บทที่ 3

กังหันลม

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1 ชนิดของกังหันลม

การจำแนกชนิดของกังหันลมที่เด่นชัดที่สุด คือ การจำแนกตามลักษณะของการวางตัวเพลาขับ หรือแกนหมุน และจำแนกตามลักษณะของอากาศพลศาสตร์ที่กระทำต่อใบกังหัน

3.1.1 จำแนกตามลักษณะการวางของตัวเพลาขับ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

3.1.1.1 กังหันลมแบบแกนนอน (Horizontal Axis)

กังหันลมแบบนี้ส่วนมากออกแบบให้แรงขับกระทำบนใบพัดเกิดแรงยก (Lift force) และมีเครื่องควบคุมกังหันให้หันไปตามทิศทางของกระแสลม ด้วย การจำแนกย่อยออกไปตามลักษณะของใบพัด คือ

ก.) กังหันลมพรอบเพลเลอร์ (Propeller) พื้นที่หน้าตัด เป็นรูปแพนอากาศ (Air foil) มีสัมประสิทธิ์กำลังสูง นิยมใช้กับงานที่ต้องการความเร็วรอบสูง เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ข.) กังหันลมแบบหลายใบ อาจเป็นแผ่นราบ (Flat plate) หรือแผ่นโค้ง (Arched plate) กังหันแบบนี้ใช้ความเร็วรอบต่ำ สัมประสิทธิ์ของกำลังปานกลาง นิยมใช้กับเครื่องสูบน้ำ

ค.) กังหันลมแบบเซลวิง (Sailwing) มีคุณสมบัติคล้ายกับกังหันลมแบบพรอบเพลเลอร์ เพียงแต่โครงสร้างใบพัดทำได้ง่ายกว่า

ง.) กังหันลมแบบกงล้อจักรยาน (Bicycle Multi - Bladed) ทำด้วยแผ่นอลูมิเนียมหุ้มรอบเส้นลวดที่คู่กัน มีความเร็วรอบปานกลาง สัมประสิทธิ์กำลังปานกลาง ใช้ขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือสูบน้ำ

จ.) กังหันลมนาเกลือ ใบพัดทำด้วยเสื่อ หรือผ้า และไม่มีเครื่องควบคุมกังหันให้ไปตามทิศทางของกระแสลม ให้ความเร็วรอบต่ำ สัมประสิทธิ์ของกำลังต่ำ นิยมใช้กับระหัสชักน้ำ

ฉ.) กังหันแบบอื่น ๆ เช่น แบบ Deflector, Sun light และ Venturi เป็นต้น

3.1.1.2 กังหันลมแบบแกนตั้ง (Vertical Axis)

กังหันลมแบบนี้สามารถรับลมได้ทุกทิศทาง ดังนั้น จึงไม่ต้องมีเครื่องควบคุมทิศทางให้หันตามทิศของกระแสลม สามารถสร้างโครงสร้างฐานได้ง่าย ระบบการส่งกำลัง และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือเครื่องสูบน้ำ สามารถตั้งอยู่บนระดับพื้นดินได้ จำแนกออกได้ดังนี้ :-

ก.) กังหันลมแบบซาโวเนียส (Savonius) เป็นกังหันลมที่ขับด้วยแรงฉุด (Drag Force) ให้แรงบิดสูง ความเร็วรอบต่ำ และสัมประสิทธิ์ของกำลังต่ำ

004112

ข.) กังหันลมแบบรูปถ้วย (Cupped) มีคุณสมบัติคล้าย ข้อ ก.

ค.) กังหันลมแบบดาร์เรียส (Darrieus) เป็นกังหันลมที่ขับด้วยแรงยก (Lift force) ใบพัดเหมือนเครื่องตีไข่ และภาพตัดเป็นลักษณะแพนอากาศ ความเร็วรอบสูง และสัมประสิทธิ์ของกังหันสูง

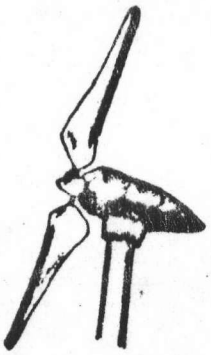
ง.) กังหันลมแบบอื่น ๆ เช่น ไจโร (Giromill), Turbine และ Savonius - Darrieus เป็นต้น

3.1.2 <u>จำแนกตามแรงของอากาศที่กระทำต่อกังหันลม</u> แบ่งออกเป็น 2 ชนิด

3.1.2.1 กังหันลมชนิดที่ใช้แรงฉุด (Drag force) เป็นแรงขับใบ เช่น ซาโวเนียส (Savonius) รูปถ้วย เป็นต้น กังหันลมแบบนี้จะได้แรงขับมาก-

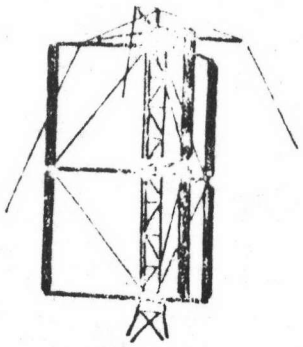
รูปที่ 3.1 กังหันลมชนิดต่าง ๆ

กังหันลมพรอบเพลเลอร์ 3 ใบ

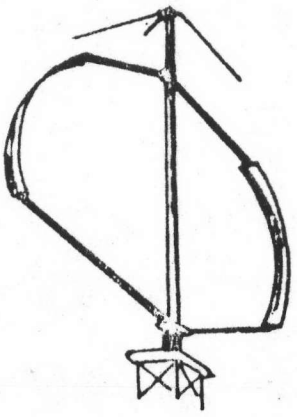


กังหันลมพรอบเพลเลอร์ 2 ใบ

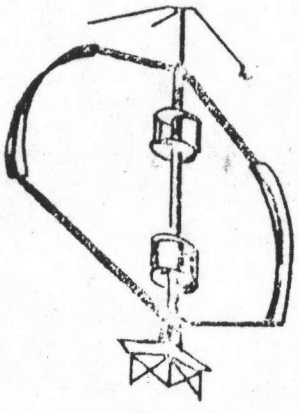
กังหันลมพรอบเพลเลอร์ 1 ใบ



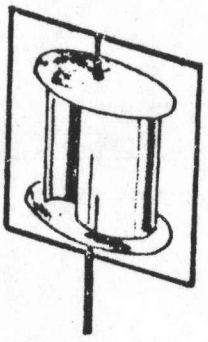
กังหันลมไจโร โรเตอร์



กังหันลมดาร์เรียส



กังหันลมซาโวเนียส/ดาเรียส

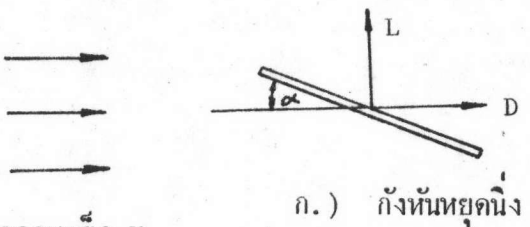


กังหันลมซาโวเนียส

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

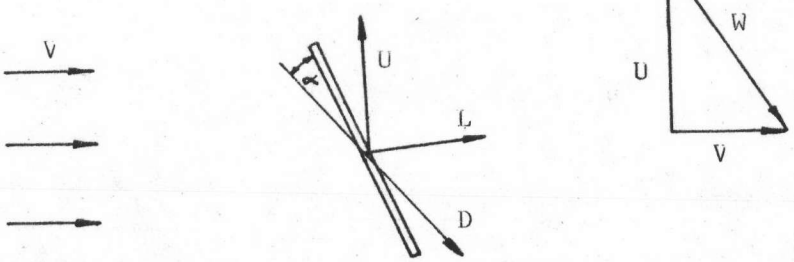
ที่สุด เมื่อใบกังหันวางตั้งฉากกับทิศทางลม และขณะที่กังหันมีความเร็วเป็นศูนย์ กังหันลมชนิดนี้จะให้กำลังงานมากที่สุด เมื่ออัตราส่วนของความเร็วปลายใบ (λ) มีค่าประมาณ 0.5 - 1.0

3.1.2.2 กังหันลมชนิดที่ใช้แรงยก (Lift force) เป็นแรงขับใบ เช่น กังหันลมนาเกลือ กังหันลมล้อจักรยาน กังหันลมดัทช์ (Dutch), กังหันลมพรอบเพลเลอร์ (Propeller), กังหันลมดาเรียส (Darrieus), กังหันลมหลายใบ และกังหันลมแบบไจโร เป็นต้น



ก.) กังหันหยุดนิ่ง

ลมความเร็ว V



ข.) กังหันลมเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว

แสดงถึงลักษณะของกังหันลมใช้แรงยกเป็นแรงขับใบ โดยที่รูป ก. แสดงตำแหน่งของใบกังหันที่เหมาะสมที่จุดออกแบบ ซึ่งพบได้ว่า ใบกังหันควรหมุนในทิศทางที่ตั้งฉากกับลม และมุมของใบกังหันชนิดนี้ควรจะบิดไปตามความเร็วของกังหันลมด้วย

กังหันลมแบบนี้สามารถออกแบบให้มีความเร็วรอบต่ำ (λ น้อยกว่า 2) จนถึงความเร็วรอบสูงมาก ๆ (λ มากกว่า 10) ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนใบกังหัน และการตั้งมุมของใบกังหันกับทิศทางลมที่พัด กังหันลมที่มีความเร็วรอบสูงจะมีจำนวนใบกังหันน้อย และใบกังหันจะวางตัวเกือบขนานกับทิศทางการหมุนของกังหันลม กังหันลมชนิดความเร็วรอบต่ำจะให้แรงบิดเพลาสูง เมื่อกังหันอยู่นิ่ง แต่กังหันลมชนิดความเร็วรอบสูง จะให้แรงบิดเพลาเป็นศูนย์ หรือน้อยมาก เมื่อกังหันลมหยุดนิ่ง (ยกเว้นกรณีที่ปรับมุมกังหันได้) ซึ่งเป็นเหตุให้กังหันลมชนิดความเร็วรอบสูง มักจะเริ่มหมุนด้วยตนเองไม่ได้

ตารางตัวอย่างกังหันลม

		กังหันลมที่เพลาชับวางอยู่ในแนวระดับ	กังหันลมที่เพลาชับวางอยู่ในแนวดิ่ง
กังหันลมชนิดที่ใช้แรงฉุดเป็นแรงชับใบ	ความเร็วรอบต่ำ (λ น้อยกว่า 2)	กังหันลมซาโวเนียสชนิดเพลาชับอยู่ในแนวระดับ	กังหันลมซาโวเนียส กังหันลมรูปถ้วย
กังหันลมชนิดที่ใช้แรงยกเป็นแรงชับใบ	ความเร็วรอบต่ำ (λ น้อยกว่า 2)	กังหันลมนาเกลือ กังหันลมหลายใบ	
	ความเร็วรอบปานกลาง (λ อยู่ระหว่าง 2 - 5)	กังหันลมแบบล้อจักรยาน กังหันลมดัทช์	
	ความเร็วรอบสูง (λ อยู่ระหว่าง 5 - 10)	กังหันลมพรอบเพลเลอร์ 3 ใบ	กังหันลมดาร์เรียส กังหันลมไจโร โรเตอร์
	ความเร็วรอบสูงมาก (λ มากกว่า 10)	กังหันลมพรอบเพลเลอร์ 2 ใบ กังหันลมพรอบเพลเลอร์ 1 ใบ	
กังหันลมชนิดที่ใช้แรงยก และฉุดเป็นแรงชับ			กังหันลมซาโวเนียส/ดาร์เรียส
อื่น ๆ		กังหันลมโทนาโด	

