การออกแบบกังหันลม (Wind Turbine Design)

ดร. วิรชัย โรยนรินทร์ [1]

บทคัดย่อ:

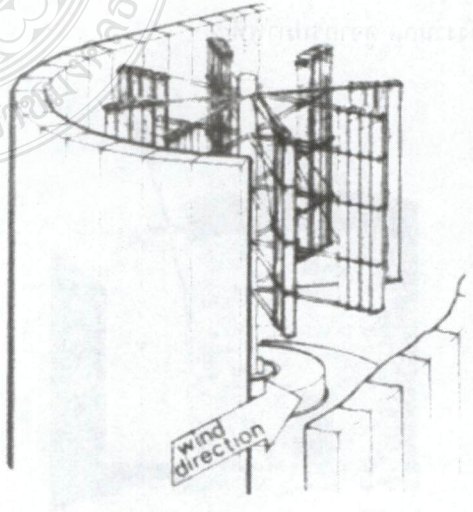
พลังงานลมในประเทศไทย ถึงแม้จะมีความเข้มข้นในทางปฏิบัติมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าได้น้อยเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศในแถบยุโรป แต่ในบางจุดของประเทศไทยเราก็มีค่าของพลังงานชนิดนี้สูงพอที่จะนำมาเป็นพลังงานซึ่งจะเป็นผลให้ลดการใช้พลังงานที่ได้มาจากเชื้อเพลิงประเภท Fossil ได้ รวมถึงการศึกษาพลังงานชนิดนี้จะทำให้ผู้สนใจมีความกว้างขวางและสามารถประยุกต์ได้กับพลังงานทดแทนชนิดอื่นอย่างเช่นพลังงานจากคลื่นทะเล (Wave Energy) และพลังงานจากการเคลื่อนที่จากกระแสน้ำ (Marine Current Energy) ในบทความฉบับนี้ได้กล่าวถึงประวัติโดยสังเขปของกังหันลมชนิดต่าง ๆ รวมถึงได้อธิบายถึงการคำนวณเบื้องต้นในการหากังหันลมขนาด 5 kWไว้ให้ผู้สนใจได้ใช้เป็นทฤษฎีตัวอย่างในการออกแบบกังหันลมชนิดต่าง ๆ ต่อไป

Abstract

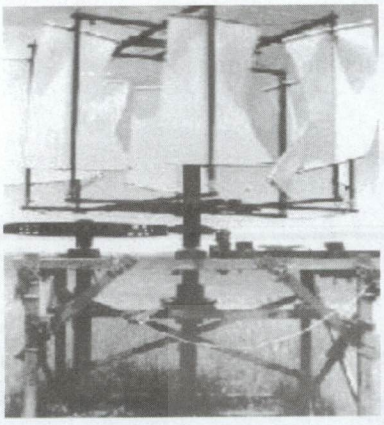
Mostly, the wind energy in Thailand is not practically recommended to use as the power resources to generate electricity compared with the European Countries. Nevertheless, in some particular areas, the positive results from the data recording unit are shown and can be recommended to use for the purposed. The wind energy is clean with environmental friendly and can be used as the power resource instead of fossil fuel. Additionally, the researchers can apply the basic and the principle of the momentum theorem which are mostly used in the wind engineering to study others renewable energy resource such as wave, hydro and marine current energy etc. This paper focuses in the details of the wind machine's history and the basic engineering design of 5 kW wind machine.

1. ประวัติโดยทั่วไปของพลังงานลม (Brief History of Wind Energy)

พลังงานลม (Wind Energy) มีการใช้งานมานานหลายพันปีซึ่งจากการบันทึกอาจจะมีการนำพลังงานนี้มาใช้งานตั้งแต่ก่อนคริสตร์ศักราช 200โดยชนิดของกังหันลมเป็นแบบแนวแกนตั้ง (Vertical axis Wind Turbines) VAWTs (ดูจากภาพที่ 1)



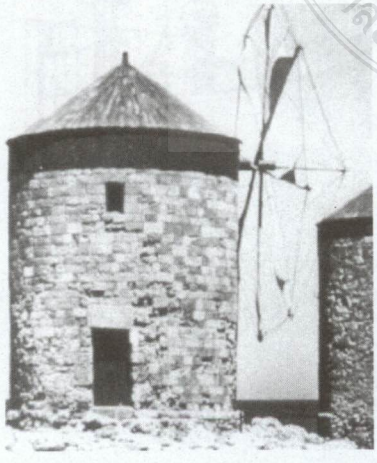
[1] อาจารย์ ประจำ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
โทร 02-549-3433 แฟกซ์ 02-5493432 อีเมลล์ wirachairoynarin@yahoo.com



รูปที่ 1 กังหันลมรุ่นแรก ๆของชาวเปอร์เซีย (Persian VAWTs)

