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ (rpm) กับแรงดันไฟฟ้า (V)

ง. วัดอุณหภูมิ (°C) เทียบกับ แรงดันไฟฟ้า (V)

วิธีการ

1) ควบคุมให้ลมมีความเร็วอยู่ระหว่าง 2.6 m/s เนื่องจากตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีน้ำหนักมากจึงต้อง

2) จำลองความเร็วลมให้มากกว่าลูกหมุนตัวเปล่า

3) ตั้งความเร็วลมเข้าโดย เครื่องปรับความเร็วรอบ ให้มีความเร็วลมเข้าที่ 1.5 m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) เปิดเครื่องทำความร้อน ให้มีอุณหภูมิเริ่มต้น

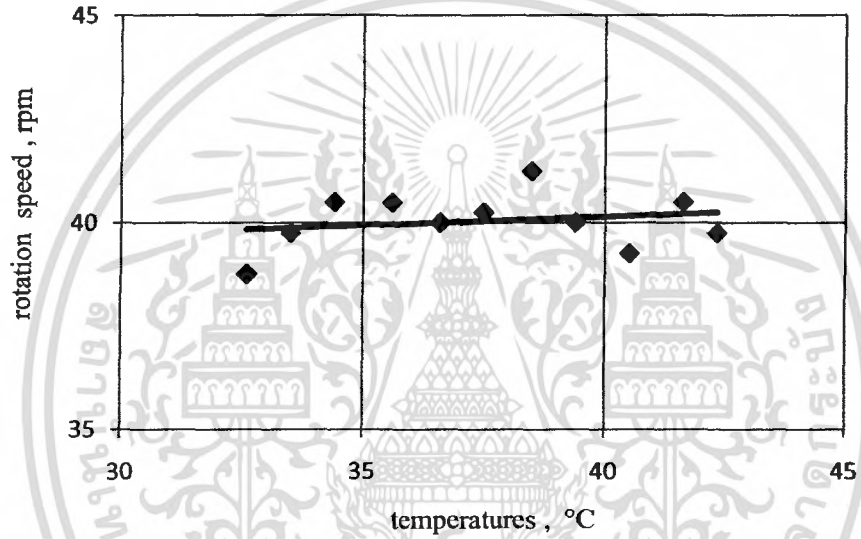
5) ติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิใต้ลูกหมุน

6) เมื่อลูกหมุนหมุนได้ด้วยความเร็วคงที่แล้วจึงเริ่มนับอุณหภูมิ (°C) ของลูกหมุนเทียบกับแรงดันไฟฟ้า (V)

7) ทำการเปลี่ยนอุณหภูมิใต้ลูกหมุนโดยปรับค่าตัวเครื่องทำความร้อนให้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตั้งแต่ 32°C จนถึง 42 °C

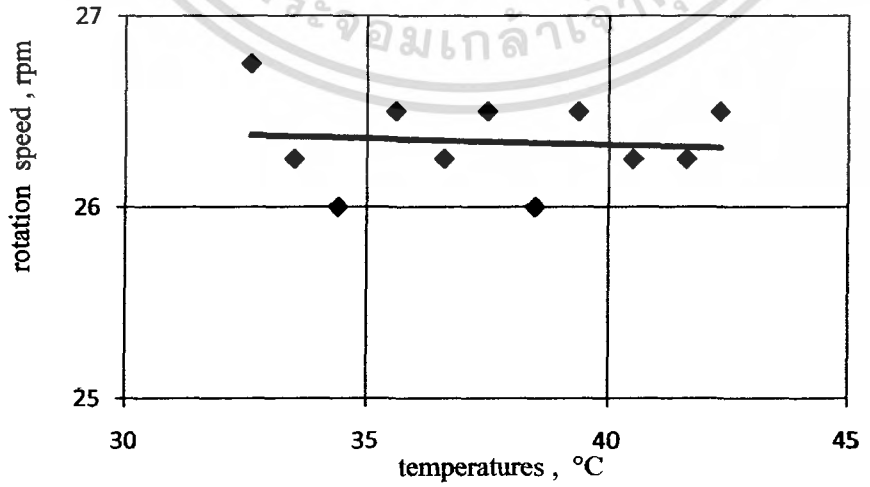
8) บันทึกผลแล้วพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ (°C) กับแรงดันไฟฟ้า (V)

