

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 14
2-3 พฤศจิกายน 2543 โรงแรม โนวาเทล เชียงใหม่

ต้นแบบกังหันลมดาเรียผลิตไฟฟ้าสำหรับชนบท

Prototype of Darius Windmill for Electricity Generation in the Rural Area

สมาน เสนงาม

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

หาดใหญ่ 90112

โทร/โทรสาร 074-212893, E-mail ssarn@ratree.psu.ac.th

Smarn Sen-Ngam

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University

Hat Yai 90112

Tel/Fax: 074-212893

บทคัดย่อ

กังหันลมต้นแบบเป็นชนิดดาเรียทรงสี่เหลี่ยม มีกำลังผลิตสูงสุด 500 วัตต์ ที่ความเร็วลม 8 เมตร/วินาที ตัวกังหันประกอบขึ้นด้วยใบพัดอลูมิเนียมอัลลอยด์ 4 ใบ มีรูปร่างเป็นแพนอากาศ NACA 0018 มีความกว้างคอร์ด 150 มิลลิเมตร ประกอบกับส่วนที่เป็นดุมให้เป็นกังหัน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 เมตร สูง 2 เมตร มีกังหันแบบซาโวเนียส ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.8 เมตร สูง 2 เมตร เป็นตัวช่วยเริ่มหมุน

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าตัดแปลงจาก เครื่องกำเนิดไฟฟ้ารถยนต์ขนาด 150 A / 24 V โดยการพันขดลวดใหม่ เพื่อให้ทำงานที่ความเร็วรอบต่ำ 350 รอบ/นาที มีแบตเตอรี่รถยนต์ชนิดตะกั่วกรด ขนาด 12 โวลต์ ต่อแบบอนุกรมสำหรับสะสมพลังงาน แล้วใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 500 วัตต์ ในการแปลงเป็นไฟฟ้าสลับ 220 โวลต์

ผลการทดสอบหลังจากที่ได้มีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ถึง 4 รุ่น ได้กังหันลมต้นแบบที่สามารถทำงานได้ เหมาะสำหรับการใช้งานที่บริเวณลมค่อนข้างสูง

ABSTRACT

A prototype windmill is a square Darrieus rotor. Designed for electricity generation at the maximum rated of 500 watts at wind velocity of 8 m/s. The rotor consists of 4 blades, which made of extrude aluminum

alloy of the NACA 0018 profile with chord length of 150 mm. The rotor is also included with a Savonius rotor, with its dimension of 4 m diameter and 2 m height, for starting.

The generator was modified from a 150 A / 24 V car alternator to work at low speed as 350 rpm. Car battery and a 500 watts inverter are used for energy storing and 220 volts power supply output.

The test results, after many years and 4 generations of the prototype models, show that the last model can work properly, though the site location of high wind availability is needed.

1. บทนำ

พลังงานลมเป็นแหล่งพลังงานชนิดหนึ่ง ที่ยังไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มากนัก ผลจากวิกฤติการณ์ทางด้านพลังงานของโลก ทำให้มีการวิจัยพลังงานนอกแบบในรูปแบบต่าง ๆ เพิ่มขึ้น ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ได้ดำเนินการวิจัยเกี่ยวกับกังหันลมมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2518 จนมีประสบการณ์ทางวิจัยพื้นฐานของกังหันลมพอสมควร จึงควรนำความรู้และประสบการณ์นี้ มาใช้พัฒนากังหันลมสำหรับใช้ในชนบทขึ้น เพื่อใช้เป็นต้นกำเนิดพลังงานไฟฟ้าในชนบทที่ห่างไกล

ช่วยพัฒนาความเป็นอยู่ให้ดีขึ้น และจากการศึกษาข้อมูลพลังงานลมเท่าที่มีอยู่ พบว่าบริเวณจังหวัดสงขลาเหมาะแก่การติดตั้งต้นแบบกังหันลมเพื่อวิจัย เนื่องจากมีศักยภาพพลังงานลมสูงกว่าบริเวณอื่น ๆ ของประเทศไทย