ชาวเปอร์เซีย (Persian) เป็นคนคิดริเริ่ม การใช้พลังงานลมมาเป็นต้นกำลังงานในการผลิตแป้งข้าวโพดแทนการใช้แรงงานจากคนและสัตว์ ต่อมามีการเผยแพร่พลังงานลมไปในหมู่ของชาวมุสลิมและมีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง

ต่อมาได้มีการคิดค้นกังหันลมชนิดใหม่ขึ้นมาเรียกว่ากังหันลมในแนวขนาน (Horizontal Axis Wind Turbines) HAWTs ซึ่งมีการใช้งานอย่างแพร่หลายในหมู่ของคนแถบเมดิเตอร์เรเนียน (Mediterranean regions) ซึ่งในยุคนั้นกังหันลมชนิดนี้จะประกอบไปด้วยโครงสร้างของกังหัน (Boom) ซึ่งทำมาจากไม้และปกคลุมไปด้วยผ้าหรือใยสังเคราะห์เพื่อรับลมมาเป็นพลังงานกล ดูจากรูปภาพที่ 2



รูปที่ 2 เมดิเตอร์เรเนียนWind Turbine แบบ HAWTS

กังหันลมชนิดนี้ยังมีการใช้งานมาถึงปัจจุบัน รวมถึงประเทศไทยเราที่ใช้กังหันลมชนิดนี้ทำการปั่นน้ำเข้าสู่นาเกลือในภาคตะวันออก อย่างเช่นจังหวัดในแถบสมุทรสาครหรือสมุทรปราการเป็นต้น

ในยุคต่อมาประมาณปี ค.ศ.1100 พลังงานลมจากประเทศในหมู่ประเทศในตะวันออกกลางได้เผยแพร่มาสู่ประเทศในแถบตะวันตกและกลุ่มประเทศในยุโรป และเริ่มใช้งานกันแพร่หลายมากในราวปี ค.ศ.1300 ในราวปี ค.ศ. 1400 ประเทศดัชต์ (หรือฮอลแลนด์) ได้พัฒนาปรับปรุงการออกแบบและคิดค้นรวมถึงการพัฒนากังหันลมทำใช้ในการระบายน้ำ เพราะประเทศนี้ในฤดูน้ำหลากนั้น พื้นดินของประเทศจะอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำทะเลถึง 10 ฟุต จึงมีการใช้พลังงานลมในการปั่นน้ำออกจากพื้นที่อาทิเช่นในปี 1608 พื้นที่สำคัญในประเทศนี้ใช้กังหันลมประมาณ 26 หน่วย ซึ่งแต่ละตัวจะมีกำลังงานถึง 5 แรงม้า (5 HP) ในการระบายน้ำออกจากพื้นที่ โดยสามารถระบายน้ำได้ถึง 1000 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที เพื่อระบายลงสู่ทะเลเหนือ (North Sea) ลักษณะของกังหันชนิดนี้แสดงดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 กังหันลมของชาวดัชต์

ซึ่งในปัจจุบันกังหันลมชนิดนี้ก็ยังมีการใช้งานอย่างแพร่หลายเพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆกันออกไปในประเทศฮอลแลนด์

ในยุคต่อมาเป็นยุคของการพัฒนาเครื่องจักรไอน้ำ (Steam Engineering) ทำให้ความสำคัญของพลังงานลม มีความสำคัญน้อยลงไป ในราวปี ค.ศ. 2000 กังหันลมในประเทศฮอลแลนด์ ก็เข้ามาถึงยุคตกต่ำมีเพียงไม่กี่ตัวของกังหันลมที่ยังคงใช้งานได้ดีเนื่องจากขาดการดูแลรักษาและซ่อมแซมที่ดี

อย่างไรก็ตามจากการที่ประเทศฮอลแลนด์มีค่าความเข้มของพลังงานลมสูงและรวมถึงการพัฒนาไปอย่างมากไม่ว่าจะเป็นการออกแบบใบพัด (Rotor) ชนิดใหม่ ๆ ทำให้ทุกวันนี้ประเทศฮอลแลนด์ก็ยังคงเป็นผู้นำหลาย ๆ ด้านในเรื่องของกังหันลม

การพัฒนาและการใช้งานของพลังงานลมยังแพร่หลายไปอีกในหลาย ๆ ประเทศ ซึ่งพอจำแนกออกได้ดังต่อไปนี้