4.1.4 ผลการทดลองทดลองลูกหมุนตัวเปล่าที่ความเร็วลมคงที่ 1.5 m/s



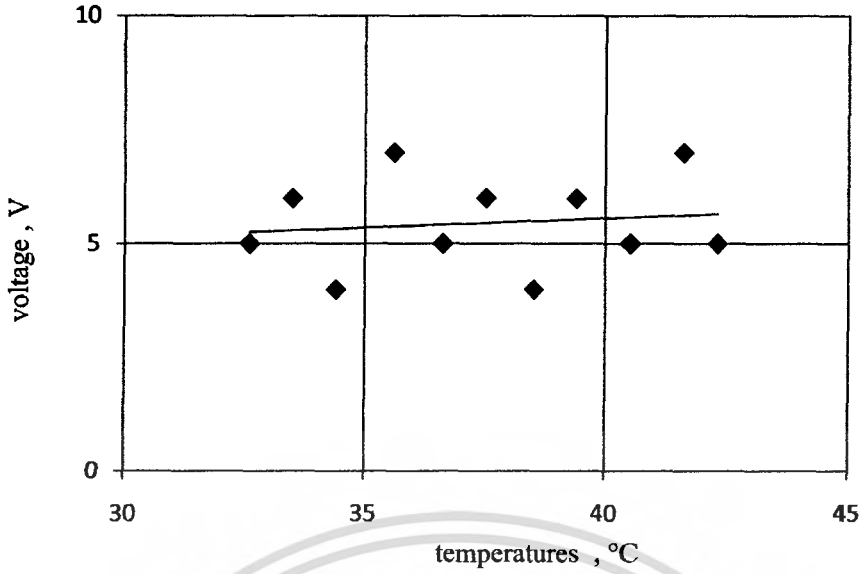
รูปที่4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (°C) เทียบกับความเร็วรอบ (rpm) (1)

4.1.5 ทดลองลูกหมุนติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต้นแบบ

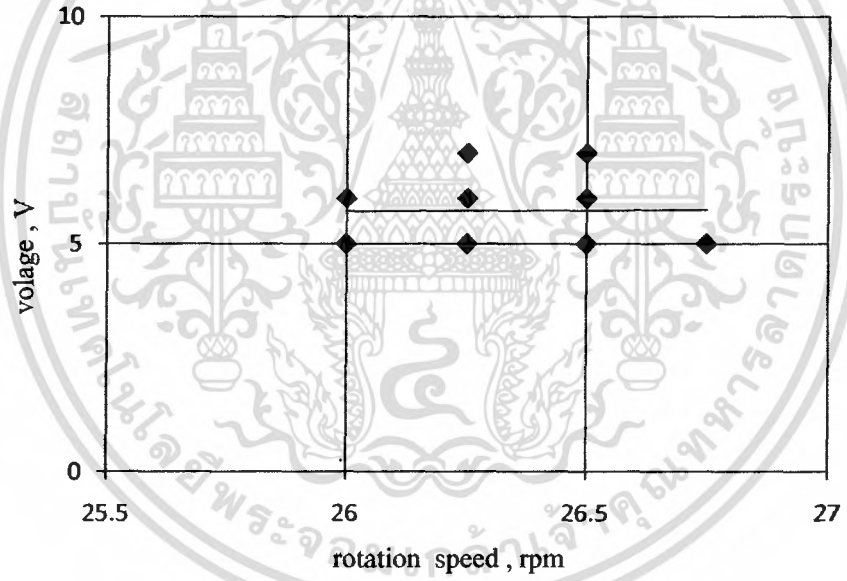


รูปที่4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (°C) เทียบกับ ความเร็วรอบ (rpm) (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (°C) เทียบกับ แรงดันไฟฟ้า (V) กระแสสลับ



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ (rpm) กับ แรงดันไฟฟ้า (V) กระแสสลับ (1)

4.1.6 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า อุณหภูมิไม่สามารถเพิ่มความเร็วรอบของลูกหมุนได้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของรอบน้อยมากคือไม่เกิน 1 ตลอดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 10 องศาจำลองสภาพแวดล้อมและทดลองกับลูกหมุนที่ติดตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไปด้วย โดยทำการทดลองแบบเดียวกันกับลูกหมุนตัวเปล่าแต่มีการเพิ่มความเร็วลมมาเป็น 2.6 m/s พบว่าความเร็วรอบเฉลี่ยแล้วอยู่ที่ 26 รอบต่อนาที ซึ่งยังน้อยกว่าความเร็วรอบของลูกหมุนตัวเปล่าแล้ว แรงดันไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ยประมาณ 4.90 Volt และ 5.09

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Volt ในกระแสสลับ และกระแสตรง ตามลำดับ ซึ่งเมื่อดูจากกราฟแล้วก็จะพบว่าอุณหภูมิเพิ่ม แรงดันไฟฟ้าเพิ่มเช่นกันแต่ก็ไม่ได้เพิ่มอย่างเห็นได้ชัด

4.2 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานธรรมชาติจากลูกหมุนระบายอากาศที่ปรับปรุงลดน้ำหนักจานแม่เหล็ก

4.2.1 วัตถุประสงค์

1) เพื่อทดสอบกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้า

2) เพื่อเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าระหว่างเครื่องใหม่กับเครื่องเก่า

4.2.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้

1) มัลติมิเตอร์

2) เครื่องวัดอุณหภูมิ

3) เครื่องวัดความเร็วลมแบบ Hot wire

4) พัดลม

5) เครื่องวัดอุณหภูมิแบบ อินฟาเรด

6) เครื่องเปลี่ยนความเร็วรอบ

4.2.3 ขั้นตอนการทดสอบ

ก. การทดลองที่ 1 ทดลองลูกหมุนที่ติดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยไม่มีโหลดทางไฟฟ้า