โครงการวิจัย ต้นแบบกังหันลมดาเรียสผลิตไฟฟ้า สำหรับชนบท เป็นโครงการวิจัยในลักษณะออกแบบ สร้าง และติดตั้งทดสอบการใช้งานของกังหันลมต้นแบบ ที่มีขนาดกำลังผลิตประมาณ 500 วัตต์ โครงการนี้ใช้เวลาส่วนใหญ่ในการพัฒนาต้นแบบ และทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ ประกอบในห้องปฏิบัติการ จนกระทั่งได้ต้นแบบที่เหมาะสมต่อการสร้างและผลิต

2. ทฤษฎี

กำลังการผลิตของกังหันลมนิยมเขียนในรูปสมการว่า

$$P = \frac{1}{2} C_p \rho A V_\infty^3 \quad (1)$$

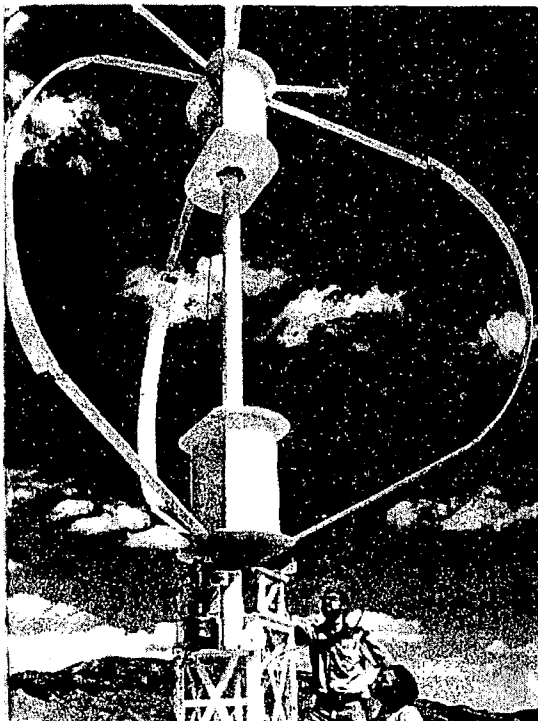
เมื่อ P เป็นกำลังการผลิตของกังหันลม

C_p เป็นสัมประสิทธิ์กำลัง ของกังหันลม

ρ เป็นความหนาแน่นของอากาศ

V_∞ เป็นความเร็วลมก่อนเข้ากังหัน

A เป็นพื้นที่กวาดของใบพัด

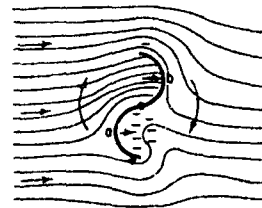


รูปที่ 1 กังหันลมแบบดาเรียส [3]

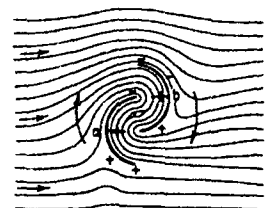
2.1 กังหันลมแบบดาเรียส (Darrieus Rotor)

ออกแบบในปี 1931 โดย G.J.M. Darrieus ชาวฝรั่งเศส เป็นกังหันลมแกนตั้งใช้แพนอากาศเป็นใบ ทำให้เกิดแรงยก ขับกังหันให้หมุน ต่อมาในทศวรรษ 1970 สภาวิจัยแห่งชาติของแคนาดา (National Research Council of Canada) ได้รื้อฟื้นกังหันแบบนี้ขึ้นมาพัฒนาใหม่ จนมีศักยภาพพอที่จะแข่งขันกับกังหันแบบแกนราบชนิดใบพัดสมัยใหม่ได้