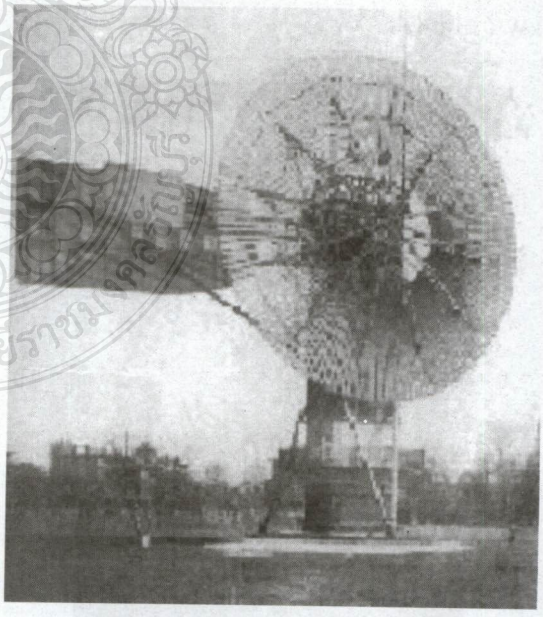
- **กังหันลมในประเทศสหรัฐอเมริกา(USA)**

กังหันลมได้มีการใช้งานในประเทศที่เริ่มในปี ค.ศ. ประมาณ 1900 มีการใช้งานพลังงานลมอย่างแพร่หลายในการสูบน้ำและการชลประทานยุคเริ่มต้น ประมาณว่า 6 ล้านชุดของกังหันลม นำมาใช้ในการสูบน้ำขึ้นจากบ่อเพื่อการเกษตรกรรม โดยทั่วไปกังหันลมชนิดนี้ มีชื่อเรียกว่า American Windmill ประกอบไปด้วยตัวชุดใบพัด (Fan) ประมาณ 12 ใบพัด และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 16 ฟุต ตัวโครงสร้างของกังหันลมชนิดนี้จะทำการติดตั้งชุดสูบน้ำ (Pumping Unit) อยู่ที่ด้านล่างของตัวโครง (Tower) ซึ่งจะสามารถสูบน้ำได้ถึง 35 แกลลอน ต่อนาที (รูปที่ 4)

รูปที่ 4 American Windmill ใช้สำหรับสูบน้ำ

ในยุคแรก ๆ ของการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานลมในประเทศอเมริกาใช้กังหันลมชนิดแนวแกนขนาน (HAWTS) ซึ่งจะประกอบด้วยใบพัด (Rotor) ประมาณ 2-3 ใบ ต่อกับแกนเพลาของ DC Generator ซึ่งในยุคแรก ๆ ก็มีการเก็บพลังงานไว้ในแบตเตอรี่ ในภาวะของลมความเร็วต่ำ ซึ่งระบบนี้ก็สามารถจะใช้งานได้ต่อเนื่องและระบบมีประสิทธิภาพสูงขึ้นกว่าการปั่นไฟใช้โดยตรง

กังหันขนาดใหญ่ที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในราวปี ค.ศ. 1930 ออกแบบโดย (Smith and Putnam's) กังหันลมที่ออกแบบนี้เป็นชนิดแบบแนวแกนนอนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 175 ฟุต น้ำหนักโดยรวมประมาณ 16 ตัน ทำงานที่ความเร็วรอบในการหมุนประมาณ 28 รอบต่อนาที (rpm) สามารถทำการผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงสุดถึง 1.25 เมกกะวัตต์ (MW) โดยผลิตเป็นไฟกระแสสลับ (AC) ป้อนเข้าสู่สายส่งเป็นครั้งแรกในประเทศสหรัฐอเมริกา (ดูได้จากรูปที่5)

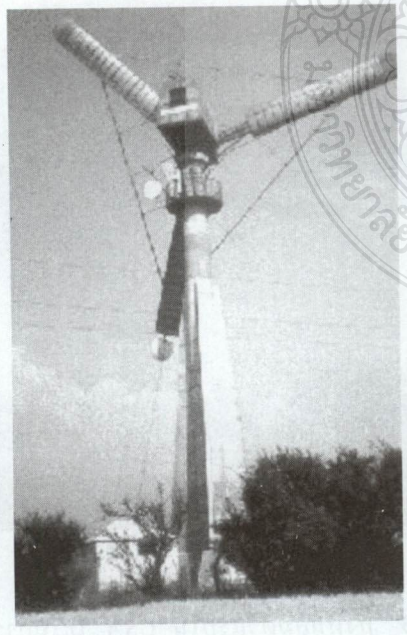


รูปที่ 5 กังหันลมตัวแรกใน USA ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า (First American Wind Turbine for Electricity Generation)

อย่างไรก็ตามในปี ค.ศ. 1945 หลังจากกังหันตัวนี้ได้ทำงานใช้งานมาช่วงหนึ่งก็ถึงคราวต้องมีการยกเลิกไป เมื่อใบพัดเกิดรอยร้าวและหักลงที่จุดต่อระหว่างใบพัดกับตัวโครงสร้างหลัก ทำให้ไม่สามารถใช้งานได้อีกต่อไป

- เดนมาร์ค (Denmark)