1) ควบคุมให้ลมมีความเร็วอยู่ระหว่าง 2.6-4.7 m/s เนื่องจากตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีน้ำหนักมากจึงต้อง จำลองความเร็วลมให้มากกว่าลูกหมุนตัวเปล่า

2) ตั้งความเร็วลมเข้าโดย เครื่องปรับความเร็วรอบ ให้มีความเร็วลมเข้าที่ 7 ระดับ

3) เปิดเครื่องทำความร้อน ให้มีอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส (°C)

4) เมื่อลูกหมุนหมุนได้ด้วยความเร็วคงที่แล้วจึงเริ่มนับความเร็วรอบ (rpm) ของลูกหมุนเทียบกับแรงดันไฟฟ้า (V)

5) ทำการบันทึกผลแล้วพล็อตกราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ (rpm) กับแรงดันไฟฟ้า (V)

ข. การทดลองที่ 2 ทดลองลูกหมุนที่ติดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยมีโหลดทางไฟฟ้า

1) ควบคุมให้ลมมีความเร็วอยู่ระหว่าง 2.6-4.7 m/s เนื่องจากตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีน้ำหนักมากจึงต้องจำลองความเร็วลมให้มากกว่าลูกหมุนตัวเปล่า

2) ตั้งความเร็วลมเข้าโดย เครื่องปรับความเร็วรอบ ให้มีความเร็วลมเข้าที่ 7 ระดับ

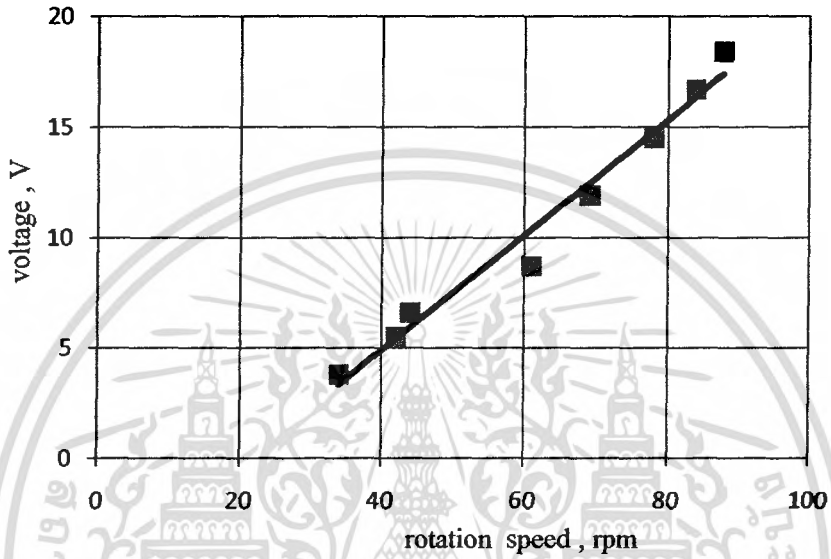
3) เปิด เครื่องทำความร้อน ให้มีอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

4) ติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิใต้ลูกหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) เมื่อลูกหมุนหมุนได้ด้วยความเร็วคงที่แล้วจึงเริ่มนับความเร็วรอบ (rpm) ของลูกหมุนเทียบกับแรงดันไฟฟ้า (V)

6) ทำการบันทึกผลแล้วพล็อตกราฟ ความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วรอบ (rpm) กับแรงดันไฟฟ้า (V)

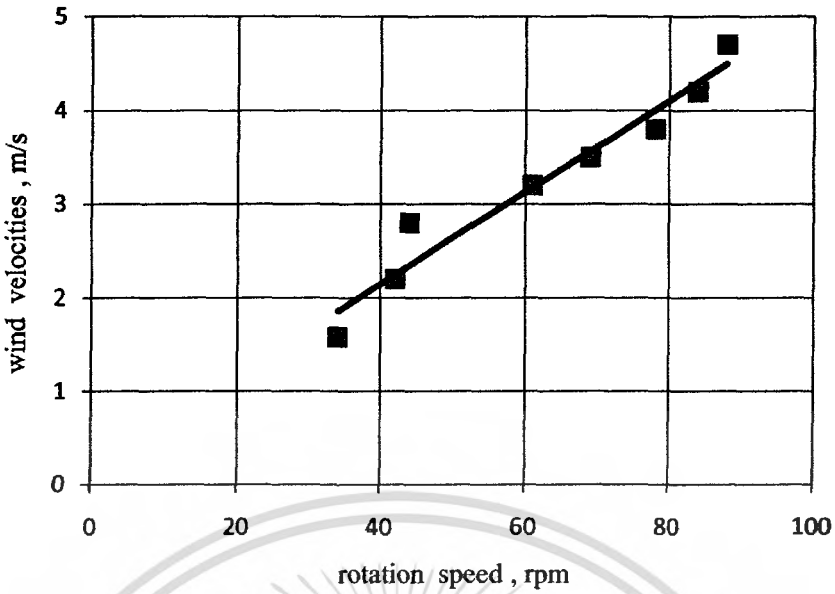


รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ (rpm) กับแรงดันไฟฟ้า (V) กระแสสลับ (2)