3.2 การออกแบบกังหันลม[1]

หลักเกณฑ์การออกแบบกังหันลมมีอยู่ในเอกสารหลายฉบับ จะศึกษาได้ละเอียดจากหนังสือ หรือเอกสารอ้างอิงท้ายเล่ม แต่ในที่นี้จะสรุปการออกแบบกังหันลมอย่างง่าย ๆ โดยใช้กราฟประกอบ

ก.) กำลังงานจากกังหันลม และขนาดของใบกังหัน

กำลังงานของกังหันลมขึ้นอยู่กับชนิดของกังหันลม พื้นที่กวาดของใบกังหัน และความเร็วลมยกกำลังสามดังสมการ

$$P = \frac{1}{2} C_P \rho A V^3 \qquad (1)$$

วิธีเลือกค่า C_P ควรเลือกจากค่าสูงสุดของกังหันแต่ละแบบในรูปที่ 3.3 (ผังแสดงสัมประสิทธิ์ของกำลังงาน) ซึ่งตามทฤษฎีแล้ว ค่า C_P สูงสุดที่กังหันลมควรทำได้มีค่า 16/27 = 0.593

เมื่อนำกังหันลมไปขับเคลื่อนอุปกรณ์ใดก็ควรเผื่อค่าประสิทธิภาพของอุปกรณ์นั้น รวมทั้งประสิทธิภาพการส่งถ่ายกำลังอีกด้วย

ข.) ความเร็วรอบที่จุดออกแบบของกังหันลม

จากกราฟ (ผังแสดงสัมประสิทธิ์ของกำลังงาน) นอกจากจะรู้ค่าแล้ว ยังอ่านค่าอัตราความเร็วปลายใบ (λ) ของกังหันได้อีก โดยที่

$$\lambda = \frac{U}{V} \qquad (2)$$

เมื่อรู้ความเร็วลม และขนาดของกังหันลมแล้ว ก็สามารถคำนวณหาความเร็วรอบของกังหันลมได้จากสมการ

$$N = \frac{60 \lambda V}{\pi D} \qquad (3)$$

---

[1]บันเทิง สุวรรณ์ตระกูล, "ทฤษฎี และการออกแบบกังหันลม." สัมมนาวิชาการเรื่อง Solar Energy and Application, 2521.

ค.) <u>แรงบิดเพลา</u>

แรงบิดเพลาที่จุดออกแบบของกังหันลม คำนวณได้จาก

$$M = \tfrac{1}{2} C_M \rho R V^2 \qquad (4)$$

โดยที่ $$C_M = \frac{C_P}{\lambda} \qquad (5)$$

ง.) <u>แรงกระทำต่อกังหันลม</u>

แรงกระทำต่อกังหันลม เมื่อกังหันลมหมุน คำนวณได้จากสมการ

$$F_A = \tfrac{1}{2} C_A \rho V^2 A \qquad (6)$$

โดยที่ค่า C_A อ่านได้จากกราฟ (สัมประสิทธิ์ของแรงกระทำในทิศทางของลม)

เมื่อกังหันลมหยุดหมุน คำนวณได้จากสูตร

$$F_A = \tfrac{1}{2} \delta \rho V^2 A \qquad (7)$$

แต่ถ้ากังหันลมหยุดหมุน และหันข้างให้กับลม คำนวณโดยใช้สูตร

$$F_A = \tfrac{1}{2} \rho V^2 A_P \qquad (8)$$

เมื่อ A_P เป็นพื้นที่ฉายด้านข้างของกังหันลม

จ.) <u>การเลือก Solidity ของกังหันลม</u>

การเลือก Solidity ของกังหันลม รูปที่ 3.6 และ 3.7 ในการออกแบบกังหันลมจะต้องประกอบด้วยพื้นที่ 2 อย่าง คือ

1. พื้นที่พื้นผิวของใบกังหัน (Blade surface area) เป็นพื้นที่ของใบกังหันทั้งหมด

2. พื้นที่กวาดของกังหัน (Wind Mill Frontal area) เป็นพื้นที่กวาดของใบกังหัน ซึ่งใช้คำนวณพลังลมของกังหันลม

อัตราส่วนของพื้นที่ผิวใบกังหันต่อพื้นที่กวาดของกังหันจะเป็นอัตราส่วน เรียกว่า Solidity

จะเห็นได้ว่า ถ้ากังหันมีจำนวนใบมาก ลมก็จะปะทะพื้นที่ผิว "Solid" มาก และจะปะทะพื้นผิว "Solid" น้อย สำหรับกังหันลมที่มีใบพัดน้อย ถ้าหาก Solidity มีค่าเท่ากับ 1 นั่นคือ พื้นที่พื้นผิวใบกังหันมีค่าเท่ากับพื้นที่กวาด เหมาะสำหรับใช้เป็นกังหันลมชนิดสูบน้ำ สำหรับกังหันลมชนิด 2 ถึง 3 ใบ จะมี Solidity ประมาณ 0.2 จะมีความกว้างของใบบางกว่า และมีพื้นที่พื้นผิวที่จะเกิดแรงยกน้อย แต่จะมีความสัมพันธ์กับความเร็วลม ซึ่งจะเพิ่มแรงยก

ค่า Solidity สูง สำหรับกังหันลมซึ่งออกแบบให้มีสัมประสิทธิ์แรงยกประมาณครึ่งหนึ่งของค่าสูงสุด ของ Air foil ส่วนค่า Solidity ต่ำ ใช้เมื่อต้องการให้มีเปอร์เซนต์ของแรงยกของ Air foil สูงสุด

ฉ.) การเลือกรูปร่างของใบกังหัน

ใบกังหันที่หมุนด้วยแรงฉุด ควรที่จะเลือกรูปร่างให้เกิดแรงฉุดในชีกหนึ่งมากกว่าอีกข้างหนึ่งให้มากที่สุด ส่วนใบกังหันที่หมุนด้วยแรงยก มักตัดสินด้วยการเลือกใบกังหันที่มีอัตราส่วนแรงยกต่อแรงฉุดมากที่สุด ซึ่งมักจะมีรูปร่างเป็นแพนอากาศ

แต่อย่างไรก็ตาม สำหรับกังหันลมที่ความเร็วรอบต่ำ ไม่จำเป็นต้องสร้างใบกังหันเป็นรูปแพนอากาศ เพียงแต่ทำจากแผ่นโลหะโค้ง ใบเสื่อรำแพน หรือผ้าใบก็พอ

ช.) วิธีป้องกันกังหันลมไม่ให้เสียหายเมื่อลมพัดจัด

วิธีป้องกันกังหันลมไม่ให้เสียหาย เมื่อลมพัดจัด ทำได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น บิดกังหันให้หันข้างให้ลม เบรคใบกังหันให้หยุดหมุน ให้ใบกังหันเอียงลู่ไปตามลม ใช้ใบกังหันแบบที่สามารถถอดเก็บ หรือทำให้หลุดจากโครงใบได้โดยง่าย เป็นต้น

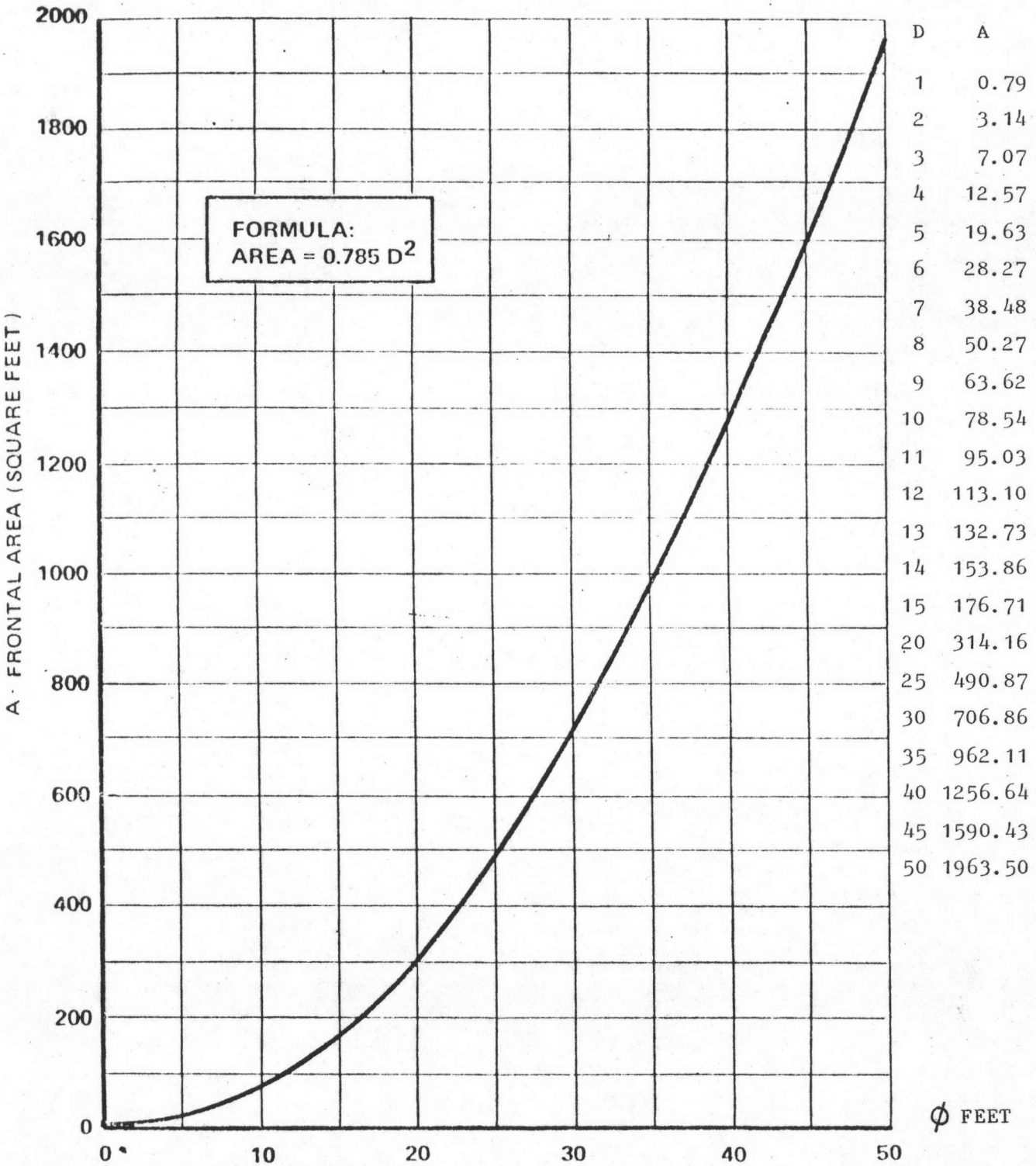
สรุป

1. การออกแบบสร้าง หรือเลือกใช้กังหันลมจะต้องพิจารณาถึงความต้องการว่าจะใช้กับงานใด เช่น ถ้าต้องการปั่นไฟฟ้าก็ควรเลือกสร้างกังหันลมที่มีความเร็วสูง เป็นต้น