ในประเทศเดนมาร์ค มีการใช้งานพลังงานลมอย่างแพร่หลายในปี ค.ศ. 1900 โดยมีประมาณ 3,000 ชุดเป็นกังหันใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมและอีกประมาณ 30,000 ชุด ใช้งานในบ้านเรือนและเพื่อการเกษตร ซึ่งมีในการบันทึกไว้ว่าทางรัฐบาลของประเทศเดนมาร์กได้ทำการสนับสนุนงานวิจัยในสาขาของพลังงานลมโดยจะนำมาผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าด้วยการออกแบบกังหันลมชนิด แนวแกนนอน (HAWTS) ในปี ค.ศ. 1910 มีการออกแบบพัฒนากังหันลมชนิดนี้โดยศาสตราจารย์ Lacour โดยกังหันลมชนิดนี้จะตั้งอยู่บนโครงสร้างเหล็ก (Tower) ซึ่งสูงประมาณ 80 ฟุต และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ประมาณ 75 ฟุต ซึ่งมีอยู่หลายขนาดกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าตั้งแต่ขนาด 5-25 kW (รูปที่ 6)



รูปที่ 6 กังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 25 kW ของชาวเดนมาร์ค ในปี 1910

ซึ่งการพัฒนาในครั้งนี้เป็นการค้นพบว่าในยุคประมาณสงครามโลกครั้งที่ 1 และ 2 ราคากระแสไฟฟ้าจากพลังงานลมมีค่าใกล้เคียงกับกระแสไฟฟ้าที่ผลิตมาจากเครื่องยนต์ดีเซล

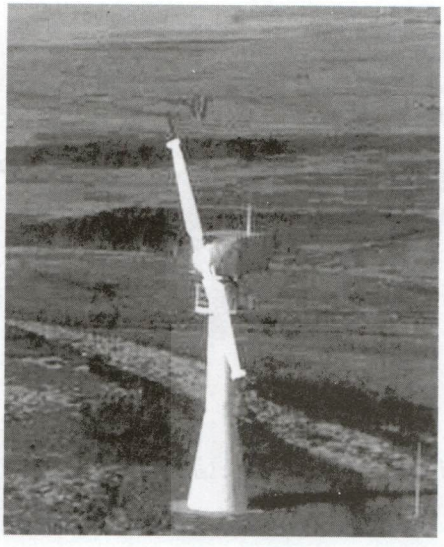
หลังสงครามโลกครั้งที่ 2 ก็มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องโดยทำการออกแบบกังหันในกำลังการผลิตขนาดต่าง ๆ กันไป ตั้งแต่ 12-200 kW และใช้งานได้ผลเป็นอย่างดีเมื่อต่อระบบกระแสไฟฟ้าเข้ากับระบบสายส่งหลักในปี ค.ศ. 1960 อย่างไรก็ตามหลังจากนั้นอีกไม่นานการพัฒนาก็มีความล่าช้าและหยุดไป เมื่อในยุคนั้นค่าไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานมีค่าสูงกว่าการผลิตมาจากเครื่องยนต์ไอน้ำ (Steam Power Plant)

- ประเทศรัสเซีย (Russian)

กังหันลมขนาดกำลังการผลิต 100 kW ถูกสร้างในประเทศรัสเซียในประมาณปี ค.ศ. 1931 กังหันลมที่ผลิตขึ้นใช้งานในครั้งนี้เป็นแบบกังหันลมแนวแกนนอนต่อเชื่อมกับโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำขนาดกำลังการผลิต 20 MW โดยกังหันลมตั้งห่างจากโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำประมาณ 30 km กังหันลมตัวนี้มีความสูงห่างจากพื้นดิน 100 ฟุตและเป็นกังหันลมชนิดที่สามารถปรับมุมใบพัดได้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ต่อมาในประมาณปี ค.ศ. 1983 ประเทศรัสเซียวางโครงการที่จะผลิตกังหันลมที่มีกำลังผลิตสูงถึง 5 MW แต่ในทุกวันนี้กังหันลมชนิดนี้ก็มิได้มีการสร้างจนสำเร็จแต่อย่างใด

- ประเทศอังกฤษ (England)

ในประมาณปี ค.ศ. 1940 กังหันลมขนาด 100 kw ได้ถูกสร้างขึ้นเป็นโครงการนำร่องในประเทศอังกฤษภายใต้การนำของ Golding E. & A Stoldorl โดยการสนับสนุนของ John Brown Company Co.Ltd กังหันลมตัวนี้ถูกติดตั้งในประเทศสก๊อตแลนด์ (Scotland) ที่เกาะที่ชื่อว่า Orkney กังหันลมตัวที่ผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ความเร็วลม 35 mph อย่างไรก็ตาม กังหันลมตัวนี้ทำงานอยู่ได้ไม่นานนักเนื่องจากมีปัญหาหลายประการ จนในที่สุดก็ต้องยกเลิกการใช้งานไปในประมาณปลายปี ค.ศ. 1955 (รูปที่7)



