

พลังงานลม

กองพัฒนาพลังงานทดแทน
ฝ่ายพัฒนาและแผนงานโรงไฟฟ้า
การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

1. บทนำ

พลังงานลมเป็นพลังงานหมุนเวียนชนิดหนึ่ง ที่มีต้นกำเนิดจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยอ้อม กล่าวคือพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบในภาคตัดขวางของโลกประมาณ 178,000 ล้านล้านวัตต์ มีเพียง 0.2% เท่านั้นที่ก่อให้เกิดการเคลื่อนไหวของอากาศที่เรียกว่า พลังงานลม และส่วนนี้ก็ยังผลให้เกิดคลื่นในมหาสมุทรด้วย [1]

การใช้ประโยชน์จากพลังงานลมในรูปแบบของกังหันลม เริ่มมาตั้งแต่ 1700 ปีก่อนคริสต์ศักราช มีการพัฒนาใช้ประโยชน์กังหันลมแบบแกนตั้ง (Vertical Axis) ในแคว้นเมโสโปเตเมีย และในประเทศจีน ต่อมาราว 400 ปีก่อนคริสต์ศักราช ชาวอียิปต์ได้เริ่มพัฒนากังหันลมแบบแกนนอน (Horizontal Axis) และมีการพัฒนาต่อเนื่องแพร่หลายเข้าไปในทวีปยุโรปในราวศตวรรษที่ 7 การใช้ประโยชน์ในระยะแรก ๆ นี้เป็นการประยุกต์ใช้งานกลเป็นส่วนใหญ่ การพัฒนาใช้ประโยชน์ในลักษณะกังหันลมผลิตไฟฟ้า (Wind Turbine Generator) เพิ่งจะขยายตัวในระหว่างปี ค.ศ.1930-1960 [2]

การค้นพบและการพัฒนาการใช้ประโยชน์จากน้ำมัน ซึ่งเป็นพลังงานที่ใช้สะดวกและราคาถูก ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาด้านพลังงานลมอย่างสูง กล่าวคือการพัฒนากังหันลมลดน้อยลงทั่วทุกภูมิภาคของโลกในช่วงที่น้ำมันราคายังต่ำอยู่ แต่หลังจากวิกฤติการณ์น้ำมันของโลกในปี พ.ศ.2516 ศูนย์วิจัยหลายแห่งทั่วโลกได้หันมาเร่งพัฒนาการใช้ประโยชน์จากพลังงานธรรมชาติ ซึ่งก็รวมทั้งการพัฒนาการใช้ประโยชน์จากพลังงานลมด้วยจึงมีการพัฒนากังหันลมผลิตไฟฟ้าที่ขนาดกำลังผลิตต่าง ๆ กัน อาทิเช่น ศูนย์วิจัยขององค์การนาซ่า (NASA) ของสหรัฐอเมริกา มีการสร้างทดสอบ กังหันลมผลิตไฟฟ้าพรอเพลเตอร์ (แบบแกนนอน) รุ่น Mod-0 ขนาดกำลังผลิต 100 กิโลวัตต์ ซึ่งทำการติดตั้งทดสอบและผลิตไฟฟ้าได้ในปี พ.ศ.2518 และรุ่น Mod-1 ขนาดกำลังผลิตประมาณ 200 กิโลวัตต์ ทำการติดตั้งทดสอบผลิตไฟฟ้าในปี พ.ศ.2521 เป็นต้น

2. พลังงานลมและกังหันลม

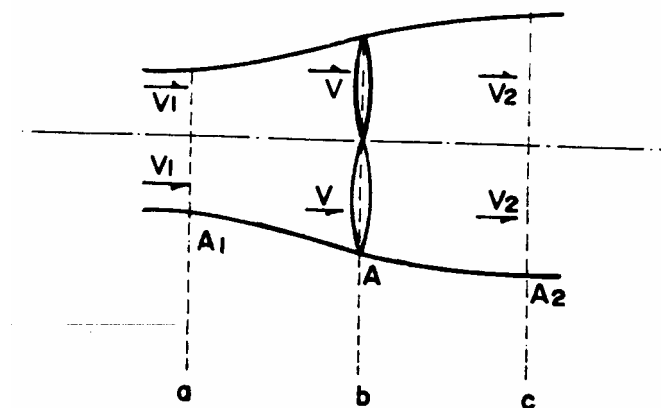
การใช้ประโยชน์พลังงานลมโดยทั่ว ๆ ไปเพื่อวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการ กล่าวคือ การสูบน้ำ และการผลิตไฟฟ้า การที่จะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ที่เปลี่ยนรูปพลังงานจลน์ของกระแสลมให้อยู่ในรูปของพลังงานกล อุปกรณ์ดังกล่าวนี้เรียกว่า กังหันลม พิจารณากระแสลมที่มีความหนาแน่นและมีความเร็วลม V พัดผ่านพื้นที่หน้าตัด A ในช่วงหนึ่งหน่วยเวลา จะมีกำลังลม P_1 ที่ได้จากพลังงานจลน์ ดังนี้

$$P_1 = \frac{1}{2} \cdot (\rho AV) \cdot V^2 = \frac{1}{2} \cdot \rho AV^3$$

กังหันลมจะทำหน้าที่สกัดกำลังงานที่มีอยู่ในกระแสลมมาใช้ประโยชน์ได้เพียงบางส่วนเท่านั้น กำหนดให้ C_P เป็นสัมประสิทธิ์กำลังงาน (Power Coefficient) ซึ่ง C_P จะเป็นตัวบ่งชี้สัดส่วนของกำลังงานที่กังหันจะสามารถสกัดได้จากกระแสลม ถ้า P แทนกำลังงานที่ได้จากกังหันลม ดังนี้

$$P = C_P \cdot P_1 = \frac{1}{2} \cdot C_P \rho AV^3$$

พิจารณากังหันลมที่มีพื้นที่หน้าตัดรับลม A ตั้งรับกระแสลมซึ่งมีความเร็วลม V_i ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1

