บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวพลังงานลม

2.1.1 ลม

ลม คือ กระแสอากาศที่เคลื่อนที่ในแนวนอน ส่วนกระแสอากาศคือ อากาศที่เคลื่อนที่ในแนวตั้ง การเรียกชื่อลมนั้นเรียกตามทิศทางที่ลมนั้นๆ พัดมา เช่น ลมที่พัดมาจากทิศเหนือเรียกว่า ลมเหนือ และลมที่พัดมาจากทิศใต้เรียกว่า ลมใต้ เป็นต้น ในละติจูดต่ำไม่สามารถจะคำนวณหาความเร็วลม แต่ในละติจูดสูงสามารถคำนวณหาความเร็วลมได้ ลมจึงต้องเคลื่อนที่ในแนวนอนด้วยแรงเหวี่ยงจากโลก หรือความร้อนจากดวงอาทิตย์ก็ทำให้ลมเคลื่อนที่ในทิศทางที่ไม่แน่นอน ถึงแม้จะมีแรงบังคับทิศทางของลมอยู่ก็ตาม หรือเพราะกระแสลมที่ไหลในแนวนอนภายในโลกมีมากกว่ากระแสที่ไหลในแนวดิ่ง โลกมีขั้วโลกเหนือ และขั้วโลกใต้ ซึ่งปกคลุมไปด้วยน้ำแข็ง อากาศหนาวเย็น โลก บริเวณเส้นศูนย์สูตร อากาศร้อน ถึงร้อนมาก อากาศร้อนบริเวณแส้นศูนย์สูตรลอยขึ้นที่สูง (แนวดิ่ง) อากาศเย็นจาก ขั้วโลก เหนือและใต้ เคลื่อนที่เป็นแนวนอน ไปแทนที่อากาศร้อน บริเวณเส้นศูนย์สูตร (นนร.ปริชญ์ พรหมรักษ์และคณะ ,2549)

2.1.2 การวัดความเร็วลม

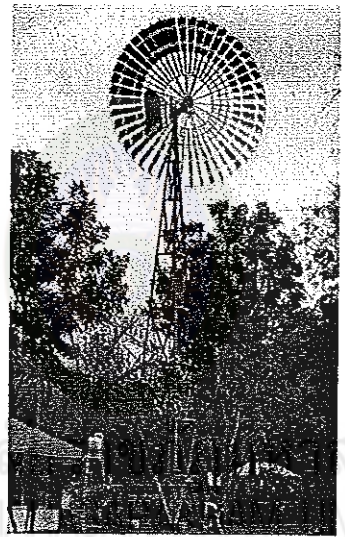
การวัดลมมีวิธีการวัด 2 วิธี คือ วัดทิศลม และวัดความเร็วลม

1. การวัดทิศลม อาจเรียกชื่อตามทิศต่างๆ ของเข็มทิศ หรือเรียกเป็นองศาจากทิศจริง ปัจจุบันการวัด ทิศลมนิยมวัดทิศลมตามเข็มทิศ และวัดเป็นองศา ถ้าวัดทิศลมด้วยเข็มทิศ เข็มทิศจะถูกแบ่งออกเป็น ทิศใหญ่ๆ 4 ทิศ คือ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก ซึ่งทิศทั้ง 4 ทิศ เมื่อแบ่งย่อยอีกจะเป็น 8 ทิศ โดยจะเพิ่มทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันออกเฉียงใต้ นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งจาก 8 ทิศ ให้ย่อยเป็น 16 ทิศ หรือ 32 ทิศ ได้อีก แต่การรายงานทิศ มักนิยมรายงานจำนวนทิศเพียง 8 หรือ 16 ทิศ เท่านั้น ส่วนการวัดทิศลมที่เป็นองศาบอกมุมของลมจากทิศจริง ในลักษณะที่เวียนไปตามเข็มนาฬิกา ใช้สเกลจาก 0 องศา ไปจนถึง 360 องศา เช่น ลมทิศ 0 องศา หรือ 360 องศา เป็นทิศตะวันออก , ลมทิศ 45 องศา เป็นทิศตะวันออกเฉียงเหนือ, ลมทิศ 90 องศา เป็นทิศตะวันออก, ลมทิศ 135 องศา เป็นทิศตะวันออกเฉียงใต้, ลมทิศ 180 องศา เป็นทิศใต้, ลมทิศ 225 องศา เป็นทิศตะวันออกเฉียงใต้, ลมทิศ 270 องศา เป็นทิศตะวันตก และลมทิศ 315 องศา เป็นทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ดังรูปที่ 2.1