รูปที่ 7 John Brown .WT ในประเทศอังกฤษ

ในปี ค.ศ. 1950 บริษัท Enfield cable ผลิตกังหันลมโดยการออกแบบของวิศวกรชาวฝรั่งเศส มีชื่อว่า Andrew กังหันตัวนี้เป็นแบบแนวแกนนอนมีกำลังการผลิตขนาด 100 kW ที่ขนาดเส้น พ.ศ. ของใบพัด 80 ฟุตวางอยู่บนเทอเวอร์สูง 85 ฟุต คุณลักษณะพิเศษของกังหันลมตัวนี้คือ การทำงานโดยการสร้างความดัน (Pressure) ที่แตกต่างของใบพัดโดยลมจะถูกดูดจากด้านล่างของเทอเวอร์และถูกดันออกที่ปลายใบพัด (Rotor Tip)

แต่อย่างไรก็ตามกังหันลมชนิดนี้ก็ไม่ได้สร้างประสิทธิภาพสูงกว่ากังหันลมแบบธรรมชาติทั่วไป รวมทั้งยังมีการออกแบบที่ยุ่งยากสลับซับซ้อนและมีค่าการสร้างที่สูงกว่ากังหันลมทั่ว ๆ ไปจนถึงทุกวันนี้ก็ยังไม่มีความนิยมในกังหันลมแบบนี้

- ฝรั่งเศส (French)

ประเทศฝรั่งเศสผลิตกังหันลมขนาดใหญ่หลาย ๆ ชุด ในปี ค.ศ. 1958 ถึง 1966 รวมถึงการผลิตกังหันลมแนวนอนขนาดใหญ่ที่มีจำนวน 3 ใบพัด กังหันลมตัวนี้ถูกติดตั้งอยู่ใกล้ ๆ กับนครปารีส (Paris) โดยมีกำลังการผลิตสูงถึง 800 kW ที่ความเร็วลม 37 mph ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของกังหันตัวนี้มีค่า 100 ฟุต ขนาดของ Generator และชุดเกียร์มีน้ำหนักถึง 160 Tons (ตัน) โดยวางอยู่บนทาวเวอร์ที่สูงถึง 100 ฟุต กังหันลมตัวนี้เป็นแบบหมุนด้วยความเร็วคงที่ 47 rpm กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลมตัวนี้ถูกส่งไปเข้าระบบสายส่ง (Transmission line) และเชื่อมต่อกับระบบส่งไฟฟ้าหลัก (Main grid) ที่ห่างออกไปประมาณ 15 km

กังหันลมอีกชุดได้ถูกสร้างขึ้นและติดตั้งที่ St. Remy-les-Lsn ในทางตอนใต้ของประเทศฝรั่งเศสในราวปี ค.ศ. 1959 โดยมีขนาดเล็กกว่าในชุดที่ผลิตในนครปารีส โดยผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุด 132 kW ที่ความเร็วลมประมาณ 28 mph มีขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางใบพัด 70 ฟุต

โดยค่าเงินลงทุนในการทำงานทั้ง 2 งานนี้คือ

- นครปารีส = $ 1155/kW
- ในทางตอนใต้ของฝรั่งเศส $ 1000/kW (in 1960 dollar)

และยังมีอีกหลายชุดของกังหันลมที่สร้างในช่วง 1958-1966 รวมถึงกังหันลมแบบแกนตั้งอีกด้วยหลายตัวที่มีการออกแบบและสร้างในนครปารีส แต่ก็ไม่มีให้เห็นแล้วในปัจจุบัน

- ประเทศเยอรมนี (Germany)

ประเทศเยอรมันภายใต้การนำของ Prof. Ulrich Hutter ได้ทำการวิจัยค้นคว้าและพัฒนา กังหันลมเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยเน้นไปที่การออกแบบตัวปั่นไฟฟ้า (Generator) การออกแบบใบพัดให้มีขนาดน้ำหนักที่เบาลงและสามารถปรับองศาการรับลมที่มีประสิทธิภาพ มีการนำวัสดุขนาดเบามาใช้เป็นใบพัด อาทิเช่นไฟเบอร์กล๊าส (Fiberglass) รวมถึงการใช้พลาสติก (Plastic) มาใช้ในโครงสร้างของใบพัด กังหันลมต้นแบบขนาดใหญ่ที่สุดมีกำลังการผลิต 100 kW ที่ความเร็วลม 18 mph ได้ถูกสร้างขึ้นเป็นต้นแบบในปี ค.ศ. 1957-1968 กังหันลมตัวที่มีประสิทธิภาพการผลิตสูงและทำงานได้ดี โดยผลการใช้งานเป็นที่น่าพอใจเป็นอย่างยิ่ง และนำมาพัฒนากังหันลมชนิดนี้มาจนถึงปัจจุบัน และจากการพัฒนาใช้ใบพัดขนาดเบาที่นำมาจาก Fiberglass ทำให้ชุดแบริ่งและใบพัดมีอัตราการชำรุดที่น้อยลงไปเป็นอย่างมาก

2. กังหันลมสมัยใหม่ (Modern Wind Machines)

2.1 ชนิดของกังหันลม (Type of Wind Machines)

