

การออกแบบและสร้างกังหันลมขนาด เล็กแบบประหยัด



นายเสถียร วงศ์สารเสวี

006208

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

แผนกวิศวกรรมเครื่องกล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. ๒๕๒๐

THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF A COMPACT LOWCOST WINDMILL

Mr. Sathien Wongsarasert

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

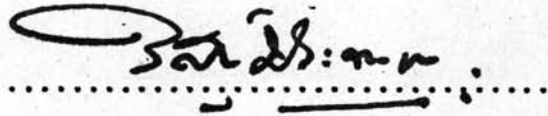
Department of Mechanical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1977

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการ  
ศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต



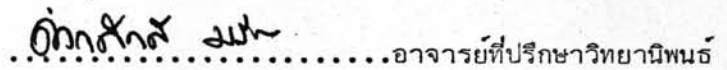
(ศาสตราจารย์ ดร. วิศิษฐ์ ประจวบเหมาะ)

คณบดี

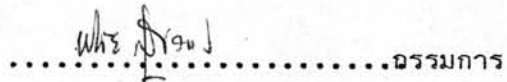
คณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์

 ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กุลธร ศิลปบรรเลง)

 อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดำรงศักดิ์ มลิลลา)

 กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ปิณัย สุขวรรณ)

 กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อธิธิพล ปานงาม)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดำรงศักดิ์ มลิลลา

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์ เรื่อง การออกแบบและสร้างกังหันลมขนาดเล็กแบบประหยัด

โดย นายเสถียร วงศ์สารเสริฐ

แผนกวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

หัวข้อวิทยานิพนธ์      การออกแบบและสร้างกังหันลมขนาดเล็กแบบประหยัด  
 ชื่อ                              นายเสถียร วงศ์สารเสวีรัฐ  
 แผนกวิชา                      วิศวกรรมเครื่องกล  
 ปีการศึกษา                    ๒๕๑๔



#### บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้ กล่าวถึง การทดลองเพื่อศึกษาสมรรถนะของกังหันลมแกนตั้ง (Vertical axis windmill) ที่มีโครงสร้างง่าย ราคาถูก สามารถสร้างโดยชาวบ้านที่ไม่มีความชำนาญทางช่างได้ จากการศึกษาข้อมูลที่มีอยู่แล้ว ได้เลือกสร้างแบบจำลองของกังหันลมแกนตั้งขึ้น เพื่อทดลองในอุโมงค์ลม 3 แบบ และทำการทดลองในช่วงความเร็วลมระหว่าง 7-14 เมตร/วินาที ดังรายละเอียดต่อไปนี้ คือ

1. แบบ Savonious มีลักษณะใบรับลม (blade) เป็นทรงกระบอกกลางครึ่งซีกสองอันติดอยู่คนละข้างของเพลลา วางเยื้องกันและหันหน้าเข้าหากัน เพื่อป้องกันมิให้เกิดจุดบอด จึงสร้างให้มีชุดใบรับลม 3 ชุดติดตั้งซ้อนกันบนเพลลาเดียว โดยแต่ละชุดทำมุม 60 องศาตามเข็มนาฬิกากับชุดถัดไปตามลำดับ กังหันลมแบบนี้หมุนด้วยความเร็วเชิงเส้นที่ปลายใบรับลม (tip speed) สูงสุดเท่ากับ 1.24 เท่าของความเร็วลม และมีประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 13.60 ของพลังงานลมสูงสุดตามทฤษฎี
2. แบบ Hybrid มีลักษณะใบรับลมที่มีพื้นที่หน้าตัดรูปอากาศพลศาสตร์ (airfoil) สมมาตรแบบ NACA 0020 จำนวนสองใบ กังหันลมแบบนี้ หมุนด้วยความเร็วเชิงเส้นที่ปลายใบรับลมสูงสุดเท่ากับ 0.56 เท่าของความเร็วลมและมีประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 1.47 ของพลังงานลมสูงสุดตามทฤษฎี แต่มีข้อเสียที่สำคัญมากคือ เป็นกังหันลมแบบที่ไม่สามารถเริ่มต้นหมุนได้เองไม่ว่าลมจะพัดแรงเท่าใด
3. แบบ Savonious ดัดแปลง มีลักษณะทั่วไปเหมือนแบบแรก นอกจากใบรับลมมิได้ติดตายตัวตลอดทั้งใบ แต่ร้อยอยู่ในแกนที่ขอบนอก ส่วนขอบในใช้สปริงดึงสวนทางลมไว้ กังหันลมแบบนี้หมุนด้วยความเร็วเชิงเส้นที่ปลายใบรับลมสูงสุดเท่ากับ 0.70 เท่าของความเร็วลม มีประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 4.21 ของพลังงานลมสูงสุดตามทฤษฎี แต่ข้อสำคัญ กังหันลมแบบนี้มีความเร็วรอบไม่เกิน 1500 รอบ/นาทีไม่ว่าลมจะมีความเร็วเท่าใด