ณ พื้นที่หน้าตัด A_1 , A และ A_2 ของตำแหน่ง a, b, และ c มีค่าความเร็วลม V_1 , V และ V_2 ตามลำดับ สามารถเขียนความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ต่อเนื่อง (Continuity Equations) ได้ดังนี้

$$A_1 V_1 = AV = A_2 V_2$$

การเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ของกระแสลม ณ หน่วยเวลา t

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho AV (V_1^2 - V_2^2) \quad \dots\dots\dots(1)$$

และปริมาณการเปลี่ยนแปลงของกระแสลมที่มีต่อกังหัน โดยแรง F

$$F = \rho AV (V_1 - V_2)$$

คิดเป็นกำลังงาน

$$P = FV = \rho AVPV^2 (V_1 - V_2) \quad \dots\dots\dots(2)$$

ดังนั้น $\rho AV^2 (V_1 - V_2) = \frac{1}{2} \cdot \rho AV (V_1^2 - V_2^2)$

และ $V = \frac{1}{2} \cdot (V_1 + V_2)$

Betz Coefficient Betz เสนอแนวทางการหาค่าสูงสุดของการสกัดกำลังงานจากกระแสลมให้ได้สูงสุด โดยพิจารณาได้จากความสัมพันธ์ของความเร็วลม V_1 และ V_2

ถ้ากำหนดให้ $V_2 = d \cdot V_1$ แทนค่าลงในสมการที่ (1)

$$\begin{aligned} P &= \frac{1}{2} \cdot \rho A \left\{ \frac{1}{2} \cdot (V_1 + dV_1) \right\} (V_1^2 - d^2 V_1^2) \\ &= \frac{1}{4} \cdot \rho AV_1^3 (1 + d)(1 - d^2) \end{aligned}$$

ค่า P มีค่าสูงสุดเมื่อ $\partial P/\partial d = 0$ และ ณ จุดนี้พบว่า $d = \frac{1}{3}$

$$\text{ดังนั้น } P_{\max} = \frac{1}{4} \cdot \rho A V_1^3 \left(1 + \frac{1}{3}\right) \left(1 - \frac{1}{9}\right)$$

$$\text{หรือ} \quad = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{16}{27}\right) \rho A V_1^3$$

ค่า $\left(\frac{16}{27}\right)$ ก็คือค่าสัมประสิทธิ์กำลังงานสูงสุด $C_{p\max}$ เรียกว่า Betz Coefficient

3. กังหันลม

กังหันลมอาจแบ่งประเภทของการจำแนกชนิดออกเป็น 2 วิธี [3] กล่าวคือ

3.1 จำแนกตามลักษณะการวางตัวของแกนหมุน แบบแกนนอน หรือแกนตั้ง

3.1.1 กังหันลมแบบแกนนอน หมายถึงกังหันลมที่มีแกนหมุน ขนานกับทิศทางของกระแสลม อาทิเช่น กังหันลมพรอเพลเลอร์ หรือกังหันลมใบเสือล่าแพน เป็นต้น

3.1.2 กังหันลมแบบแกนตั้ง หมายถึงกังหันลมที่มีแกนหมุนตั้งฉากกับทิศทางของกระแสลม และตั้งฉากกับพื้นผิวโลก อาทิเช่น กังหันลมแดร์เรียส (Darrius) หรือกังหันลมซาโวเนียส (Savonius) เป็นต้น

3.2 จำแนกตามลักษณะของแรงขับที่กระแสลมกระทำต่อกังหัน กล่าวคือ การขับด้วยแรงยก (Lift Force) และการขับด้วยแรงจุด หรือแรงหน่วง (Drag Force)

การจำแนกในข้อที่ 3.1 เป็นวิธีที่เด่นชัด สามารถเข้าใจได้ง่าย จึงนิยมมากกว่าแบบข้อ 3.2 ซึ่งต้องพิจารณาโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับ Aerodynamics ประกอบด้วย นอกจากนี้ก็ยังมีกังหันลมที่ไม่เข้าประเภททั้ง 2 ชนิดดังกล่าว อาทิเช่น กังหันลมเทอร์นาโด หรือกังหันลมที่เพิ่มดิฟฟิวเซอร์ หรือคอนเซนเตรเตอร์ (Diffuser or Concentrator)

กังหันลมแบบแกนนอนเป็นแบบที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ส่วนมากออกแบบให้เป็นชนิดที่ขับใบกังหันด้วยแรงยก เช่น กังหันลมพรอเพลเลอร์ (Propeller) กังหันลมหลายใบ (Multi-bladed) กังหันลมวงล้อจักรยาน (Bicycle wheel) และกังหันลมที่ใช้ตามนาเกลือใน