2.1.3 การใช้ประโยชน์จากพลังงานลม

สถานภาพการนำพลังงานลมมาประยุกต์ใช้งานในประเทศไทย จัดแบ่งออกได้เป็นลักษณะ ได้แก่กังหันลมเพื่อการสูบน้ำ กังหันลมเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า และการใช้พลังงานลมเพื่อการระบายอากาศหลังคา

1. กังหันลมเพื่อการสูบน้ำ การใช้กังหันลมเพื่อการสูบน้ำ ปัจจุบันได้มีการติดตั้งใช้งานในประเทศไทยไม่น้อยกว่า 6,000 ตัว เช่น กังหันลมแบบหลายใบพัดที่จำหน่ายในประเทศสามารถใช้งานได้กับความเร็วลมเฉลี่ยต่ำถึง 3 เมตรต่อวินาที หากความเร็วเฉลี่ยต่ำกว่านี้พลังงานที่ได้จะน้อยจนไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้

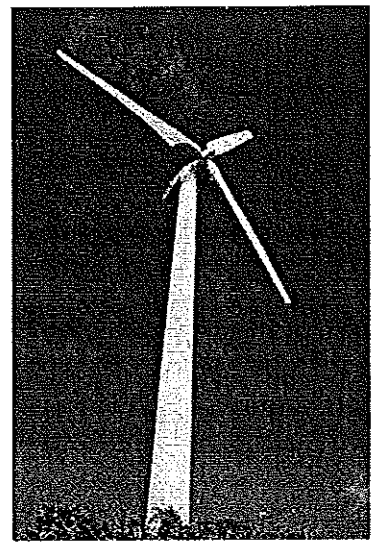


มหาวิทยา ราชภัฏสารคาม
RAJABHAT M IVERSITY

รูปที่ 2.3 กังหันลมสูบน้ำ

ที่มา (สำนักนโยบายและแผน, กระทรวงพลังงาน, ม.ป.ป.)

2. กังหันลมเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าการใช้กังหันลมเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า ปัจจุบันได้มีการติดตั้ง สาธิตใช้งานในประเทศไทย รวมจำนวน 7 ตัว มีกำลังการผลิตไฟฟ้ารวม 192 กิโลวัตต์ ณ แหลมพรหมเทพ จังหวัดภูเก็ต

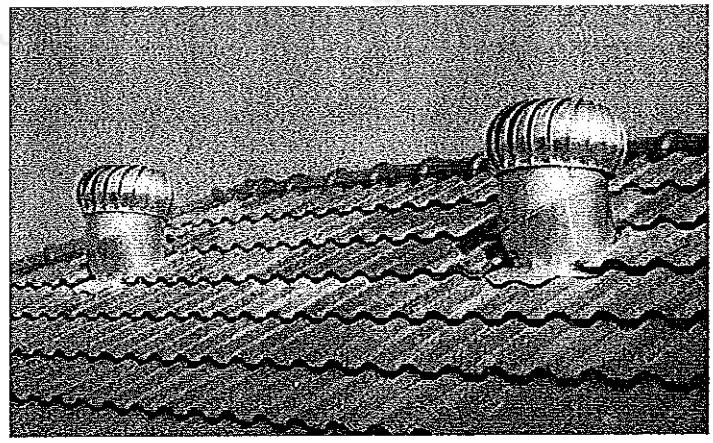


รูปที่ 2.4 กังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า

ที่มา (นนร.ปริชญ์ พรหมรักษ์และคณะ, หน้า 4)

3. การใช้พลังงานลมเพื่อการระบายอากาศจากหลังคา ปัจจุบันได้มีการติดตั้งกังหันลมระบายอากาศบนหลังคาของโรงงาน และบ้านพักอาศัยอยู่บ้าง สำหรับการระบายอากาศร้อนภายในตัวอาคารออกสู่ภายนอก และเป็นเทคโนโลยีที่สามารถใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างหนึ่ง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม



รูปที่ 2.5 กังหันลมระบายอากาศจากหลังคา

ที่มา (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, ม.ป.ป.)

2.2 พลังงานลมและกังหันลม

การใช้ประโยชน์พลังงานลมโดยทั่ว ๆ ไปเพื่อวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการ ประกอบด้วย การสูบน้ำ และการผลิตไฟฟ้า การที่จะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ต้องมีอุปกรณ์ที่เปลี่ยนรูปพลังงานจลน์ของกระแสลมให้อยู่ในรูปของพลังงานกล อุปกรณ์ดังกล่าวนี้เรียกว่ากังหันลม พิจารณากระแสลมที่มีความหนาแน่นและมีความเร็วลม V พัดผ่านพื้นที่หน้าตัด A ในช่วงหนึ่งหน่วยเวลา จะมีกำลังลม P_1 ที่ได้จากพลังงานจลน์ ดังนี้