ผลการทดลองสรุปได้ว่า แบบที่ 1 ให้ประสิทธิภาพดีที่สุดในแง่การก่อสร้างง่ายมีราคาถูกที่สุด แต่มีข้อเสียตรงที่ไม่สามารถควบคุมความเร็วรอบสูงสุดได้ ในขณะที่แบบที่ 3 สามารถควบคุมความเร็วรอบสูงสุดได้ แต่ประสิทธิภาพต่ำกว่า และการสร้างยุ่งยากกว่าแบบแรก

Thesis Title The Design and Construction of a Compact Lowcost Windmill  
Name Mr. Sathien Wongsarasert  
Department Mechanical Engineering  
Academic year 1976

#### ABSTRACT

The object of this thesis is to study the performance of simple vertical axis windmills which can be constructed by a layman. The experiments were done by testing the models in an open circuit windmill at the wind speed between 7-14 metres/second.

Three types of windmills have been constructed; namely:

1. SAVONIOUS, a windmill with two half right circular cylinder blades on each side of the power shaft, overlapping each other. In order to make the windmill start by itself, three sets of rotor are placed lengthwise on the same power shaft. Each set of rotor is fixed at an angle of 60 degrees from the previous set of rotor respectively. This device rotates at the maximum tip speed of 1.24 times the wind speed and its maximum efficiency is 13.60 % of the theoretical maximum wind energy.

2. HYBRID, a windmill with two symmetrical airfoil blades (NACA 0020) fixed on each other of the power shaft. This device rotates at the maximum tip speed of 0.56 times the wind speed and its maximum efficiency is 1.47 % of the theoretical maximum wind energy. Its main disadvantage is that it can not start by itself no matter how fast the wind is.

3. MODIFIED SAVONIOUS, a windmill which is similar to the SAVONIOUS in general except that each blade is not fixed rigidly but it is pivoted at the

outer tip and the inner tip is held by two tensioner springs in the opposite direction of the wind. This device rotates at the maximum tip speed of 0.70 times the wind speed and the maximum efficiency is 4.21 % of the theoretical maximum wind energy. With this configuration, the maximum speed is limited at approximately 1500 rpm. by the swinging action of the blade.

## กิติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ "ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดำรงศักดิ์ มลิลลา" อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้กรุณาสละเวลา ให้ความรู้และคำแนะนำ ตลอดจนเป็นกำลังใจ จนทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ "อาจารย์ชัยวัฒน์ นำบุญผล" และ "ครูสรารุช อาแปงกะพันธ์" ที่ได้ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่งในระหว่างการทดลอง

ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ทุกท่าน

และท้ายที่สุดนี้ขอขอบพระคุณต่อ แผนกวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย และ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ช่วยให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้





สารบัญ

หน้าที



บทคัดย่อภาษาไทย	.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	.....	จ
กิตติกรรมประกาศ	.....	ช
รายการรูปประกอบ	.....	ญ
รายการตาราง	.....	ฉ
รายการสัญลักษณ์	.....	ท

บทที่

1. บทนำ

1. ความเป็นมาของปัญหา	.....	1
2. ประเภทของกังหันลม	.....	3
3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย	.....	6
4. ผลงานงานก่อนของลม	.....	6
5. ผลงานงานลมสูงสุดตามทฤษฎี	.....	7
6. ประสิทธิภาพและผลงานของกังหันลม	.....	9

2. ลักษณะของกังหันลมและการทดลอง

1. ลักษณะของกังหันลม	.....	10
2. เครื่องมือประกอบการทดลอง	.....	19
3. การทดลอง	.....	20