การแบ่งชนิดของกังหันลมในปัจจุบันสามารถจำแนกออกได้หลายชนิดขึ้นอยู่กับหลาย ๆ องค์ประกอบ อาทิเช่นแบ่งตามลักษณะการใช้งาน แบ่งตามหลักการทำงานของเครื่องจักร หรือ สามารถแบ่งได้ตามลักษณะของแกนเพลาของกังหันลมในแนวระนาบที่เป็นมุมองศา กับระดับของระดับของพื้นโลก

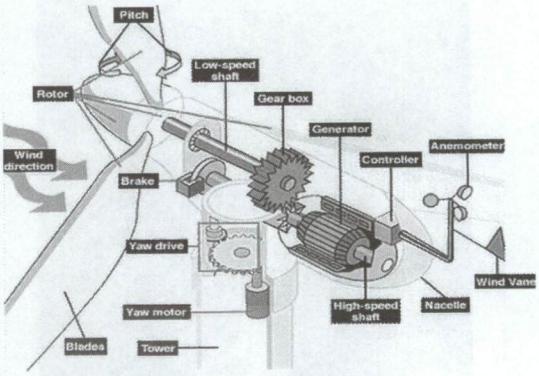
อย่างไรก็ตาม โดยทั่ว ๆ ไปแล้วในปัจจุบันเราสามารถแยกชนิดของกังหันลมออกเป็น 2 ชนิด หลัก คือ

- กังหันลมชนิดแนวแกนเพลาขนานกับพื้นระดับของโลกโดยมีชื่อเรียกว่า Horizontal Axis Wind Turbines หรือ HAWTs
- กังหันลมชนิดแนวแกนเพลาตั้งฉากกับพื้นระดับของโลกโดยมีชื่อเรียกโดยทั่วไปว่า Vertical Axis Wind Turbines หรือ VAWTs

คุณสมบัติของกังหันลม 2 ชนิดนี้จะอธิบายต่อไปในส่วนต่อไปของตำราของการออกแบบกังหันลม รวมไปถึงข้อดีข้อเสีย และการใช้งานที่แตกต่างกันไปของกังหันลมทั้ง 2 ชนิดนี้

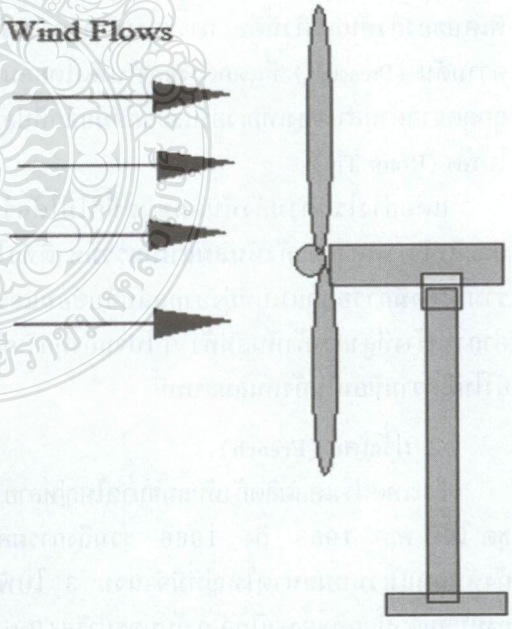
2.1.1 กังหันลมชนิดแกนนอน (HAWTs)

ในปัจจุบันนี้กังหันลมส่วนใหญ่ที่ทำการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยจะเป็นกังหันลมชนิดนี้ มีข้อดีหลัก ๆ คือสามารถเริ่มต้นทำงานเองได้ (Self Start) โดยไม่ต้องมีอุปกรณ์ช่วยในการเริ่มต้นการทำงาน อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงเมื่อเปรียบเทียบกับกังหันลมชนิดอื่น ๆ ประสิทธิภาพสูงสุดของกันหันลมชนิดนี้มีประมาณ 45% นั้นคือสามารถแปลงพลังงานจลน์ของลม (Kinetic Energy) จาก 100% มาเป็นพลังงานกล (Mechanical energy) ได้ 45 % แต่ในทางปฏิบัติจริงแล้วยังมีค่าความสูญเสีย (Losses) ในส่วนต่าง ๆ ของระบบอีกหลายส่วนซึ่งทำให้เมื่อมีการใช้นานจริง ๆ มีประสิทธิภาพในการทำงานแค่ 35% ส่วนประกอบหลัก ๆ ของกังหันลมชนิดนี้สามารถดูได้จากรูป ที่ 8