4.2.5 สรุปผลการทดลอง

จากการจำลองสภาพแวดล้อมและทดลองกับลูกหมุนที่ติดตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไปด้วย โดยทำการทดลองแบบเดียวกันกับลูกหมุนตัวเปล่าแล้วทำการเปรียบเทียบระหว่างเครื่องตัวใหม่กับเครื่องตัวเก่า พบว่าแรงดันไฟฟ้าของเครื่องตัวใหม่ที่ไม่มีโหลดทางไฟฟ้าได้กำลังไฟฟ้ามากขึ้นที่ความเร็วรอบสูงสุดที่ 88 รอบต่อนาที ได้กำลังไฟฟ้าสูงสุด 18.4 Volt และที่เครื่องตัวใหม่ที่มีโหลดทางไฟฟ้าได้กำลังไฟฟ้ามากขึ้นที่ความเร็วรอบสูงสุดที่ 64 รอบต่อนาที ได้กำลังไฟฟ้าสูงสุด 8.6 Volt ในกระแสสลับ ตามลำดับ จะเห็นว่าจะได้กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น รอบก็เพิ่มขึ้นด้วยเนื่องจากตัวเครื่องมีน้ำหนักเบาขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ (rpm) กับความเร็วลม (m/s)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานธรรมชาติจากลูกหมุนระบายอากาศเครื่องต้นแบบ

จากการจำลองสภาพแวดล้อมและทดลองลูกหมุนตัวเปล่าแล้วเพิ่มอุณหภูมิขึ้น จาก 32 °C จนถึง 42°C และมีความเร็วลมประมาณ 1.5 -1.8 m/s พบว่ามีผลของการหมุนมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เมื่อสังเกตจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความเร็วรอบลูกหมุน จะสังเกตว่าการเพิ่มของรอบน้อยมากจนสามารถสรุปได้ว่าอุณหภูมิไม่มีผลต่อการหมุนในการจำลองอุณหภูมิ ที่ต่างกันและเพิ่มขึ้นทุกๆ 10 องศาเซลเซียส (°C)

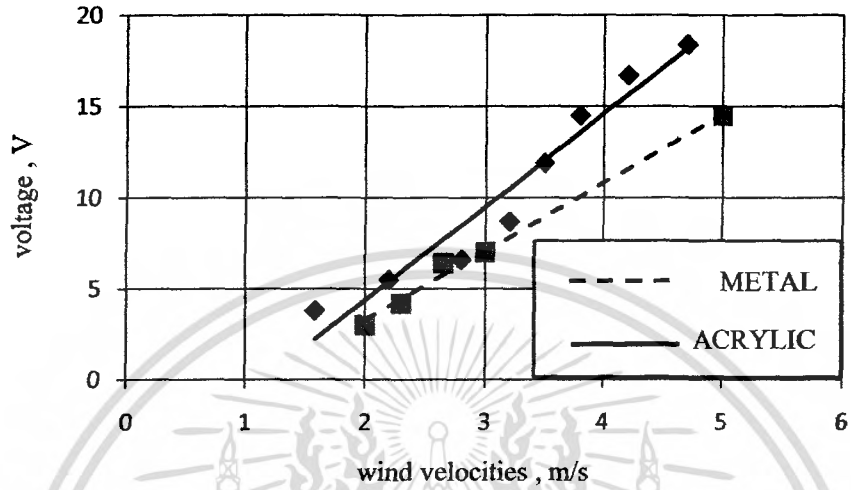
จากการจำลองสภาพแวดล้อมและทดลองกับลูกหมุนที่ติดตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไปด้วย โดยทำการทดลองแบบเดียวกันกับลูกหมุนตัวเปล่าแต่มีการเพิ่มความเร็วลมมาเป็น 2.6 m/s (เนื่องจากตัวเครื่องมีน้ำหนักมากจึงจำเป็นต้องเพิ่มความเร็วลม) พบว่าความเร็วรอบเฉลี่ยแล้วอยู่ที่ 26 รอบต่อนาที ซึ่งยังน้อยกว่าความเร็วรอบของลูกหมุนตัวเปล่าแล้วแรงดันไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ยประมาณ 4.90 Volt และ 5.09 Volt ในกระแสสลับ (3เฟส) และกระแสตรงตามลำดับ ซึ่งเมื่อดูจากกราฟแล้วก็จะพบว่าอุณหภูมิเพิ่ม แรงดันไฟฟ้าเพิ่มเช่นกันแต่ก็ไม่ได้เพิ่มอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าอุณหภูมิไม่มีผลต่อการหมุนของลูกหมุนที่ติดตั้งตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้และไม่สามารถเพิ่มแรงดันไฟฟ้าได้

5.1.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานธรรมชาติจากลูกหมุนระบายอากาศที่ลดน้ำหนักชุดจานหมุน