3. ผลการวิจัย	.....	23
---------------	-------	----

4. วิจารณ์ผลการทดลอง	
1. ลักษณะรูปร่าง จำนวน และตำแหน่งการติดตั้งของใบรับลม	33
2. แรงบิด กำลังขาออก และประสิทธิภาพ	36
5. ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ	
1. ข้อสรุป	41
2. ข้อเสนอแนะ	42
บรรณานุกรม	43
ภาคผนวก	
ก. ลักษณะ-ขนาดของพื้นที่หน้าตัดรูปอากาศพลศาสตร์	
สมมาตรแบบ NACA 0020	45
ข. ตารางข้อมูลและผลการวิจัย	46
ค. ตัวอย่างการคำนวณ	55
ง. วิธีการประเมินผลของกังหันลมขนาดจริงจากขนาด	
ย่อส่วนโดยการทำให้ Dimensional Analysis	57
ประวัติ	59

## รายการรูปประกอบ

รูปที่	หน้าที่
1. กังหันลมแกนตั้ง "Savonious" ของ Brace Research Institute _____	3
2. กังหันลมแกนตั้ง _____	3
3. กังหันลมแกนนอน _____	4
4. ผลของแรงหนีศูนย์กลางและแรงคัตที่ เกิดขึ้นบนกังหันลมแกนนอน _____	5
5. กังหันลม "Hybrid" _____	5
6. กังหันลม "Eggbeater" _____	5
7. แรงที่ทำให้อากาศ 1 หน่วยปริมาตร เคลื่อนที่ด้วยความ เร่งสม่ำเสมอจากความเร็ว 0 ถึง V _____	7
8. ปริมาตรควบคุม (control volume) ของอากาศสำหรับหาค่าพลังงานลมสูงสุดตามทฤษฎี _____	7
9. ภาพ orthographic ของใบรับลม 1 ชุดของกังหันลมแบบที่ 1 "Savonious" _____	11
10. ภาพสามมิติแสดงการติดตั้งชุดใบรับลมทั้งสามของกังหันลมแบบที่ 1 "Savonious" _____	12
11. ภาพถ่ายของกังหันลมแบบที่ 1 "Savonious" _____	12
12. ภาพ orthographic ของกังหันลมแบบที่ 1 "Savonious" _____	13
13. ภาพถ่ายของกังหันลมแบบที่ 2 "Hybrid" _____	14
14. ภาพ orthographic ของกังหันลมแบบที่ 2 "Hybrid" _____	15
15. ภาพ orthographic ของชุดใบรับลม 1 ชุดของกังหันลมแบบที่ 3 "Savonious" ดัดแปลง _____	17
16. ภาพถ่ายของกังหันลมแบบที่ 3 "Savonious" ดัดแปลง _____	17
17. ภาพ orthographic ของกังหันลมแบบที่ 3 "Savonious" ดัดแปลง _____	18
18. ภาพถ่ายของเครื่องมือวัดความเร็วรอบ electronic counter timer _____	19
19. ภาพถ่ายขณะทำการทดลองกังหันลมแบบที่ 1 "Savonious" _____	20
20. ภาพถ่ายขณะทำการทดลองกังหันลมแบบที่ 2 "Hybrid" _____	21
21. ภาพถ่ายขณะทำการทดลองกังหันลมแบบที่ 3 "Savonious" ดัดแปลง _____	22
22. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความ เร็วเชิง เส้นที่ปลายใบรับลม / ความ เร็วลม ของกังหันลมแบบที่ 1 "Savonious" _____	23

23. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังขาออกกับความเร็วเชิงเส้นที่ปลายใบรับลม/ความเร็วลมของกังหันลมแบบที่1 "Savonious" \_\_\_\_\_ 24
24. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับความเร็วเชิงเส้นที่ปลายใบรับลม/ความเร็วลมของกังหันลมแบบที่1 "Savonious" \_\_\_\_\_ 25
25. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วเชิงเส้นที่ปลายใบรับลม/ความเร็วลมของกังหันลมแบบที่2 "Hybrid" \_\_\_\_\_ 26
26. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังขาออกกับความเร็วเชิงเส้นที่ปลายใบรับลม/ความเร็วลมของกังหันลมแบบที่2 "Hybrid" \_\_\_\_\_ 27
27. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับความเร็วเชิงเส้นที่ปลายใบรับลม/ความเร็วลมของกังหันลมแบบที่2 "Hybrid" \_\_\_\_\_ 28
28. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วเชิงเส้นที่ปลายใบรับลม/ความเร็วลมของกังหันลมแบบที่3 "Savonious" ดัดแปลง \_\_\_\_\_ 29
29. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังขาออกกับความเร็วเชิงเส้นที่ปลายใบรับลม/ความเร็วลมของกังหันลมแบบที่3 "Savonious" ดัดแปลง \_\_\_\_\_ 30
30. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับความเร็วเชิงเส้นที่ปลายใบรับลม/ความเร็วลมของกังหันลมแบบที่3 "Savonious" ดัดแปลง \_\_\_\_\_ 31
31. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพสูงสุดกับความเร็วลมของกังหันลมทั้ง3แบบ \_\_\_\_\_ 32
32. ลักษณะการไหลของอากาศบนใบรับลมของชุดใบรับลม3แบบ ที่มีความแตกต่างเฉพาะลักษณะรูปร่างของใบรับลม \_\_\_\_\_ 33
33. แรงหมุนและแรงต้าน ของชุดใบรับลม ที่มีจำนวนใบรับลมต่างกัน แต่มีลักษณะรูปร่าง และขนาดของใบรับลม เหมือนกัน \_\_\_\_\_ 34
34. การแก้ปัญหาจุดบอดของกังหันลมที่ใช้ชุดใบรับลมที่มีใบรับลม2ใบ โดยให้มีชุดใบรับลม3ชุดวางซ้อนบนเพลลาเดียวกัน และแต่ละชุดทำมุม60องศาซึ่งกันและกัน \_\_\_\_\_ 35