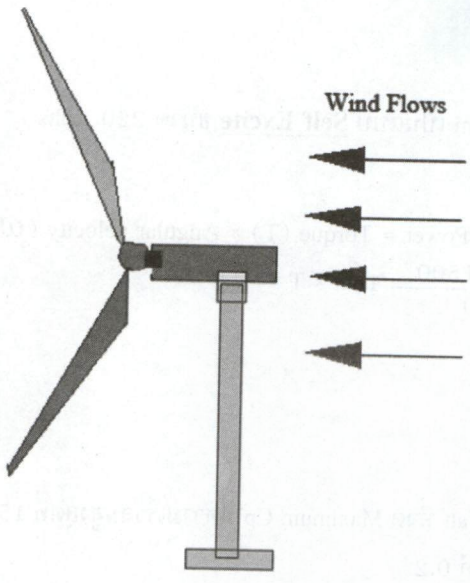


รูปที่ 8 ลักษณะรายละเอียดของ Modern Wind Turbines

ในปัจจุบันเราสามารถแยกชนิดของกังหันลมชนิดแนวแกนนอนออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ นั้นคือ กังหันลมชนิดแกนนอนรับลมมาจากด้านหน้า (Up Wind HAWTs) ดังแสดงในรูปที่8.1 และชนิดที่ 2 คือ กังหันลมชนิดแกนนอนรับลมมาจากด้านหลัง (Down Wind HAWTs) ซึ่งสามารถดูได้จากรูปที่ 8.2



8.1 Up Wind



8.2 Down Wind HAWTs

ข้อดีของกังหันชนิดแรก (Up wind HAWTs) คือใบพัด (Rotors) สามารถรับลมได้โดยไม่มีเสาของกังหันลม (Tower) มาบังทิศทางของลมทำให้มีประสิทธิภาพในการทำงานสูง แต่อย่างไรก็ตามกังหันลมชนิดนี้ไม่สามารถปรับใบพัดได้ตามทิศทางลมที่เปลี่ยนไป (Wind changing directions) ทำให้ต้องมีระบบปรับตัวใบพัด เมื่อทิศทางของลมเปลี่ยนไป เราเรียกระบบนี้ว่า (Yaw Mechanism) ทำให้มีการสูญเสียพลังงานเกิดขึ้นในตอนที่ลมเปลี่ยนทิศทางโดยเฉพาะตอนกระแสลมมีความผันผวนสูง กังหันลมชนิดรับลมมาจากด้านหลัง (Down wind) มีข้อได้เปรียบจากการที่ไม่มีระบบปรับใบพัด เมื่อลมเปลี่ยนทิศทาง อีกทั้งยังทำให้ระบบรองรับ (Supporting system) มีการออกแบบได้ง่ายขึ้นจากการที่น้ำหนักของตัวควบคุมมีขนาดเบาลง ซึ่งมีผลทำให้การใช้งานของแบริ่งมีอายุการใช้งานมากขึ้น

แต่อย่างไรก็ตามในปัจจุบันกังหันชนิดใหม่ ๆ ที่มีกำลังผลิตสูง ๆและมีขนาดใบพัดใหญ่ ก็ยังมีความนิยมใช้กังหันลมชนิดรับลมมาจากด้านหน้า (Up Wind HAWTs) เพราะจากการใช้งานและทดสอบเปรียบเทียบกันแล้วกังหันลมชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูงกว่าชนิดรับลมมาจากด้านหลัง (Down Wind) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการพัฒนาทางด้านอุปกรณ์ช่วยในการรับลมมีประสิทธิภาพสูงขึ้น เนื่องจากมีการวิจัยที่ต่อเนื่องแล้วยังร่วมไปถึงระบบควบคุมที่ทันสมัยของกังหันลมชนิด Upwind มีความทันสมัย และมีความแม่นยำสูงขึ้น

2.1.2 กังหันลมชนิดแนวแกนตั้ง (VAWTs)

ใบพัดของกังหันลมชนิดนี้หมุนตั้งฉากกับแนวรับลม (Perpendicular to the wind direction) และมีแนวแกนเพลาของกังหันลมตั้งฉากกับพื้นโลก ถึงแม้ว่าประสิทธิภาพโดยรวมแล้วกังหันลมชนิดนี้มีค่าประสิทธิภาพต่ำกว่าชนิดแนวแกนนอน (HAWTs) แต่คุณลักษณะพิเศษซึ่งเป็นข้อได้เปรียบอย่างสูงก็คือการที่ใบพัดของกังหันลมชนิดนี้สามารถรับลมได้ทุกทิศทาง (Catch The Wind From Any Directions) ทำให้สามารถตัดตัวระบบควบคุมใบพัดเพื่อปรับหาทิศทางลมออกไปได้เลย (No need in yaw mechanism) รวมถึงในปัจจุบัน การใช้งานของกังหันลมชนิดนี้มีการพัฒนาติดตั้งได้ง่ายบนอาคารสูงเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าและสามารถติดตั้งได้ง่ายบนยานพาหนะอาทิ เช่น ผลิตกระแสไฟฟ้าในเรือเพื่อแสงสว่างเป็นต้น กังหันลมชนิดแกนตั้ง (VAWTs) สามารถแบ่งย่อยอีกได้เป็นหลายชนิด ซึ่งในบทความฉบับนี้จะแบ่งแยกกังหันลมชนิดนี้ออกเป็น 3 ชนิดหลัก ๆนั้นคือ