จากที่ได้ทำการเปลี่ยนแปลงชุดจานแม่เหล็กจากชุดที่เป็นเหล็ก โดยทำการเปลี่ยนมาเป็นชุดจานหมุนที่ทำมาจากอะคริลิคตัวเครื่องมีน้ำหนักเบาขึ้นมากจากชุดจานแม่เหล็กในตอนแรกมีน้ำหนักอยู่ประมาณ 25 kg และชุดจานแม่เหล็กที่ทำมาจากอะคริลิคมีน้ำหนักประมาณ 16.8 kg จะเห็นว่าชุดจานแม่เหล็กที่ทำมาจากอะคริลิคมีน้ำหนักลดลงมามาก ดั้งนั้นจากการทดลองการจำลองสภาพแวดล้อมและทดลองกับลูกหมุนที่ติดตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไปด้วย โดยทำการทดลองแบบเดียวกันกับลูกหมุนตัวเปล่าแล้วทำการเปรียบเทียบระหว่างเครื่องที่ลดน้ำหนักกับเครื่องต้นแบบที่ยังเป็นจานเหล็กพบว่าจำนวนรอบของลูกหมุนและแรงดันไฟฟ้าของเครื่องตัวใหม่มีรอบและความเร็วที่เพิ่มขึ้นโดยเครื่องตัวเก่าที่ยังไม่มีโหลดได้ความเร็วรอบสูงสุดที่ 72 รอบต่อนาที และได้กำลังไฟฟ้า 14.5 Volt และ10.5 Volt ในกระแสสลับ (3เฟส) และกระแสตรงตามลำดับ ที่เครื่องตัวเก่าที่ยังมีโหลดได้ความเร็วรอบสูงสุดที่ 30 รอบต่อนาที และได้กำลังไฟฟ้า 4.6 Volt และ 5.7 Volt ในกระแสสลับ (3เฟส) และกระแสตรง ตามลำดับ ซึ่งเครื่องตัวใหม่ที่ยังไม่มีโหลด ได้ความเร็วรอบสูงสุดที่ 88 รอบต่อนาที และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้กำลังไฟฟ้า 18.4 Volt และ 12.5 Volt ในกระแสสลับ (3เฟส) และกระแสตรงตามลำดับ ที่เครื่องตัวเก่าที่ยังมีโหลด ได้ความเร็วรอบสูงสุดที่ 64 รอบต่อนาที และได้กำลังไฟฟ้า 8.3 Volt และ 8.7 Volt ในกระแสสลับ (3เฟส) และกระแสตรงตามลำดับจะเห็นได้ว่าเครื่องตัวใหม่จะมีประสิทธิภาพสูงกว่า



รูปที่ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม(m/s)กับแรงดันไฟฟ้า(V)เครื่องเก่าและเครื่องใหม่

จากกราฟจะเห็นได้ว่าเครื่องตัวใหม่ใช้ความเร็วลมเริ่มต้นในการทำงานอยู่ที่ 1.5 m/s และเครื่องตัวเก่าใช้ความเร็วเริ่มต้นในการทำงานอยู่ที่ 2 m/s เมื่อลดน้ำหนักลง 30% สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดได้ 26 % จากเครื่องเดิมที่ทำจากเหล็กเนื่องจากจานหมุนมีน้ำหนักเบาจึงทำให้ความเร็วรอบของลูกหมุนเพิ่มขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ชุดจานหมุน

1) เนื่องจากชุดจานหมุนชุดปัจจุบันมีขนาดใหญ่เกินไปไม่เหมาะที่จะนำไปติดตั้งบนอาคารหรือหลังคาที่ใช้ติดตั้งลูกหมุนอยู่แล้ว จึงควรที่จะลดขนาดของชุดลูกหมุนให้มีขนาดที่เหมาะสมและมีขนาดเล็กลงที่จะนำไปติดตั้งบนหลังคาของตัวอาคารหรือหลังงานโรงงาน

2) เนื่องจากชุดลูกหมุนมีขนาดใหญ่ทำให้ยังมีน้ำหนักมากอยู่ จึงควรทำการลดน้ำหนักให้เบามากกว่านี้

5.2.2 ชุดขดลวด

เนื่องจากชุดขดลวดปัจจุบันอยู่กับที่ทำให้ชุดโรเตอร์ที่เคลื่อนที่มีน้ำหนักมากและกำลังไฟฟ้าน้อย ดั้งนั้นควรทำการเปลี่ยนให้ชุดโรเตอร์เป็นชุดเคลื่อนที่แทนชุดแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.3 การจำลองลม

เนื่องจากการจำลองลมลมที่เข้าลูกหมุนเข้าไม่เต็มลูกจึงที่ได้จากการจำลองมีความแตกต่างจากธรรมชาติ จึงควรทำการจำลองลมใหม่ให้กระแสลมเข้าลูกหมุนได้เต็มลูกเพื่อให้กระแสลมมีความใกล้เคียงกับกระแสลมจริงมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. บริษัท บี.พี. โปรดักส์ แอนด์ ซัพพลาย จำกัด. 2007. **ประเภทของฉูกหมุนระบายอากาศ.** [Online]. Availble : http://www.bp-products.co.th

2. ชูเด่นการช่าง. 2007. **ฉูกหมุนระบายอากาศและการติดตั้งฉูกหมุนระบายอากาศ.** [Online]. Availble : http://www.chudenthai.com

