กังหันลมแกนดิ่งรูปปีกเฮลิคอปเตอร์

ชื่อโครงงาน กังหันลมแกนดิ่งรูปปีกเฮลิคอปเตอร์
ชื่อผู้ทำโครงงาน นายกิตติธัช เสนารายณ์
ชั้น/สถานศึกษา ม.6 โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย จังหวัดลพบุรี

บทคัดย่อ

สังคมโลกในปัจจุบันต่างพัฒนาและแข่งขันกันทางด้านเศรษฐกิจเทคโนโลยี และอุตสาหกรรม กลไกสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมคือพลังงานจากน้ำมัน ซึ่งในปัจจุบันกำลังประสบปัญหาภาวะขาดแคลน จึงมีความจำเป็นต้องแสวงหาแหล่งพลังงานทดแทน เพื่อแก้ไขปัญหานี้ พลังงานลมนับเป็นพลังงานทดแทนที่สะอาดที่สุด ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เป็นพลังงานหมุนเวียนใช้ได้ไม่มีวันสิ้นสุด ในการดำเนินการโครงงานครั้งนี้ มุ่งศึกษากังหันลมแกนดิ่งโดยออกแบบใบพัดกังหันลมคล้ายรูป ปีกเฮลิคอปเตอร์ ความยาว 150 ซม. ความยาวคอร์ด 66 ซม. ความกว้าง 13 ซม. รัศมีการหมุน 110 ซม. ผลจากการศึกษา ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ตามวัตถุประสงค์การทดลองพบว่ากังหันลมรูปปีกเฮลิคอปเตอร์ให้กำลังสูงสุด 287.99 วัตต์ ทอร์กสูงสุด 316.02 นิวตัน-เมตร และให้กำลังไฟฟ้าจากสูงสุด 262 มิลลิวัตต์ ที่ความเร็วรอบการหมุน 2.62 รอบ/s และให้กำลังไฟฟ้าสูงสุด 262 มิลลิวัตต์ ที่ความเร็วรอบ 2.60 รอบ/s เริ่มหมุนที่ความเร็วลม 0.24 เมตร/s โดยกังหันแกนดิ่งลมรูปปีกเฮลิคอปเตอร์สามารถหมุนได้เองเมื่อได้รับลม

ความสำคัญและที่มาของโครงงาน

ในสถานการณ์ปัจจุบันนานาประเทศต่างเร่งพัฒนาศักยภาพของตนเองเพื่อก้าวสู่โลกของการพัฒนาเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมอย่างเต็มตัว พลังงานจึงเป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่งในการดำรงชีวิต โดยเฉพาะพลังงานจากน้ำมัน ยังมีอัตราความต้องการใช้สูงต่อการใช้พลังงานทั่วโลก อีกทั้งยังมีราคาผันผวนและปรับตัวสูงขึ้นอีกด้วย พลังงานธรรมชาติและพลังงานทดแทนจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการแก้ปัญหานี้

พลังงานลม เป็นพลังงานที่สะอาดที่สุด เป็นพลังงานหมุนเวียนใช้ได้ไม่มีวันหมดสิ้น อีกทั้งยังไม่ก่อมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย สำหรับการใช้พลังงานลมในประเทศไทยยังถือว่ามีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้เป็นเพราะปัจจัยทางสภาพภูมิประเทศ ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศมีลมพัดผ่านความเร็วค่อนข้างต่ำ ด้วยสาเหตุดังกล่าวในการศึกษาทำโครงงานครั้งนี้จึงมุ่งพัฒนารูปแบบของกังหันลมให้มีความเหมาะสมต่อลักษณะภูมิประเทศและการใช้งานในประเทศไทย

โดยทั่วไปกังหันแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ กังหันลมแกนดิ่งและกังหันลมแกนนอนในการทำโครงงานครั้งนี้มุ่งศึกษากังหันลมประเภทแกนดิ่ง เนื่องจากมีข้อได้เปรียบกังหันลมแกนนอน คือ

1. การหมุนไม่ขึ้นกับทิศทางของลม นั่นคือเมื่อลมพัดมาจากทิศทางไหนก็สามารถหมุนได้จึงไม่เกิด การสูญเสียพลังงานในการปรับทิศทางใบพัดเข้าหากระแสลม
2. กำลังที่ได้จะถูกส่งลงสู่ระดับพื้นล่างโดยตรง ทำให้เกิดความสะดวกต่อการนำกำลังไปใช้ประโยชน์

ในการทำโครงงานครั้งนี้ได้ทำการออกแบบ โครงสร้างของใบพัดกังหันแกนดิ่งให้มีลักษณะคล้ายรูปปีกเฮลิคอปเตอร์ เพื่อทำการศึกษาสมรรถนะการทำงาน กำลังที่ได้ ความเหมาะสมในการใช้ประโยชน์ และแนวทางในการพัฒนาเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าอันเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการพัฒนาพลังงานทดแทนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าจริงในอนาคต

วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับความเร็วรอบการหมุน
2. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนกับกำลังที่ได้จากกังหันลม
3. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนกับทอร์ก
4. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนกับกำลังไฟฟ้า
5. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้และพัฒนาเป็นต้นแบบกังหันลมแกนดิ่งรูปปีกเฮลิคอปเตอร์ ในการผลิตกระแสไฟฟ้าจริงในอนาคต

วิธีการดำเนินการ

1. ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลนำมาใช้ประโยชน์ในการดำเนินงาน
2. วางแผนและจัดระบบขั้นตอนในการดำเนินการศึกษาทดลอง
3. ดำเนินการการสร้างกังหันลมแกนดิ่งรูปปีกเฮลิคอปเตอร์ตามรูปแบบที่ออกแบบไว้ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

<u>ส่วนที่ 1 ใบพัดกังหันลม</u>

ในการดำเนินงานโครงงานครั้งนี้ได้ทำการออกแบบใบพัดกังหันลมให้มีความเหมาะสมกับพื้นที่ในประเทศไทย ซึ่งมีความเร็วลมค่อนข้างต่ำ มีลักษณะคล้ายรูปปีกเฮลิคอปเตอร์ เมื่อลมประทะใบพัดกังหันจะเกิดแรงปริมาณหนึ่ง ที่เกิดจากการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันระหว่างวัตถุและของไหล ส่งผลให้ใบพัดเคลื่อนที่ไปตามทิศทางของลม แรงนี้มีทิศทางตรงข้ามกับแรงที่ใบพัดกังหันกระทำต่อลม เรียกแรงนี้ว่า “แรงครูด” ซึ่งเป็นแรงที่มีส่วนสำคัญในการขับเคลื่อนใบพัดกังหันลมให้เกิดการหมุน วิธีการสร้างมีดังนี้

1) ออกแบบรูปแบบใบพัดกังหัน ภาคตัดขวางโดยให้มีความยาว 66 ซม. กว้าง 13 ซม. แบ่งพื้นที่ตามความยาวออกเป็น 4 ส่วนเท่าๆกัน ส่วนละ 16.5 ซม. ลากเส้นตั้งฉากที่จุดกึ่งกลางความกว้าง จากนั้นลากเส้นทแยงจากจุดแบ่งพื้นที่ตามยาวส่วนที่ 3 ทำมุม 20 องศากับเส้นตั้งฉากที่จุดกึ่งกลางความยาว ดังรูปที่ 1

2) ตัดกระดานอัดหนา 1.5 ซม. และ 0.75 ซม. ตามรูปแบบใบพัดกังหันที่ออกแบบไว้ อย่างละ 12 ใบ

3) เจาะรูกระดานอัดที่ตัดตามแบบเรียบร้อยแล้ว เพื่อใส่เหล็กแกนกลาง จำนวน 2 รู โดยห่างจากจุดกึ่งกลางใบด้านละ 9 ซม.

4) ตัดท่อเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 ซม. ความยาว 150 ซม. เพื่อทำแกนกลางของใบพัด จำนวน 6 ท่อน

5) นำกระดานอัดที่ตัดตามรูปแบบที่ออกแบบไว้มาใส่ท่อเหล็กแกนกลาง โดยวางสลับความหนาของกระดานอัดโดยเริ่มจากความหนา 1.5 ซม. ก่อนแล้วคั่นด้วยกระดานอัด 0.75 ซม. โดยแต่ละใบห่างกัน 18.75 ซม. ใบพัดกังหัน 1 ใบ จะใช้กระดานอัดจำนวน 8 ใบ ดังรูปที่ 2

6) นำอะลูมิเนียมฉากหน้ากว้าง 2.5 ซม. มาคาดยึดกระดานอัดทั้งหมดไว้โดยคาดยึดบริเวณส่วนหัวของกังหันวัดจากเส้นแบ่งส่วนที่ 1 ความยาว 8 ซม. และบริเวณส่วนปลายของกังหันวัดจากเส้นส่วนแบ่งที่ 4 ความยาว 8 ซม. คาดยึดทั้งสองด้านของใบพัดกังหัน เพื่อให้โครงสร้างถูกตรึงแน่นเป็นการเพิ่มความแข็งแรง

7) นำอะลูมิเนียมมาหุ้ม โครงสร้างใบพัดกังหัน โดยต้องพยายามรักษาผิวไว้ให้เรียบที่สุดไม่ให้เกิดการบุบเพราะเมื่อลมประทะใบกังหันจะเกิดการสูญเสียงแรงครูดไปโดยเปล่าประโยชน์ ดังรูปที่ 3

8) ทำแผ่นยึดติดใบพัดกังหันโดยใช้เหล็ก ความยาว 22 ซม. ความกว้าง 5 ซม. หนา 0.2 ซม. ดังรูปที่ 4

<u>ส่วนที่ 2 แกนกลาง</u>

1) ส่วนจานรองรับแขนกังหัน ใช้เหล็กหนา 0.4 ซม. เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 ซม. โดยเจาะรูเพื่อใส่น็อตยึดติดแขนกังหันลมเข้ากับจาน แต่ละแขนทำมุม 120 องศา ซึ่งกันและกัน จำนวน 2 จาน ดังรูปที่ 5
2) เพลาแกนกลางใช้ แกนเหล็กตันเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 ซม. ความยาว 180 ซม. โดยร้อย

ผ่านตลับลูกปืน 3 ตลับ ซึ่งติดตั้งบริเวณโครงยึดแกนกลางใบกังหันด้านบนและด้านล่าง และบริเวณฐานกังหันลมอีก 1 ตลับ เพื่อให้การหมุนของกังหันลมมีประสิทธิภาพ

<u>ส่วนที่ 3 แกนแนวรัศมี : แกนยึดติดใบพัดกังหันลมกับจานแกนกลาง</u>

ตัดท่อเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 ซม. ความยาว 105 ซม. จำนวน 6 ท่อน เจาะรูส่วนที่จะยึดติดกับจาน 6 รู และเชื่อมปลายอีกด้านเข้ากับส่วนยึดติดใบพัดกังหัน

<u>ส่วนที่ 4 อุปกรณ์ปรับระดับใบพัดกังหันลม (ตัวเร่ง)</u>

อุปกรณ์ในส่วนนี้สร้างขึ้นเพื่อรองรับปัญหาใบพัดกังหันไม่ได้ระดับสมดุล โดยอุปกรณ์นี้สามารถปรับระดับใบพัดกังหันขึ้นลงเพื่อให้เกิดความสมดุลได้ตามความต้องการ

1) ตัดแผ่นเหล็กความยาว 8 ซม. ความกว้าง 4 ซม. หนา 0.4 ซม. ตามรูปแบบดังรูปที่ 6 แล้วเชื่อมเข้ากับจานกังหันด้านบน และจุดกึ่งกลางของส่วนยึดติดใบพัดกังหันเพื่อเป็นส่วนยึดติดอุปกรณ์ปรับระดับใบพัดกังหันลมดังรูปที่ 6

2) นำเหล็กตันขนาเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 ซม. มากลึงเข้ารูป โดยกลึงให้รูกลาง ขนาเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 ซม. จากนั้นนำท่อเหล็กความยาว 150 ซม. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 ซม. แล้วติดตั้งในแนวทแยงระหว่างแผ่นเหล็กที่เชื่อมยึดติดกับจานกังหันด้านบนและจุดกึ่งกลางของส่วนยึดติดใบพัดกังหัน เพื่อให้สามารถปรับระดับของใบพัดกังหันขึ้นลงให้เกิดความสมดุลได้ตามความต้องการ ดังรูปที่ 7

<u>ส่วนที่ 5 ชุดผลิตกระแสไฟฟ้า</u>

1) นำเหล็กท่อสี่เหลี่ยมขนาด 2 x 2 ซม. มาเชื่อมเพื่อเป็นฐานและส่วนรองรับล้อ โดยฐานล่างความยาว 60 ซม. กว้าง 45 ซม. ส่วนรองรับล้อสูง 15 ซม.

2) ติดตั้งไดนาโมผลิตกระแสไฟฟ้าเข้ากับส่วนยึดติดล้อ

3) นำจากจักรยานเชื่อมต่อกับเหล็กที่กลึงให้มีรูขนาด 2.5 ซม. เพื่อให้สามารถสวมใส่เพลากังหันลมได้

4) นำชุดผลิตกระแสไฟฟ้าติดตั้งเข้ากับกังหันลม โดยใส่จานจักรยานที่เพลากังหันลม แล้วนำโซ่มาต่อเข้ากับล้อที่ติดไดนาโนผลิตกระแสไฟฟ้าไว้ ดังรูปที่ 8

<u>ส่วนที่ 6 โครงยึดแกนกลางใบกังหัน</u>

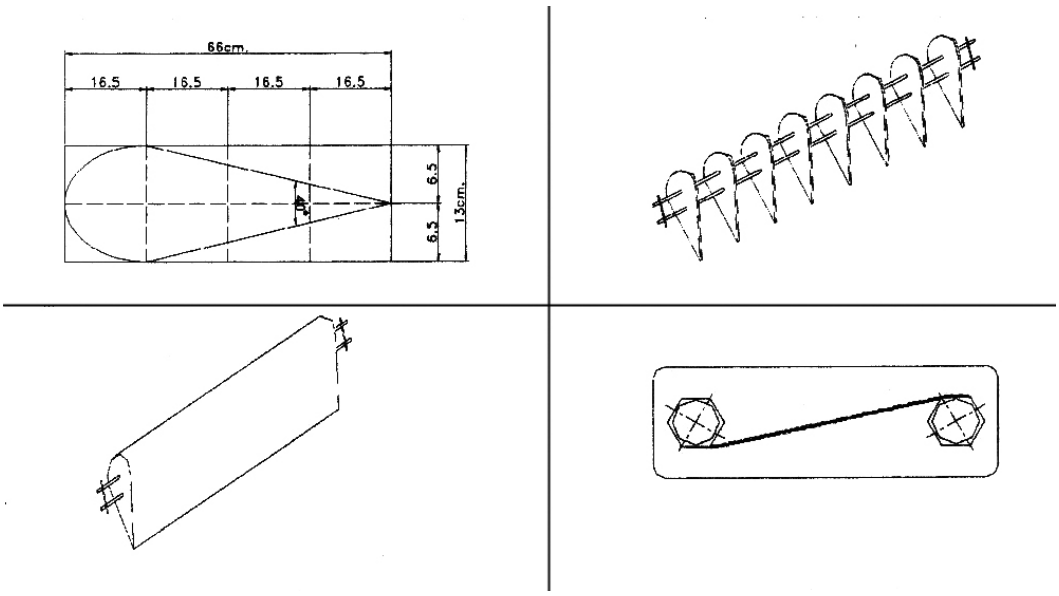
โครงยึดแกนกลางใบกังหันออกแบบมาเพื่อยึดเสาแกนกลาง เพื่อลดการส่ายของระบบกังหันขณะกำลังหมุนและป้องกันการบิดตัวของเสาแกนกลาง เพราะขณะที่กังหันลมกำลังหมุนจะมีแรงเหวี่ยงเกิดขึ้นทำให้เสาแกนกลางส่าย โครงยึดใบกังหันดังกล่าวนี้ สร้างด้วยท่อเหล็ก ซึ่งมีลักษณะเป็นโครงสร้างรูปสี่เหลี่ยมที่ครอบตัวระบบกังหันไว้ และโครงยึดแกนกลางใบกังหันยึดติดกับฐานกังหันลมด้วยน๊อต ดังรูปที่ 9

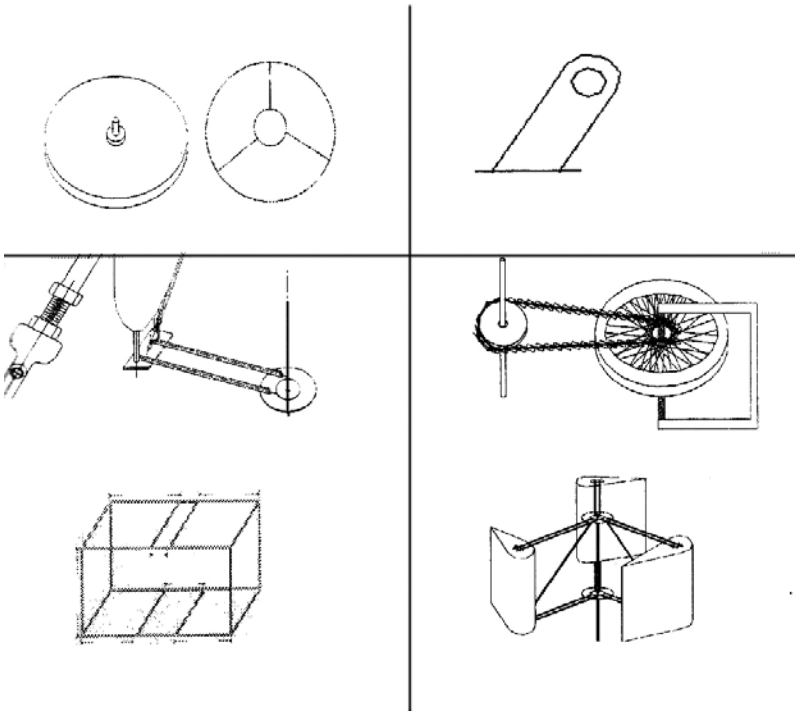
<u>ส่วนที่ 7 ฐานรองรับกังหันลม</u>

โครงของฐานที่ใช้ติดตั้งใบกังหันเป็นโครงสร้างเหล็กที่ต่อขึ้นมาเพื่อใช้เป็นที่ติดตั้งระบบกังหัน ซึ่งเป็นโครงที่ต้องการความแข็งแรงมาก ดังนั้นจึงต้องใช้เหล็กฉากขนาด หนา 0.4 ซม. ส่วนที่ทำหน้าที่เป็นขา 4 ท่อน เป็นฐานรองรับขา 4 ท่อน ส่วนยึดขาส่วนบน 4 ท่อน ส่วนที่ทำหน้าที่ยึดขาส่วนกลาง 4 ท่อน ส่วนยึดขาส่วนล่าง 4 ท่อน ส่วนที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งก็คือส่วนที่ทำหน้าที่เป็นแท่นวางตลับลูกปืน ซึ่งมีอยู่ 2 คู่ โดยคู่แรกวางอยู่บนส่วนยึดขาส่วนบน และอีกคู่วางอยู่บนส่วนยึดขาส่วนล่าง ตลับลูกปืนทั้งสองชุดที่วางอยู่นี้ ทำหน้าที่เป็นตัวรับเสาแกนกลางของตัวระบบกังหันเพื่อต้องการเพิ่มความแข็งแรงในการรองรับการหมุนของกังหัน และที่สำคัญ คือ ส่วนด้านล่างเป็นส่วนที่ต้องรับน้ำหนักของระบบส่วนบน ความแข็งแรงจึงต้องมีมากทุกจุดที่มีการเชื่อมต่อกันของโครงของฐานจะถูกยึดไว้ด้วยน๊อต

เมื่อทำการติดตั้งส่วนประกอบต่างๆ ของกังหันลมแกนดิ่งรูปปีกเฮลิคอปเตอร์เรียบร้อยแล้ว (รูปที่ 10) ตรวจสอบระดับใบพัดกังหันลมแต่ละใบให้มีความสมดุล ขึงลวดสลึงที่มุมด้านบนของโครงยึดแกนกลางใบกังหัน เพื่อป้องกันการส่ายของโครง

ยึดแกนกลางใบกังหัน ในกรณีที่มีความเร็วลมสูงหรือเกิดพายุ ช่วยลดการส่วยในขณะที่หมุน อีกทั้งยังเป็นการเสริมสร้างความมั่นคงให้กังหันลมอีกด้วย





4. ดำเนินการทดลอง ศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ตามวัตถุประสงค์ของโครงงาน

1) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับความเร็วรอบการหมุน

สมมติฐาน	ความเร็วลมแปรผันโดยตรงกับความเร็วรอบการหมุน
ตัวแปรต้น	ความเร็วลม
ตัวแปรตาม	ความเร็วรอบการหมุน
ตัวแปรควบคุม	1. ความสูงของพื้นที่ติดตั้งกังหันลม
	2. ขนาดของใบพัดกังหันลม
	3. รัศมีการหมุน

การดำเนินการ

1. ก่อนทำการวัดความเร็วรอบการหมุน ให้หยุดใบพัดกังหันลมให้นิ่ง เพื่อที่จะได้ค่าที่แท้จริงในการวัดความเร็วรอบหมุน โดยไม่มีแรงจากโมแมนต์ความเฉื่อย (Moment of inertia) ก่อนหน้าทำการวัดความเร็วรอบ
2. จัดวางระบบอุปกรณ์การทดลองโดยนำลวดมัดติดกับเพลาแกนกลางกังหันลมเพื่อตัดสวิตซ์แสงและเครื่องจับเวลา (Phopgate Counter & Photo gate Timing)
3. ทำการทดลองตั้งแต่วันที่ 3 ธันวาคม 2548 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2549

2) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนกับกำลัง

สมมติฐาน ความเร็วรอบการหมุนแปรผันโดยตรงกับกำลัง

ตัวแปรต้น ความเร็วรอบการหมุน

ตัวแปรตาม กำลังของกังหันลม

ตัวแปรควบคุม 1. ความสูงของพื้นที่ติดตั้งกังหันลม
2. ขนาดของใบพัดกังหันลม
3. รัศมีการหมุน

การดำเนินการ

1. ทำการวัดแรงของกังหันลม ที่ค่าความเร็วลมต่างๆ จดบันทึกผลการทดลอง
2. วัดความเร็วรอบการหมุนจากสวิตซ์แสงและเครื่องจับเวลา จดบันทึกค่าที่วัดได้
3. คำนวณหากำลังของกังหัน
4. รวบรวมข้อมูลผลการทดลอง สรุป วิเคราะห์และอภิปรายผลการทดลอง

3) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนกับทอร์ก

สมมติฐาน ความเร็วรอบการหมุนแปรผันโดยตรงกับทอร์ก

ตัวแปรต้น ความเร็วรอบการหมุน

ตัวแปรตาม ทอร์ก

ตัวแปรมควบคุม 1. ความสูงของพื้นที่ติดตั้งกังหันลม 2. ขนาดของใบพัดกังหันลม 3. รัศมีการหมุน

การดำเนินการ นำค่ากำลังที่ได้จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนกับกำลังมาคำนวณหาทอร์ก
เพื่อตัดสวิตซ์แสงและเครื่องจับเวลา (Phopgate Counter & Photo gate Timing)

4) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนกับกำลังไฟฟ้า

สมมติฐาน ความเร็วรอบการหมุนแปรผันโดยตรงกับกำลังไฟฟ้า

ตัวแปรมต้น ความเร็วรอบการหมุน

ตัวแปรตาม กำลังไฟฟ้า

ตัวแปรมควบคุม 1. ความสูงของพื้นที่ติดตั้งกังหันลม
2. ขนาดของใบพัดกังหันลม
3. รัศมีการหมุน
4. ความต้านทานของตัวต้านทานอ้างอิง
5. แรงดันกำลังไฟฟ้าของไดนาโม

การดำเนินการ 1. วัดกำลังไฟฟ้าจากชุดผลิตกระแสไฟฟ้า
2. ต่อวงจรวัดกำลังไฟฟ้าโดยต่อตัวต้านทาน และมัลติมิเตอร์

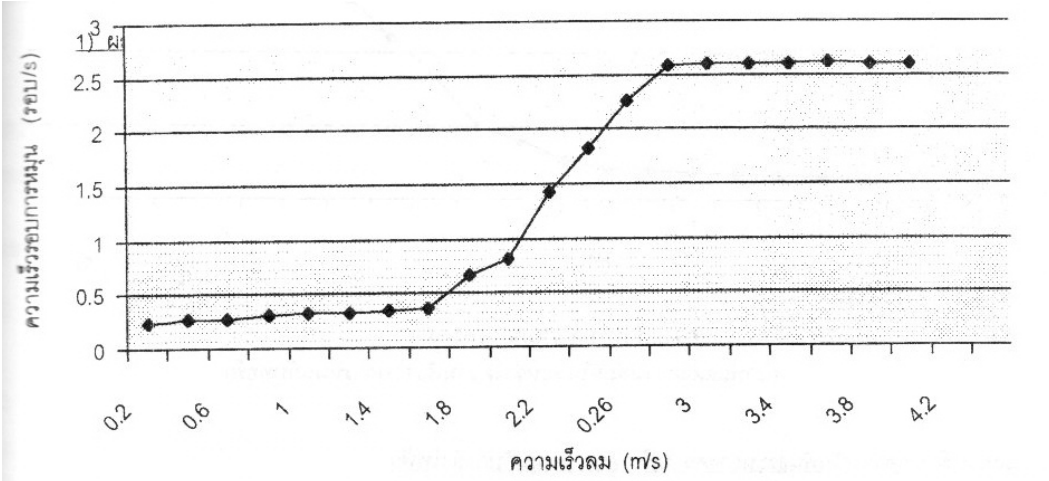
วัดค่ากระแสไฟฟ้า

3. บันทึกผลการทดลอง
4. คำนวณหากำลังไฟฟ้า
5. รวบรวมข้อมูลผลการทดลอง สรุป วิเคราะห์และอภิปรายผลการทดลอง

5. สรุปผลการทดลอง วิเคราะห์และอภิปรายผลการทดลอง
6. สังเกตวิธีการดำเนินการทดลองทั้งหมด หาข้อดี-ข้อเสีย และจุดผิดพลาด เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาในการศึกษาครั้งต่อไป

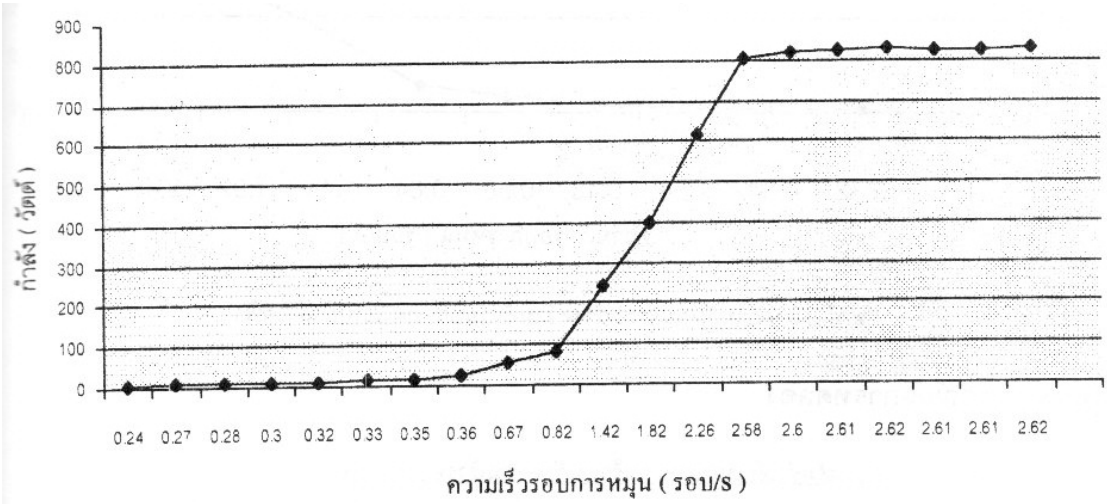
ผลการทดลอง

1. ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับความเร็วรอบการหมุน



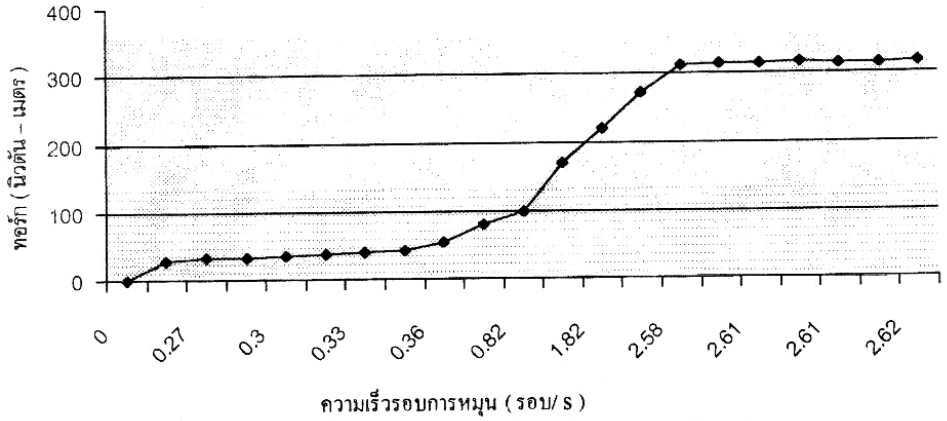
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับความเร็วรอบการหมุน

2. ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนกับกำลัง



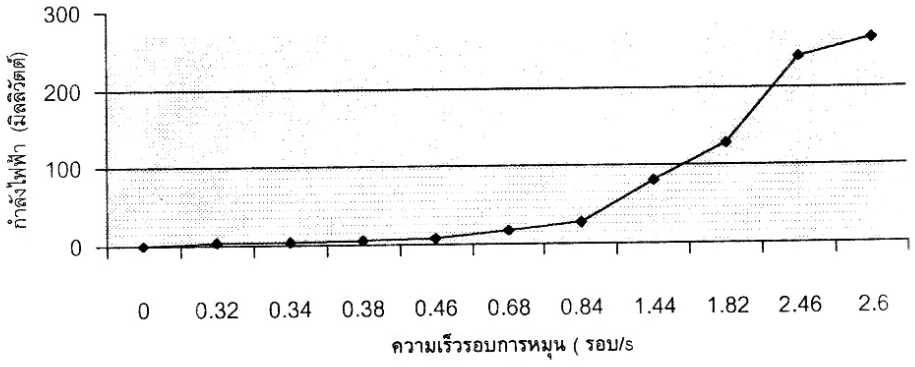
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนกับกำลัง

3. ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนกับทอร์ก



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนกับทอร์ก

4. ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนกับกำลังไฟฟ้า



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนกับกำลังไฟฟ้า

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับความเร็วรอบการหมุน

จากผลการทดลองพบว่าความเร็วลมแปรผันโดยตรงกับความเร็วรอบการหมุน โดยความเร็วรอบการหมุนสูงสุดมีค่า 2.62 รอบ/s ที่ความเร็วลม 3.40-4.00 เมตร/s และเมื่อพิจารณาแนวโน้มข้อมูลจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนพบว่าความเร็วรอบการหมุนจะคงที่ ที่ความเร็วลม 3.00 เมตร/s

2. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนกับกำลังที่ได้จากกังหันลม

จากผลการทดลองพบว่าความเร็วรอบการหมุนแปรผันโดยตรงกับกำลังที่ได้จากกังหันลม โดยมีกำลังสูงสุด 827.99 วัตต์ ที่ความเร็วรอบการหมุน 2.62 รอบ/s และเมื่อพิจารณาแนวโน้มข้อมูลจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรอบการหมุนกับกำลัง พบว่ากำลังมีค่าคงที่ ที่ความเร็วรอบการหมุน 2.60 รอบ/s

3. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนกับทอร์ก

จากผลการทดลองพบว่าความเร็วรอบการหมุนแปรผันโดยตรงกับทอร์ก โดยมีค่าทอร์กสูงสุด 316.02 นิวตัน-เมตร ที่ความเร็วรอบการหมุน 2.60 รอบ/s และเมื่อพิจารณาแนวโน้มข้อมูลจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรอบการหมุนกับทอร์กพบว่า ค่าทอร์กมีค่าคงที่ ที่ความเร็วรอบการหมุน 2.60 รอบ/s

4. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนกับกำลังไฟฟ้า

จากผลการทดลองพบว่าความเร็วรอบการหมุนแปรผันโดยตรงกับกำลังไฟฟ้า โดยมีกำลังไฟฟ้าสูงสุด 262 มิลลิวัตต์ ที่ความเร็วรอบการหมุน 2.60 รอบ/s และเมื่อพิจารณาแนวโน้มข้อมูลจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรอบการหมุนกับกำลังไฟฟ้าพบว่า กำลังไฟฟ้าน่าจะมีค่าแนวโน้มสูงขึ้นอีกเมื่อความเร็ว รอบการหมุนมีค่าเพิ่มขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. โครงการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาชนบทและการพัฒนาที่ยั่งยืน. 2544. พลังงานลม. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. กรุงเทพมหานคร.

2. จรวย บุญยุคล. 2529. พลังงาน. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร.

3. ชัยสวัสดิ์ เทียนวิบูลย์. 2534. เทอร์โมไดนามิกส์. แสงทองการพิมพ์. กรุงเทพมหานคร.

4. ประเสริฐ เทียนนิมิต. 2541. ทฤษฎีและการคำนวณเทอร์โมไดนามิกส์. บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น. กรุงเทพมหานคร.

5. พงษ์ธร จรัญญาภรณ์. 2521. เทอร์โมไดนามิกส์. บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น. กรุงเทพมหานคร.

6. รศ.มนตรี จรัญญาภรณ์. 2521. อุณหพลศาสตร์ 1. บริษัท จูนพับลิชชิ่ง จำกัด. กรุงเทพมหานคร.

7. Ashley H.Canter. 2001. Classical and Statistical Thermodynamics. Prentice Hall. New York.

8. C.B.P. Finn. 1993. Thermal Physics. Chap&Hall. India.

9. Kenneth Wark. 1996. Themodynamics Mc. Graw-Hill. New York.

10. Paul F. Brandwein. 1968. Energy. Harcourt Brace Jovanovich. New York.