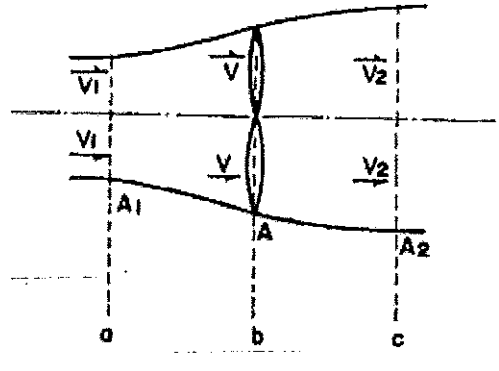
$$P_1 = \rho A V^3 \tag{2.2}$$

กังหันลมจะทำหน้าที่สกัดกำลังงานที่มีอยู่ในกระแสลมมาใช้ประโยชน์ได้เพียงบางส่วนเท่านั้น กำหนดให้ C_p เป็นสัมประสิทธิ์กำลังงาน (Power Coefficient) ซึ่ง C_p จะเป็นตัวบ่งชี้สัดส่วนของกำลังงานที่กังหันจะสามารถสกัดได้จากกระแสลม ถ้า P แทนกำลังงานที่ได้จากกังหันลม ดังนั้น

$$P = C_P \times P_1 = C_P \rho A V^3 \tag{2.3}$$

พิจารณากังหันลมที่มีพื้นที่หน้าตัดรับลม A ตั้งรับกระแสลมซึ่งมีความเร็วลม V_i ดังแสดงในรูปที่ 2.6

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



รูปที่ 2.6 กระแสลมที่เคลื่อนที่ผ่านกังหันลม
ที่มา (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, หน้า 2 of 15)

$$= \frac{1}{4}\rho A V_1^3 (1+d)(1-d^2)$$

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

ดังนั้น

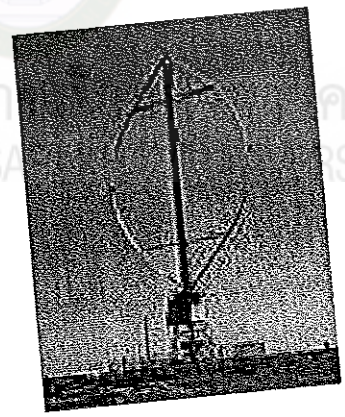
$$P_{max} = \frac{1}{4}\rho A V_1^3 \left(1+\frac{1}{3}\right)\left(1-\frac{1}{9}\right)$$

$$P_{max} = \frac{1}{2}\left(\frac{16}{27}\right)\rho A V_1^3 \quad (2.10)$$

ค่า $\left(\frac{16}{27}\right)$ คือค่าสัมประสิทธิ์กำลังงานสูงสุด C_{pmax} เรียกว่า Betz Coefficient

2.3 ลักษณะของกังหันลม

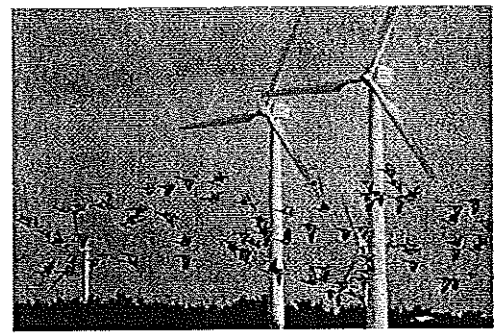
2.3.1 กังหันลมแนวแกนตั้ง (Vertical Axis Turbine) เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนและใบพัดตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของลมในแนวราบ



รูปที่ 2.7 กังหันลมแนวแกนตั้ง

ที่มา (นนร.ปริชญ์ พรหมรักษ์และคณะ, หน้า 4)

2.3.2 กังหันลมแนวแกนนอน (Horizontal Axis Turbine) เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนขนานกับการเคลื่อนที่ของลมในแนวราบ โดยมีใบพัดเป็นตัวตั้งฉากรับแรงลม

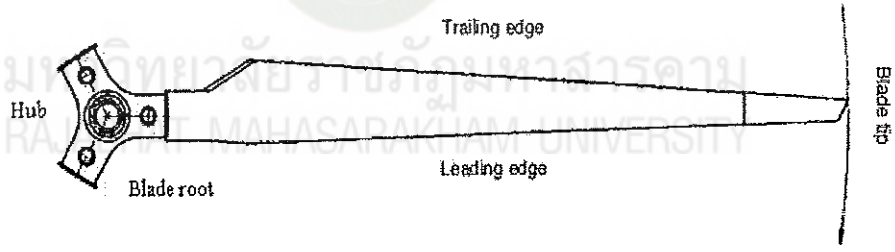


รูปที่ 2.8 กังหันลมแนวแกนนอน

ที่มา (นนร.ปริชญ์ พรหมรักษ์และคณะ, หน้า 4)