การหมุนของกังหันลมชนิดนี้ เกิดจากแรงที่เกิดขึ้นบนใบพัด ณ ตำแหน่งใบพัดต่าง ๆ กัน ส่งผลทำให้แต่ละตำแหน่งสามารถแตกเวกเตอร์แรงลัพธ์ออกได้ เป็นแรงในแนวสัมผัส ที่กำเนิดแรงบิดในทิศทางการหมุนของกังหัน แต่กังหันลมชนิดนี้ไม่สามารถ เริ่มหมุนด้วยตัวเองได้ จึงต้องมีอุปกรณ์อื่นช่วย เช่นติดตั้งกังหันแบบซาโวเนียสไว้ด้วยกัน แพนอากาศที่ใช้สำหรับกังหันลม แบบดาเรียสนี้นิยมใช้แบบสมมาตร (symmetrical airfoil) เพราะต้องรับลมทั้งสองหน้า



(ก) แบบเก่า



(ข) แบบปรับปรุงใหม่

รูปที่ 2 กังหันลมแบบซาโวเนียส [2]

2.8 กังหันลมแบบซาโวเนียส (Savonius Rotor)

เป็นแบบกังหันลมแบบแกนตั้งที่ใช้ "แรงดูด" ขับให้กังหันหมุน มีรูปร่างเป็นรูปตัว S กังหันแบบนี้จะมีแรงบิดเริ่มหมุนสูง แต่ให้ความเร็วรอบต่ำ และกำลังขาออกต่ำ

แรงขับกังหันให้หมุน เป็นแรงดูดอย่างเดียวประสิทธิภาพจึงต่ำ แต่สร้างได้ง่าย ราคาถูก ปัจจุบันได้มีการปรับปรุงรูปแบบกังหันใหม่ดังรูป ทำให้มีแรงยกเกิดขึ้นบ้างเล็กน้อย ประสิทธิภาพจึงดีกว่าแบบเก่า

ทั้งกังหันลมแบบดาเรียสและซาโวเนียส เป็นกังหันลมแบบแกนตั้ง ที่มีข้อได้เปรียบกว่ากังหันลมแบบแกนราบที่ไม่ต้องมีระบบปรับทิศทางการเปลี่ยนทิศของลม ทำให้ออกแบบได้ง่ายขึ้น และลดผลของแรงจลน์ของกังหันด้วย

3. การออกแบบ และสร้าง

3.1 ตัวกังหัน

เนื่องจากเป็นต้นแบบ สำหรับบริเวณที่ยังไม่มีการใช้ อุปกรณ์ไฟฟ้ามากนัก เช่น วิทยุ โทรศัพท์ และแสงสว่าง เล็กน้อย จึงออกแบบโดยกำหนดขนาดกังหันลมที่มีกำลังการผลิตสูงสุด 500 วัตต์ หรือประมาณ 2 หน่วยไฟฟ้าต่อวัน (2 kWh/day)

จากข้อมูลความเร็วลม บริเวณท่าอากาศยานหาดใหญ่^[1] ในตารางที่ 1 และรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่า เมื่อวิเคราะห์ในเชิงพลังงานแล้วพบว่า กังหันลมควรออกแบบสำหรับการทำงานระหว่างความเร็วลม 2 - 12 เมตร/วินาที โดยที่ความเร็วลมประมาณ 6 เมตร/วินาที เป็น จุดสูงสุด

ตารางที่ 1 ข้อมูลลมบริเวณท่าอากาศยานหาดใหญ่ [1]