- Savonious Rotor หรือ S-rotor
- Darieus Rotor หรือ D-rotor
- และผสมกันระหว่าง Savonious และ Darieus Rotor หรือ S+D rotor

กังหันลมชนิดแนวแกนนอนทั้ง3ชนิดขั้นต้นมีข้อดีและเสียแตกต่างกันออกไปซึ่งสามารถหาดูได้จากบทความและเอกสารต่าง ๆเพิ่มเติมได้

3. ตัวอย่างการออกแบบกังหันลมขนาด 5 kW

ในส่วนที่3นี้จะแสดงการออกแบบขั้นต้นในการหาขนาดของใบกังหันเพื่อนำมาผลิตกระแสไฟฟ้าขนาด 5 kW

1 หาแรงใน Generator

สมมุติใช้ Generator ขนาด 5kW ทำงานที่ 1500 rpm เป็นแบบ **Self Excite** ขนาด 220 Volts

เมื่อ Power = Volts × Amps

ดังนั้น $5000 = 220 \times I$, $I \sim 22$ Amp, และ Power = Torque (T) × Angular velocity (ω)

ดังนั้น $5000 = T \times \frac{2\pi N}{60} = T \times \frac{2\pi \times 1500}{60}$ $157 \times T$

$T = \frac{5000}{157} = 31.8$ N.m

2 หาแรงใน กังหันลม

จาก Power (P) = $1/2 \rho AV^3 \times CP$

- เนื่องจากเราต้องการผลิตกระแสไฟฟ้าให้ได้ 5000 Watt ที่จุด Maximum Cp ที่ความเร็วลมสูงสุดที่ 15 m/s
- ประมาณประสิทธิภาพของกังหันลม (Cp) ไว้ต่ำสุดที่ 0.2

5000 = ½ × ความหนาแน่นอากาศ (ρ) × ความเร็วลม ^2 (V^2) × พื้นที่ของกังหันลม (A) × ประสิทธิภาพของกังหันลม (Cp)

ดังนั้นจะได้ $5000 = ½ \times 1.225 \times A \times 15^2 \times 0.2$

จะได้ $A = 9.67$ M^2 และ A = ความสูง (H) × เส้นผ่านศูนย์กลางใบพัด (D)

$A = 2RH$

ในการออกแบบกังหันลมชนิดนี้กำหนดให้ H มีค่าประมาณใกล้เคียงกันมากที่สุดนั้นคือตั้ง ค่าความสูงของใบพัด (H) = 3 เมตร และให้ค่า R = 3.5 M. เราจะได้

$A = 10.5$ M^2

∴ ค่าคำนวณพลังงานในช่วงความเร็วลมต่าง ๆ ยกตัวอย่างเช่นที่ลมมีความเร็ว 3m/s เราจะได้

$P = ½ \times 1.225 \times 10.5\ 3^2 \times 0.2$

= 173.6 Watts และได้ที่ความเร็วลม 5 m/s ที่ประมาณ 800 Watts เป็นต้น

จะเห็นได้ว่าในการออกแบบกังหันลมนั้นเราจะออกแบบให้มีอัตราการผลิตไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่ลมความเร็วสูงสุดที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่กังหันลมจะนำไปติดตั้ง ซึ่งการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมก็ขึ้นอยู่กับตัวแปรอีกหลาย ๆอย่างมาคำนวณเพื่อใช้ในการออกแบบให้มีการทำงานของกังหันที่มีประสิทธิภาพสูง

References

- *B.S.Lissaman Robert E. Willson, Applied Aerodynamics of Wind Power Machine. Oregon State, 1974*

- *Fugsang and Helge Aa. Madsen, "Optimization of Stall Regulated Rotor," Wind Energy, vol. 16,1995*

- *Desire LE GOURIERES, Wind Power Plants Theory and Design. Headington Hill Hall: Pergamon Press Ltd, 1982.*

- *Wirachai Roynarin , Optimization of Vertical Axis Wind Turbines. Northumbria University,2004*

ประวัติผู้เขียนบทความ

ชื่อ: นายวิรชัย โรยนรินทร์

ตำแหน่ง: อาจารย์ 1 ระดับ 5

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2547 ปริญญาเอก เครื่องกล มหาวิทยาลัย Northumbria ประเทศอังกฤษ

พ.ศ. 2537 วศ.ม เครื่องกล มหาวิทยาลัย Northumbria ประเทศอังกฤษ

พ.ศ. 2535 วศ.บ เครื่องกล ศูนย์กลางสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

หน่วยงานที่สังกัดและที่อยู่

กระทรวงศึกษาธิการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

ต. คลอง 6 อ. ธัญบุรี จ. ปทุมธานี 12110

โทร 02-549-3433

แฟกซ์ 02-5493432

อีเมล์ wirachairoynarin@yahoo.com