2. คำนึงถึงลักษณะของลมบริเวณที่จะติดตั้งกังหันลม เช่น การเลือกใช้กังหันลมชนิดความเร็วรอบสูงมาก ในบริเวณที่มีความเร็วลมต่ำ ตัวกังหันลมอาจไม่หมุนเลยก็ได้

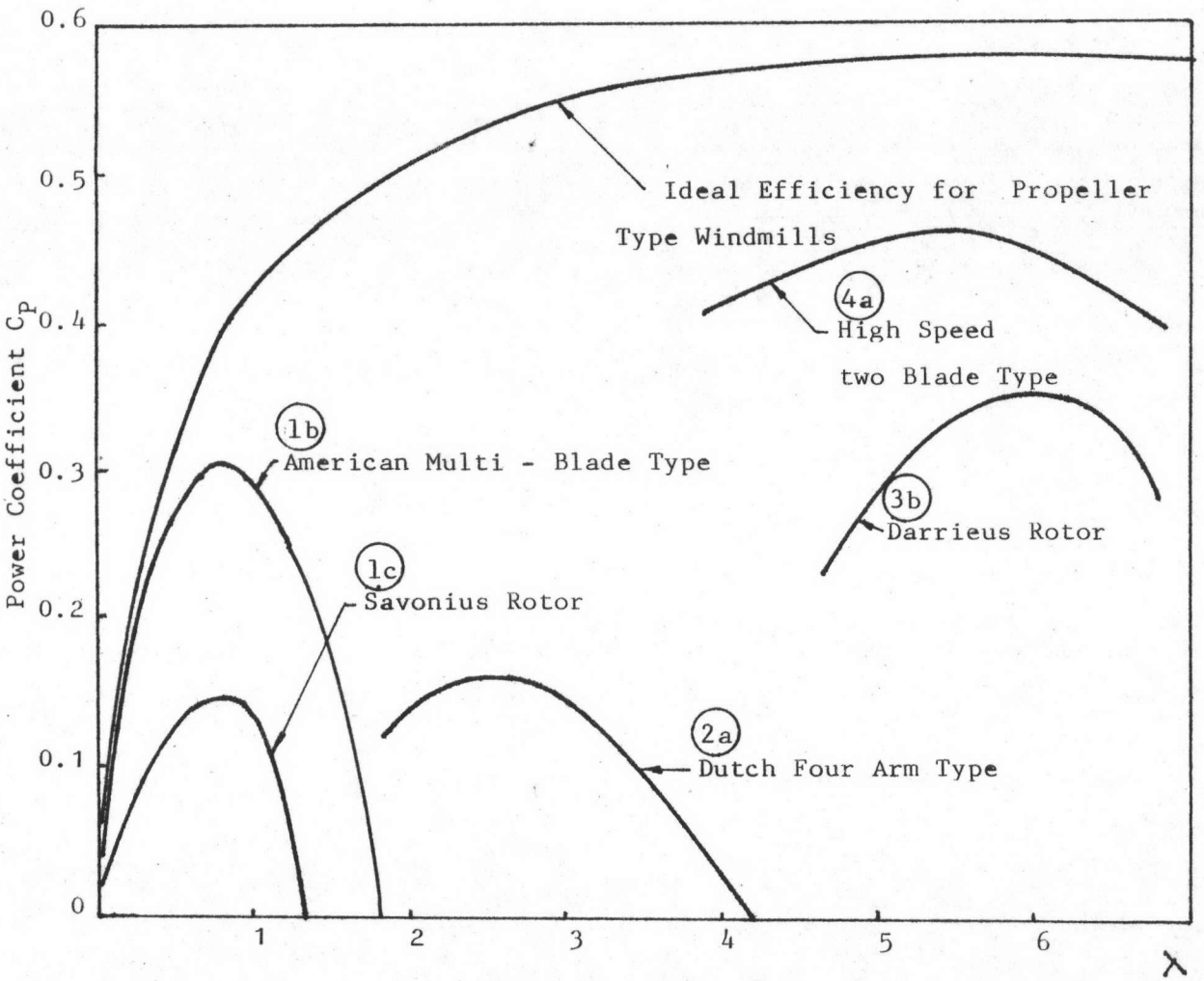
3. ประสบการณ์ความชำนาญของผู้ออกแบบ และผู้ผลิต ตลอดจนข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากการสร้าง และแก้ไขกังหันลมที่ผ่านมาจะเป็นส่วนช่วยในการสร้างกังหันลมต่อ ๆ ไป

รูปที่ 3.2 ผังแสดงเส้นผ่านศูนย์กลาง vs. พื้นที่กวาดของกังหันลม สำหรับหาค่า A เมื่อทราบขนาดของกังหันลม[1] (สมการที่ 1)



[1] Jack Park, Simplified Wind power system for experimenters. 2nd Ed., Helion 1975. p. 16.

รูปที่ 3.3 สัมประสิทธิ์ของกำลังงาน



---

[1]การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม. รายงานเลขที่ 862.20.202, กองพลังงานพิเศษ ฝ่ายวิทยาการพลังงาน (มกราคม 2522).

ความหมายของตัวเลข ในรูปที่ 3.3, 3.4, 3.5 และ 3.6[1]

(1) กังหันลมความเร็วต่ำ

1 a กังหันลมแบบกรีก (Greek sail rotor)

1 b กังหันลมหลายใบ (Multiblade rotor)

1 c ซาโวเนียส (Savonius rotor)

1 d กังหันลมแนวดิ่งแบบจีน (Chiness Vertical axis rotor)

(2) กังหันลมความเร็วปานกลาง

2 a กังหันลมแบบ 4 ใบ ทำจากเหล็กแผ่น
(4 - blade cambered metal plate rotor)

2 b กังหันลมใบเรือ (Sail wing rotor)

(3) กังหันลมความเร็วสูง

3 a กังหันลมพรอบเพลเลอร์ 3 ใบ

3 b กังหันลมแบบดาร์เรียส

(4) กังหันลมความเร็วสูงมาก

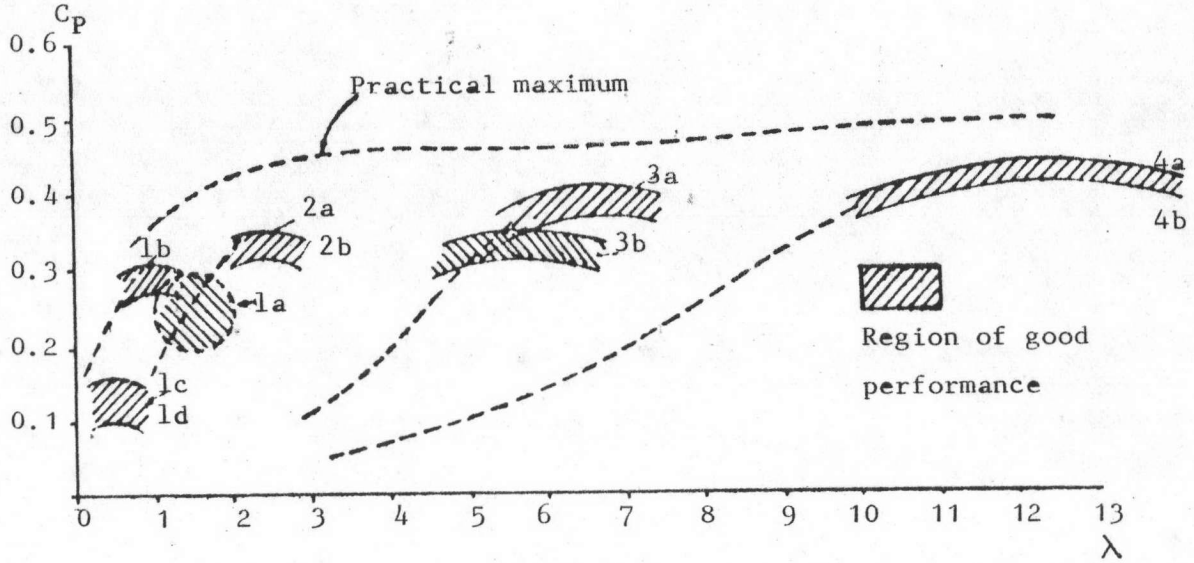
4 a กังหันลมพรอบเพลเลอร์ 2 ใบ

4 b กังหันลมพรอบเพลเลอร์ 1 ใบ

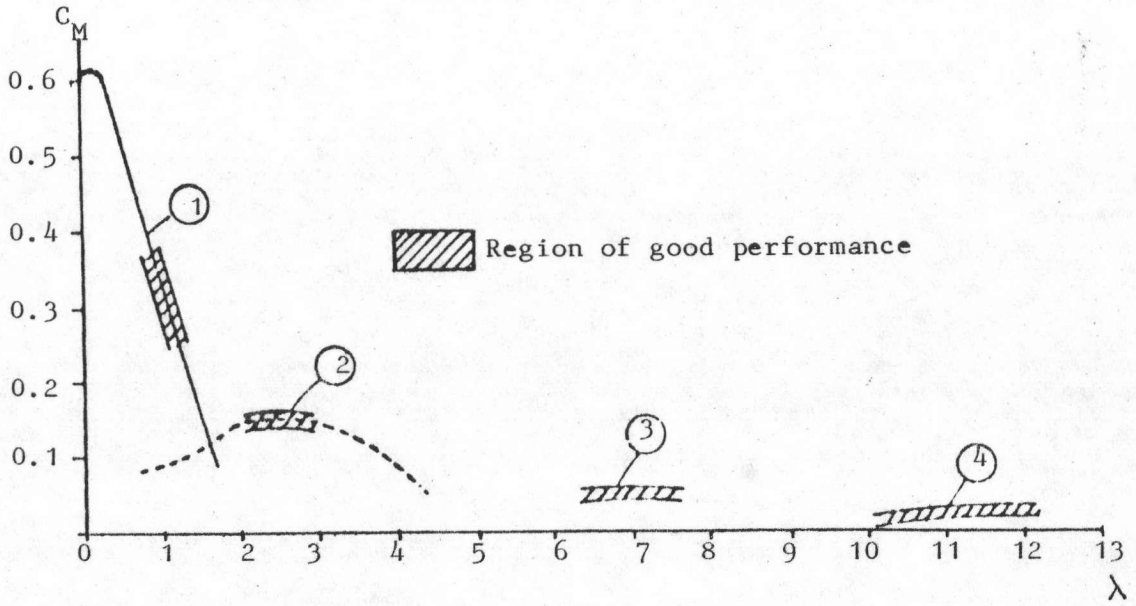
---

[1]บันเทิง สุวรรณ์ตระกูล, "ทฤษฎี และการออกแบบกังหันลม." สัมมนาวิชาการ เรื่อง Solar Energy and Application, 2521.