2.4 ทฤษฎีอากาศพลศาสตร์ของกังหันลม

อากาศพลศาสตร์เป็นวิชาที่ศึกษาพฤติกรรมของวัตถุในอากาศที่ไหลและแรงที่เกิดขึ้นจากอากาศที่ไหล ผิวด้านหน้าและหลังของใบพัดกังหันลมจะมีลักษณะที่ไม่ราบเรียบ ตลอดความยาวของสี่เหลี่ยมผืนผ้าข้างหนึ่งจะเป็นขอบนำ (Leading edge) และขอบหาง (Trailing edge) ส่วนของโคนใบจะยึดติดกับ hub เพื่อจะยึดติดกับแกนของ generator



รูปที่ 2.9 ส่วนประกอบของใบพัดกังหันลม

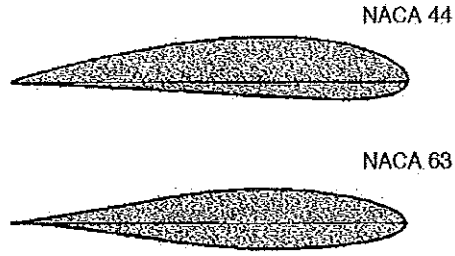
ที่มา (นนร.ปริชญ์ พรหมรักษ์และคณะ, หน้า 19)

รัศมีของใบพัดคือระยะจากโคนใบจนถึงปลายใบหากมองจากด้านข้างจะพบว่าใบพัดมีลักษณะโค้งนูน โดยด้านหน้าที่ปะทะกับลมจะเรียบกว่าด้านหลัง รูปร่างของใบพัดเช่นนี้เรียกว่าแพนอากาศ

2.4.1 The aerodynamics profile

รูปร่างพื้นที่หน้าตัดของใบพัดจะมีผลต่อกำลังที่ได้และเสียงรบกวนที่จะเกิดขึ้น ซึ่งในการออกแบบใบพัดให้มีลักษณะดังกล่าวเป็นเรื่องที่ทำได้ยาก ส่วนใหญ่ในการออกแบบกังหันลมจะ

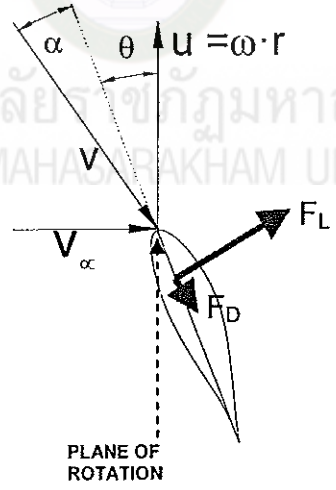
นิยมเลือกรูปร่างของใบพัดจากฐานข้อมูลของ Airfoil ซึ่งทำการทดลองและวิจัยโดย NACA (The United States National Advisory Committee for Aerodynamics)



รูปที่ 2.10 Airfoil รุ่น NACA 44 และ NACA63
ที่มา (นนร.ปริชญ์ พรหมรักษ์และคณะ, หน้า 19)

2.4.2 แรงที่กระทำต่อใบพัดของกังหันลม

เมื่ออากาศไหลผ่านแพนอากาศจะทำให้เกิดแรงต่างๆกระทำต่อแพนอากาศดังรูป 2.11



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รูปที่ 2.11 แรงที่กระทำต่อใบพัด
ที่มา (นนร.ปริชญ์ พรหมรักษ์และคณะ, หน้า 20)

V_{α}= ความเร็วลมเข้าใบพัด(m/s)

U = ความเร็วของใบพัด(m/s)

F_L = แรงยก (N)

F_D = แรงลาก(N)

α = มุมปะทะระหว่างลมกับแกนกลางของคอร์ด (องศา)

θ = มุมปะทะระหว่างแกนกลางของคอร์ดกับแนวการหมุนของใบพัด (องศา)

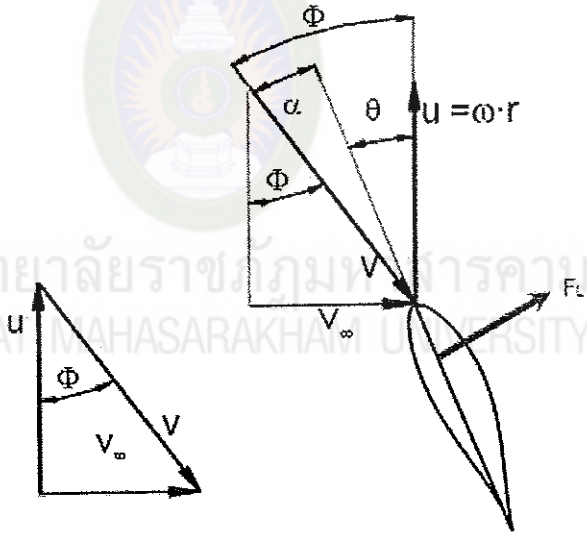
V = ความเร็วลมเฉลี่ยที่กระทำต่อใบพัด(m/s)