3. บริษัท กรีนเวย์ สตีล โปรดักส์ จำกัด. 2007. **การติดตั้งฉูกหมุนระบายอากาศและการใช้งานฉูกหมุนระบายอากาศ.** [Online]. Availble : http://www.greenwaysteel.co.th

4. ฟิสิกส์ราชมงคล ฟิสิกส์ 2 ผ่านทางอินเตอร์เน็ต. 2007. **ไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ.** [Online]. Availble : http://www.rmutphysics.com

5. ฟิสิกส์ราชมงคล. 2007. **ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น.** [Online]. Availble : http://www.rmutphysics.com

6. Metropolitan Electricity Authority (MEA). 2007. **ความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้า.** [Online]. Availble : http://www.mea.or.th/internet

7. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2007. **โรงงานไฟฟ้า.** [Online]. Availble : http://www.egat.co.th/th

8. สารานุกรมเสรี. 2007. **Relay.** [Online]. Availble : http://th.wikipedia.org/wiki

9. บริษัท ทีแอลอี ซิสเต็ม จำกัด. 2007. **Circuit Breaker.** [Online]. Availble : http://www.tlesystem.com

10. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ . 2007. **วงจรไฟฟ้า 3 เฟส (Three Phase Circuits).** [Online]. Availble : http://mylesson.swu.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน. 2007. **เทคโนโลยีกังหันลม ความเร็วลมที่ได้จากการตรวจวัด ลักษณะลมในประเทศไทย ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยสถานีวัดลม แผนที่ศักยภาพพลังงานลมในประเทศไทย**. [Online]. Availble : http://www.dede.go.th/dede

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 แรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ความเร็วลม 5 (m/s)

ยังไม่มีโหลดทางฟ้า								
ครั้งที่	ความเร็วลม (m/s)	รอบ (rpm)	กระแสไฟฟ้า 3 เฟส			ไฟฟ้ากระแสตรง		
			ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)	ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)
1	4.8	72	14.5	-	-	10.5	-	-
2	5.1	71	14	-	-	10	-	-
3	5.2	72	15	-	-	10	-	-
เฉลี่ย	5.03	71.67	14.50	-	-	10.17	-	-
มีโหลดทางไฟฟ้า								
ครั้งที่	ความเร็วลม (m/s)	รอบ (rpm)	กระแสไฟฟ้า 3 เฟส			ไฟฟ้ากระแสตรง		
			ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)	ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)
1	4.9	30	4.6	-	-	5.4	79	-
2	5	31	4.1	-	-	5.3	72	-
3	5.1	31	4.4	-	-	5.4	73	-
เฉลี่ย	5.00	30.67	4.37	-	-	16.1	74.67	-

ตารางผนวกที่ 2 แรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ความเร็วลม 3 (m/s)

ไม่มีโหลดทางฟ้า								
ครั้งที่	ความเร็วลม (m/s)	รอบ (rpm)	กระแสไฟฟ้า 3 เฟส			ไฟฟ้ากระแสตรง		
			ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)	ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)
1	2.9	49	7	-	-	9	-	-
2	3.2	50	6.9	-	-	9	-	-
3	2.9	49	7.1	-	-	9	-	-
เฉลี่ย	3.00	49.33	7.00	-	-	9.00	-	-
มีโหลดทางไฟฟ้า								
ครั้งที่	ความเร็วลม (m/s)	รอบ (rpm)	กระแสไฟฟ้า 3 เฟส			ไฟฟ้ากระแสตรง		
			ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)	ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)
1	2.9	22	2.9	-	-	3.2	42	-
2	3.2	21	2.8	-	-	3	45	-
3	3.1	21	2.9	-	-	3.2	47	-
เฉลี่ย	3.07	21.33	2.87	-	-	3.13	44.67	-

ตารางผนวกที่ 3 แรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ความเร็วลม 2.6 (m/s)

ยังไม่มีโหลดทางฟ้า								
ครั้งที่	ความเร็วลม (m/s)	รอบ (rpm)	กระแสไฟฟ้า 3 เฟส			ไฟฟ้ากระแสตรง		
			ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)	ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)
1	2.6	48	6.4	-	-	8.5	-	-
2	2.6	48	6.4	-	-	8.5	-	-
3	2.7	48	6.4	-	-	8	-	-
เฉลี่ย	3.00	48.00	6.40	-	-	8.33	-	-
มีโหลดทางไฟฟ้า								
ครั้งที่	ความเร็วลม (m/s)	รอบ (rpm)	กระแสไฟฟ้า 3 เฟส			ไฟฟ้ากระแสตรง		
			ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)	ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)
1	2.6	21	2.6	-	-	2.9	28	-
2	2.6	20	2.4	-	-	3	31.1	-
3	2.7	21	2.5	-	-	2.9	27	-
เฉลี่ย	2.63	20.67	2.50	-	-	2.93	28.70	-

ตารางผนวกที่ 4 แรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ความเร็วลม 1.6 (m/s)