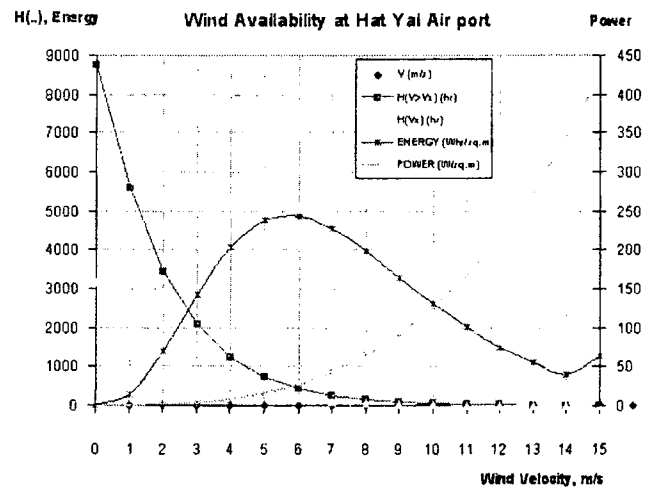
V (m/s)	H(V≥V _x) (hr)	H(V _x) ¹ (hr)	POWER ² (W/sq.m)	ENERGY (Whr/sq.m)
0	8760.0	3157.4	0.00	0.00
1	5602.6	2164.0	0.13	272.66
2	3438.6	1363.4	1.01	1374.35
3	2075.2	836.9	3.40	2846.99
4	1238.3	505.7	8.06	4077.67
5	732.6	302.2	15.75	4759.03
6	430.5	179.0	27.22	4871.90
7	251.5	105.3	43.22	4551.19
8	146.2	61.6	64.51	3972.93
9	84.6	35.8	91.85	3291.16
10	48.7	20.8	126.00	2614.78
11	28.0	12.0	167.71	2007.55
12	16.0	6.9	217.73	1497.94
13	9.1	3.9	276.82	1090.90
14	5.2	2.3	345.74	778.05
15	3.0	3.0	425.25	1256.05

ข้อมูลลมบริเวณท่าอากาศยานหาดใหญ่ สามารถเขียนความสัมพันธ์ในรูปสมการได้ว่า

$$H(V \geq V_x) = 8760e^{-(V_x/2.13)^{1.065}} \quad (2)$$

¹ คาบเวลาของความเร็วลม

² ประสิทธิภาพรวม 21%



รูปที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลลมหาดใหญ่

ออกแบบขนาดกังหันได้จาก สมการดังนี้

$$P = C_p \eta_e \eta_m \frac{1}{2} \rho A V_\infty^3 \quad (3)$$

เมื่อ

P เป็นกำลังการผลิตของกังหันลม = 500 W

η_e เป็นประสิทธิภาพระบบไฟฟ้า = 0.85

η_m เป็นสัมประสิทธิ์ประสิทธิภาพระบบส่งกำลังทางกล = 0.85

กำลังทางกล

C_p เป็นสัมประสิทธิ์กำลัง ของกังหันลม = 0.3

ρ เป็นความหนาแน่นของอากาศ = 1.2 kg/m³

V_∞ เป็นความเร็วลมก่อนเข้ากังหัน = 8 m/s

A เป็นพื้นที่กวาดของใบพัด

เมื่อแทนค่าในสมการจากค่าประมาณการต่าง ๆ ได้ว่า กังหันมีขนาด A = 8 ตารางเมตร จึงกำหนดสัดส่วนกังหันเป็นทรงสี่เหลี่ยม สูง 2 เมตร x กว้าง 4 เมตร ผลการคำนวณออกแบบแสดงไว้ในตารางที่ 2 และแสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ดังในรูปที่ 5

3.2 ส่วนประกอบ

3.2.1 หอคอย ขนาดสูง 9 เมตรสร้างตามแบบอ้างอิง [1] สร้างจากเหล็กฉากขนาด 50mm x 50mm x 4 mm

3.2.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ตัดแปลงจาก เครื่องกำเนิดไฟฟ้ารถยนต์ขนาด 150 A / 24 V โดยการพันขดลวดใหม่ เพื่อให้ทำงานที่ความเร็วรอบต่ำลง^[1] คือจากเดิมประมาณ 1000 รอบต่อนาที ให้ทำงานที่ความเร็ว 350 รอบ/นาที มีข้อมูลดังนี้

- โรเตอร์ พันคอล์ยใหม่ ขนาดเท่าเดิม
- สเตเตอร์ พันคอล์ยใหม่ เพิ่มจำนวนรอบเป็น 3 เท่า เดิมใช้ลวด BWG 14 พัน 14 รอบต่อขด เปลี่ยนเป็น ลวด BWG 19 พัน 40 รอบต่อขด

3.2.3 ชุดสะสมพลังงาน เป็นแบตเตอรี่รถยนต์ชนิด 2ตะกั่วกรด ขนาด 12 โวลต์

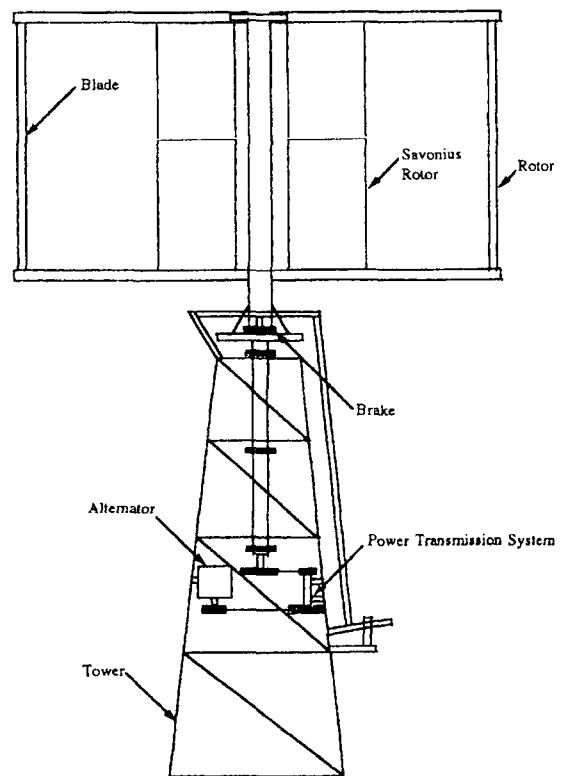
3.3.3 ชุดจ่ายไฟฟ้าสลับ ใช้อินเวอร์เตอร์ ขนาด 24 โวลต์ ยี่ห้อ DENZO เพื่อแปลงเป็นไฟฟ้าสลับ 220 โวลต์ กำลังการผลิต 500 วัตต์

ตารางที่ 2 ข้อมูลจำเพาะกังหันลมต้นแบบ

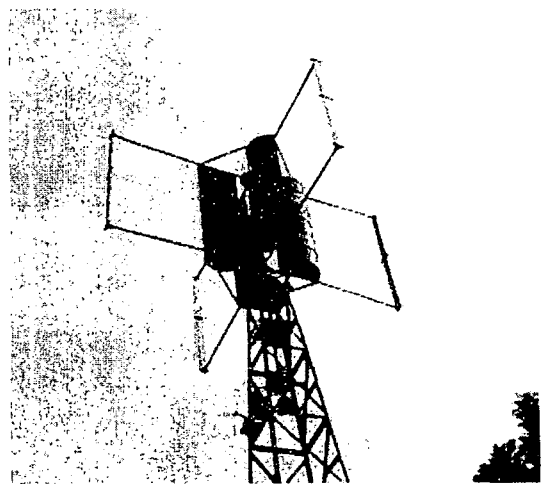
กำลังการผลิต	500 วัตต์ (ที่ 8 เมตร/วินาที)
สัมประสิทธิ์กำลัง	30%
ประสิทธิภาพรวม	21%
ขนาดพื้นที่รับลม	สูง 2 เมตร x กว้าง 4 เมตร
ชนิดของกังหัน	ดาเรียส (ใบพัดแกนตั้ง)
จำนวนใบ	4
รูปร่างใบพัด	NACA 0018, Chord = 150 mm
อัตราส่วนความเร็วปลายใบ	5
ความทึบของใบ	15%
ความเร็วรอบ	140 รอบ/นาที



รูปที่ 4 ใบพัดอลูมิเนียมอัลลอยด์รีด โดยบริษัท ALCAN



รูปที่ 5 ลักษณะกังหันต้นแบบ



รูปที่ 6 ภาพถ่ายกังหันต้นแบบ

4. การทดสอบ

ขั้นตอนการทดสอบ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ การทดสอบในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ความแข็งแรงของใบพัด และอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าทั้งหมด และการทดสอบที่บริเวณติดตั้งเป็ น ุ ประณ รมทางกลทั้ สมด

4.1 เครื่องมือทดสอบ

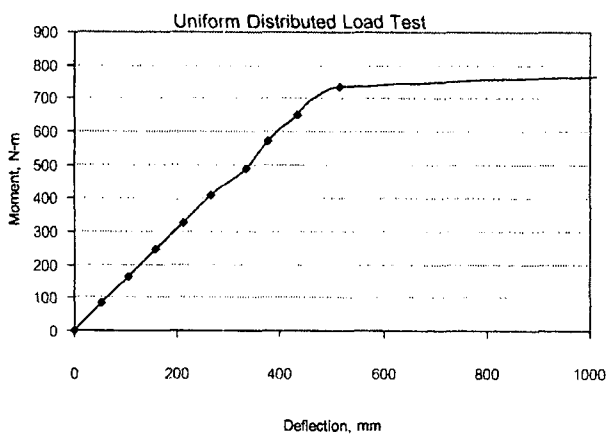
เป็นเครื่องมือวัด ได้แก่

1. เครื่องวัดความเร็วลมแบบเคลื่อนที่
2. มัลติมิเตอร์ สำหรับวัดค่ากระแส และศักดาไฟฟ้า
3. ตาชั่งสปริงชนิดตั้ง สำหรับวัดแรงบิดเริ่มหมุนกังหัน
4. ตัวความต้านทาน สำหรับทดสอบกำลังผลิตไฟฟ้า

4.2 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

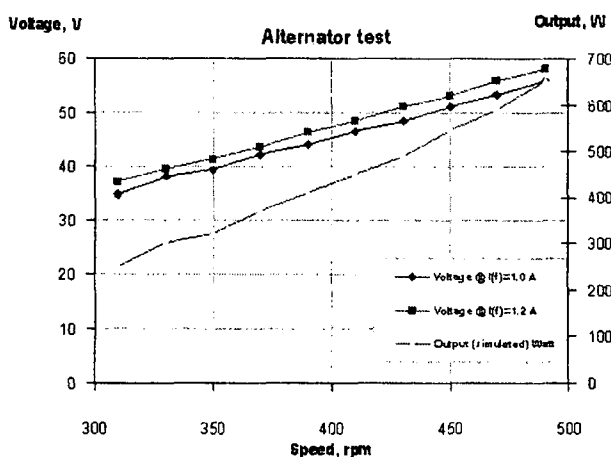
เป็นการทดสอบ ความแข็งแรงของใบพัดที่ผลิตจากการรีดอลูมิเนียมผสม และอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าที่สำคัญ ได้แก่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และอินเวอร์เตอร์

4.2.1 ความแข็งแรงของใบพัด เป็นการทดสอบเพื่อใช้สำหรับ เป็นข้อมูลในการออกแบบเพื่อรับแรงปะทะจากลม ผลการทดสอบเป็นดังรูปที่ 7



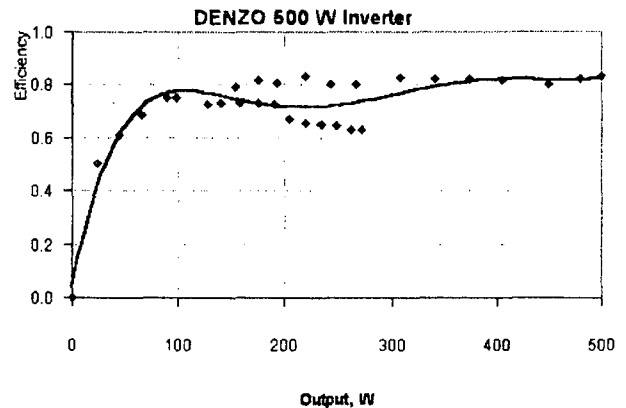
รูปที่ 7 ผลการทดสอบ ความแข็งแรงของใบพัด

4.2.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ผลการทดสอบแบบวงจรเปิด (open circuit test) และผลการจำลองกำลังการผลิตดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ผลการทดสอบ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