L= ความยาวคอร์ด (m)

ซึ่งการคำนวณหาค่าแรงต่างๆที่กระทำต่อใบพัดสามารถหาได้ดังนี้

1.แรงยก (Lift Force)

เกิดจากแรงดันอากาศบนผิวของ airfoil กระทำกับความเร็วของใบพัด จะเกิดแรงกระทำในทิศทางตั้งฉากกับคอร์ด เรียกว่า แรงยก (Lift Force) ซึ่งมีค่าสำคัญค่าหนึ่งคือ ค่าสัมประสิทธิ์แรงยก (Lift Coefficient) หรือ C_L สามารถคำนวณหาค่าแรงยกที่กระทำต่อใบพัดได้จากสมการ (2.11)



รูปที่ 2.12 การเกิดแรงยกของใบพัด

ที่มา (นนร.ปริชญ์ พรหมรักษ์และคณะ, หน้า 21)

$$F_L = C_L \frac{1}{2} \rho A V^2 \qquad (2.11)$$

F_L = แรงยก (N)

C_L = สัมประสิทธิ์แรงยก

ρ = ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)

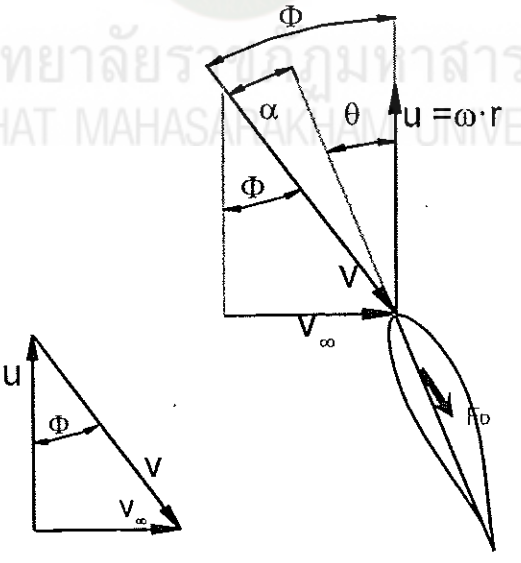
V = ความเร็วลมเฉลี่ยที่กระทำต่อใบพัด (m/s)

A = พื้นที่กวาดของใบพัด (ตารางเมตร)

2. แรงลาก (Drag Force)

เกิดจากแรงต้านของอากาศบนผิวของ airfoil กระทำกับแรงเสียดทานบนผิวของใบพัด จะเกิดแรงกระทำกับใบพัดในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของอากาศ เรียกว่า แรงลาก (Drag Force) ซึ่งมีค่าสำคัญค่าหนึ่งคือ ค่าสัมประสิทธิ์แรงลาก (Drag Coefficient) หรือ C_D สามารถคำนวณหาค่าแรงลากที่กระทำต่อใบพัดได้จากสมการ (2.12)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



รูปที่ 2.13 การเกิดแรงลากของใบพัด

ที่มา (นนร.ปริชญ์ พรหมรักษ์และคณะ, หน้า 22)

$$F_D = C_D \frac{1}{2} \rho A V^2 \qquad (2.12)$$

F_D = แรงลาก (N)

C_D = สัมประสิทธิ์แรงลาก

ρ = ความหนาแน่นของอากาศ ((kg/m^3))

V = ความเร็วลมเฉลี่ยที่กระทำต่อใบพัด (m/s)

A = พื้นที่กวาดของใบพัด (ตารางเมตร)

3.แรงบิด (Torque Force)

คือแรงที่กระทำบนใบพัด เกิดจากผลรวมของแรงยกและแรงลาก สามารถคำนวณได้ดังสมการ (2.13)