ยังไม่มีโหลดทางฟ้า								
ครั้งที่	ความเร็วลม (m/s)	รอบ (rpm)	กระแสไฟฟ้า 3 เฟส			ไฟฟ้ากระแสตรง		
			ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)	ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)
1	1.7	30	4.4	-	-	6	-	-
2	1.5	29	4.2	-	-	5.9	-	-
3	1.6	29	4.2	-	-	5.9	-	-
เฉลี่ย	1.60	29.33	4.27	-	-	5.93	-	-
	มีโหลดทางไฟฟ้า							
ครั้งที่	ความเร็วลม (m/s)	รอบ (rpm)	กระแสไฟฟ้า 3 เฟส			ไฟฟ้ากระแสตรง		
			ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)	ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)
1	1.7	27	2.5	-	-	2.5	26.8	-
2	1.6	28	2.7	-	-	2.7	25	-
3	1.5	27.5	2.6	-	-	3	27	-
เฉลี่ย	1.60	27.50	2.60	-	-	2.73	26.27	-

ตารางผนวกที่ 5 แรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ความเร็วลม 1.33 (m/s)

ยังไม่มีโหลดทางฟ้า								
ครั้งที่	ความเร็วลม (m/s)	รอบ (rpm)	กระแสไฟฟ้า 3 เฟส			ไฟฟ้ากระแสตรง		
			ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)	ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)
1	1.4	26	3.2	-	-	5	-	-
2	1.3	26	3	-	-	4.8	-	-
3	1.3	26	2.9	-	-	5	-	-
เฉลี่ย	1.33	26.00	3.03	-	-	4.93	-	-
	มีโหลดทางไฟฟ้า							
ครั้งที่	ความเร็วลม (m/s)	รอบ (rpm)	กระแสไฟฟ้า 3 เฟส			ไฟฟ้ากระแสตรง		
			ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)	ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)
1	1.3	18	1.9	-	-	2.1	17	-
2	1.4	18	2	-	-	1.9	16	-
3	1.3	19	1.8	-	-	2	20	-
เฉลี่ย	1.33	18.33	1.90	-	-	2.00	17.67	-

ตารางผนวกที่ 6 แรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ความเร็วลมสูงสุดไม่มีโหลดไฟฟ้า

(ก่อนพัฒนา)ยังไม่มีโหลดทางฟ้า (max)								
ครั้งที่	ความเร็วลม (m/s)	รอบ (rpm)	กระแสไฟฟ้า 3 เฟส			ไฟฟ้ากระแสตรง		
			ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)	ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)
1	5.4	71	10.3	0.25	2.575	10.5	-	-
2	5.1	71	10.5	0.24	2.52	10	-	-
3	5.2	69	10.2	0.25	2.55	10	-	-
เฉลี่ย	5.23	70.33	10.33	0.25	2.55	10.17	-	-
	(หลังพัฒนา)ยังไม่มีโหลดทางฟ้า (max)							
ครั้งที่	ความเร็วลม (m/s)	รอบ (rpm)	กระแสไฟฟ้า 3 เฟส			ไฟฟ้ากระแสตรง		
			ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)	ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)
1	4.7	88	18.5	0.3	3.84	12	-	-
2	5	90	18.6	0.31	3.875	12.2	-	-
3	4.9	88	18.4	0.29	3.683	12.1	-	-
เฉลี่ย	4.87	88.67	18.4	0.30	3.80	12.10	-	-

ตารางผนวกที่ 7 แรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ความเร็วลมสูงสุดมีโหลดไฟฟ้า

(ก่อนพัฒนา)มีโหลดทางไฟฟ้า (max)								
ครั้งที่	ความเร็วลม (m/s)	รอบ (rpm)	กระแสไฟฟ้า 3 เฟส			ไฟฟ้ากระแสตรง		
			ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)	ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)
1	4.9	30	4.6	0.32	1.472	5.4	0.79	4.266
2	5	31	4.1	0.31	1.271	5.3	0.72	3.816
3	5.1	31	4.4	0.31	1.364	5.4	0.73	3.942
เฉลี่ย	5.00	30.67	4.37	0.31	1.37	5.37	0.75	4.01
	(หลังพัฒนา)มีโหลดทางไฟฟ้า (max)							
ครั้งที่	ความเร็วลม (m/s)	รอบ (rpm)	กระแสไฟฟ้า 3 เฟส			ไฟฟ้ากระแสตรง		
			ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)	ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)
1	4.7	64	7	0.38	2.66	8	0.9	7.2
2	5	63	7	0.36	2.52	8	0.9	7.2
3	4.9	64	7.1	0.38	2.698	8	0.9	7.2
เฉลี่ย	4.87	63.67	7.03	0.37	2.63	8.00	0.90	7.20

ตารางผนวกที่ 8 แรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ความเร็วต่างๆ