4.2.3 อินเวอร์เตอร์ ผลการทดสอบ อินเวอร์เตอร์ ขนาด 24 โวลต์ ยี่ห้อ DENZO เพื่อแปลงเป็นไฟฟ้าสลับ 220 โวลต์ กำลังการผลิต 500 วัตต์ เป็นดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 ผลการทดสอบอินเวอร์เตอร์

4.3 การทดสอบที่บริเวณติดตั้ง

เป็นการทดสอบอุปกรณ์ระบบทางกล ได้แก่ ตัวกังหัน และระบบควบคุม เป็นต้น ณ บริเวณสถานที่ติดตั้งกังหันลม ผลการทดสอบตามที่ได้มีพัฒนาการต้นแบบ เนื่องจากต้นแบบรุ่นแรก ๆ ไม่ทำงานตามที่ได้ออกแบบไว้ ผลการทดสอบเป็นดังนี้

วัดค่าแรงบิดเริ่มหมุน ได้ค่าแรงบิดเริ่มหมุน = 4 N-m กังหันลมจะสามารถเริ่มหมุนเองได้ที่ความเร็วลม 4 m/s ด้วยความเร็วรอบ 20 rpm ด้วยกังหันซาโวนีเยส ซึ่งยังไม่ถึงความเร็วทำงานของกังหันดาเรียสที่ความเร็ว 60 รอบ/นาที

เมื่อความเร็วลมสูงถึง 6 เมตร/วินาทีที่กังหันดาเรียสจึงเริ่มทำงานได้ จึงเป็นค่าเริ่มต้นที่สูงกว่าค่าที่ออกแบบ เนื่องจากแรงเสียดทานของระบบส่งกำลังที่ใช้สายพานตัววี

5. สรุป

โครงการวิจัยนี้เกิดขึ้นในภาวะการขาดแคลนพลังงาน เพื่อเสาะแสวงหาและทดสอบการนำพลังงานรูปแบบต่าง ๆ มาใช้ประโยชน์ ผลงานวิจัยที่ได้รับที่ผ่านการทดสอบระดับหนึ่งแล้วนี้ สามารถเผยแพร่ออกสู่สาธารณะได้ เพื่อกระตุ้นให้มีการผลิตและพัฒนากังหันลมที่เหมาะสม สำหรับการใช้งานขึ้นเองภายในประเทศ

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอแสดงความขอบคุณ องค์กร สำนั ๓๒๒ ประมาณ ในนามของ
รัฐบาลที่ได้ให้ทุนสนับสนุนสำหรับโครงการวิจัยนี้ รวมทั้ง
อนุญาตให้ขยายระยะเวลาวิจัยได้จนงานสำเร็จ

ขอขอบคุณ นักศึกษาทุกระดับที่ได้เข้ามีส่วนร่วมในการ
ช่วยวิจัย ตลอดจน ครู ช่าง และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ได้
ให้ความช่วยเหลือทั้งร่างกาย แรงใจ ให้โครงการนี้สามารถ
สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] สมาน เสนงาม และคณะ, "โครงการวิจัยและพัฒนาการ
ผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันลม", คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหา
วิทยาลัยสงขลานครินทร์, หาดใหญ่; 2528.
- [2] Considine, D.M., "Energy Technology Handbook.",
McGraw-Hill, 1977.
- [3] Torrey, V., "Wind Catchers.", The Stephen Greene
Press, Veimont; 1977.