โครงงานตามแนวทาง “สะเต็มศึกษา” (STEM Education)

เรื่อง

การศึกษาประสิทธิภาพกังหันลมแนวตั้ง เพื่อออกแบบชุดผลิตกระแสไฟฟ้า

โดย

นางสาวซาช่า	**วูลิค**
นางสาวกันยรัตน์	**เชยเอี่ยม**
นางสาววาทิยาภรณ์	**สุขสุวรรณ**

ครูที่ปรึกษา

นางจันทิมา	**แสงทอง**
นางสาวเบ็ญจวรรณ	**แก้วคุณงาม**

ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาจันทบุรี ต

โครงงานตามแนวทาง “สะเต็มศึกษา” (STEM Education)

เรื่อง

การศึกษาประสิทธิภาพกังหันลมแนวตั้ง เพื่อออกแบบชุดผลิตกระแสไฟฟ้า

โดย

นางสาวซาช่า	วูลิค
นางสาวกันยรัตน์	เชยเอี่ยม
นางสาววาทิยาภรณ์	สุขสุวรรณ

ครูที่ปรึกษา

นางจันทิมา	แสงทอง
นางสาวเบ็ญจวรรณ	แก้วคุณงาม

ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาจันทบุรี ตราด

ชื่อโครงงาน การศึกษาประสิทธิภาพกังหันลมแนวตั้งเพื่อออกแบบชุดผลิตกระแสไฟฟ้า
ชื่อนักเรียน นางสาวซาช่า วูลิค
นางสาวกันยรัตน์ เชยเอี่ยม
นางสาววาทิยาภรณ์ สุขสุวรรณ
ครูที่ปรึกษา นางจันทิมา แสงทอง
นางสาวเบ็ญจวรรณ แก้วคุณงาม
โรงเรียน เบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าของกังหันลมแนวตั้งแบบใบพัดหมุนสวนทางและใบพัดหมุนทางเดียว โดยศึกษาการศึกษาค่าประสิทธิภาพของกังหันลมแบบหมุนทางเดียว ตำแหน่งรัศมี 17 และ30เซนติเมตร โดยใช้มุมของใบพัดทำมุม -40°,-30°,-20°,-10°, 0°, 10°,20°, 30°,40° พบว่า กังหันลมแบบหมุนทางเดียวตำแหน่งรัศมี 17 เซนติเมตร ที่มีค่าประสิทธิภาพของกังหันลมดีที่สุดคือ จำนวน 8 ใบพัด มุม 10° มีค่าประสิทธิภาพของกังหันลมเท่ากับ 0.52 วัตต์ กังหันลมแบบหมุนทางเดียวตำแหน่งรัศมี 30 เซนติเมตร ที่มีค่าประสิทธิภาพของกังหันลมดีที่สุดคือ จำนวน 15 ใบพัด มุม -30° มีค่าประสิทธิภาพของกังหันลมเท่ากับ 0.90 วัตต์ การศึกษาค่าประสิทธิภาพของกังหันลมแบบใบพัดซ้อนสองชั้น พบว่า กังหันลมแบบใบพัดซ้อนสองชั้น ที่มีค่าประสิทธิภาพของกังหันลมดีที่สุดคือ กังหันลมแบบใบพัดซ้อนสองชั้นแบบสวนทางโดยใบพัดใบพัดรอบนอกทำมุม 0° และใบพัดด้านในทำมุม -30° ได้ค่าประสิทธิภาพของกังหันลม 0.84 วัตต์

และจากการเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าของกังหันลมแนวตั้ง พบว่า กังหันลมแบบใบพัดซ้อนสองชั้นใบพัดสวนทาง มีประสิทธิภาพมากกว่า กังหันลมแบบใบพัดหมุนทางเดียวหนึ่งชั้น และมีค่าได้ค่ากำลังไฟฟ้าของกังหันลม 0.90 วัตต์

สรุปได้ว่า กังหันลมที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดคือ กังหันลมแบบใบพัดซ้อนสองชั้นใบพัดสวนทาง มีจำนวนใบพัดที่ตำแหน่งรัศมี 17 เซนติเมตร จำนวน 8 ใบพัดมีจำนวนใบพัดที่ตำแหน่งรัศมี 30 เซนติเมตร จำนวน 15 ใบพัดโดยใบพัดใบพัดรอบนอกทำมุม 0° และใบพัดด้านในทำมุม -30°ได้ค่าประสิทธิภาพของกังหันลม 0.84 วัตต์มีค่าได้ค่ากำลังไฟฟ้าของกังหันลม 0.90 วัตต์

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การศึกษาประสิทธิภาพกังหันลมแนวตั้งเพื่อออกแบบชุดผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับชาวประมง ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่านด้วยกัน ขอขอบคุณผู้อำนวยการและรองผู้อำนวยการโรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี นางจันทิมา แสงทอง และนางสาวเบ็ญจวรรณ แก้วคุณงาม ครูที่ปรึกษาโครงงาน พร้อมทั้ง นายพิทยา ปฏิโค และนางวราภรณ์ ปฏิโค ครูโรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี ซึ่งให้คำปรึกษา ให้ความรู้ คำแนะนำ การจัดเตรียมอุปกรณ์ และให้ความช่วยเหลือ ตรวจสอบ และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ ทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

นางสาวซาช่า วูลิค
นางสาวกันยรัตน์ เชยเอี่ยม
นางสาววาทิยาภรณ์ สุขสุวรรณ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	**ก**
กิตติกรรมประกาศ	**ข**
สารบัญ	**ค**
สารบัญตาราง	**จ**
สารบัญรูปภาพ	**ฉ**
บทที่ 1 บทนำ	
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการจัดสร้างโครงงาน	1
ขอบเขตของการศึกษาโครงงาน	1
กรอบแนวคิดในการศึกษาโครงงาน	2
- สมมติฐาน	
- ตัวแปรที่ศึกษา	
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
นิยามศัพท์เฉพาะ	3
บทที่ 2 แนวคิดที่เกี่ยวข้อง	
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพลังงานลม	4
ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับกังหันลม	6
ทฤษฎีอากาศพลศาสตร์ (Aerodynamics) ของกังหันลม	7
ไดนาโม (Dynamo)	8
เครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบ	9
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
ผังกระบวนการออกแบบกิจกรรมสะเต็ม 6 ขั้น	10
รายละเอียดขั้นตอนการออกแบบ	11
วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	12
ขั้นตอนการประดิษฐ์กังหันลมแนวตั้งเพื่อใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้า	12
ขั้นตอนการทดลอง	13
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	
ตอนที่ 1 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของกังหันลมแนวตั้ง	15
ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าของกังหันลมแนวตั้ง	17

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
สรุปผลการทดลอง	18
ข้อเสนอแนะ	19
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	12
4.1 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกังหันลมแบบหมุนทางเดียว(ตำแหน่งรัศมี 17 ซม.)	15
4.2 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกังหันลมแบบหมุนทางเดียว(ตำแหน่งรัศมี 30 ซม.)	15
4.3 ตารางแสดงค่า rpm ของกังหันลมแบบใบพัดซ้อนสองชั้น	16
4.4 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกังหันลมแบบใบพัดซ้อนสองชั้น	17
4.5 ตารางแสดงค่ากำลังไฟฟ้าของกังหันลมแนวตั้ง	17

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 เครื่องวัดลม	5
2.2 แผนที่ลมในประเทศไทย	6
2.3 ชนิดของกังหันลม	6
2.4 (ก) กังหันลมแนวแกนนอน (ข) กังหันลมแนวแกนตั้ง	7
2.5 ส่วนประกอบของใบพัดกังหันลม	7
2.6 ไดนาโม	8
2.7 การทำงานของไดนาโม	9
2.8 โปรแกรม SketchUp	9
3.1 ผังกระบวนการออกแบบกิจกรรมสะเต็ม 6 ขั้น	10
3.2 แบบจำลองใบพัดหมุนทางเดียวหนึ่งชั้น	11
3.3 แบบจำลองใบพัดแบบซ้อนสองชั้น	11
3.5 การประดิษฐ์กังหันลมแนวตั้ง	12

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พลังงานเป็นสิ่งที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติ และมีความเกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตทุกชนิด แต่มนุษย์เป็นผู้ที่สามารถดึงเอาพลังงานมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้มากที่สุด เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับการใช้ชีวิต และสร้างความเจริญก้าวหน้าให้กับสังคม โดยพลังงานแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป เช่น พลังงานจากปิโตรเลียม ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน หรือพลังงานนิวเคลียร์ กับพลังงานหมุนเวียนหรือพลังงานสะอาด ที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น พลังงานน้ำ พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์