$$F_T = F_L sin\emptyset - F_D cos\emptyset$$

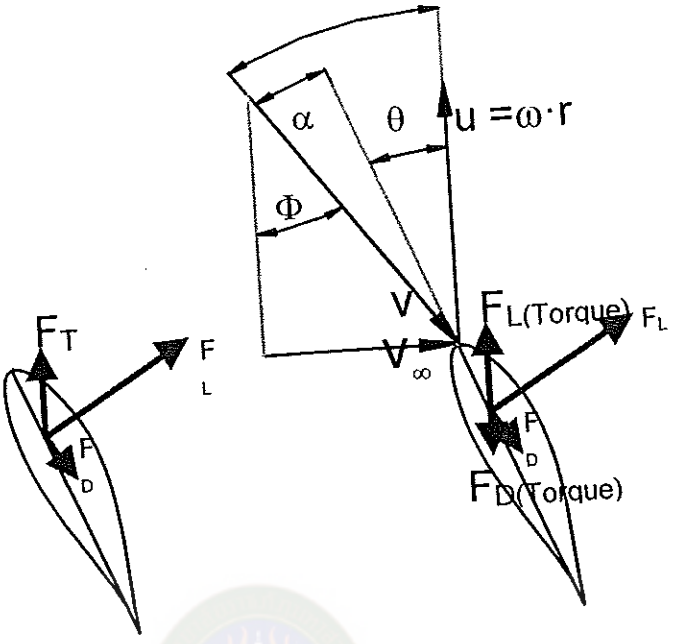
$$F_T = \frac{\rho}{2} L_{Chord} \partial r V^2 (C_L sin\emptyset - C_D cos\emptyset) \qquad (2.13)$$

โดยค่าของมุม $\emptyset$ สามารถหาได้จาก

$$tan\emptyset = \frac{V}{u} = \frac{V}{\omega(r + {}^{\delta r}/_{2})}$$

$$\emptyset = tan^{-1}\left[\frac{V}{\omega(r + {}^{\delta r}/_{2})}\right]$$

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



รูปที่ 2.14 การเกิดแรงบิดของใบพัด

ที่มา (นนร.ปริชญ์ พรหมรักษ์และคณะ, หน้า 23)

F_L = แรงยก (N)

F_D = แรงลาก(N)

C_D = สัมประสิทธิ์แรงลาก

ρ = ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)

V = ความเร็วลมเฉลี่ยที่กระทำต่อใบพัด (m/s)

A = พื้นที่กวาดของใบพัด (ตารางเมตร)

L = ความยาวคอร์ด (m)

r = รัศมี (m)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

4.ค่าอัตราส่วนความเร็วปลายใบ (Tip Speed Ratio ,TSR)

คืออัตราส่วนความเร็วลม และความเร็วรอบของกังหันลม ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบความเร็วที่เกิดจากการหมุนที่ปลายใบกับความเร็วลมที่ไหลผ่านกังหันลม ค่านี้จะเป็นพารามิเตอร์ที่อ้างอิงประสิทธิภาพของกังหันลมตัวหนึ่ง โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ (2.14)

$$TSR = \frac{U}{V_\alpha} = \frac{\omega R}{V_\alpha} \tag{2.14}$$

5.กำลังของกังหันลม

สำหรับค่ากำลังของกังหันลมสามารถหาได้จากสมการ (2.15)

$$P = \frac{1}{2}\rho A V_\alpha^3 \eta = \frac{\rho}{2}\pi R^2 V_\alpha^3 \eta \tag{2.15}$$

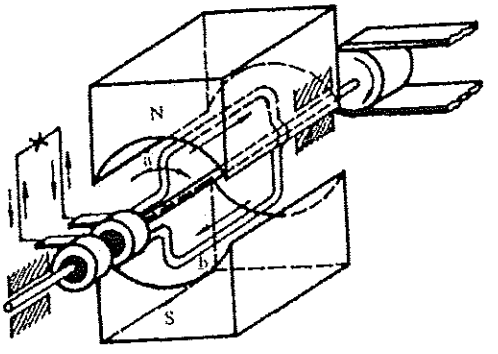
โดยที่

P	=	กำลัง (W)
η	=	ค่าประสิทธิภาพของกังหันลม
ρ	=	ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)
A	=	พื้นที่กวาดของใบพัด (ตารางเมตร)
V_α	=	ความเร็วลมเข้าใบพัด (m/s)

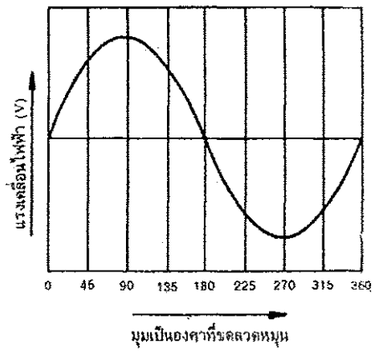
2.5 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

2.5.1 การกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

เมื่อนำขดลวดหรือตัวนำไปหมุนตัดในสนามแม่เหล็กด้วยความเร็วคงที่ จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ขดลวดหรือตัวนำนั้น และลักษณะของแรงดันไฟฟ้าที่ได้จะเป็นรูปคลื่นซายน์ดังรูปที่ 2.15 ถ้าที่ปลายของขดลวดต่อกับซี่คอมมิวเตเตอร์ และนำแรงดันไฟฟ้าผ่านออกทางแปรงถ่าน จะได้ไฟฟ้ากระแสตรงดังรูปที่ 2.16