(ก่อนพัฒนา)ยังไม่มีโหลดทางไฟฟ้า								
ครั้งที่	ความเร็วลม (m/s)	รอบ (rpm)	กระแสไฟฟ้า 3 เฟส			ไฟฟ้ากระแสตรง		
			ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)	ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)
1	1.9	26	2.8	0.15	0.42	5	-	-
2	1.8	26	2.9	0.15	0.435	4.8	-	-
3	1.8	26	2.7	0.14	0.378	5	-	-
เฉลี่ย	1.83	26.00	2.80	0.15	0.41	4.93	-	-
	(หลังพัฒนา)ยังไม่มีโหลดทางไฟฟ้า							
ครั้งที่	ความเร็วลม (m/s)	รอบ (rpm)	กระแสไฟฟ้า 3 เฟส			ไฟฟ้ากระแสตรง		
			ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)	ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)
1	2.2	42	3.7	0.18	0.666	4	-	-
2	2.3	41	3.8	0.17	0.646	4	-	-
3	2.1	42	3.8	0.18	0.684	5	-	-
เฉลี่ย	2.20	41.67	3.77	0.18	0.67	4.33	-	-

ตารางผนวกที่ 9 แรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ความเร็วต่างๆ

(ก่อนพัฒนา)มีโหลดทางไฟฟ้า								
ครั้งที่	ความเร็วลม (m/s)	รอบ (rpm)	กระแสไฟฟ้า 3 เฟส			ไฟฟ้ากระแสตรง		
			ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)	ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)
1	1.7	18	1.9	0.15	0.285	2.5	0.17	0.425
2	1.8	18	2	0.16	0.32	2.4	0.16	0.384
3	1.8	19	1.8	0.15	0.27	2.4	0.2	0.48
เฉลี่ย	1.77	18.33	1.90	0.15	0.29	2.43	0.18	0.43
	(หลังพัฒนา)มีโหลดทางไฟฟ้า							
ครั้งที่	ความเร็วลม (m/s)	รอบ (rpm)	กระแสไฟฟ้า 3 เฟส			ไฟฟ้ากระแสตรง		
			ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)	ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า(I)	กำลังไฟฟ้า(P)
1	2.2	28	2.6	0.28	0.728	3	0.3	0.9
2	2.3	29	2.5	0.29	0.725	2.9	0.3	0.87
3	2.1	29	2.6	0.28	0.728	3	0.4	1.2
เฉลี่ย	2.20	28.67	2.57	0.28	0.73	2.97	0.33	0.99

ตารางผนวกที่ 10 ข้อมูลลูกหมุนตัวเปล่าเปรียบเทียบอุณหภูมิกับความเร็วรอบ

อุณหภูมิ (°C)		รอบ (rpm)				ผลรวม	ค่าเฉลี่ยความเร็วรอบ
ภายนอก	ภายใน	1	2	3	4		(rpm)
31.4	32.6	39	39	39	38	155	38.75
31.5	33.5	39	41	40	39	159	39.75
31.3	34.4	40	39	42	41	162	40.5
31.5	35.6	42	41	39	40	162	40.5
31.4	36.6	41	40	40	39	160	40
31.6	37.5	39	41	39	42	161	40.25
31.5	38.5	42	41	42	40	165	41.25
31.4	39.4	41	40	38	41	160	40
31.4	40.5	40	40	39	38	157	39.25
31.5	41.6	40	42	39	41	162	40.5
31.4	42.3	41	39	40	39	159	39.75

ตารางผนวกที่ 11 ข้อมูลลูกหมุนติดตัวเครื่องเปรียบเทียบอุณหภูมิกับความเร็วรอบ

อุณหภูมิ (°C)		รอบ (rpm)				ผลรวม	ค่าเฉลี่ยความเร็วรอบ
ภายนอก	ภายใน	1	2	3	4		(rpm)
30.1	32.6	25	27	27	28	107	26.75
30.1	33.5	26	26	27	26	105	26.25
30.1	34.4	26	27	26	25	104	26
30.1	35.6	27	26	27	26	106	26.5
30.1	36.6	27	26	27	25	105	26.25
30.1	37.5	26	25	29	26	106	26.5
30.1	38.5	26	25	26	27	104	26
30.1	39.4	26	26	27	27	106	26.5
29.8	40.5	25	26	27	27	105	26.25
29.8	41.6	26	25	26	28	105	26.25
29.8	42.3	27	26	26	27	106	26.5

ตารางผนวกที่ 12 ข้อมูลลูกหมุนติดตัวเครื่องเปรียบเทียบอุณหภูมิกับแรงดันไฟฟ้า

แรงดันไฟฟ้า (V)	อุณหภูมิ (°C)		รอบ (rpm)				ผลรวม	ค่าเฉลี่ยความเร็วรอบ(rpm)
	ภายนอก	ภายใน	1	2	3	4		
5	30.1	32.6	25	27	27	28	107	26.75
6	30.1	33.5	26	26	27	26	105	26.25
4	30.1	34.4	26	27	26	25	104	26
7	30.1	35.6	27	26	27	26	106	26.5
5	30.1	36.6	27	26	27	25	105	26.25
6	30.1	37.5	26	25	29	26	106	26.5
4	30.1	38.5	26	25	26	27	104	26
6	30.1	39.4	26	26	27	27	106	26.5
5	29.8	40.5	25	26	27	27	105	26.25
7	29.8	41.6	26	25	26	28	105	26.25
5	29.8	42.3	27	26	26	27	106	26.5