เนื่องจากจังหวัดจันทบุรีเป็นจังหวัดที่ติดทะเลและบริเวณชายทะเลเป็นบริเวณที่มีลมแรงกว่าพื้นที่อื่น ซึ่งพลังงานลมเป็นพลังงานสะอาดที่มีความยั่งยืนและนำไปใช้งานได้ง่ายที่สุดแหล่งหนึ่งโดยอาศัยกังหันลม ประกอบกับหนึ่งในอาชีพหลักที่สำคัญของจังหวัดจันทบุรีคือการประมง คณะผู้จัดทำจึงเล็งเห็นโอกาสที่จะนำพลังงานลมที่เสียไปอย่างสูญเปล่ามาใช้ให้เกิดประโยชน์แก่ชาวประมงหรือผู้ที่ตั้งบ้านเรือนอยู่บริเวณชายทะเล คณะผู้จัดทำจึงสนใจที่จะศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของกังหันลม ซึ่งคาดว่าจะเป็นประโยชน์สำหรับชาวประมงหรือผู้ที่ตั้งถิ่นฐานอยู่บริเวณชายฝั่งทะเล

1.2 วัตถุประสงค์ของการจัดสร้างโครงงาน

1.2.1 เพื่อออกแบบและประดิษฐ์เครื่องผลิตไฟฟ้าพลังงานลม

1.2.2 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของกังหันลมแนวตั้ง

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าจากกังหันลมแนวตั้ง

1.3 ขอบเขตของการศึกษาโครงงาน

กังหันลมที่ใช้ในการศึกษามีลักษณะดังต่อไปนี้

1.3.1 เป็นกังหันลมแนวตั้ง

1.3.2 ใบพัดประเภทหมุนสวนทางและใบพัดหมุนทางเดียว

1.3.3 ใบพัดประดิษฐ์จากท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8.5 เซนติเมตร ความยาว 87 เซนติเมตร

1.3.4 โครงสำหรับยึดกังหันลมขนาด 110 x 70 เซนติเมตร ทั้งหมด 4 ด้าน

1.3.5 ฐานกังหันลมจากไม้สำหรับยึดใบพัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 เซนติเมตร

1.3.6 ใช้ไดนาโมขนาด 6 - 12 โวลต์

1.4 กรอบแนวคิดในการศึกษาโครงงาน

1.4.1 ตอนที่ 1 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของกังหันลมแนวตั้ง

1) สมมติฐาน

รูปแบบของกังหัน จำนวนใบพัด มุมของใบพัดและทิศทางของใบพัดมีผลต่อประสิทธิภาพของกังหันลมแนวตั้ง

2) ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

ตัวแปรต้น : รูปแบบของกังหัน จำนวนของใบพัด มุมของใบพัด ทิศทางของใบพัด

ตัวแปรตาม : ประสิทธิภาพของกังหันลม

ตัวแปรควบคุม : กำลังไฟของไดนาโม ความถี่ของลม อุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้า อุปกรณ์วัดความต่างศักย์ พื้นที่ในการรับลม

3) นิยามเชิงปฏิบัติการ

ประสิทธิภาพของกังหันลม หมายถึง ประสิทธิภาพของกังหันลม หมายถึง การคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของกังหันลม (P) จากสมการ $P = \left[\frac{RPM}{120}\right] \times \pi \times \left[\frac{torque}{1{,}000}\right] \times 9.8 \times 0.32$ มีหน่วยเป็น วัตต์

1.4.2 ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าของกังหันลมแนวตั้ง

1) สมมติฐาน

กังหันลมใบพัดซ้อนสองชั้นมีประสิทธิภาพมากกว่ากังหันลมใบพัดหมุนทางเดียวแบบหนึ่งชั้น

2) ตัวแปร

ตัวแปรต้น : ชนิดของกังหันลมแนวตั้ง (กังหันลมใบพัดซ้อนสองชั้นและกังหันลมใบพัดหมุนทางเดียวแบบหนึ่งชั้น)

ตัวแปรตาม : ประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าของกังหันลม

ตัวแปรควบคุม : พื้นที่ในการรับลม กำลังไฟของไดนาโม ความถี่ของลม อุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้า อุปกรณ์วัดความต่างศักย์

3) นิยามเชิงปฏิบัติการ

ประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าของกังหันลม หมายถึง ค่ากำลังไฟฟ้า

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 มีความรู้ความเข้าใจกระบวนการคิดตามแนวทางสะเต็มศึกษา

1.5.2 สามารถออกแบบและประดิษฐ์เครื่องผลิตไฟฟ้าพลังงานลมได้

1.5.3 สามารถเป็นแนวทางในการผลิตไฟฟ้าพลังงานลมสำหรับผู้ที่ตั้งบ้านเรือนอยู่บริเวณชายทะเลบริเวณที่มีลมสม่ำเสมอ

1.5.4 สามารถเป็นแนวทางในการใช้พลังงานสะอาดให้เกิดประโยชน์มากขึ้น

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 Torque หมายถึง แรงน้อยที่สุดที่ใช้เพื่อทำให้ใบพัดเริ่มหมุน หรือเทียบได้กับแรงเสียดทานสถิตย์

1.6.2 กังหันลมแนวตั้ง หมายถึง กังหันลมที่มีแกนหมุนและใบพัดตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของลมในแนวราบ

1.6.3 กังหันลมแนวนอน หมายถึง กังหันลมที่มีแกนหมุนขนานกับการเคลื่อนที่ของลมในแนวราบ โดยมีใบพัดเป็นตัวตั้งฉากรับแรงลม

1.6.4 Power Coefficient หมายถึง พลังงานลมที่ได้จากการหมุนของใบพัดต่อพลังงานลมที่มีอยู่ในพื้นที่นั้น

1.6.5 Tip Speed Ratio หมายถึง ความเร็วของปลายใบพัดต่อความเร็วของลม

บทที่ 2
แนวคิดที่เกี่ยวข้อง

ในการจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์เรื่อง การศึกษาประสิทธิภาพกังหันลมแนวตั้งเพื่อออกแบบชุดผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับชาวประมง คณะผู้จัดทำได้ศึกษาหาข้อมูลจากแหล่งอ้างอิง และเว็บไซต์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไปนี้

2.1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพลังงานลม

2.1.1 การเกิดลม

ลม คือ การเคลื่อนที่ของอากาศที่ขนานกับพื้นผิวของโลก แรงความลาดชันของความกดอากาศ คือ แรงที่มีอิทธิพลต่อความเร็วลมที่พัดซึ่งเป็นแรงที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของหย่อมความกดอากาศ (กรมอุตุนิยมวิทยา, ม.ป.ป)

อากาศเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัวทำให้มีความหนาแน่นน้อยกว่าปกติและลอยตัวสูงขึ้นไป ซึ่งเรียกว่า กระแสอากาศ เมื่ออากาศร้อนลอยตัวสูงขึ้น อากาศในแนวราบจากบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเคลื่อนขนานกับแนวราบเข้ามาแทนที่ อากาศที่เคลื่อนที่ขนานกับพื้นผิวของโลกเรียกว่า ลม ลมจะพัดจากบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าหรือบริเวณที่มีความกดอากาศสูงกว่า ไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่าหรือบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำกว่า

กลางวันอุณหภูมิของอากาศเหนือพื้นดินสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศเหนือพื้นน้ำ เนื่องจากดินและน้ำรับความร้อนจากดวงอาทิตย์ในปริมาณเท่ากันแต่ดินจะมีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำ ส่วนกลางคืนอุณหภูมิของอากาศเหนือพื้นดินจะต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศเหนือพื้นน้ำ เนื่องจากดินคายความร้อนได้ดีกว่าน้ำ ปรากฏการณ์นี้จะเกี่ยวข้องกับการเกิด ลมบก ลมทะเล คือ ในเวลากลางวันอากาศเหนือพื้นดินร้อน ลอยตัวสูงขึ้น อากาศเหนือพื้นน้ำเย็นกว่า เคลื่อนที่เข้ามาแทนที่ เกิดลมพัดจากทะเลเข้าสู่ฝั่ง เรียกว่า ลมทะเล ในเวลากลางคืน อากาศเหนือพื้นน้ำร้อนกว่า ลอยตัวสูงขึ้น อากาศเหนือพื้นดินเย็นกว่า เคลื่อนที่เข้ามาแทนที่ เกิดลมพัดจากบกออกสู่ทะเล เรียกว่า ลมบก

2.1.2 การวัดทิศทางและความเร็วของลม

ลม คือ การเคลื่อนไหวของอากาศ ถ้าลมแรงก็หมายถึงว่ามวลของอากาศเคลื่อนตัวมากและเร็วในอุตุนิยมวิทยา สามารถการวัดลมจำต้องวัดทั้งทิศของลม และอัตราหรือดวามเร็วของลม สำหรับการวัดทิศของลมนั้นสามารถใช้ศรลม (Wind vane) ส่วนการวัดความเร็วของลม สามารถใช้เครื่องมือที่ เรียกว่า "อะนีมอมิเตอร์" (Anemometer) ซึ่งมีหลายชนิด แต่ส่วนมากใช้แบบใบพัดหรือกังหัน หรือใช้แบบถ้วยกลมสามใบและมีก้านสามก้านต่อมารวมกันที่แกนกลาง จากแกนกลางจะมี

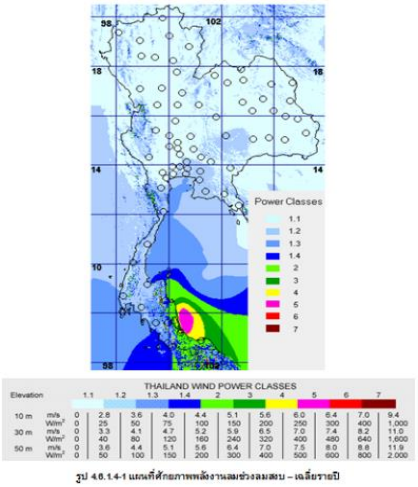
แกนต่อลงมายังเบื้องล่าง เมื่อกังหันหมุนจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้เข็มที่หน้าปัดชี้แสดงความเร็วของลมคล้ายๆกับหน้าปัดที่บอกความเร็วของรถยนต์ (กรมอุตุนิยมวิทยา, ม.ป.ป)

การวัดความเร็วและทิศของลม อาจทำได้โดยใช้เครื่องมืออีกชนิดหนึ่ง เรียกว่า "ใบพัดลม" ซึ่งสามารถวัดความเร็วและทิศได้พร้อมกัน ในการวัดความเร็วของลมมีหน่วยที่ใช้กันอยู่หลายหน่วย แล้วแต่ว่าผู้ใช้จะนิยมและสะดวกที่จะใช้หน่วยใด เช่น นอต หรือไมล์ทะเลต่อชั่วโมง กิโลเมตรต่อชั่วโมง ไมล์ (บก) ต่อชั่วโมง (Neonics, 2020)

ภาพที่ 2.1 เครื่องวัดลม
ที่มา : Neonics (2020)

2.1.3 การประยุกต์ใช้พลังงานลม

ลมเป็นพลังงานที่มนุษย์ใช้มานานกว่า 2,000 ปี โดยใช้กังหันลม (Wind turbine) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานจลน์จากการเคลื่อนที่ของลมให้เป็นพลังงานกล แล้วนำพลังงานกลมาใช้ประโยชน์โดยตรง เช่น การบดสีเมล็ดพืช การสูบน้ำ หรือในปัจจุบันใช้ผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า การพัฒนากังหันลมเพื่อใช้ประโยชน์มีมาตั้งแต่ชนชาวอียิปต์โบราณและมีความต่อเนื่องมาถึงปัจจุบัน การออกแบบกังหันลมอาศัยความรู้ทางด้านพลศาสตร์ของลมและหลักวิศวกรรมศาสตร์ในแขนงต่างๆ เพื่อให้ได้กำลัง งาน พลังงานและประสิทธิภาพสูงสุด ประเทศไทยมีศักยภาพของพลังงานลมต่ำยกเว้นบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยและทะเลอันดามันรวมทั้งบริเวณเกาะและที่ราบปากแม่น้ำเจ้าพระยา ปัจจุบันการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้ติดตั้งสถานีทดลองผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานลมที่แหลมพรหมเทพจังหวัดภูเก็ต โดยการทดลองใช้งานและเก็บข้อมูลเพื่อการพัฒนาระบบในอนาคตพลังงานลมที่จะนำมาใช้หมุนกังหันลมได้จะต้องมีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอย่างต่ำ (Start up wind speed) 2.5 เมตร/วินาที (Energeniusth, 2018)



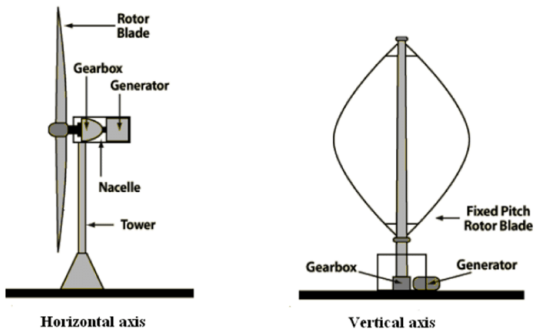
ภาพที่ 2.2 แผนที่ลมในประเทศไทย

ที่มา : จุฬาวิยานุกรม (2554)

2.2 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับกังหันลม

2.2.1 ชนิดของกังหันลม

แบ่งออกตามลักษณะการจัดวางแกนของใบพัดได้เป็น 2 รูปแบบ



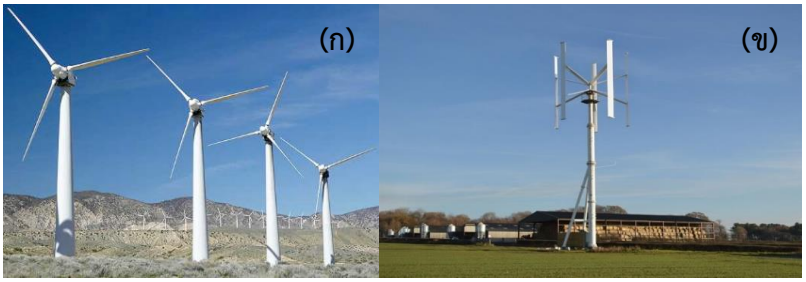
ภาพที่ 2.3 ชนิดของกังหันลม

ที่มา : นิพนธ์ เกตุจ้อย (2004)

1) กังหันลมแนวแกนนอน (Horizontal axis wind turbine) เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนขนานกับทิศทางของลม โดยมีใบพัดเป็นตัวตั้งฉากรับแรงลม มีอุปกรณ์ควบคุมกังหันให้หันไปตามทิศทางของกระแสลม เรียกว่า หางเสือ และมีอุปกรณ์ป้องกันกังหันชำรุดเสียหายขณะเกิดลมพัดแรง เช่นลมพายุและตั้งอยู่บนเสาที่แข็งแรง

กังหันลมแบบแกนนอน ได้แก่ กังหันลมวินด์มิลล์ (Windmills) กังหันลมใบเสื่อลำแพน นิยมใช้กับเครื่องฉุดน้ำ กังหันลมแบบกงล้อจักรยาน กังหันลมสำหรับผลิตไฟฟ้าแบบพรอบเพลเลอร์ (Propeller)

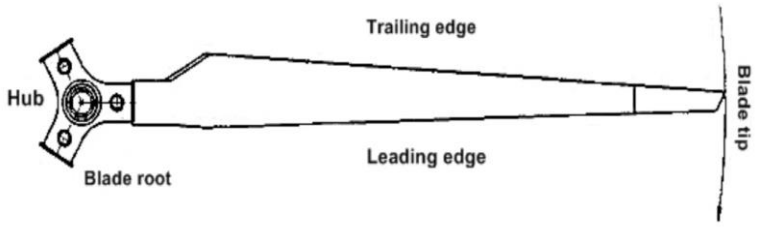
2) กังหันลมแนวแกนตั้ง (Vertical axis wind turbine) เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนและใบพัดตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของลมในแนวราบ ซึ่งทำให้สามารถรับลมในแนวราบได้ทุกทิศทาง



ภาพที่ 2.4 (ก) กังหันลมแนวแกนนอน (ข) กังหันลมแนวแกนตั้ง
ที่มา : Wikipedia (ม.ป.ป.)

2.3 ทฤษฎีอากาศพลศาสตร์ (Aerodynamics) ของกังหันลม

อากาศพลศาสตร์ (Aerodynamics) อากาศที่ไหลและแรงที่เกิดขึ้นจากอากาศที่ไหล ผิวด้านหน้าและหลังของใบพัดกังหันลมจะมีลักษณะที่ไม่ราบเรียบ ตลอดความยาวของสี่เหลี่ยมผืนผ้าข้างหนึ่งจะเป็นขอบนำ (Leading edge) และขอบหาง (Trailing edge) ส่วนของโคนใบจะยึดติดกับ hub เพื่อจะยึดติดกับแกนของ generator รัศมีของใบพัด คือ ระยะจากโคนใบจนถึงปลายใบหาก มองจากด้านข้างจะพบว่าใบพัดมีลักษณะโค้งนูน โดยด้านหน้าที่ปะทะกับลมจะเรียบกว่าด้านหลัง รูปร่างของใบพัดเช่นนี้เรียกว่า แพนอากาศ (blade's aerodynamics profile)



ภาพที่ 2.5 ส่วนประกอบของใบพัดกังหันลม

2.4 ไดนาโม (Dynamo)

ไดนาโมเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้า มีส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่

1) ขดลวดที่พันอยู่รอบแกน เรียกว่า อาร์เมเจอร์หรือโรเตอร์ (Armature or Rotor) คือ ขดลวดตัวนำอาบน้ำยา นำมาพันรอบแกนเหล็กอ่อน โดยปลายทั้งสองของขดลวดจะต่ออยู่กับวงแหวนที่ทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าออกไปสู่วงจรภายนอก

2) แม่เหล็ก 2 แท่ง หันขั้วต่างกันเข้าหากัน เพื่อให้เกิดสนามแม่เหล็กโดยมีเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งจากขั้วเหนือไปยังขั้วใต้ และบริเวณขั้วจะมีความเข้มของสนามแม่เหล็กมากกว่าบริเวณอื่น

3) วงแหวน (Output Ring) คือส่วนที่จ่ายกระแสไฟฟ้าจากอาร์เมเจอร์ออกไปสู่วงจรภายนอก วงแหวนมี 2 ชนิด คือ วงแหวนลื่น (Slip Ring) เป็นวงแหวนทองแดงกลม 2 วง ใช้กับไดนาโมไฟฟ้ากระแสสลับ และวงแหวนแยก (Split Ring หรือ Commutator) เป็นวงแหวนทองแดงผ่าซีกใช้กับไดนาโมไฟฟ้ากระแสตรง

4) แปรงตัวนำไฟฟ้า (Brush) เป็นส่วนที่วงแหวนลื่น และวงแหวนแยกมาแตะสัมผัส เพื่อรับกระแสไฟฟ้าจากอาร์เมเจอร์ออกไปสู่วงจรภายนอก

2.4.1 ชนิดของไดนาโม

ไดนาโมแบ่งออกเป็น 2 ชนิด

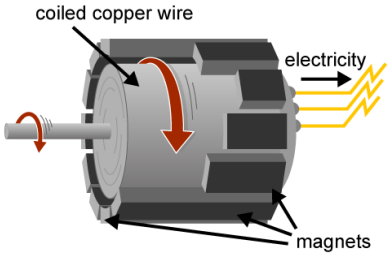
1) ไดนาโมไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Dynamo) ประกอบด้วยแท่งแม่เหล็ก 2 แท่ง ขดลวดและแหวนลื่น โดยแหวนลื่น 2 วงสัมผัสกับแปรงตัวนำไฟฟ้า ซึ่งจะรับกระแสไฟฟ้าจากขดลวดออกสู่วงจรภายนอก

2) ไดนาโมไฟฟ้ากระแสตรง (DC Dynamo) ประกอบด้วยแท่งแม่เหล็ก 2 แท่ง ขดลวดและแหวนแยก โดยแหวนแยกแต่ละอันสัมผัสกับแปรงตัวนำไฟฟ้า ซึ่งจะรับกระแสไฟฟ้าจากขดลวดออกสู่วงจรภายนอก

ภาพที่ 2.6 ไดนาโม

2.4.2 การทำงานของไดนาโม

ไดนาโม ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงาน ไฟฟ้า คือต้องมีการใส่พลังงานกลหรือแรงหมุนให้แก่ไดนาโมก่อน แล้วไดนาโมจะเปลี่ยนแรงนั้นเป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งไดนาโมจะทำงานตรงกันข้ามกับมอเตอร์ โดยมอเตอร์ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงาน ไฟฟ้าเป็นพลังงานกล เกิดแรงหมุนเพื่อนำไปทำงานต่าง ๆ



ภาพที่ 2.7 การทำงานของไดนาโม

2.5 เครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบ

เพื่อให้ชิ้นงานมีความถูกต้องขั้นตอนการออกแบบจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างมากผู้ทำโครงงานจึงได้ศึกษาการออกแบบด้วยโปรแกรม GOOGLE SKETCHUP ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สร้างขึ้นภายใต้แนวคิดในการรวมเอาข้อดีจากการสร้างต้นแบบ ด้วยการดินสอเขียนลงบนกระดาษ มีความยืดหยุ่นในการทำงาน มีระบบ an intelligent guidance ซึ่งเป็น การใช้ประโยชน์จากจุด, เส้น, พื้นผิวเพื่อใช้อ้างอิงในการสร้างโมเดล ทำให้สามารถ ใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน

โมเดล 3D ที่สร้างขึ้นใน SketchUp มีลักษณะเป็น surface model คือขึ้นรูป 3 มิติ แบบพื้นผิว ทำให้ภายในโมเดลกลวง ต่างจากการสร้างโมเดล 3D แบบ Solid คือ มีลักษณะคล้าย การปั้นดิน ทำให้ภายในโมเดลตัน อีกทั้งลักษณะเส้นโค้งใน SketchUp เกิดจากการประกอบด้วย ส่วนของเส้นตรงเล็กๆ เข้าด้วยกัน พื้นผิวที่โค้งมนก็เป็นการประกอบส่วนของพื้นผิวแบนเล็ก ๆ เข้าด้วยกัน

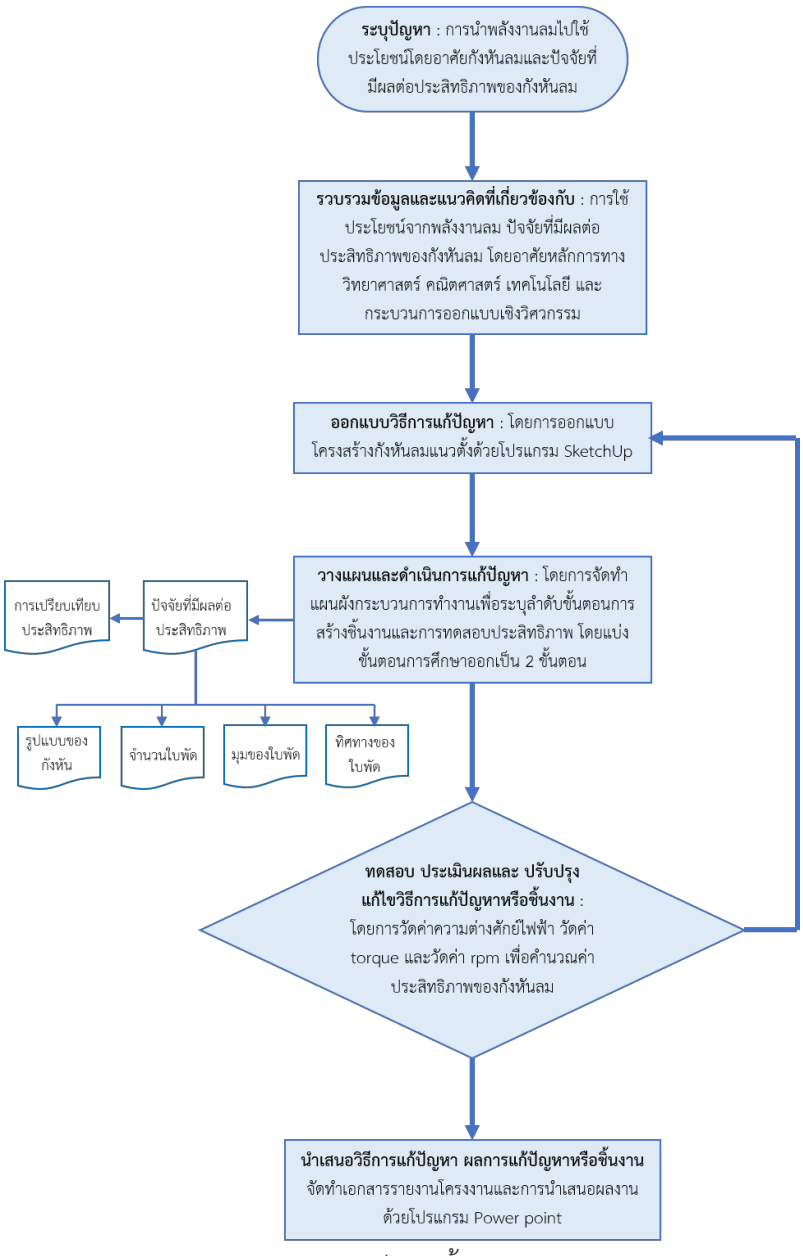
ภาพที่ 2.8 โปรแกรม SketchUp

ที่มา : SketchUp (2022)

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

การจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์นี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพกังหันลมแนวตั้งเพื่อออกแบบชุดผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับชาวประมง โดยมีขั้นตอนและวิธีการดำเนินการโครงงานดังนี้

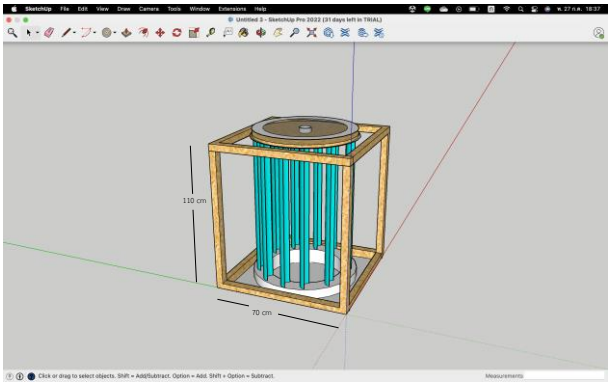
3.1 ผังกระบวนการออกแบบกิจกรรมสะเต็ม 6 ขั้น



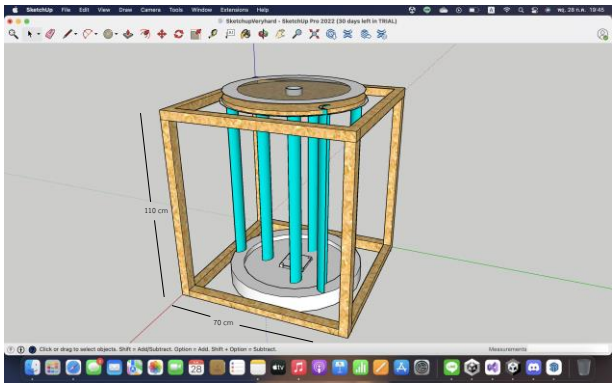
ภาพที่ 3.1 ผังกระบวนการออกแบบกิจกรรมสะเต็ม 6 ขั้น

3.2 รายละเอียดขั้นตอนการออกแบบ

ขั้นตอนการออกแบบผู้จัดทำโครงงานได้ดำเนินการออกแบบโครงสร้างกังหันลมแนวตั้งด้วยโปรแกรม SketchUp ดังรูป



ภาพที่ 3.2 แบบจำลองใบพัดหมุนทางเดียวหนึ่งชั้น



ภาพที่ 3.3 แบบจำลองใบพัดแบบซ้อนสองชั้น

ออกแบบโครงสำหรับยึดกังหันลมขนาด 110 x 70 เซนติเมตร ทั้งหมด 4 ด้าน ฐานกังหันลมจากไม้สำหรับยึดใบพัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 เซนติเมตร อัตราส่วนที่ใช้ในการออกแบบ คือ 10 : 1

3.3 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

รายการ	จำนวน	รายการ	จำนวน
ท่อ พีวีซี เส้นผ่านศูนย์กลาง 8.5 เซนติเมตร ยาว 87 เซนติเมตร	18 เส้น	ลังกระดาษ	2 ลัง
ไดนาโม	1 ลูก	โวลต์มิเตอร์	1 เครื่อง
แท่งไม้	10 แท่ง	สายไฟ	1 ม้วน
น็อต	50 ตัว	แอนนิโมมิเตอร์	1 เครื่อง
แผ่นไม้	2 แผ่น	มัลติมิเตอร์	1 เครื่อง
พัดลมตั้งพื้น	2 ตัว	ล้อจักรยาน	1 ชุด

3.4 ขั้นตอนการประดิษฐ์กังหันลมแนวตั้งเพื่อใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้า

1) ตัดท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8.5 เซนติเมตร ความยาว 87 เซนติเมตร จำนวน 18 อันสำหรับทำเป็นใบพัด

2) ตัดไม้เพื่อนำมารองฐานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 เซนติเมตร และติดแผ่นไม้เข้ากับล้อจักรยาน

3) ประกอบใบพัดเข้ากับแผ่นไม้ที่ติดอยู่กับล้อจักรยาน

4) ตัดไม้ยาว 110 เซนติเมตรจำนวน 4 อันและไม้ขนาด 70 เซนติเมตรจำนวน 6 อัน นำมาประกอบเป็นโครงฐานให้กับกังหันลม

5) ประกอบล้อจักรยานเข้ากับโครงไม้

ภาพที่ 3.4 การประดิษฐ์กังหันลมแนวตั้ง

3.5 ขั้นตอนการทดลอง

ตอนที่ 1 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของกังหันลมแนวตั้ง

โดยทดลองจากจำนวนใบพัดและมุมของใบพัด

1. การทดลองจำนวนใบพัดของกังหันลมใบพัดหมุนทางเดียวแบบหนึ่งชั้น
   1) ประกอบใบพัดจำนวน 3 ใบพัด ตำแหน่งรัศมี 17 เซนติเมตร เริ่มทดลองที่มุม 0°
   2) วัดค่า torque โดยการมัดวัตถุที่มีน้ำหนักมากกับฐานของใบพัด เมื่อเปิดพัดลมและใบพัดเริ่มหมุน วัดค่าtorqueจากน้ำหนักที่หายไปของวัตถุ
   3) วัดค่า RPM โดยการนับจำนวนที่ใบพัดหมุนต่อ1นาที
   4) ทดลองกับพัดลม กำหนดค่าความเร็วลม คือ 4.32 m/s
   5) เปลี่ยนมุมของใบพัดที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ มุม 0° ±10° ±20° ±30° ±40°
   6) ทดลองซ้ำในขั้นตอนที่1-5 แต่เปลี่ยนจำนวนใบพัดเป็น 4, 6 และ 8 ใบพัด
   7) คำนวณค่าประสิทธิภาพของกังหันลม บันทึกผล
   8) ทดลองซ้ำข้อ 1-5 และ ข้อ 7 แต่เปลี่ยนตำแหน่งเป็นตำแหน่งรัศมี 30 เซนติเมตร และเปลี่ยนจำนวนใบพัด เป็น 6 9 12 15 และ 18 ใบพัด
2. การทดลองจำนวนใบพัดของกังหันลมใบพัดซ้อนสองชั้น
   1) ประกอบใบพัดโดยเลือกจำนวนใบพัดที่มีค่าประสิทธิภาพของกังหันลมที่ดีที่สุดทั้งตำแหน่งรัศมี 17 และ 30 เซนติเมตร โดยกำหนดทิศทางใบพัดเป็นทิศทางเดียวกัน และตำแหน่งมุมใบพัดรัศมี 30 เซนติเมตรเริ่มทดลองที่มุม 0
   2) กำหนดมุมของใบพัดตำแหน่งรัศมี 17 ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ มุม 10°
   3) ทดลองกับพัดลม กำหนดค่าความเร็วลม คือ 4.32 m/s
   4) วัดค่า RPM โดยการนับจำนวนที่ใบพัดหมุนต่อ1นาที
   5) ทำซ้ำข้อ 1-4 โดยเปลี่ยนมุมของใบพัดตำแหน่งรัศมี 17 เซนติเมตรที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ มุม -10 ±30°
   6) ทำซ้ำข้อ 1-5 โดยเปลี่ยนตำแหน่งมุมใบพัดรัศมี 30 เซนติเมตรเป็น ±20° ±40°
   7) เลือกรูปแบบใบพัดที่มีค่า rpm ที่ดีที่สุดมาวัดค่า torque โดยการมัดวัตถุที่มีน้ำหนักมากกับฐานของใบพัด เมื่อเปิดพัดลมและใบพัดเริ่มหมุน วัดค่าtorqueจากน้ำหนักที่หายไปของวัตถุ
   8) คำนวณค่าประสิทธิภาพของกังหันลม บันทึกผล

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าของกังหันลมแนวตั้ง

1. นำกังหันลมแนวตั้งแบบใบพัดหมุนทางเดียวที่มีมุมและจำนวนใบพัดที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดจากตอนที่ 1 มาต่อวงจรไฟฟ้าแบบ voltage doubler เพื่อวัดค่ากำลังไฟฟ้า
2. นำกังหันลมแนวตั้งแบบใบพัดซ้อนสองชั้นที่มีมุมและจำนวนใบพัด และทิศทางของใบพัดที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด จากตอนที่ 1 มาต่อวงจรไฟฟ้าแบบ voltage doubler เพื่อวัดค่ากำลังไฟฟ้า
3. เปรียบเทียบผลของใบพัดที่ต่างชนิดกันและสรุปผลการทดลอง

บทที่4
ผลการดำเนินงาน

ในการจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์เรื่อง การศึกษาประสิทธิภาพกังหันลมแนวตั้งเพื่อออกแบบชุดผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับชาวประมง มีผลทดลองดังนี้

ตอนที่ 1 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของกังหันลมแนวตั้ง

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกังหันลมแบบหมุนทางเดียว(ตำแหน่งรัศมี 17 ซม.)

จำนวนใบพัด (ใบพัด)	ค่าประสิทธิภาพของกังหันลม(วัตต์)								
	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
3	0.07	0.10	0.16	0.19	0.22	0.26	0.25	0.19	0.14
4	0.22	0.20	0.19	0.19	0.24	0.25	0.31	0.33	0.27
6	0.29	0.24	0.30	0.35	0.43	0.43	0.43	0.41	0.34
8	0.35	0.30	0.26	0.41	0.51	0.52	0.47	0.37	0.28

จากตารางบันทึกผลการทดลอง ค่าประสิทธิภาพของกังหันลมแบบหมุนทางเดียว(ตำแหน่งรัศมี 17 เซนติเมตร) โดยใช้มุมของใบพัดทำมุม -40°,-30°,-20°,-10°, 0°, 10°,20°, 30°,40° พบว่า เมื่อใช้จำนวนใบพัด 3 ใบพัด ได้ค่าประสิทธิภาพของกังหันลม 0.07, 0.10, 0.16, 0.19, 0.22, 0.26, 0.25, 0.19 และ 0.14 ตามลำดับ เมื่อใช้จำนวนใบพัด 4 ใบพัด ได้ค่าประสิทธิภาพของกังหันลม 0.22, 0.20, 0.19, 0.19, 0.24, 0.25, 0.31, 0.33 และ0.27 ตามลำดับ เมื่อใช้จำนวนใบพัด 6 ใบพัด ได้ค่าประสิทธิภาพของกังหันลม 0.29, 0.24, 0.30, 0.35, 0.43, 0.43, 0.43, 0.41 และ 0.34 ตามลำดับ และเมื่อใช้จำนวนใบพัด 8 ใบพัด ได้ค่าประสิทธิภาพของกังหันลม 0.35, 0.30, 0.26, 0.41, 0.51, 0.52, 0.47, 0.37 และ 0.28 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกังหันลมแบบหมุนทางเดียว(ตำแหน่งรัศมี 30 ซม.)

จำนวนใบพัด (ใบพัด)	ค่าประสิทธิภาพของกังหันลม(วัตต์)								
	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
6	0.35	0.33	0.27	0.22	0.18	0.19	0.20	0.19	0.16
9	0.67	0.53	0.43	0.34	0.31	0.36	0.37	0.43	0.45
12	0.75	0.69	0.40	0.25	0.25	0.32	0.42	0.45	0.39
15	0.83	0.90	0.72	0.42	0.18	0.37	0.41	0.36	0.20
18	0.68	0.84	0.80	0.48	0.22	0.25	0.37	0.31	0.17

จากตารางบันทึกผลการทดลอง ค่าประสิทธิภาพของกังหันลมแบบหมุนทางเดียว(ตำแหน่งรัศมี 30 เซนติเมตร) โดยใช้มุมของใบพัดทำมุม -40°,-30°,-20°,-10°, 0°, 10°,20°, 30°,40° พบว่า เมื่อ

ใช้จำนวนใบพัด 6 ใบพัด ได้ค่าประสิทธิภาพของกังหันลม 0.35, 0.33,0.27, 0.22, 0.18, 0.19, 0.20, 0.19 และ 0.16 ตามลำดับ เมื่อใช้จำนวนใบพัด 9 ใบพัด ได้ค่าประสิทธิภาพของกังหันลม 0.67, 0.53, 0.43, 0.34, 0.31, 0.36, 0.37, 0.43 และ 0.45ตามลำดับ เมื่อใช้จำนวนใบพัด12 ใบพัด ได้ค่าประสิทธิภาพของกังหันลม 0.75, 0.69, 0.40, 0.25, 0.25, 0.32, 0.42, 0.45 และ 0.39 ตามลำดับ เมื่อใช้จำนวนใบพัด15 ใบพัด ได้ค่าประสิทธิภาพของกังหันลม 0.83, 0.90, 0.72, 0.42, 0.18, 0.37, 0.41, 0.36 และ 0.20 ตามลำดับ และเมื่อใช้จำนวนใบพัด 18 ใบพัด ได้ค่าประสิทธิภาพของกังหันลม 0.68, 0.84, 0.80, 0.48, 0.22, 0.25, 0.37, 0.31 และ 0.17ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงค่า rpm ของกังหันลมแบบใบพัดซ้อนสองชั้น

รูปแบบของกังหันลม	มุมของใบพัดด้านนอก	ค่า rpm (รอบต่อนาที)							
		มุมของใบพัดด้านใน							
		-30°		-10°		10°		30°	
		ใน	นอก	ใน	นอก	ใน	นอก	ใน	นอก
กังหันลมแบบใบพัดซ้อนสองชั้นใบพัดทางเดียว	40°	92	32	102	41	108	40	100	36
	20°	117	43	125	55	120	53	112	51
	0°	128	51	134	59	127	56	113	53
	-20°	140	53	147	55	142	56	124	51
	-40°	144	52	157	57	149	55	137	51
กังหันลมแบบใบพัดซ้อนสองชั้นใบพัดสวนทาง	40°	145	18	170	3	171	0	161	0
	20°	123	36	136	27	138	24	129	21
	0°	110	49	120	39	124	37	114	34
	-20°	110	48	112	34	116	32	127	21
	-40°	84	50	47	37	106	33	156	0

จากตารางบันทึกผลการทดลอง ค่า rpm ของกังหันลมแบบใบพัดซ้อนสองชั้นใบพัดทางเดียว โดยใช้มุมของใบพัดด้านใน -30°,-10°, 10°, 30° พบว่า เมื่อใช้ใบพัดรอบนอกทำมุม 40°ได้ค่า rpm ด้านในกับด้านนอก 92 กับ 32, 102 กับ 41, 108 กับ 40 และ 100 กับ 36 ตามลำดับ เมื่อใช้ใบพัดรอบนอกทำมุม 20°ได้ค่า rpm 117 กับ 43, 125 กับ 55, 120 กับ 53 และ 112 กับ 51 ตามลำดับ

เมื่อใช้ใบพัดรอบนอกทำมุม 0°ได้ค่า rpm 128 กับ 51, 134 กับ 59, 127 กับ 56 และ 113 กับ 53 ตามลำดับ เมื่อใช้ใบพัดรอบนอกทำมุม -20°ได้ค่า rpm 140 กับ 53, 147 กับ 55, 142 กับ 56 และ 124 กับ 51ตามลำดับและเมื่อใช้ใบพัดรอบนอกทำมุม -40°ได้ค่า rpm 144 กับ 52, 157 กับ 57, 149 กับ 55 และ 137 กับ 51 ตามลำดับ

และค่า rpm ของกังหันลมแบบใบพัดซ้อนสองชั้นใบพัดสวนทางโดยใช้มุมของใบพัดด้านใน -30°,-10°, 10°, 30° พบว่า เมื่อใช้ใบพัดรอบนอกทำมุม 40°ได้ค่า rpm 145 กับ 18, 170 กับ 3 171 กับ 0 และ 161 กับ 0 ตามลำดับ เมื่อใช้ใบพัดรอบนอกทำมุม 20°ได้ค่า rpm 123กับ 36, 136 กับ 27, 138 กับ 24 และ 129 กับ 21ตามลำดับ เมื่อใช้ใบพัดรอบนอกทำมุม 0°ได้ค่า rpm 110 กับ49, 120 กับ 39, 124 กับ 37 และ 114 กับ 34ตามลำดับ เมื่อใช้ใบพัดรอบนอกทำมุม -20° ได้ค่า rpm 110 กับ 48, 112 กับ 34, 116 กับ 32 และ 127 กับ 21ตามลำดับและเมื่อใช้ใบพัดรอบนอกทำมุม -40°ได้ค่า rpm 84 กับ 50, 47 กับ 37, 106 กับ 33 และ 156 กับ 0 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกังหันลมแบบใบพัดซ้อนสองชั้น

ทิศทางของใบพัด	ค่าประสิทธิภาพของกังหันลม (วัตต์)
แบบทางเดียวโดยใบพัดรอบนอกทำมุม -40° และใบพัดด้านในทำมุม -10°	0.81
แบบสวนทางโดยใบพัดใบพัดรอบนอกทำมุม 0° และใบพัดด้านในทำมุม -30°	0.84

จากตารางบันทึกผลการทดลอง ค่าประสิทธิภาพของกังหันลมแบบใบพัดซ้อนสองชั้น พบว่า เมื่อใช้แบบทางเดียวโดยใบพัดรอบนอกทำมุม -40° และใบพัดด้านในทำมุม -10° ได้ค่าประสิทธิภาพของกังหันลม 0.81 วัตต์ และเมื่อใช้กังหันลมแบบใบพัดซ้อนสองชั้นแบบสวนทางโดยใบพัดใบพัดรอบนอกทำมุม 0° และใบพัดด้านในทำมุม -30° ได้ค่าประสิทธิภาพของกังหันลม 0.84 วัตต์

ตอนที่2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าของกังหันลมแนวตั้ง

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงค่ากำลังไฟฟ้าของกังหันลมแนวตั้ง

ชนิดของกังหันลมแนวตั้ง	ค่ากำลังไฟฟ้า(วัตต์)
กังหันลมแบบใบพัดหมุนทางเดียวหนึ่งชั้นตำแหน่งรัศมี 30 ซม. จำนวน 15 ใบพัด ทำมุม -30°	0.84
กังหันลมแบบใบพัดซ้อนสองชั้นแบบสวนทางโดยใบพัดใบพัดรอบนอกทำมุม 0° และใบพัดด้านในทำมุม -30°	0.90

จากตารางบันทึกผลการทดลอง ค่ากำลังไฟฟ้าของกังหันลมแนวตั้ง พบว่า เมื่อใช้กังหันลมแบบใบพัดหมุนทางเดียวหนึ่งชั้น ได้ค่ากำลังไฟฟ้าของกังหันลม 0.84 วัตต์ และเมื่อใช้กังหันลมแบบใบพัดซ้อนสองชั้นใบพัดสวนทาง ได้ค่าได้ค่ากำลังไฟฟ้าของกังหันลม 0.90 วัตต์

บทที่ 5
สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในการจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์เรื่อง การศึกษาประสิทธิภาพกังหันลมแนวตั้งเพื่อออกแบบชุดผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับชาวประมง โดยสรุปได้ ดังนี้

5.1.1 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของกังหันลมแนวตั้ง

1) การศึกษาค่าประสิทธิภาพของกังหันลมแบบหมุนทางเดียว(ตำแหน่งรัศมี 17 เซนติเมตร) โดยใช้มุมของใบพัดทำมุม -40°,-30°,-20°,-10°, 0°, 10°,20°, 30°,40° พบว่าง เมื่อใช้จำนวนใบพัด 3 ใบพัด ได้ค่าประสิทธิภาพของกังหันลม 0.07, 0.10, 0.16, 0.19, 0.22, 0.26, 0.25, 0.19 และ 0.14 ตามลำดับ เมื่อใช้จำนวนใบพัด 4 ใบพัด ได้ค่าประสิทธิภาพของกังหันลม 0.22, 0.20, 0.19, 0.19, 0.24, 0.25, 0.31, 0.33 และ0.27 ตามลำดับ เมื่อใช้จำนวนใบพัด 6 ใบพัด ได้ค่าประสิทธิภาพของกังหันลม 0.29, 0.24, 0.30, 0.35, 0.43, 0.43, 0.43, 0.41 และ 0.34ตามลำดับ และเมื่อใช้จำนวนใบพัด 8 ใบพัด ได้ค่าประสิทธิภาพของกังหันลม 0.35, 0.30, 0.26, 0.41, 0.51, 0.52, 0.47, 0.37 และ 0.28 ตามลำดับ สรุปได้ว่า กังหันลมแบบหมุนทางเดียว(ตำแหน่งรัศมี 17 เซนติเมตร) ที่มีค่าประสิทธิภาพของกังหันลมดีที่สุดคือ จำนวน 8 ใบพัด มุม 10° มีค่าประสิทธิภาพของกังหันลมเท่ากับ 0.52 วัตต์

2) การศึกษาค่าประสิทธิภาพของกังหันลมแบบหมุนทางเดียว(ตำแหน่งรัศมี 30 เซนติเมตร) โดยใช้มุมของใบพัดทำมุม -40°,-30°,-20°,-10°, 0°, 10°,20°, 30°,40° เมื่อใช้จำนวนใบพัด 6 ใบพัด ได้ค่าประสิทธิภาพของกังหันลม 0.35, 0.33, 0.27, 0.22, 0.18, 0.19, 0.20, 0.19 และ 0.16 ตามลำดับ เมื่อใช้จำนวนใบพัด 9 ใบพัด ได้ค่าประสิทธิภาพของกังหันลม 0.67, 0.53, 0.43, 0.34, 0.31, 0.36, 0.37, 0.43 และ 0.45ตามลำดับ เมื่อใช้จำนวนใบพัด12 ใบพัด ได้ค่าประสิทธิภาพของกังหันลม 0.75, 0.69, 0.40, 0.25, 0.25, 0.32, 0.42, 0.45 และ 0.39 ตามลำดับ เมื่อใช้จำนวนใบพัด15 ใบพัด ได้ค่าประสิทธิภาพของกังหันลม 0.83, 0.90, 0.72, 0.42, 0.18, 0.37, 0.41, 0.36 และ 0.20 ตามลำดับ และเมื่อใช้จำนวนใบพัด 18 ใบพัด ได้ค่าประสิทธิภาพของกังหันลม 0.68, 0.84 , 0.80, 0.48, 0.22, 0.25, 0.37, 0.31 และ 0.17ตามลำดับ สรุปได้ว่า กังหันลมแบบหมุนทางเดียว(ตำแหน่งรัศมี 30 เซนติเมตร) ที่มีค่าประสิทธิภาพของกังหันลมดีที่สุดคือ จำนวน 15 ใบพัด มุม -30° มีค่าประสิทธิภาพของกังหันลมเท่ากับ 0.90 วัตต์

3) การศึกษาค่า RPM ของกังหันลมแบบใบพัดซ้อนสองชั้นใบพัดทางเดียวโดยใช้มุมของใบพัดด้านใน -30°,-10°, 10°, 30° พบว่า เมื่อใช้ใบพัดรอบนอกทำมุม 40°ได้ค่า RPM ด้านในกับด้านนอก 92 กับ 32, 102 กับ 41, 108 กับ 40 และ 100 กับ 36 ตามลำดับ เมื่อใช้ใบพัดรอบนอกทำมุม 20°ได้ค่า RPM 117 กับ 43, 125 กับ 55, 120 กับ 53 และ 112 กับ 51ตามลำดับ เมื่อใช้

ใบพัดรอบนอกทำมุม 0°ได้ค่า RPM 128 กับ 51, 134 กับ 59, 127 กับ 56 และ 113กับ 53 ตามลำดับ เมื่อใช้ใบพัดรอบนอกทำมุม -20°ได้ค่า rpm 140 กับ 53, 147 กับ 55, 142 กับ 56 และ 124 กับ 51ตามลำดับและเมื่อใช้ใบพัดรอบนอกทำมุม -40°ได้ค่า RPM 144 กับ 52, 157 กับ 57, 149 กับ 55 และ 137 กับ 51 ตามลำดับ สรุปได้ว่า กังหันลมแบบใบพัดซ้อนสองชั้นใบพัดทางเดียวที่มีค่า rpm ดีที่สุดคือ ใบพัดรอบนอกทำมุม -40° ใบพัดด้านในทำมุม -30° มีค่า RPM ด้านนอก คือ 144 รอบต่อนาที ค่า RPM ด้านใน 52 รอบต่อนาที

4) การศึกษาค่า RPM ของกังหันลมแบบใบพัดซ้อนสองชั้นใบพัดสวนทางโดยใช้มุมของใบพัดด้านใน -30°,-10°, 10°, 30° พบว่า เมื่อใช้ใบพัดรอบนอกทำมุม 40°ได้ค่า RPM 145 กับ 18, 170 กับ 3 171 กับ 0 และ 161 กับ 0 ตามลำดับ เมื่อใช้ใบพัดรอบนอกทำมุม 20°ได้ค่า RPM 123กับ 36, 136 กับ 27, 138 กับ 24 และ 129 กับ 21ตามลำดับ เมื่อใช้ใบพัดรอบนอกทำมุม 0°ได้ค่า rpm 110 กับ49, 120 กับ 39, 124 กับ 37 และ 114 กับ 34ตามลำดับ เมื่อใช้ใบพัดรอบนอกทำมุม -20°ได้ค่า rpm 110 กับ 48, 112 กับ 34, 116 กับ 32 และ 127 กับ 21ตามลำดับและเมื่อใช้ใบพัดรอบนอกทำมุม -40°ได้ค่า RPM 84 กับ 50, 47 กับ 37, 106 กับ 33 และ 156 กับ 0 ตามลำดับ สรุปได้ว่า กังหันลมแบบใบพัดซ้อนสองชั้นใบพัดสวนทาง ที่มีค่า RPM ดีที่สุดคือ ใบพัดรอบนอกทำมุม 0° ใบพัดด้านในทำมุม -30° มีค่า RPM ด้านนอก คือ 110 รอบต่อนาที ค่า RPM ด้านใน 49 รอบต่อนาที

5) การศึกษาค่าประสิทธิภาพของกังหันลมแบบใบพัดซ้อนสองชั้น พบว่า เมื่อใช้แบบทางเดียวโดยใบพัดรอบนอกทำมุม -40° และใบพัดด้านในทำมุม -10° ได้ค่าประสิทธิภาพของกังหันลม 0.81 วัตต์ และเมื่อใช้กังหันลมแบบใบพัดซ้อนสองชั้นแบบสวนทางโดยใบพัดใบพัดรอบนอกทำมุม 0° และใบพัดด้านในทำมุม -30° ได้ค่าประสิทธิภาพของกังหันลม 0.84 วัตต์ สรุปได้ว่า กังหันลมแบบใบพัดซ้อนสองชั้นแบบสวนทางโดยใบพัดใบพัดรอบนอกทำมุม 0° และใบพัดด้านในทำมุม -30° ได้ค่าประสิทธิภาพของกังหันลม 0.84 วัตต์ เป็นรูปแบบกังหันลมแบบใบพัดซ้อนสองชั้นที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

5.1.2 **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าของกังหันลมแนวตั้ง**

การศึกษาค่ากำลังไฟฟ้าของกังหันลมแนวตั้ง พบว่า เมื่อใช้กังหันลมแบบใบพัดหมุนทางเดียวหนึ่งชั้น ได้ค่ากำลังไฟฟ้าของกังหันลม 0.84 วัตต์ และเมื่อใช้กังหันลมแบบใบพัดซ้อนสองชั้นใบพัดสวนทาง ได้ค่าได้ค่ากำลังไฟฟ้าของกังหันลม 0.90 วัตต์ สรุปได้ว่า กังหันลมแบบใบพัดซ้อนสองชั้นใบพัดสวนทาง มีประสิทธิภาพมากกว่า กังหันลมแบบใบพัดหมุนทางเดียวหนึ่งชั้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรมีการศึกษาขนาดของใบพัดที่มีผลต่อประสิทธิภาพของกังหันลมแนวตั้งเพิ่มเติม

5.2.2 ควรมีการศึกษาชนิดของวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างกังหันลมแนวตั้ง

เอกสารอ้างอิง

กรมอุตุนิยมวิทยา. ม.ป.ป. **ลมคืออะไร**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www3.tmd.go.th/info/%E0% %E0%B8%A1. วันที่สืบค้น 20 กรกฎาคม 2565.

นิพนธ์ เกตุจ้อย. 2004. เทคโนโลยพลังงานลม. **Naresuan University Journal**. 12(2). : 65-68

จุฬาวิยานุกรม. 2554. **แผนที่ลมในประเทศไทย**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.chulapedia.chula.ac.th/index.php?title=%E0%B9%84%%B8%97%E0%B8%A8%E0%B9%84%E0%8%A2.jpg. วันที่สืบค้น 18 กรกฎาคม 2565.

Energeniusth. 2018. **ประโยชน์ของกังหันลม.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.energeniusth.com/17236188B8%B1%E0%B8%87%E0%B8%AB%E0%B8%B1%E0%B8%99%E0%B8%A5%E0%B8%A1. วันที่สืบค้น 20 กรกฎาคม 2565.

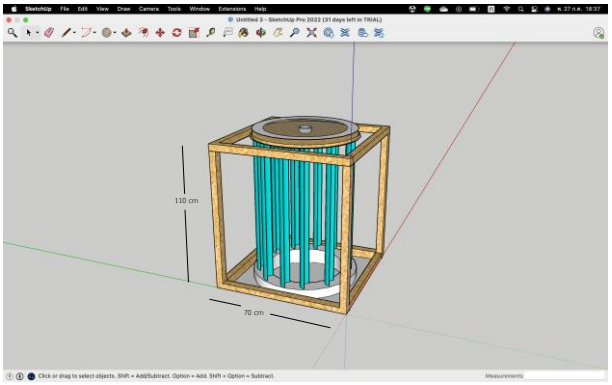
Neonics. 2020. **การวัดความเร็วลมและอุปกรณ์ยอดนิยม**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.neonics.co.th/%E0%B8%AA%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B8%84%E0%B9%89%E0%B8%B2/gm8902-plus. วันที่สืบค้น 19 กรกฎาคม 2565.

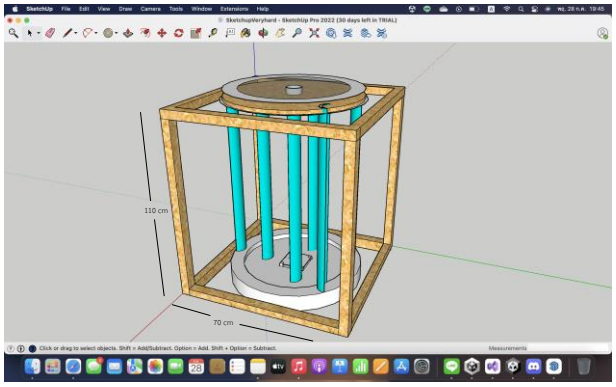
SketchUp. 2022. **SketchUp**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.sketchup.com/. วันที่สืบค้น 19 กรกฎาคม 2565.

Wikipedia. ม.ป.ป. **ชนิดของกังหันลม.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%9E%E0%B8%A5%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B8B8%A5%E0%B8%A1. วันที่สืบค้น 19 กรกฎาคม 2565.

ภาคผนวก

ขั้นตอนการออกแบบกังหันลม

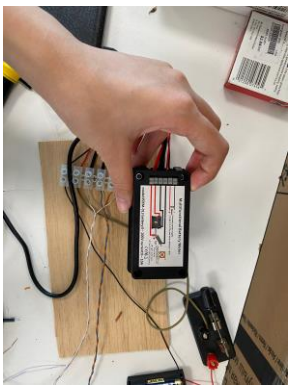


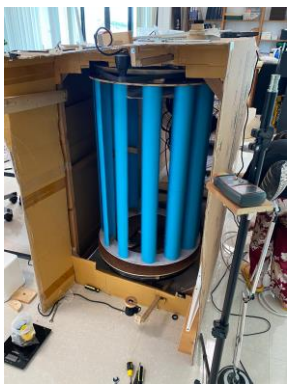


กังหันลมที่ประดิษฐ์ขึ้นตามที่ออกแบบ

ภาพประกอบการประดิษฐ์กังหันลม

ภาพประกอบการทดสอบประสิทธิภาพของหันลม





ตารางการบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา

วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรม
1) การบวนการทดลองทางวิทยาศาสตร์ 2) การหมุน 3) การต่อวงจรไฟฟ้า 4.การวัดค่ากำลังไฟฟ้า 5.การเปลี่ยนรูปพลังงาน 6.การใช้เครื่องมือ/อุปกรณ์ทางวิทยาศาตร์	1) การวัดขนาด 2) การวัดมุมในการประกอบใบพัด 3) การคำนวณการแบ่งพื้นที่ของใบพัดแต่ละใบ 4)การคำนวณหาอัตราส่วน 5)การใช้สมการในการค่าประสิทธิภาพของกังหันลม 6.การคำนวณหาค่าร้อยละ	1) การเลือกใช้วัสดุ/อุปกรณ์ที่ เหมาะสมกับการสร้างกังหันลม 2) การเลือกใช้วัสดุ/อุปกรณ์ในการวัดความเร็วลม 3) การออกแบบรูปร่าง ขนาด ของกังหันลมให้เหมาะสมด้วยโปรแกรม Sketch Up 4) การเลือกใช้วัสดุ/อุปกรณ์ในการวัดค่ากำลังไฟฟ้า 3) การเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมและคุ้มค่ากับการเกิดประโยชน์สูงสุดและลดปัญหาการเกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม	กระบวนกำรสร้าง ชิ้นงาน ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน คือ 1) ระบุปัญหา การนำพลังงานลมไปประโยชน์โดยอาศัยกังหันลมและปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของกังหันลม 2) รวบรวมข้อมูลและ แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับ การใช้ประโยชน์จากพลังงานลม ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของกังหันลม 3.ออกแบบวิธีการ แก้ปัญหา โดยการออกแบบโครงสร้างกังหันลมแนวตั้งด้วยโปรแกรม Sketch Up แบ่งขั้นตอนการศึกษาออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1. ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพ 2.การเปรียบเทียบประสิทธิภาพ 4) วางแผนและ ดำเนินการแก้ปัญหา โดยการจัดทำแผนผังกระบวนการทำงานเพื่อระบุลำดับขั้นตอนการสร้างชิ้นงานและดำเนินการสร้างตามแผนผังที่กำหนดไว้

วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรม
			5) ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการ แก้ปัญหาหรือชิ้นงาน โดยการวัดค่ากำลังไฟฟ้า วัดค่าtorque และวัดค่า rpmเพื่อคำนวณค่าประสิทธิภาพของกังหันลม 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน จัดทำเอกสารรายงานโครงงานและการนำเสนอผลงานด้วยโปรแกรม Power point