รูปที่

หน้า

- 35 ความสัมพันธ์ของ แรงบิด กำลังขาออก และประสิทธิภาพ กับ ความเร็วรอบ  
 ในเชิงทฤษฎี ที่ความเร็วลมคงที่ \_\_\_\_\_ 37
- 36 ความสัมพันธ์ของ แรงบิด กับ ความเร็วเชิงเส้นที่ปลายใบรับลม/ความเร็วลม  
 ที่ความเร็วลมคงที่ และอิทธิพลของความเสียดทานและข้อค \_\_\_\_\_ 38
- 37 ความสัมพันธ์ของ กำลังขาออก และประสิทธิภาพ กับ ความเร็วเชิงเส้นที่ปลาย  
 ใบรับลม/ความเร็วลม ที่ความเร็วลมคงที่ เมื่อแรงบิดมีการเปลี่ยนแปลง \_\_\_\_\_ 38

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
ข.1. ตารางข้อมูลและผลการวิจัยของกังหันลมแบบที่1 "Savonious" _____	46
ข.2. ตารางข้อมูลและผลการวิจัยของกังหันลมแบบที่2 "Hybrid" _____	49
ข.3. ตารางข้อมูลและผลการวิจัยของกังหันลมแบบที่3 "Savonious" ดัดแปลง _____	52

## รายการสัญลักษณ์

- A คือ พื้นที่เฉลี่ยของกังหันลมที่ตั้งฉากกับทิศทางลม (ตารางเมตร)
- E คือ ประสิทธิภาพของกังหันลมคิดเป็นร้อยละของพลังงานลมสูงสุดตามทฤษฎี
- $E^{\circ}$  คือ ประสิทธิภาพของกังหันลมคิดเป็นร้อยละของพลังงานจลน์ทั้งหมดที่มีในกระแสลม
- L คือ ภาระ (กรัม)
- m คือ อัตราการไหลของมวลสารอากาศ
- N คือ ความเร็วรอบของกังหันลม (รอบ/นาที)
- p คือ ความดันของอากาศ
- $P^{\circ}$  คือ พลังงานลม
- $P^{\circ}_{max}$  คือ พลังงานลมสูงสุดตามทฤษฎี (แรงแม้า)
- P คือ พลังงานหรือกำลังขาออกของกังหันลม (แรงแม้า)
- r คือ รัศมีของมุเล่บนหัวเพลลา (เซนติเมตร)
- R คือ รัศมีที่ปลายใบรับลมของกังหันลม (เมตร)
- T คือ แรงบิด (กรัม-ซม)
- U คือ ความเร็วเชิงเส้นตำแหน่งใดๆของกังหันลม
- $U_{tip}$  คือ ความเร็วเชิงเส้นที่ปลายใบรับลมของกังหันลม (เมตร/วินาที)
- V คือ ความเร็วลม (เมตร/วินาที)
- $W^{\circ}$  คือ พลังงานลม/หนึ่งหน่วยอัตราการไหลของมวลสารอากาศ โดยถือว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายใน ( $\Delta Internal Energy = 0$ )
- $\omega$  คือ ความเร็วเชิงมุมของกังหันลม (เรเดียน/วินาที)
- $\rho$  คือ ความหนาแน่นของอากาศ
- $\mu$  คือ ความหนืดสมบูรณ์ของอากาศ