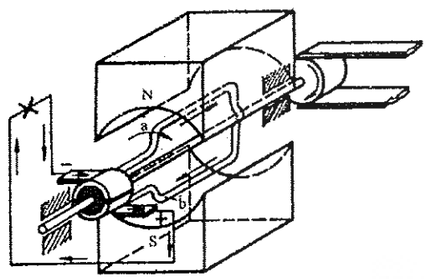
(ก)



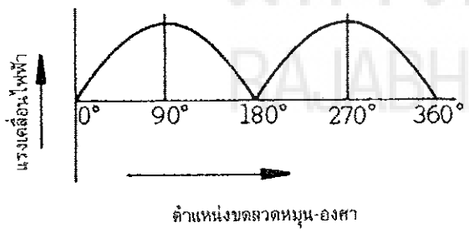
(ข)

รูปที่ 2.15 การเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำรูปคลื่นซายน์

ที่มา (ศุภชัย สุรินทร์วงศ์, 2541 : 66)



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.16 แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเมื่อต่อผ่านคอมมิวเตเตอร์

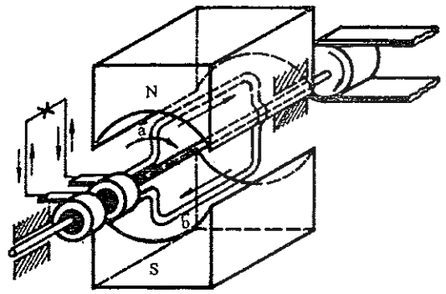
ที่มา (ศุภชัย สุรินทร์วงศ์, 2541 : 69)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สำนักวิทยบริการฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

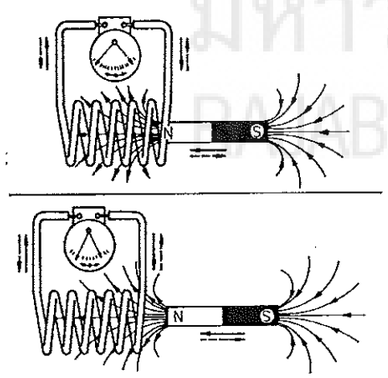
ถ้ามีจำนวนขดลวดมากขึ้น จำนวนของซี่คอมมิวเตเตอร์ก็จะเพิ่มตามจำนวนขดลวด และแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ได้จะมีรูปคลื่นเรียบมากขึ้น

2.5.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ มีลักษณะเดียวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ต่างกันตรงที่ปลายสายทั้งสองของขดลวดต่อเข้ากับแหวนทองแดง หรือ สลิปริง (Slip Ring) จึงนำกระแสสลับที่ให้กำเนิดบนตัวนำไปใช้โดยตรง ด้วยการต่อผ่านสลิปริง



รูปที่ 2.17 หลักการเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ
ที่มา (ศุภชัย สุรินทร์วงศ์, 2541 : 69)

ให้ขดลวดอยู่กับที่ ต่อปลายทั้งสองเข้ากับขั้วของกัลวานอมิเตอร์เมื่อทำให้ขั้วแม่เหล็กกลับไปกลับมาภายในขดลวด จะพบว่าเข็มของกัลวานอมิเตอร์แกว่งกลับไปกลับมาเช่นเดียวกัน แสดงว่ามีกระแสสลับเกิดขึ้นแล้วบนขดลวด



รูปที่ 2.18 สนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ไปมาภายในขดลวดจะให้กำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับ
ที่มา (ศุภชัย สุรินทร์วงศ์, 2541 : 68)

136839

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การเหนี่ยวนำแม่เหล็กด้วยวิธีนี้ตรงข้ามกับวิธีแรก(ขดลวดหมุน)คือขดลวดอยู่กับที่ ให้สนามแม่เหล็กเป็นตัวหมุนตัดขดลวด แรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับจะเกิดขึ้นบนขดลวดซึ่งอยู่กับที่ การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าลักษณะนี้ เป็นหลักการเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternator) ขนาดใหญ่ที่ให้กำเนิดแรงดันและกำลังไฟฟ้าสูง

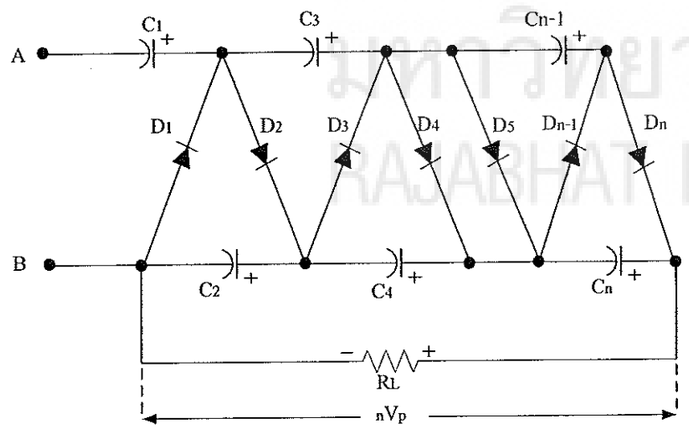
2.5.3 การคำนวณแรงเคลื่อนไฟฟ้า แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ให้กำเนิดบนขดลวดอาร์เมเจอร์ สามารถคำนวณได้ดังสมการ (2.16)