ประเทศไทยคือ แบบใบพัดเป็นรูปใบตำแฟน (Sail rotor) กังหันลมแบบใบกังหันไม้ที่ใช้กันมากในจังหวัดฉะเชิงเทรา จัดอยู่ในชนิดพรอเพลเลอร์

อย่างไรก็ตามกังหันลมแบบแกนตั้งซึ่งได้รับการพัฒนามาในระยะหลังนี้ก็ได้รับความสนใจมากขึ้นเช่นกัน ทั้งนี้เพราะกังหันลมแบบนี้มีข้อดีอยู่อย่างน้อย 2 ข้อ เมื่อเทียบกับแบบแกนนอนกล่าวคือ

ก. ปกติแล้วกังหันลมแบบแกนนอน ต้องมีอุปกรณ์ควบคุมให้กังหันหันหน้าเข้าหาลมเพื่อจะได้รับพลังงานมากที่สุด แต่กังหันลมแบบแกนตั้งไม่ต้องมีอุปกรณ์ชนิดนี้

ข. ระบบการส่งกำลังและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถติดตั้งอยู่บนระดับพื้นดินได้ ซึ่งปกติแล้วกังหันลมแบบแกนนอนจะติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และระบบการส่งกำลังติดกับกังหันซึ่งอยู่บนหอคอยสูง

4. ส่วนประกอบของระบบกังหันลม

ส่วนประกอบสำคัญ ๆ ของระบบกังหันลมทั่ว ๆ ไปอาจแบ่งได้ดังนี้

4.1 ใบกังหัน

ใบกังหันนับว่าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดซึ่งเป็นตัวทำให้เกิดพลังงานกลที่เพลลาของกังหัน จำนวนใบกังหันอาจมีตั้งแต่หนึ่งถึงหลายสิบใบ กังหันลมที่มีจำนวนใบมากส่วนใหญ่จะใช้กับงานที่ต้องการแรงบิด (Torque) สูง ในทางตรงข้ามกังหันที่มีจำนวนใบน้อยส่วนใหญ่ใช้กับงานที่ต้องการความเร็วรอบสูง เช่น การผลิตไฟฟ้า รูปหน้าตัดของใบกังหันอาจมีตั้งแต่ลักษณะแพนอากาศ (Airfoil) หรือลักษณะคล้ายปีกเครื่องบิน เป็นแผ่นโค้งและเป็นแผ่นราบตรง วัสดุที่ใช้ทำใบกังหันควรจะเป็นวัสดุเบาและแข็งแรงซึ่งอาจเป็นอลูมิเนียมอัลลอยด์ แผ่นเหล็ก ไม้ และไฟเบอร์กลาส ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและความต้องการของผู้ออกแบบ

4.2 ระบบควบคุม

ระบบควบคุมในชุดกังหันลมส่วนใหญ่จะมี 2 ชนิด โดยเฉพาะแบบแกนนอนคือควบคุมให้ตัวกังหันหันหน้าเข้าหาทิศทางลมตลอดเวลา และควบคุมเพื่อป้องกันการเสียหายเนื่องจากความเร็วลมแรงจัด ๆ

ระบบควบคุมให้กังหันหน้าทีเข้าหาทิศทางลม ส่วนมากระบบนี้จะใช้ระบบทางเสือ โดยเฉพาะกังหันลมชนิดเล็กเพราะระบบนี้เป็นแบบง่าย ๆ ไม่ซับซ้อนมาก ส่วน

ระบบควบคุมเพื่อป้องกันการเสียหายเนื่องจากความเร็วลมแรงจัด ๆ ปกติเมื่อลมพัดแรงจัด ๆ จะมีแรงกระทำกับใบกังหันอย่างมาก ดังนั้นการออกแบบจะออกแบบระบบควบคุมให้ทำงานที่ความเร็วสูงสุดที่กังหันจะรับได้ค่าหนึ่ง การควบคุมจะมีลักษณะการทำงานอยู่ 2 แบบคือ

- ก. ทำให้กังหันลมหันหน้าเหวจากกระแสลมโดยการหันไปข้าง ๆ หรือหันเงยหน้าขึ้น หรือทำให้ใบกังหันหุบตัวเพื่อให้มีพื้นที่ของกังหันที่รับกระแสลมน้อยลง
- ข. ทำให้เกิดการหน่วงต่อการหมุนของกังหันลม ซึ่งอาจทำได้โดยการปิดมุมของใบกังหันให้เกิดการหน่วงมากกว่าการจับ หรือเพิ่มขึ้นส่วนที่ทำให้เกิดแรงหน่วงขึ้นอย่างสูงเมื่อความเร็วถึงจุดที่กำหนดไว้

4.3 ระบบส่งกำลัง

การส่งกำลังจากตัวกังหันเพื่อไปใช้งานอาจต่อกับเพลลาได้โดยตรง หรือผ่านระบบส่งกำลัง เช่น เฟือง สายพาน และไฮดรอลิกส์ ซึ่งจะมีการทรอบให้สอดคล้องกันระหว่างความเร็วรอบของแกนของกังหันกับการใช้งาน เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

4.4 หอคอย

หอคอยทำหน้าที่ยึดตัวกังหันลมให้อยู่ในระดับสูง เพื่อรับกระแสลมได้มากขึ้นทุกทิศทาง หอคอยอาจเป็นท่อนตรงที่มีสายยึดหรืออาจเป็นโครงสร้างเหล็ก (หรือไม้) ที่สามารถรับน้ำหนักและการสั่นสะเทือนเนื่องจากตัวกังหันได้

5. กังหันลมกับการใช้งาน

เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของความเร็วลมที่แปรผันตามธรรมชาติ และความต้องการพลังงานที่สม่ำเสมอให้เหมาะสมกับการใช้งานแล้ว จะต้องมิตัวกักเก็บพลังงานและใช้แหล่งพลังงานอื่นที่เชื่อถือได้เป็นแหล่งสำรอง (Backup) หรือใช้ร่วมกับแหล่งพลังงานอื่น

- ก. ตัวกักเก็บพลังงานมีอยู่หลายชนิด ส่วนมากขึ้นอยู่กับงานที่จะใช้ เช่น ถ้าเป็นกังหันเพื่อผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมักนิยมใช้แบตเตอรี่เป็นตัวกักเก็บ การสูบน้ำไปกักเก็บไว้ในลักษณะของพลังงานศักย์และการเก็บในรูปแบบของพลังงานกล (อาศัยแรงเฉื่อยมวล) ฯลฯ

ข. การใช้แหล่งพลังงานอื่นที่เป็นตัวหมุน ระบบนี้ปกติกึ่งหันลมจะทำหน้าที่จ่ายพลังงานให้ตลอดเวลาที่มีความเร็วลมเพียงพอ หากความเร็วลมต่ำหรือลมสงบ แหล่งพลังงานชนิดอื่นจะทำหน้าที่จ่ายพลังงานทดแทน

ค. การใช้ร่วมกับแหล่งพลังงานอื่น ระบบนี้ปกติมีแหล่งพลังงานชนิดอื่นจ่ายพลังงานอยู่แล้ว กังหันลมจะจ่ายพลังงานเมื่อมีความเร็วลมเพียงพอซึ่งในขณะเดียวกันก็ลดการจ่ายพลังงานจากแหล่งอื่น (เช่น ลดการใช้น้ำมันดีเซลของเครื่องยนต์ดีเซล) ระบบนี้ต่างกับระบบที่กล่าวถึงในข้อ ข. ตรงที่ว่า ข้อ ข. กังหันลมจ่ายพลังงานเป็นตัวหลักและแหล่งพลังงานส่วนอื่นเป็นแหล่งสำรอง แต่ในระบบข้อ ค. นี้ แหล่งพลังงานอื่นจ่ายพลังงานเป็นหลัก ส่วนกังหันลมทำหน้าที่เสริมพลังงานของต้นพลังงานหลัก พลังงานอย่างอื่นที่กล่าวถึงนี้อาจเป็นเครื่องจักรดีเซล หรือพลังงานน้ำจากเขื่อน ฯลฯ

6. สถานภาพการวิจัยกังหันลมผลิตไฟฟ้า

6.1 สหรัฐอเมริกา

- การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลม
- การศึกษาความเหมาะสมทางเทคนิค และเศรษฐศาสตร์
- การทดสอบกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่วางขายในท้องตลาด
- การทดสอบกังหันลมแบบ แคร้เรียส ขนาดกำลังผลิต 2-32 กิโลวัตต์
- การทดสอบกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ 100 kW Mod 0 ขนาด 200 kW Mod 0A จำนวน 3 ชุด และขนาด 2,000 kW
- การติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าในลักษณะ Wind Farm รวมกำลังผลิตมากกว่า 600,000 kW

6.2 คานาดา

- การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลม
- การติดตั้งทดสอบกังหันลมแคร้เรียสขนาดกำลังผลิต 200 kW
- การศึกษาระบบกังหันลมพรอพเพลเลอร์ขนาดกำลังผลิต 2,000 kW

6.3 สวีเดน

- การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลม
- การทดสอบกังหันลมพรอพเพลเลอร์ขนาดกำลังผลิต 65 kW

6.4 เดนมาร์ก

- การปรับปรุงทดสอบกังหันลมขนาดกำลังผลิต 200 kW
- การติดตั้งทดสอบกังหันลมพอรอเพลเลอร์ขนาดกำลังผลิต 2,000 kW

6.5 ฮอลแลนด์

- การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลม
- การศึกษาการใช้ประโยชน์กังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่
- การทดสอบติดตั้งกังหันลมแควร์เรียสขนาดผ่าศูนย์กลาง 25 เมตร

6.6 เยอรมัน

- การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลม
- การพัฒนากังหันลมผลิตไฟฟ้าพอรอเพลเลอร์ขนาดผ่าศูนย์กลาง 52 เมตร
- การทดสอบกังหันลมแกนตั้งขนาดกำลังผลิต 20 kW

6.7 ฝรั่งเศส

- การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลม
- การติดตั้งทดสอบกังหันลมพอรอเพลเลอร์ขนาดกำลังผลิต 100-1,000 kW
- การติดตั้งทดสอบกังหันลมแบบแกนตั้ง

7. พลังงานลมในประเทศไทย

จากสมการที่กล่าวถึงข้างต้น จะเห็นว่ากำลังงานที่ได้จากกังหันลมแปรผันตามกำลังสามของความเร็วลมที่พัดผ่าน ดังนั้นความเร็วลมเฉลี่ยจึงเป็นตัวบ่งบอกศักยภาพของการใช้กังหันลมได้เป็นอย่างดีในขั้นแรก หน่วยงานในประเทศไทยที่ทำการบันทึกข้อมูลไว้ก็คือ กรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งได้บันทึกข้อมูลทั่วประเทศไทยมานานไม่น้อยกว่า 25 ปี การบันทึกข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยานั้นส่วนใหญ่จะบันทึกค่าทุก ๆ 3 ชั่วโมง ซึ่งข้อมูลนี้เน้นไปใช้งานทางด้านอุตุนิยมมากกว่าการใช้ประโยชน์ในแง่พลังงาน กรมอุตุนิยมวิทยาได้ตีพิมพ์เอกสารข้อมูลสถิติลมพร้อมทั้งสถิติภูมิอากาศอื่น ๆ โดยเฉลี่ยข้อมูลเป็นรายเดือน [4] ในคาบ 25 ปี และอีกฉบับหนึ่งเป็นแผนผังลมของประเทศไทยในคาบ 20 ปี [5] นอกจากนี้ยังมีสถาบันการศึกษาอีก 2 แห่ง ที่ได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ตีพิมพ์เป็นเอกสารแล้วโดยอาศัยข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาเช่นกัน การวิเคราะห์ข้อมูลลมที่ได้ตีพิมพ์เป็นเอกสารแล้ว โดยอาศัยข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา เช่น การวิเคราะห์ของสถาบันทั้งสองนี้จะแยกช่วงเวลาที่

ลมสงบ (ความเร็วลมเป็นศูนย์) ออกต่างหาก ซึ่งต่างจากของกรมอุตุนิยมวิทยาที่ได้รวบรวมเวลาที่ลมสงบเข้าไปในการวิเคราะห์ด้วย เช่น การหาความเร็วลมเฉลี่ยเป็นรายเดือน ดังนั้นผลของข้อมูลที่ได้นี้จะมีประโยชน์ในแง่ของพลังงานลมมากกว่าของกรมอุตุนิยมวิทยา สถาบันทั้งสองดังกล่าวคือ

7.1 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ซึ่งเป็นภาคนิพนธ์ระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต [6] การแสดงผลการวิเคราะห์นี้ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของกราฟ เช่น การกระจายความถี่ของความเร็วลม ความยาวนานของความเร็วลม (Duration Curve) การกระจายความถี่ และความยาวนานของพลังงานลม

7.2 สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย โดย Dr.R.H.B. Exell [7,8] การแสดงผลงานอยู่ในรูปของ Parameter 2 ตัว ของสมการคณิตศาสตร์ Weibul Distribution ดังนี้

$$f(V) = \left(\frac{k}{c}\right) \left(\frac{v}{c}\right)^{(k-1)} \exp \left\{ -\left(\frac{v}{c}\right)^k \right\}$$

Parameter ทั้งสองคือ c และ k สมการนี้เป็นที่ยอมรับกันว่าใกล้เคียงกับการกระจายความถี่ของข้อมูลความเร็วลมมากและเป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลาย Weibul Distribution นี้เหมาะสำหรับงานวิเคราะห์ทางด้าน Mathematical Model ของการวิเคราะห์ระบบกั้นลมซึ่งต้องอาศัยความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ และสถิติเป็นอย่างมาก

เป็นที่น่าสังเกตว่าการวิเคราะห์นี้ได้อาศัยข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาซึ่งมีสถานีตรวจอากาศหลายแห่ง ในตอนแรกตั้งสถานีใหม่ ๆ นั้นก็อาจถูกต้องตามหลักการของกรมอุตุนิยมวิทยาซึ่งต้องการพื้นที่โล่ง ไม่มีสิ่งกีดขวางใด ๆ แต่ปัจจุบันบริเวณนั้น ส่วนมากกลายเป็นชุมชนที่มีอาคารหรือต้นไม้สูงอยู่ล้อมรอบ ทำให้ข้อมูลที่วัดได้เกิดความคลาดเคลื่อน นอกจากนี้อุปกรณ์การวัดความเร็วลมควรมีการตรวจสอบเทียบมาตรฐานอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง แต่ในทางปฏิบัติจริง ๆ แล้ว มักจะไม่มี การตรวจสอบหลังการติดตั้งเลย

ปัจจุบัน กรมอุตุนิยมวิทยาได้รับความช่วยเหลือทางด้านการเก็บข้อมูลพลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์และลม จาก USIAD ทำให้ได้รับอุปกรณ์ที่ทันสมัยหลายชนิดพร้อมทั้งอุปกรณ์สอบเทียบมาตรฐานของเครื่องวัดด้วย กรมอุตุนิยมวิทยาได้ร่วมมือกับสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีในการวิเคราะห์ข้อมูลใหม่พร้อมกันนี้ Dr.Exell

ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญได้ให้คำปรึกษา และวิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติม จึงหวังเป็นอย่างยิ่งว่าอีกไม่นานนัก ก็คงจะได้ข้อมูล และศักยภาพของพลังงานลมที่ใกล้เคียงความจริงมากขึ้น

Meier และ Merson [9] ได้จำแนกระดับความเร็วเฉลี่ยที่ความสูง 10 เมตร จากพื้นดินที่เหมาะสม สำหรับการใช้ประโยชน์ในการผลิตไฟฟ้าออกเป็น 3 ระดับดังนี้

- ระดับต่ำ 4 - 5 เมตรต่อวินาที
- ระดับปานกลาง 5 - 7 เมตรต่อวินาที
- ระดับสูง ตั้งแต่ 7 เมตรต่อวินาทีขึ้นไป

ส่วนกังหันลมเพื่อการสูบน้ำ เช่น กังหันลมแบบหลายใบพัดที่จำหน่ายในประเทศไทยสามารถใช้งานได้กับความเร็วลมเฉลี่ยต่ำถึง 3 เมตรต่อวินาที หากความเร็วเฉลี่ยต่ำกว่านี้พลังงานที่ได้จะน้อยจนไม่น่านำมาใช้ประโยชน์ได้

หากพิจารณาถึงสถิติข้อมูลลม เท่าที่กรมอุตุนิยมวิทยาได้บันทึกไว้ในสถิติภูมิอากาศของประเทศและใช้ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งปี 3 เมตรต่อวินาที เป็นเกณฑ์ จะมีจำนวนสถานีตรวจอากาศประมาณร้อยละ 80 ที่มีความเร็วลมต่ำกว่า 3 เมตรต่อวินาที สำหรับประเทศไทยโดยทั่ว ๆ ไปจัดได้ว่ามีศักยภาพต่ำ แต่บริเวณตามชายฝั่งอ่าวไทย และทางภาคใต้ของประเศรวมทั้งบริเวณที่ราบใกล้ปากแม่น้ำเจ้าพระยาจัดได้ว่าพอมีความหวังอยู่บ้างดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1 อย่างไรก็ตาม การศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลลมที่กรมอุตุนิยมวิทยาจะจัดทำขึ้นใหม่อาจให้ข้อสรุปที่ดีกว่านี้

กังหันลมที่ใช้กันมากในประเทศไทยตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน ได้แก่ กังหันลมแบบใบกังหันไม้ ใช้วิดน้ำเข้านาข้าวบริเวณจังหวัดฉะเชิงเทรา กังหันใบเสื่อลำแพนใช้วิดน้ำเค็มเข้านาเกลือบริเวณจังหวัดสมุทรสงคราม และกังหันลมแบบใบกังหันหลายใบทำด้วยแผ่นเหล็กใช้สำหรับสูบน้ำลึก เช่น น้ำบาดาล น้ำบ่อ ขึ้นไปเก็บในถังกักเก็บ

กังหันลมเพื่อการผลิตไฟฟ้าในเมืองไทย ยังอยู่ในระหว่างการพัฒนาและทดสอบและยังไม่ถึงขั้นจำหน่ายในท้องตลาด เช่นเดียวกับกังหันลมที่ใช้ในการสูบน้ำ อย่างไรก็ตาม การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยความร่วมมือกับสถาบันการศึกษาในประเทศได้ทำการศึกษาทดลองสร้างกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่เหมาะสมกับสภาพพลังงานลมของประเทศไทย กล่าวคือ ทำการศึกษาระบบกังหันลมแบบแควร์เรียส ร่วมกับสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ระบบกังหันลมพรอเพลเลอร์ กับมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

นอกจากนี้ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยก็ทำการทดสอบกังหันลมผลิตไฟฟ้าแบบพรอพเพลเลอร์ที่จัดหาจากต่างประเทศโดยติดตั้งทดสอบบริเวณแหลมพรหมเทพ จังหวัดภูเก็ต กังหันลม BWC EXCEL-R/240 ขนาด 10 kW 2 ตัว จากประเทศอเมริกา และกังหันลม Nord Tank ขนาด 150 kW จากประเทศเดนมาร์ก จ่ายไฟเข้าระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (Hybrid) กับระบบเซลล์แสงอาทิตย์ 10 kW

8. การศึกษาวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

8.1 ต้นทุนกังหันลมผลิตไฟฟ้า กรณีผลิตกังหันลมในเชิงพาณิชย์ราคากังหันลมผลิตไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 600,000 บาท/kW (ขนาดกำลังผลิตประมาณ 30 วัตต์) ถึง 30,000 บาท/kW (ขนาดกำลังผลิต 10-15 kW)

กรณีกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ ส่วนใหญ่จะเป็นกังหันลมทดลองต้นแบบในขนาดกำลังผลิต 100-1,000 kW ซึ่งราคาอยู่ระหว่าง 20,00-30,000 บาท/kW ราคาที่ลดลงตามขนาดของกังหันลมที่โตขึ้นก็ยังไม่สามารถจะกำหนดได้แน่นอน

8.2 ค่าดำเนินการและค่าบำรุงรักษา กังหันลมผลิตไฟฟ้าโดยทั่วไปจะออกแบบให้มีการควบคุมการทำงานโดยอัตโนมัติ อย่างไรก็ตามนักวิชาการที่ทำการติดตั้งทดสอบระบบกังหันลมผลิตไฟฟ้า กำหนดให้ค่าดำเนินการและค่าบำรุงรักษาปีละ 4% ของราคากังหันลม

8.3 ราคากระแสไฟฟ้า ตัวประกอบหลักของราคากระแสไฟฟ้าขึ้นกับคุณลักษณะของกังหันลม และสถานที่ติดตั้ง อย่างไรก็ตามตัวประกอบอื่น ๆ อาทิ เช่น อัตราดอกเบี้ย ก็มีผลการเปลี่ยนแปลงราคากระแสไฟฟ้าเช่นกัน

ตัวอย่างการศึกษา

| | |
|----------------------------------|---------------------|
| - ราคากังหันลม | 50,000 บาท/kW |
| - ค่าบำรุงรักษา/ดำเนินการ | 2,000 บาท/ปี |
| - อายุการใช้งาน | 20 ปี |
| - อัตราดอกเบี้ย | 10 % |
| - ช่วยเวลาการใช้งานเต็มกำลังผลิต | 3,000 - 4,500 ชม/ปี |
| - ราคาเฉลี่ยกระแสไฟฟ้า | 2.6 - 2 บาท/kWh |

ตารางที่ 2 แสดงผลการศึกษาที่ราคากังหันลมตั้งแต่ 30,000-200,000 บาทต่อกิโลวัตต์ และที่เวลาการใช้งานเต็มกำลังผลิต (Capacity Factor) ต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ 1 - 51%

9. สรุป

กังหันลมขนาดเล็กเพื่อการสูบน้ำ และการผลิตไฟฟ้ามีจำหน่ายแล้วในต่างประเทศ กังหันลมขนาดใหญ่เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าได้พัฒนาจนเป็นการค้าได้แล้ว กำลังผลิตสูงสุดถึง 1.65 MW พลังงานลมในเมืองไทยโดยทั่ว ๆ ไปแล้วยังไม่ดึงดูดใจเท่าที่ควร อย่างไรก็ตาม กังหันลมเพื่อการวิดน้ำก็ได้มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในบางจังหวัดบริเวณอ่าวไทย การศึกษาและสำรวจในรายละเอียดอย่างถูกต้องจะทำให้ได้ผลและข้อสรุปที่ดีกว่าข้อสรุปในปัจจุบัน

10. เอกสารอ้างอิง

[1] The Flow of Energy in Industrial Society. Earl Cook, Scientific American, September 1971.

[2] Modele de Calcul du Rendement Aerodynamique d'un Rotor d'Eolienne, P.Leclere, Direction des Etudes et Recherches, Electricite' de France, France, 1981.

[3] FRANK R.ELDRIDGE, Wind Machine, The MITRE Corporation, October, 1975.

[4] สถิติภูมิอากาศของประเทศไทยในคาบ 25 ปี (พ.ศ.2494-2518) กรมอุตุนิยมวิทยา พ.ศ.2520

[5] ฝั่งลมของประเทศไทยในคาบ 20 ปี (พ.ศ.2494-2513) กรมอุตุนิยมวิทยา พ.ศ.2520

[6] บุญชัย เงินสวัสดิ์ การวิเคราะห์สภาพลมของประเทศไทย และการออกแบบ กังหันลมให้เหมาะสมกับท้องถิ่น หนังสือภาคนิพนธ์ของ ส.จ.พ., พ.ศ.2524

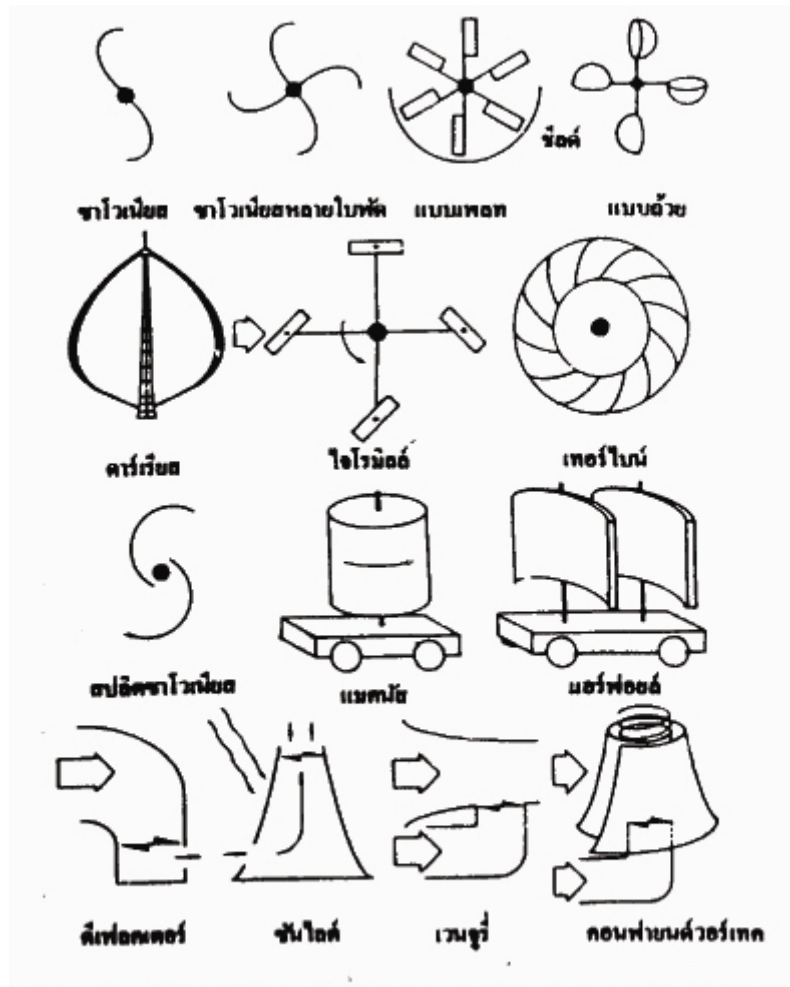
[7] EXELL, R.H.B. et al., Availability of Wind Energy in Thailand, RERIC, AIT, June, 1981.

[8] EXELL R.H.B. Surface Wind Distributions in Thailand, AIT, 1981.

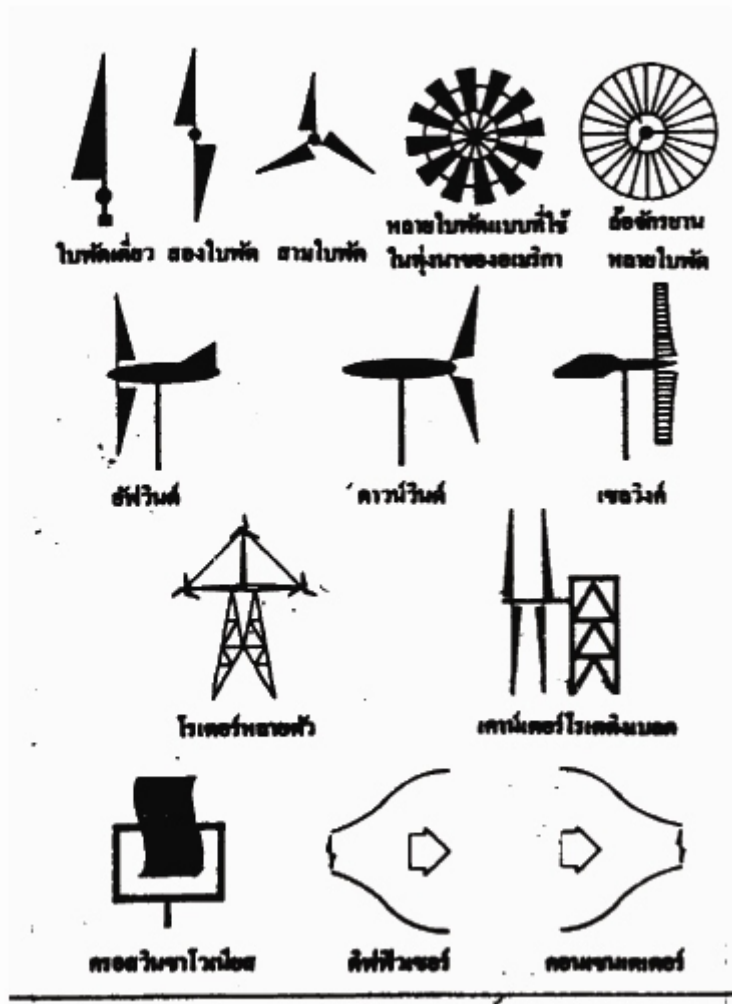
[9] MEIER, R.W. and MERSON, T.J., Technology Assessment of Wind Energy Conversion Systems U.S. DOE, Washington, D.C., 1980.

ตารางที่ 1 กังหันลมผลิตไฟฟ้าที่ติดตั้งทดสอบทั่วโลกบางส่วน[2]

| แหล่งที่ตั้ง /ประเทศ | ชนิดกังหันลม | ขนาดผ่าศูนย์กลาง เมตร | กำลังผลิต (kW)/ความเร็วลม (เมตร/วินาที) |
|--------------------------|--------------|--------------------------|--|
| Grand Vant อัลจีเรีย | พรอเพลเลอร์ | 24.4 | 100/13 |
| Stotten เยอรมัน | พรอเพลเลอร์ | 34 | 100/8 |
| Madeleine คานาดา | แคร์เรียส | 24 (สูง 37 m) | 230/12 |
| Bogo เดนมาร์ก | พรอเพลเลอร์ | 13 | 45/5 |
| Gedser เดนมาร์ก | พรอเพลเลอร์ | 24.4 | 200/15 |
| Costa Head อังกฤษ | พรอเพลเลอร์ | 15.2 | 100/15.6 |
| Crand Fieldอังกฤษ | พรอเพลเลอร์ | 12 | 25/11 |
| Manche ฝรั่งเศส | พรอเพลเลอร์ | 21.2 | 132/12.5 |
| Manche ฝรั่งเศส | พรอเพลเลอร์ | 35 | 1,000/17 |
| Eure et Loir/ฝรั่งเศส | พรอเพลเลอร์ | 30.2 | 800/16.7 |
| Sept-Iles ฝรั่งเศส | พรอเพลเลอร์ | 9.2 | 4.1/7 |
| Le Bourget ฝรั่งเศส | พรอเพลเลอร์ | 20 | 12/6 |
| Kalkngne สวีเดน | พรอเพลเลอร์ | 18 | 63/10 |
| Balaklava รัสเซีย | พรอเพลเลอร์ | 30 | 100/10.5 |
| Grandpa's Knob/สหรัฐ | พรอเพลเลอร์ | 53 | 1,250/7.5 |
| Plum Brook สหรัฐ | พรอเพลเลอร์ | 38 | 100/8 |



รูปที่ 4 ซ็อกังหันลมแบบต่างๆ ในประเภทแกนตั้ง



รูปที่ 3 ชื่อกังหันลมแบบต่างๆ ในประเภทแกนนอน