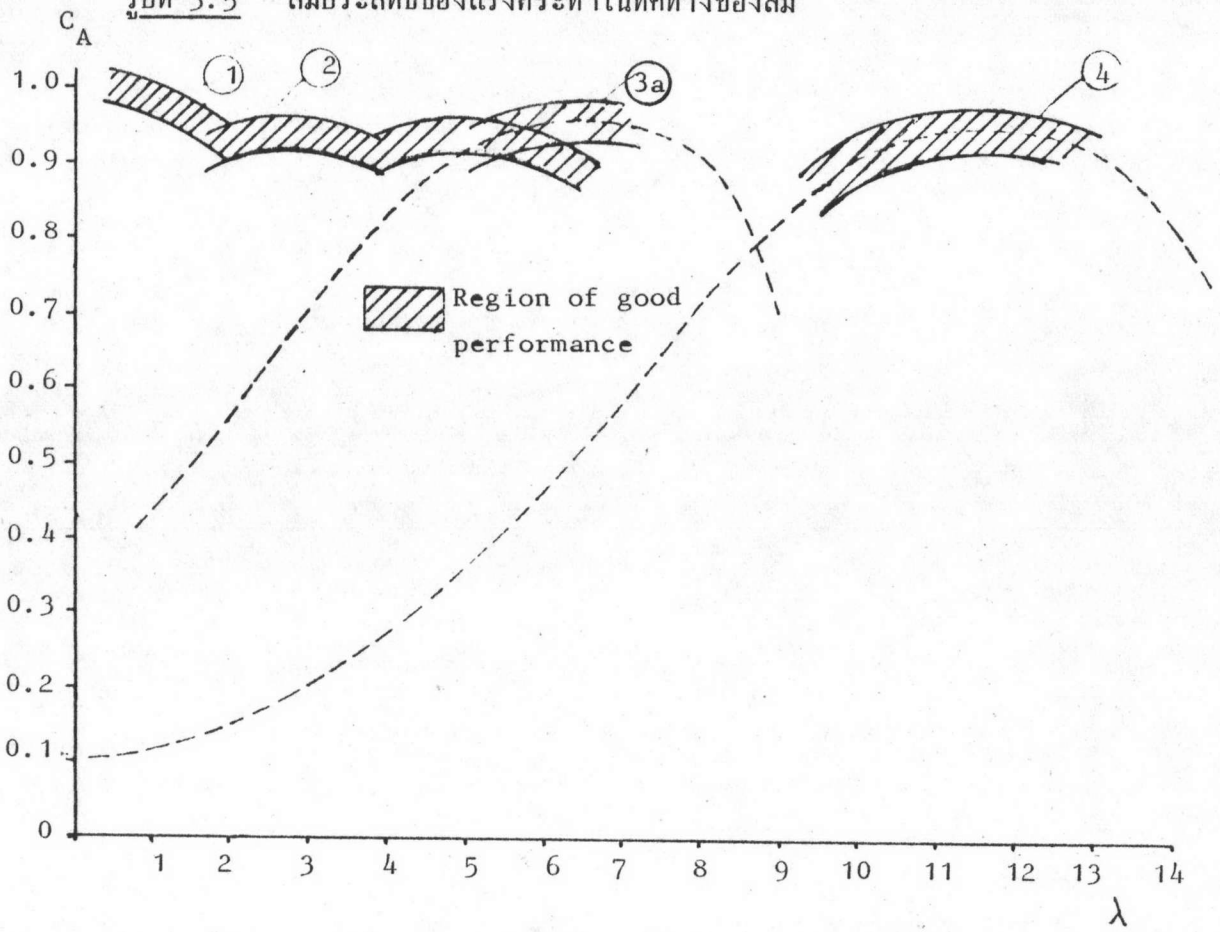
รูปที่ 3.3 สัมประสิทธิ์ของกำลังงาน



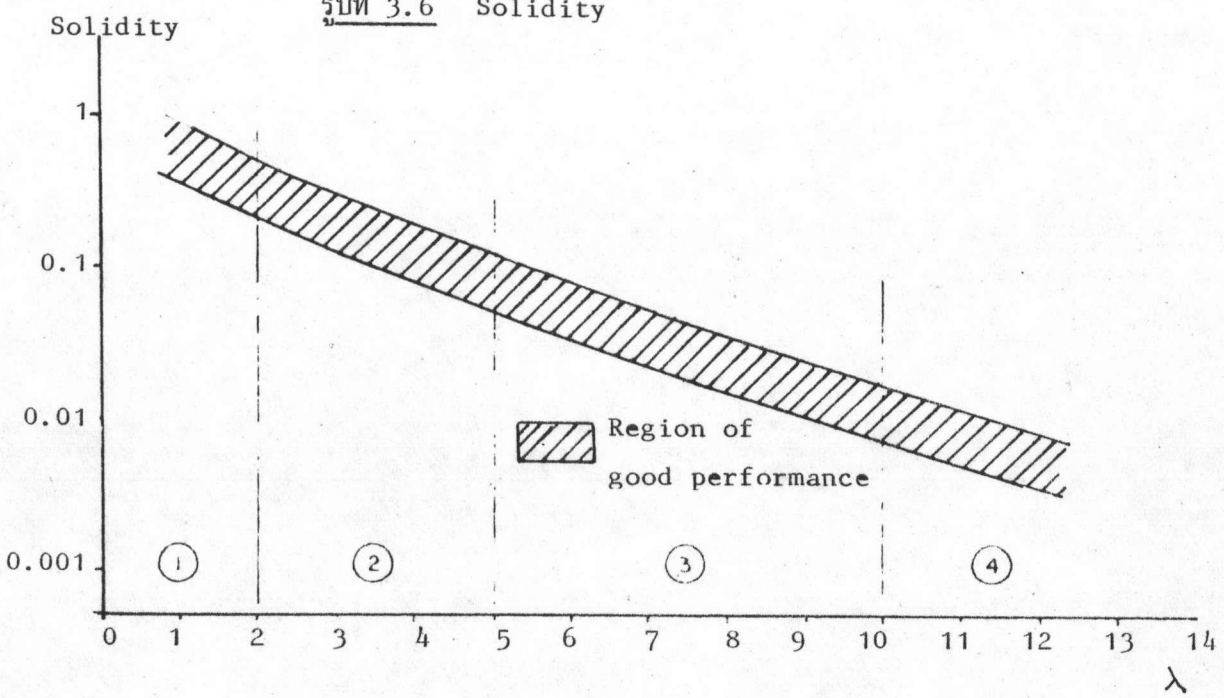
รูปที่ 3.4 สัมประสิทธิ์ของแรงบิดเพลา



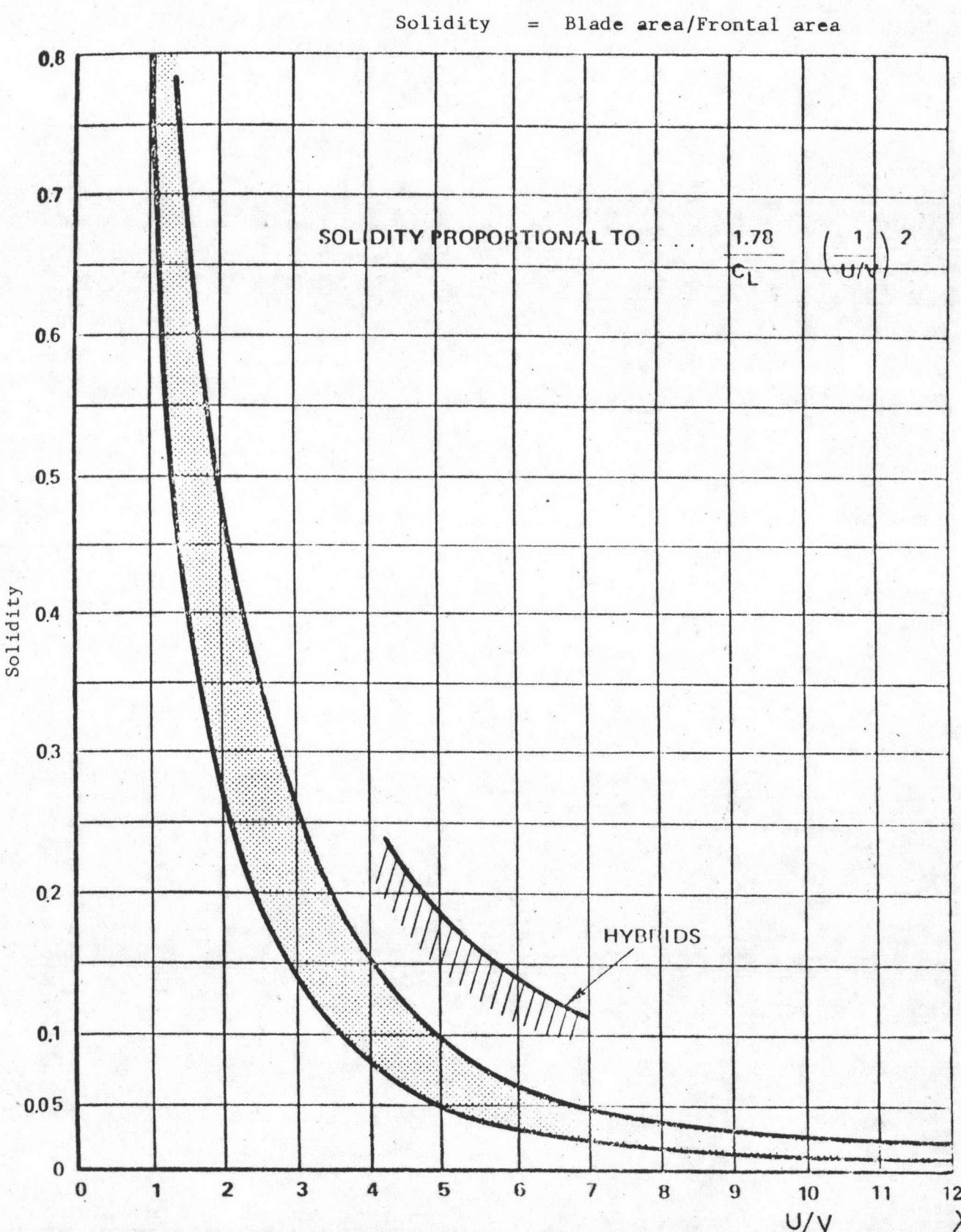
รูปที่ 3.5 สัมประสิทธิ์ของแรงกระทำในทิศทางของลม



รูปที่ 3.6 Solidity



รูปที่ 3.7 Solidity



ค่าของพลังงานที่ได้จากกังหันลม นอกจากจะคิดคำนวณได้จากสมการ (1) $P = \frac{1}{2} C_P \rho A V^3$ โดยที่ จะมีหน่วยเป็นพลังงาน เราอาจจะหาได้จากสมการ[1]

$$H.P. = F \times A \times E \qquad (10)$$

โดยที่ H.P. = แรงม้าที่เกิดขึ้น

F = Power factor รูปที่ 3.8[2]

A = พื้นที่กวาดของกังหันลม หน่วยเป็นตารางฟุต ดูจากรูปที่ 3.2[3]

E = ประสิทธิภาพของกังหันลม รูปที่ 3.9[4]

---

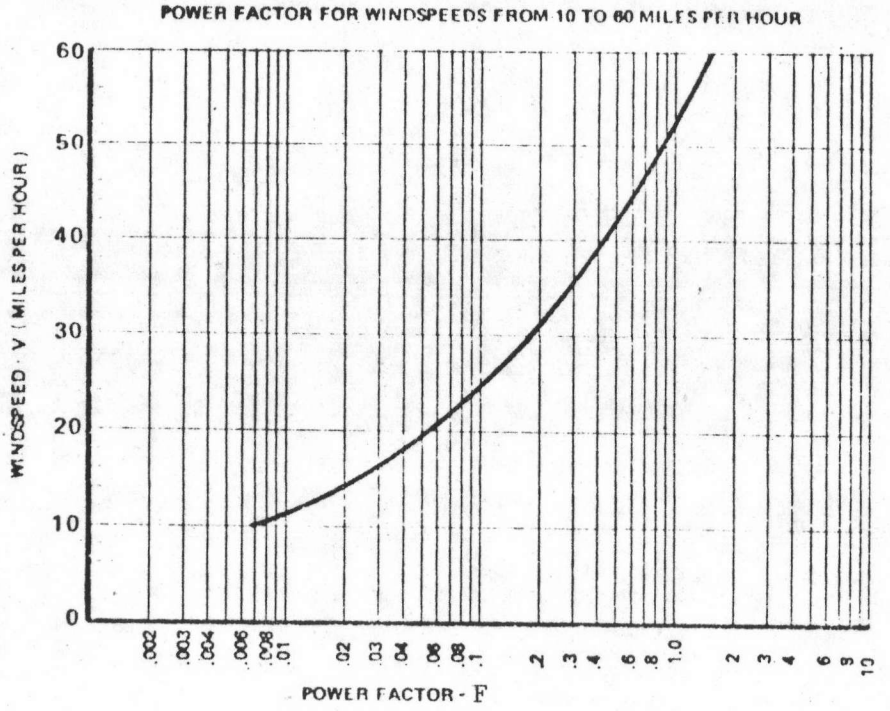
[1] Jack Park, Simplified Wind power Systems for experimenters. 2nd Ed., Helion 1975. p.15.

[2] Ibid, p.14.

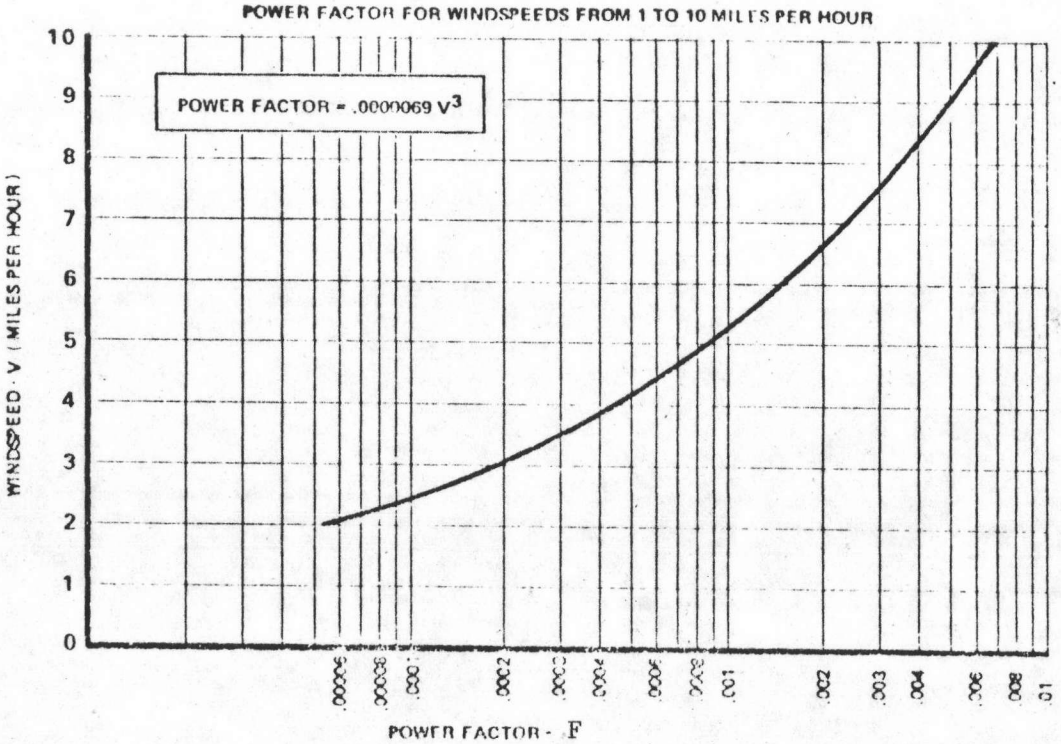
[3] Ibid, p.16.

[4] Ibid, pp. 22, 68, 69.

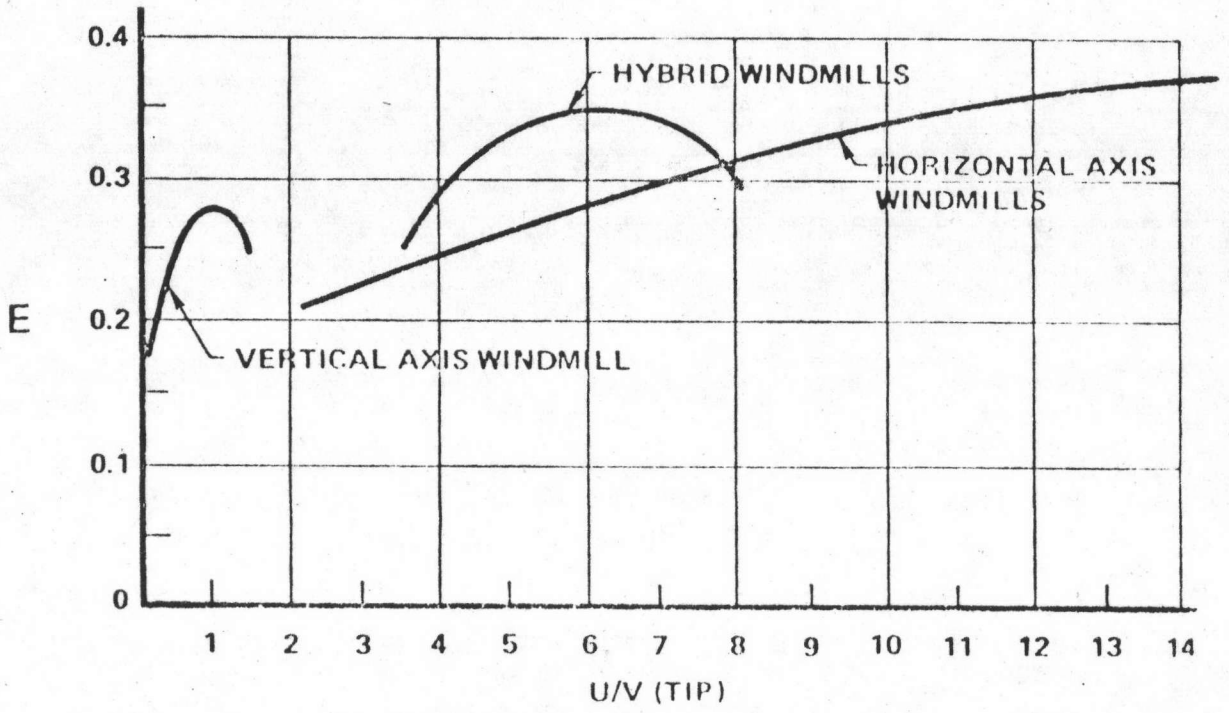
รูปที่ 3.8 Power Factor



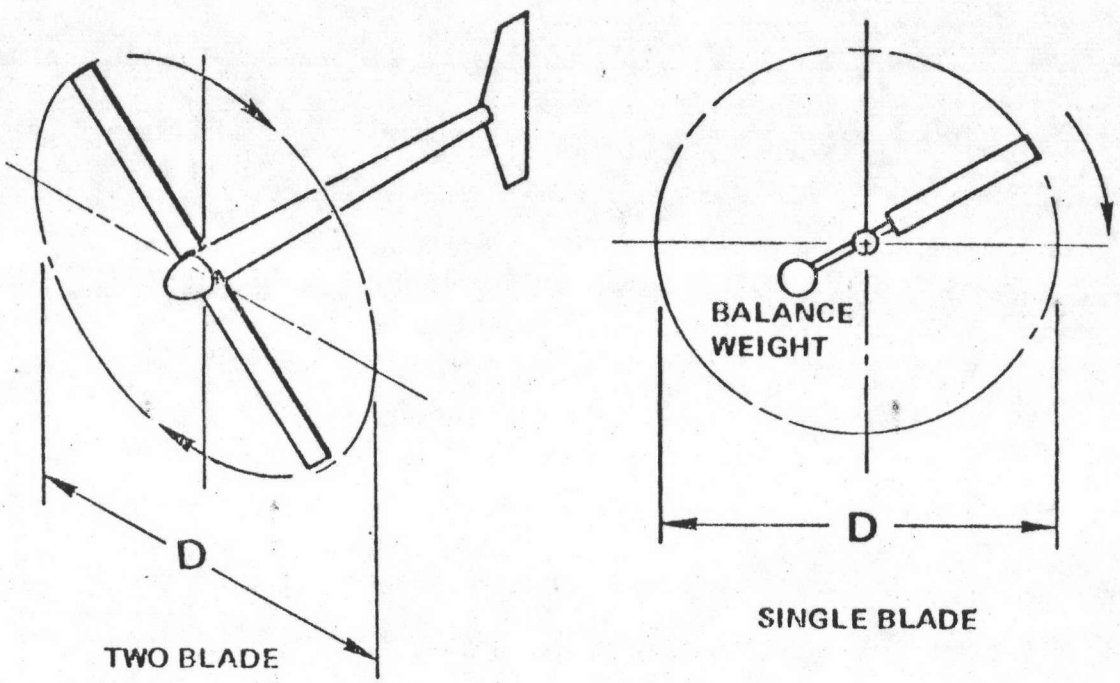
V (MPH)	F
0	0
1	.0000069
2	.000055
3	.00019
4	.00044
5	.00087
6	.0015
7	.0024
8	.0035
9	.0051
10	.0069
15	.023
20	.055
25	.108
30	.187
35	.297
40	.444
45	.632
50	.868
55	1.15
60	1.50

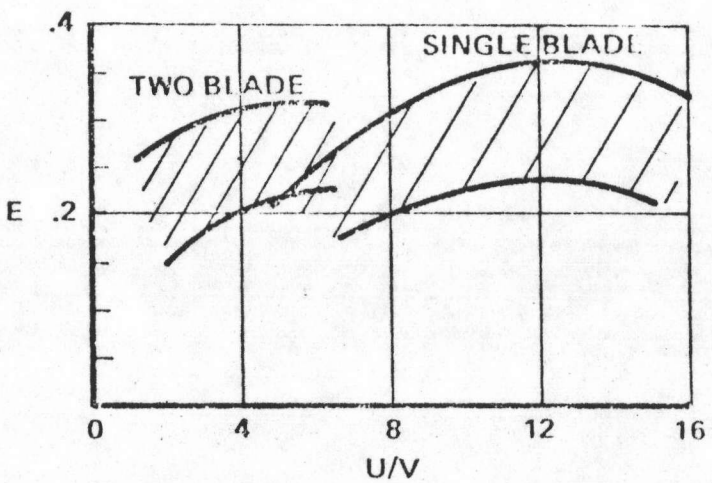


รูปที่ 3.9 ประสิทธิภาพของกังหันลมแต่ละชนิด

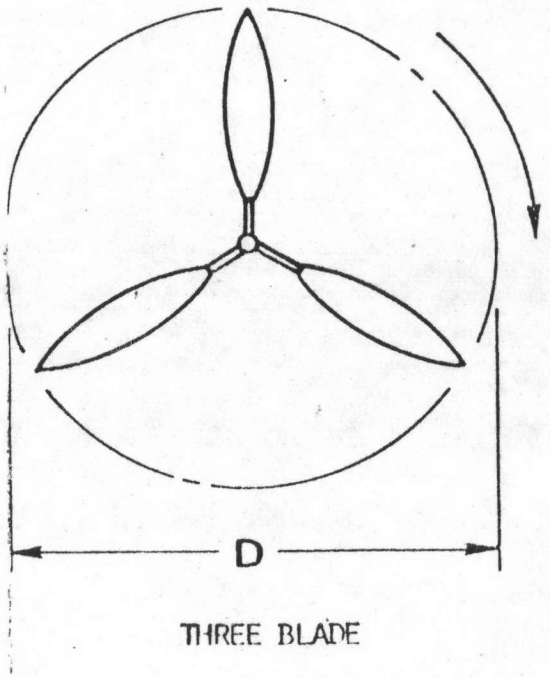


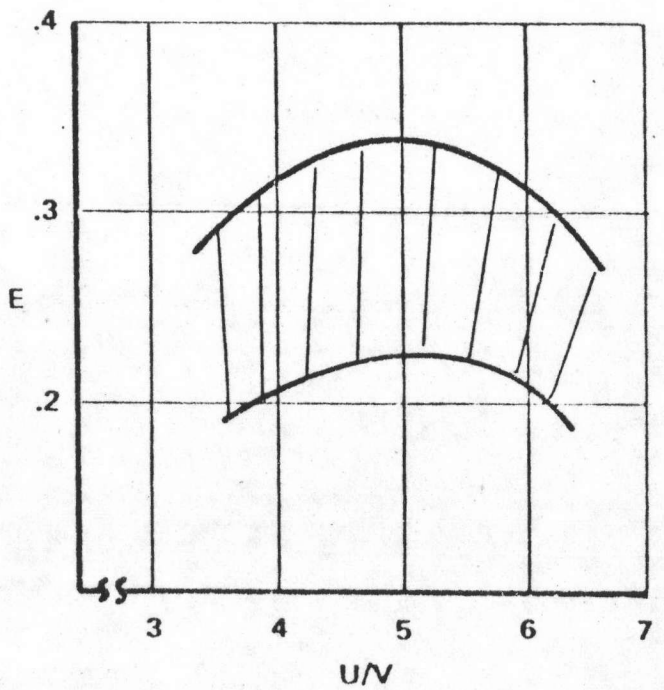
รูปที่ 3.10 ประสิทธิภาพของกังหันลมชนิด 2 และ 1 ใบ



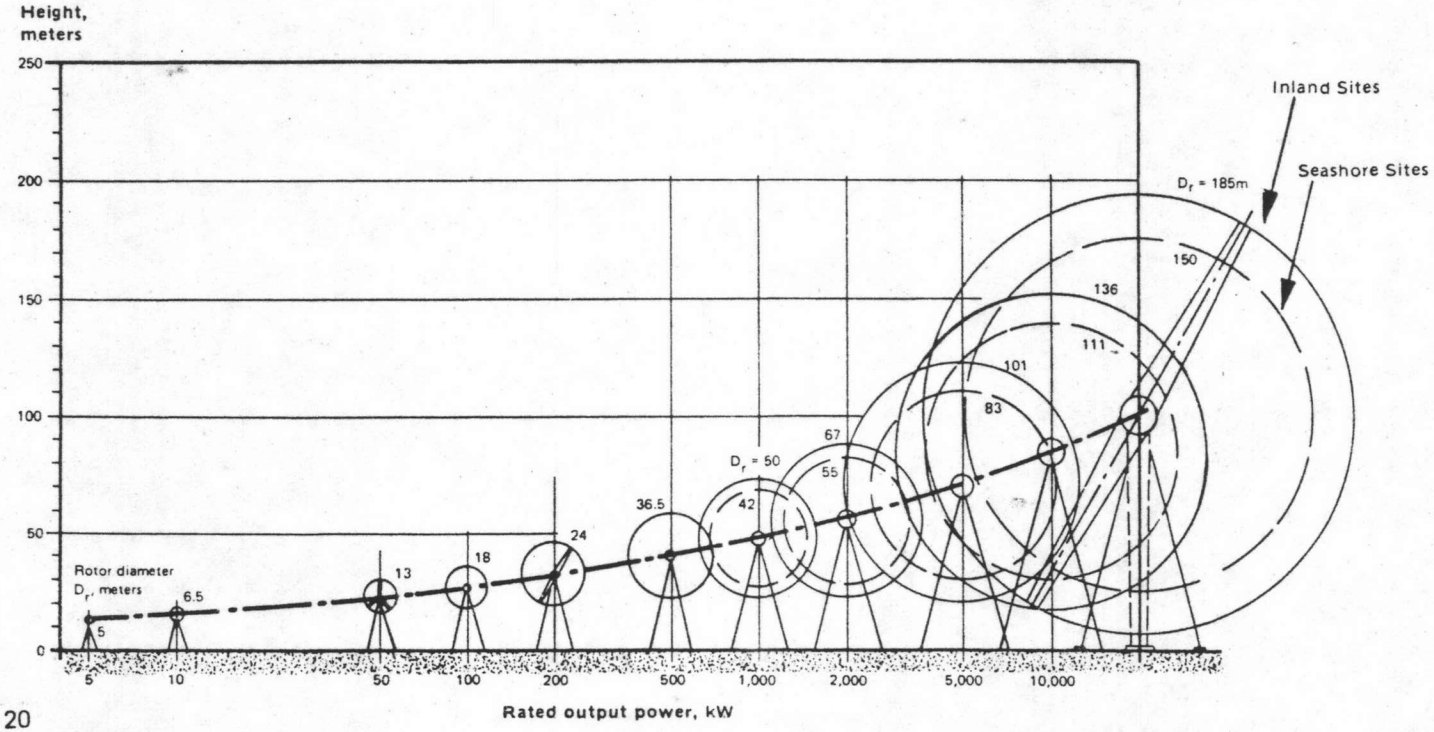


รูปที่ 3.11 ประสิทธิภาพของกังหันลมชนิด 3 ใบ





รูปที่ 3.12 อัตราการให้พลังงาน vs. ความสูง ของกังหันชนิดแกนเพลาขับอยู่ในแนวนอน[1]



20

Typical family of horizontal-axis wind turbines for average wind speeds of 17 mph.

Source: Frank R. Eldridge, *Wind Machines*, MTR-6971, NSF-RA-N-75-051. The MITRE Corporation, McLean, Virginia 22101, October 1975. Originally from Swedish project study 1973, by Olle Ljungström, STU.

[1] Robert L. Loftness, Energy Handbook. p.364.

17005504

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 แบบของกังหันลมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

กังหันลมที่ใช้ในประเทศไทยปัจจุบัน เพื่อการสูบน้ำเท่านั้น ยังไม่ได้ใช้เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า หรือเพื่อกิจกรรมอย่างอื่นเหมือนในต่างประเทศ โดยทั่วไปมีใช้กันอยู่ 3 แบบ คือ

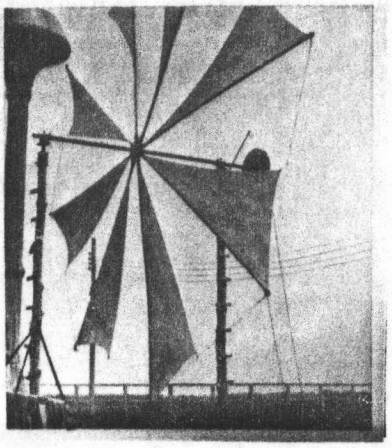
ก.) แบบที่สร้างด้วยเสื่อลำแพน หรือผ้า (รูปที่ 3.13)

แบบนี้ความเร็วรอบต่ำ โครงสร้างทำด้วยไม้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 - 8 เมตร มี 6 หรือ 8 ใบ ใบผ้า หรือเสื่อรำแพนผูกติดกับแกนไม้ไผ่ ซึ่งยึดติดกับดุมล้อตรงกลาง เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 30 เซนติเมตร และดุมล้อที่ติดอยู่กับเพลาประมาณ 5 เมตร เพลานี้ยึดติดหัวท้ายด้วยเสาไม้ 2 ต้น สูงประมาณ 5 เมตร ด้านหนึ่งมีมู่เล่ย์ติดอยู่เพื่อใช้สำหรับคล้องโซ่ฉุดระหัดสูบน้ำถ่ายเทในนาเกลือ มีใช้ในแถบจังหวัดสมุทรสาคร สมุทรสงคราม และแถบจังหวัดชลบุรี หลายร้อยตัว

ข.) แบบใบพัดทำด้วยไม้ (รูปที่ 3.14)

แบบนี้ใบพัดมีขนาดกว้าง 8 นิ้ว หนา 2 นิ้ว ยาว 6 - 8 เมตร มีใบพัด 2 ใบ ลักษณะใบคล้ายกับใบพัดเครื่องบินติดอยู่กับแกนเหล็ก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร ยาวประมาณ 60 เซนติเมตร แกนเหล็กยึดติดกับเสาไม้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 เซนติเมตร สูงห่างจากพื้นดินประมาณ 5 เมตร ที่แกนเหล็กมีมู่เล่ย์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 20 เซนติเมตร ติดอยู่สำหรับคล้องโซ่ฉุดระหัดสูบน้ำเช่นเดียวกับแบบแรก มีใช้ในแถบฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ และด้านตะวันออกของกรุงเทพฯ แถวเขตหนองจอก และมีนบุรี

รูปที่ 3.13 กังหันลมใบผ้า

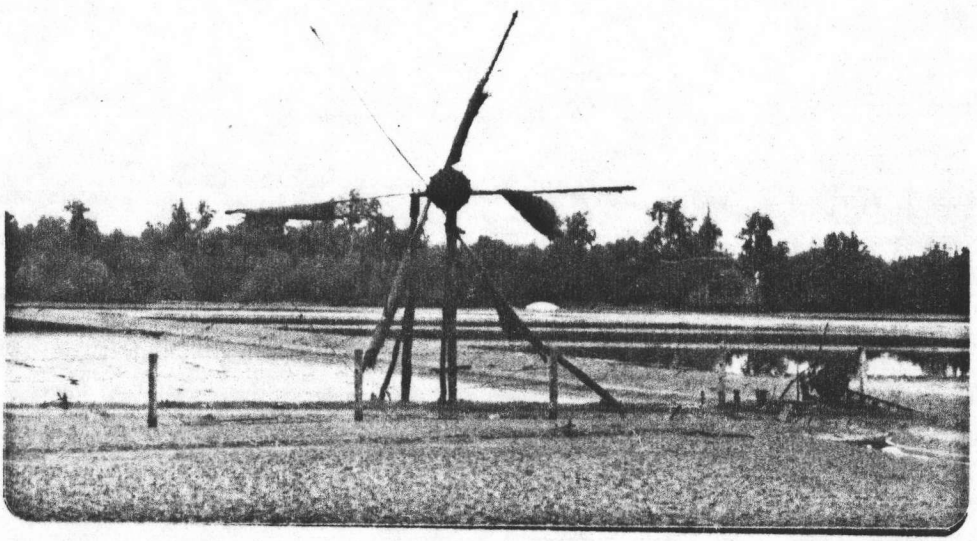


(ก.)

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เมตร 8 ใบ

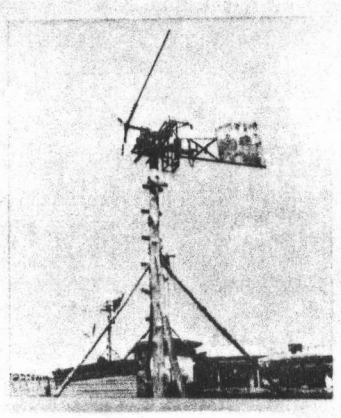
วัตถุประสงค์ : ทดลองกับระบบสูบน้ำแบบสูบรูปตั้ง และระหัสราง

การใช้งาน : เพื่อการยกน้ำจากบ่อตื้น หรือลำรางเข้าไร่นา



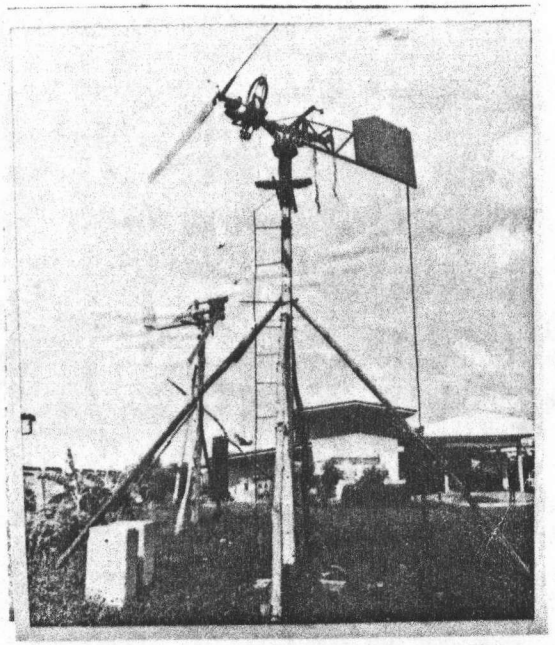
สำหรับวิดน้ำเข้านาเกลือ สมุทรสงคราม (ข.)

(ก)



(ข)

รูปที่ 3.14 กังหันลมใบพัดทำด้วยไม้



(ค)

รูปที่ 3.14 ก. กังหันลมใบพัดทำด้วยไม้ ชนิด 2 ใบ[1]

รูปที่ 3.14 ข. กังหันลมชนิด 3 ใบ รายละเอียดดูจากตารางข้างล่าง[2]

รูปที่ 3.14 ค. กังหันลมชนิด 4 ใบ รายละเอียดดูจากตารางข้างล่าง[3]

	กังหันลมชนิด 3 ใบ	กังหันลมชนิด 4 ใบ
ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง (เมตร)	4.50	5.20
วัสดุ	ไม้ตะเคียนทอง ขนาด 2.50 เมตร 19.5 ซม.	ไม้ตะเคียนทอง ขนาด 2.50 เมตร 19.5 ซม.
กลับใบแบบ	NA CA 4412 มุมใน 8°	NACA 4412 มุมใน 10°
ความเร็วลมออกแบบ	20 ก.ม./ช.ม.	20 ก.ม./ช.ม.
ใช้งานทดลอง อัลเทอเนเตอร์ ทดรอบ	ผลิตกระแสไฟฟ้า 360 วัตต์ 12 โวล์ท 15 : 1	ผลิตกระแสไฟฟ้า 360 วัตต์ 12 โวล์ท 15 : 1
วัตถุประสงค์	ศึกษาการใช้ไม้ทำใบพัด และผลิตไฟฟ้าประจุเข้าแบตเตอรี่	
การใช้งาน	ผลิตไฟฟ้าประจุแบตเตอรี่ ใช้แสงสว่าง วิทยุ โทรทัศน์ และวิทยุสื่อสาร เป็นต้น	

[1]ท้องฟ้าจำลอง, สุขุมวิท, กรุงเทพฯ.

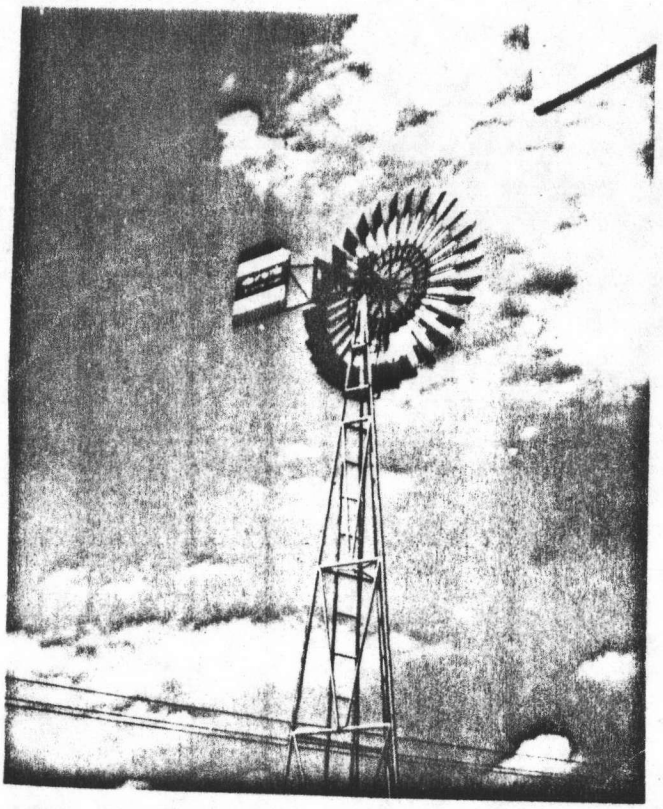
[2]การพลังงานแห่งชาติ, รังสิต, ปทุมธานี.

[3]การพลังงานแห่งชาติ, รังสิต, ปทุมธานี.

ค.) <u>กังหันลมแบบหลายใบ หรือแบบอเมริกัน</u> (รูปที่ 3.15)

กังหันลมแบบนี้ โครงสร้าง และใบทำด้วยเหล็ก หรือเหล็กอาบสังกะสี ที่ผลิตในประเทศมีจำนวนใบ 20 หรือ 30 ใบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบ มีตั้งแต่ 8 - 14 ฟุต ความสูงของโครงเหล็กประมาณ 12 หรือ 15 เมตรใช้ลูกสูบชนิด ชักขึ้น - ลง (Piston pump) ขนาดของลูกสูบมีตั้งแต่ $2\frac{1}{2}$ นิ้ว ถึง $4\frac{1}{2}$ นิ้ว การถ่ายทอดแรงงานกลจากลมใช้ระบบข้อเหวี่ยง (Crank Shaft) กังหันลมแบบหลายใบนี้ได้มีผู้นำมาใช้ในประเทศ เมื่อประมาณ 40 ปีมานี้ เป็นยี่ห้อ Southern Cross สำหรับใช้ในการประปา ต่อมาเมื่อ 10 กว่าปีมานี้ ได้มีผู้นำยี่ห้อ Demster เข้ามาใช้ เพื่อการเกษตร และในปัจจุบันสามารถผลิตได้ภายในประเทศ แต่ราคาต่ำกว่าของต่างประเทศ 3 เท่าตัว จึงทำให้ไม่มีผู้ซื้อจากต่างประเทศ และมีแนวโน้มใช้กันมากขึ้น การใช้งานส่วนใหญ่ใช้ในการประปา การทำสวน การเลี้ยงสัตว์ และปลูกป่า เป็นต้น

รูปที่ 3.15 กังหันลมแบบหลายใบ



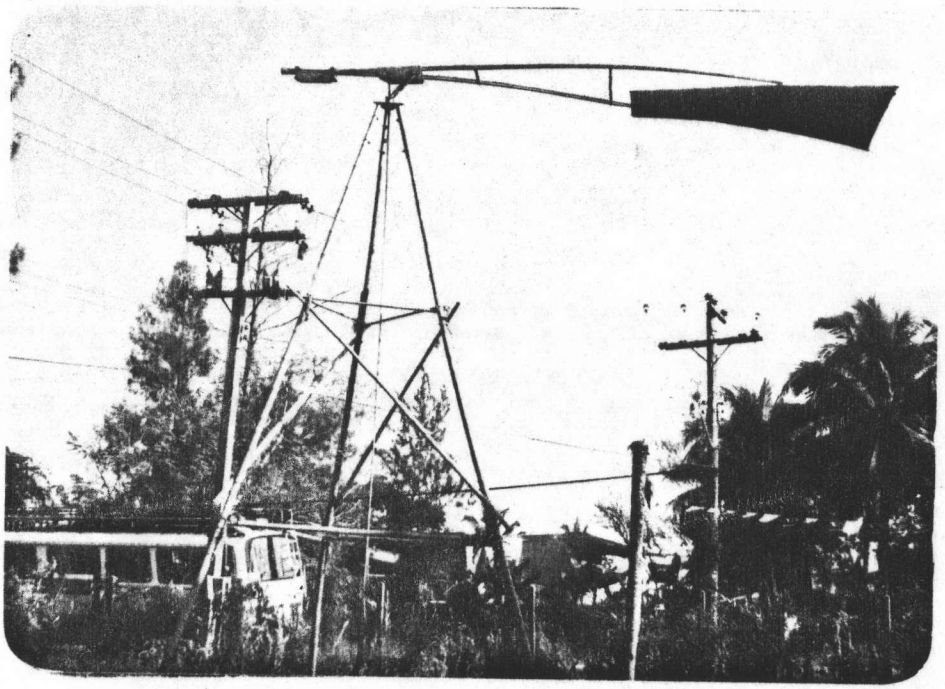
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	3.50	เมตร
ติดตั้งสูง	12	เมตร
การใช้งาน สูบน้ำ บ่อลึก	25	เมตร
ถังน้ำสูง	15	เมตร

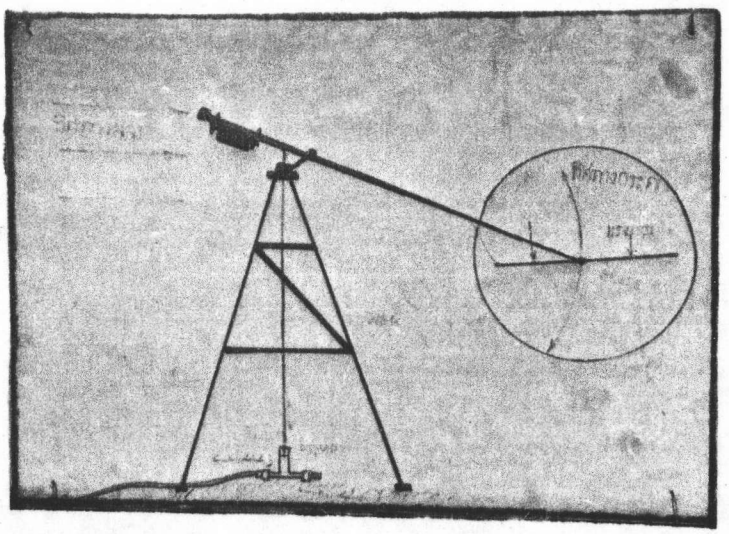
ลูกสูบจังหวะเดียว

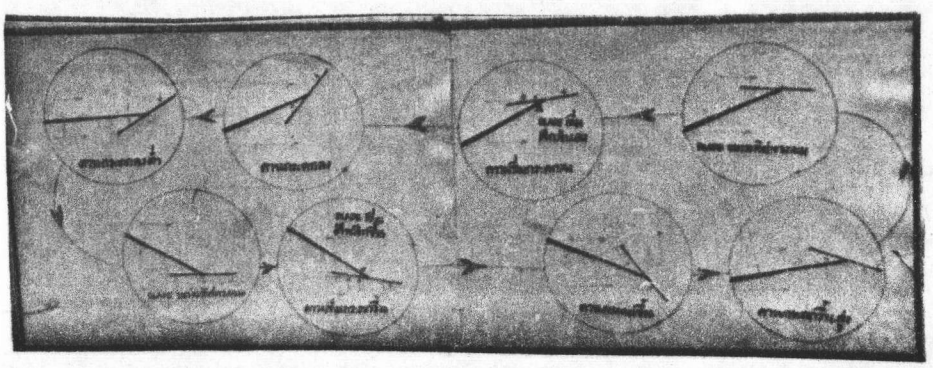
ø 76 ม.ม.	ช่วงชัก	51	ม.ม.
ปริมาณน้ำ	4,500	ลูกบาศก์เมตร/ปี	
ที่ความเร็วลมเฉลี่ย	18	ก.ม./ช.ม.	

ผู้ผลิต โรงงานอุตสาหกรรมไทย

รูปที่ 3.16 กังหันลมแบบคานกระดก สำหรับสูบน้ำ







3.4 ข้อดีของกังหันลม

จากการศึกษาข้อมูลต่าง ๆ แล้ว จะเห็นข้อดี

1. การทำงานของกังหันลมไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงใด ๆ ทั้งสิ้น อาศัยลมธรรมชาติเพียงอย่างเดียว ไม่ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายเพิ่ม

2. เหมาะต่อการนำไปใช้ในท้องที่ที่อยู่ห่างไกลจากตัวเมือง หรือชุมนุมชนที่ไม่สามารถหาเชื้อเพลิงมาได้สะดวก หรือขาดแคลนน้ำมันเชื้อเพลิง

3. เสียค่าใช้จ่ายเพียงครั้งเดียว ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำมาก

4. อายุใช้งานนานประมาณ 15 ปีเป็นอย่างน้อย ถ้าบำรุงรักษาดีแล้วอายุทำงานอาจจะถึง 20 ปี

5. สะดวกในการใช้ และควบคุม คือ สามารถควบคุมให้กังหันลมทำงานหรือหยุดได้ทุกเวลาที่ต้องการ

6. สามารถดัดแปลงนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ เช่น ใช้สูบน้ำ ใช้เป็นแรงกลหมุนเครื่องจักรกล หรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นต้น

3.5 ขอบเขตของกังหันลม

1. การติดตั้งกังหันลมนั้น จะต้องติดตั้งในท้องที่ที่มีลมพอสมควร และสม่ำเสมอ และถ้าใช้ในการสูบน้ำก็จำเป็นต้องมีแหล่งน้ำที่เพียงพอ

2. เมื่อติดตั้งแล้วไม่สะดวกในการที่จะโยกย้ายไปที่อื่น

3. ค่าใช้จ่ายเริ่มแรกค่อนข้างสูง

4. การดัดแปลงเปลี่ยนไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น เช่น ทำเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ แต่จำเป็นต้องใช้ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น

3.6 กังหันลมที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า

ลักษณะทั่วไปของกังหันลมที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า ประกอบด้วย

ก.) ใบกังหันลม เพื่อให้ลมเป็นตัวขับการเคลื่อนไหวของมวลอากาศ โดยที่ชนิดของกังหันลมจะต้องเป็นชนิดอัตราความเร็วปลายใบ (λ) สูง เพื่อให้มีความเร็วสูงเพียงพอต่อการผลิตกระแสไฟฟ้า ใบกังหันจะต้องออกแบบเพื่อให้ลมสูญเสีย Kinetie Energy น้อยที่สุด และให้การเก็บพลังงานมากที่สุด

พลังงานที่ได้จากกังหันลมสูงสุดได้เพียง 59.3% เท่านั้น นอกจากนั้นยังมีสัมประสิทธิ์ประสิทธิภาพของกำลัง ซึ่งสูงสุดก็เพียง 70% ดังนั้น ประสิทธิภาพของกำลังจากกังหันลมจะมีสูงสุดเท่ากับ 42%

ข.) โครงสร้าง (หอ หรือ Tower) วางระดับเพื่อรับลม โครงสร้างนี้จะต้องสูงพอที่จะให้ใบพัดพ้นจากพื้นดิน และรับลมที่มีความเร็วสามารถขับกังหันลมได้ นอกจากนั้นยังต้องมีความแข็งแรงพอที่จะรับแรง ซึ่งเกิดจากลมและผลการสั่นสะเทือน จากการถ่ายทอดกำลังได้ โครงสร้างถ้าสูงเพิ่มขึ้นความแข็งแรงก็จะต้องเพิ่มขึ้น ความเร็วลมก็จะเพิ่มขึ้นด้วย โดยที่สำหรับบนที่ราบ ถ้าความสูงเพิ่มขึ้น ความเร็วลมจะเพิ่มขึ้น = ความเร็วลมยกกำลัง $\frac{1}{7}$ ความสัมพันธ์ของค่าเหล่านี้ไม่ได้รวมถึงบนเนิน หรือที่ที่มีความสูงอื่น ๆ

โครงสร้างจะเป็นเสา, หัวชั้ว หรือโครงสร้างอื่น ๆ การออกแบบจะต้องให้มีพื้นที่ผิวหน้าน้อยที่สุด เพื่อจะได้ไม่เป็นผลต่อการต้านทานของลม การที่อากาศเป็นคลื่นกระแทกกลับมาจะเป็นผลต่อใบกังหันลมด้วย

ความสูงของโครงสร้างควรสูงกว่า 15 - 20 ฟุต (4.5 - 6 เมตร) เหนือวัสดุรอบ ๆ ในรัศมี 500 ฟุต (150 เมตร) และการวาง Load ในการใช้งานด้านไฟฟ้าไม่ควรห่างจากโครงสร้างเกิน 1,000 ฟุต (300 เมตร) เพราะจะทำให้สูญเสียด้านกระแสไฟฟ้า

ค.) กลไกสำหรับควบคุม และถ่ายทอดกำลัง

ปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งจะต้องระวัง ในกรณีที่เกิดลมแรง หรือพายุ จะต้องระวังสำหรับใบพัดแบบ Propeller ถ้าหากว่ามีลมปะทะทางด้านปลาย และขอบแทนที่จะปะทะทางด้าน Air foil จะทำให้ฉีกขาด หรือแตกได้ โดยเฉพาะแรงหมุนจะทำให้ใบพัด Air foil ถูกทำลายได้ ปกติความเร็วลมที่ใช้จะไม่เกิน 20 - 24 ไมล์ต่อชั่วโมง (30 - 40 กม./ชม.) เพื่อที่จะให้มีอายุการทำงานดีขึ้น จะต้องเปลี่ยนทิศทางการหมุนให้ออกจากแนวเดิม ในกรณีที่กระแสลมไม่ปกติ เช่น ใช้น้ำหนักการยืดตัวของสปริง เมื่อมีแรงลมหมุนเกิดขึ้น

สำหรับกรณีการออกแบบกังหันชนิดหลายใบจะต้องระวังเรื่อง ทิศทางของใบกังหัน ถ้าหากว่าใบใดใบหนึ่งทิศทางการรับลม หรือการหมุนผิดแผกไปจากใบอื่น จะเป็นผลให้ใบนั้นชำรุดก่อนได้

การใช้ Pilot vane ช่วยติดตั้งตั้งฉากกับ Main vane Pilot vane จะใหญ่ 50 - 70% ของพื้นที่ภาคตัดของ Main vane และความยาวแขนเท่ากับรัศมีของใบกังหันที่ใช้ เมื่อความเร็วลมเกินจุดวิกฤต Pilot vane จะทำหน้าที่แทน Main vane และทำหน้าที่ร่วมกับสปริงดึง เพื่อผลักทิศทางของกังหันออกจากลม เมื่อลมมาตามปกติ Pilot vane จะปล่อยให้กังหันลมทำงานอย่างเดิม

ง.) ด้านรับกำลังเปลี่ยนเป็นกระแสไฟฟ้า โดยใช้อัลเทอเนเตอร์ ส่วนควบคุมการเก็บสะสมพลังงานไฟฟ้า หรือการเปลี่ยนเป็นพลังงานอย่างอื่น (บทที่ 4)

ตารางที่ 3.1 พลังงานที่ได้จากกังหันลม หน่วยเป็นวัตต์[1]

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบกังหันลม		ความเร็วลม						ไมล์/ช.ม.
		5	10	15	20	25	30	
		8.045	16.09	24.135	32.18	40.225	48.27	ก.ม./ช.ม.
ฟุต	ม.ม.	2.2	4.8	6.7	8.9	11.2	13.4	เมตร/วินาที
2	610	0.6	5	16	38	73	130	
4	1220	2	19	64	150	300	520	
6	1830	5	42	140	340	660	1150	
8	2440	10	75	260	610	1180	2020	
10	3050	15	120	400	950	1840	3180	
12	3660	21	170	540	1360	2660	4600	
14	4270	29	230	735	1850	3620	6250	
16	4880	40	300	1040	2440	4740	8150	
18	5490	51	375	1320	3060	6000	10350	
20	6100	60	475	1600	3600	7360	12760	
22	6710	73	580	1940	4350	8900	15420	
24	7320	86	685	2300	5180	10650	18380	

ที่มา : จากสมการ $P = (K.A.V^3) . (0.5926) . (0.70) . (0.70)$

ค่าตัวเลขเป็นค่าที่สมมุติเผื่อประสิทธิภาพของกังหันลมแบบพรอบเพลเล่อร์

---

[1] James Sencenbaugh, Electrical Engineer, "Wind Driven Generators." Wind/Energy Primer. p.78.

ตารางที่ 3.2 ค่าเฉลี่ยต่อเดือนในการให้พลังงาน หน่วยเป็น กิโลวัตต์-ชั่วโมง[1]

อัตราการให้พลังงานจากเยเนอเรเตอร์ (วัตต์)	ความเร็วลมเฉลี่ย						
	6	8	10	12	14	16	ไมล์/ช.ม.
	9.65	12.87	16.09	19.31	22.53	25.74	ก.ม./ช.ม.
	2.7	3.6	4.8	5.4	6.3	7.2	เมตร/วินาที
50	1.4	3	5	7	9	10	
100	3	5	8	11	13	15	
250	6	12	18	24	29	32	
500	12	24	35	46	55	62	
1000	22	45	65	86	104	120	
2000	40	80	120	160	200	235	
4000	75	150	230	310	390	460	
6000	115	230	350	470	590	710	
8000	150	300	450	600	750	900	
10000	185	370	550	730	910	1090	
12000	215	430	650	870	1090	1310	

ที่มา : Energy Primer/Wind 79.

---

[1] James Sencenbaugh, "Wind Driven Generators." Wind/Energy Primer. p.79.