$$E_{av} = B\, l\, v \qquad (2.16)$$

Eav = แรงเคลื่อนไฟฟ้าเฉลี่ย (V)
B = ความหนาแน่นของสนามแม่เหล็ก (Tesla)
l = ความยาวตัวนำ (m)
v = อัตราความเร็วในการเปลี่ยนค่าสนามแม่เหล็ก (m/s)

2.6 วงจรเรียงกระแสแบบขั้นบันได

การสร้างแรงดันสูงกระแสตรงที่มีแรงดันเป็น 2 เท่า ถึง n เท่า ของแรงดันทุติยภูมิของหม้อแปลง สามารถสร้างด้วยวงจรเรียงกระแสแบบขั้นบันได ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 การสร้างไฟฟ้าแรงสูงกระแสตรงด้วยวงจรเรียงกระแสแบบขั้นบันได

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

วงจรในรูปที่ 2.19 เรียกว่า วงจร Cockcroft – Walton สามารถกำเนิดแรงดันสูงกระแสตรงเป็นจำนวน n เท่าของแรงดันหม้อแปลงทดสอ โดยการต่อตัวเรียงกระแส (จำนวนเป็นเลขคู่) และตัวเก็บประจุดังรูป ที่ปลายด้าน a ของตัวเก็บประจุ C_1 ศักย์ไฟฟ้าจะเปลี่ยนตามศักย์ไฟฟ้าของหม้อแปลงทดสอบ เมื่อศักย์ไฟฟ้าที่ a ลดลงจนถึง –V ตัวเก็บประจุ C_1 จะถูกอัดประจุโดยผ่านตัวเรียงกระแส D_1 จนมีศักย์ไฟฟ้าเป็น V สำหรับตัวเก็บประจุ C_2 นั้น เมื่อ a มีศักย์ไฟฟ้าเป็น +V b จะมีศักย์ไฟฟ้าเป็น +2V ตัวเก็บประจุ C_2 จะถูกอัดประจุโดยผ่าน D_2 จนมีศักย์ไฟฟ้าเป็น 2V ในทำนองเดียวกันตัวเก็บประจุอื่นๆ ทางด้านขวามือก็จะถูกอัดประจุจนมีศักย์ไฟฟ้าเป็น 2V เช่นเดียวกัน แรงดันที่เอาต์พุตของวงจรจะมีค่าเป็น nV ตัวเรียงกระแสแต่ละตัวจะต้องมาสามารถทนแรงดันย้อนกลับได้มากกว่า 2V นอกจากนี้จะต้องมีความต้านทานเพื่อจำกัดกระแสอัดประจุที่ต่ออนุกรมกับตัวเรียงกระแส

2.7 การคำนวณออกแบบขดลวด

2.7.1 สมการคำนวณออกแบบขดลวด แรงดันเฉลี่ยเมื่อไม่มีโหลดของอัลเทอร์เนเตอร์ มีรูปสมการดังนี้

$$E_{av} = 2nAB\left(\frac{rpm}{60}\right) \qquad (2.17)$$

เมื่อ n = จำนวนรอบของขดลวดคูณด้วยจำนวนขดลวดที่ต่ออนุกรมกัน

A = พื้นที่ทั้งหมดของแม่เหล็ก มีหน่วยเป็นตารางเมตร

B = ความหนาแน่นของฟลักซ์แม่เหล็ก มีหน่วยเป็นเทสลา

rpm/60 = จำนวนรอบต่อวินาที

ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก B = เกรด ×100 = เกลาส์, 1 เทสลา = 10,000 เกลาส์ นั้นคิดที่ค่าเฉลี่ย ณ ขั้วแม่เหล็กเพียงแห่งเดียวเมื่อแรงดันสูงสุดจะมีค่าสูงกว่าแรงดันเฉลี่ย 50 เปอร์เซนต์ คำนวณได้จาก รูปสมการ (2.18)

$$E_{peak} = 1.56 \times E_{av} \qquad (2.18)$$

การต่อแบบสตาร์ เป็นการต่อแบบเอาปลายของขดลวดทั้งสามเฟสมา มาต่อรวมกันแล้วปล่อยต้นเฟสอีกด้านหนึ่งของทั้งสามเฟสไว้เพื่อต่อใช้งาน ดังรูปที่ 2.20

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY