



Faculty of Engineering at Si Racha



พลังงานลม (Wind Energy)

ศิริชัย วัฒนาโสภณ

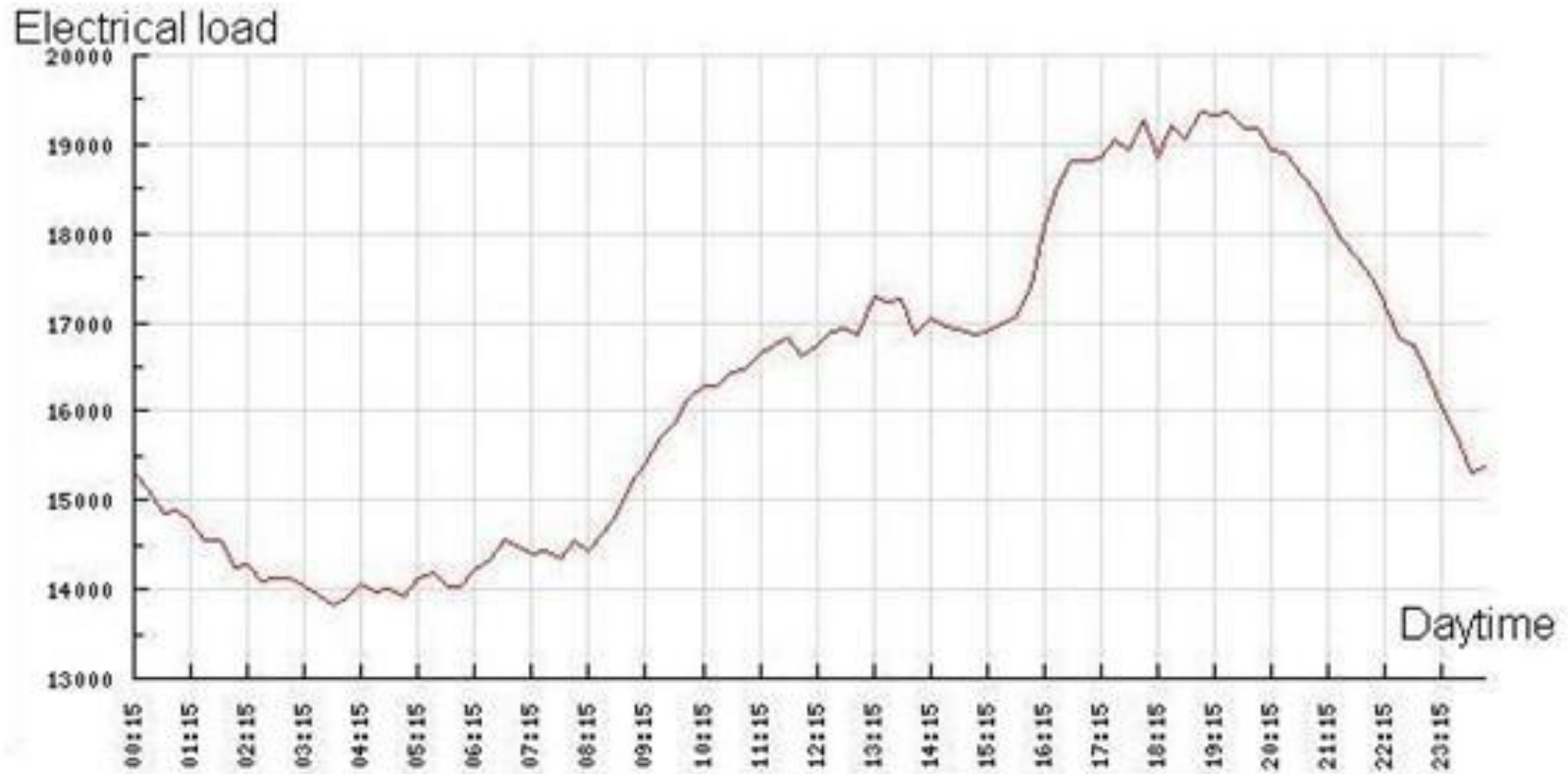


วัตถุประสงค์

- ▶ สามารถอธิบายถึงความแตกต่างระหว่างกำลังงานและพลังงานได้
- ▶ สามารถอธิบายถึงที่มาของลมได้
- ▶ รู้จักกังหันลมแต่ละประเภท
- ▶ สามารถนำพลังงานลมไปประยุกต์ใช้ได้
- ▶ สามารถอธิบายหลักการทำงานของกังหันลมผลิตไฟฟ้าได้



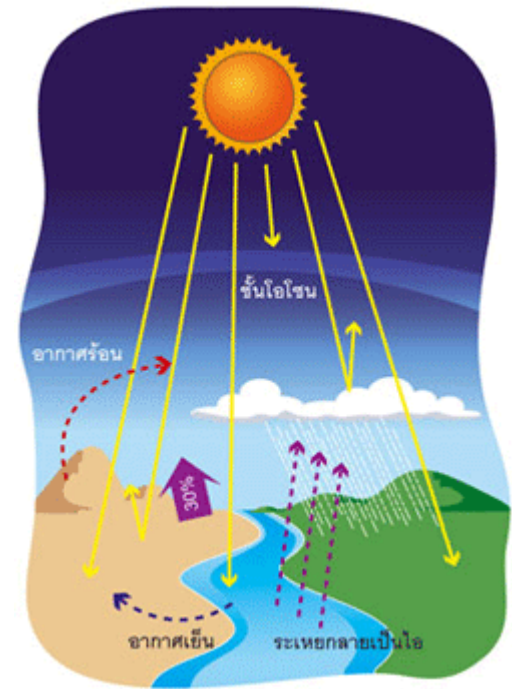
กำลังงานและพลังงาน (Power and Energy)



$$\text{พลังงาน (J)} = \text{กำลังงาน (W)} \times \text{เวลา (s)}$$

การเกิดลม

- ▶ เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิสองแห่ง
 - อากาศเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัว อากาศร้อนจึงลอยตัวสูงขึ้นอากาศที่อุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณข้างเคียงจะเคลื่อนที่เข้าแทนที่ การเคลื่อนที่ของอากาศเนื่องจากสองแห่งมีอุณหภูมิต่างกันทำให้เกิดลม



แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย

WIND RESOURCE ASSESSMENT OF THAILAND

BACK TO INDEX

WIND MAPS INCLUDING CALM

กำลังและความเร็วลมรวมช่วงลมสงบ

Month - เดือน

<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>
<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>11</u>	<u>12</u>

เฉลี่ยรายปี (Annual Average)

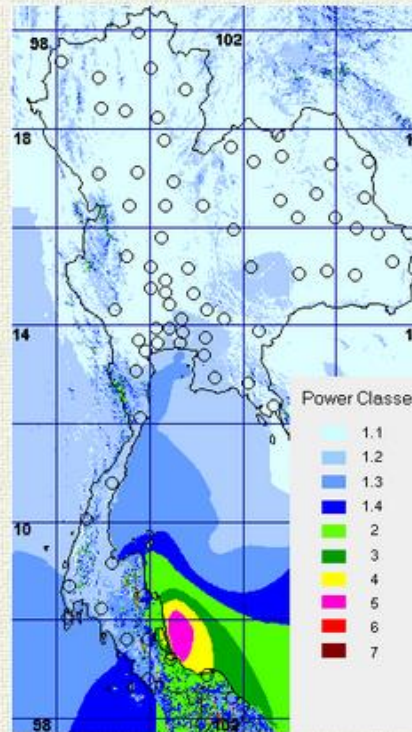
กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน

DEPARTMENT OF ENERGY DEVELOPMENT AND
PROMOTION

สนับสนุนโดย

กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย



FINAL REPORT

WIND MAPS EXCLUDING CALM

กำลังและความเร็วลมไม่รวมช่วงลมสงบ

Month - เดือน

<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>
<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>11</u>	<u>12</u>

เฉลี่ยรายปี (Annual Average)

จัดทำโดย

บริษัท เฟลโลว์ เอ็นจิเนียर्स คอนซัลแตนต์ จำกัด
FELLOW ENGINEERS CONSULTANTS CO., LTD.

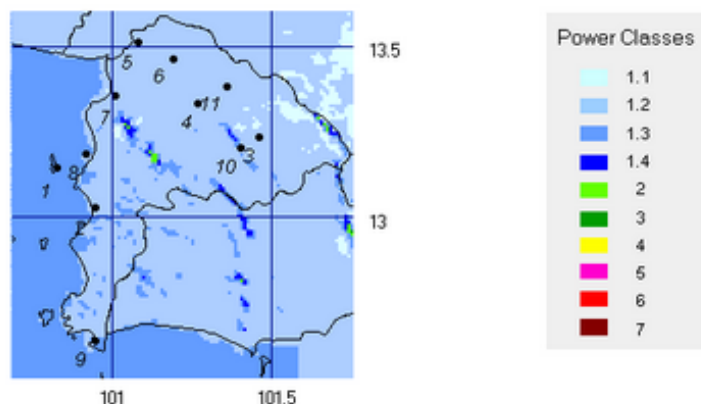


<http://www2.dede.go.th/renew/Twm/main.htm>

แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย

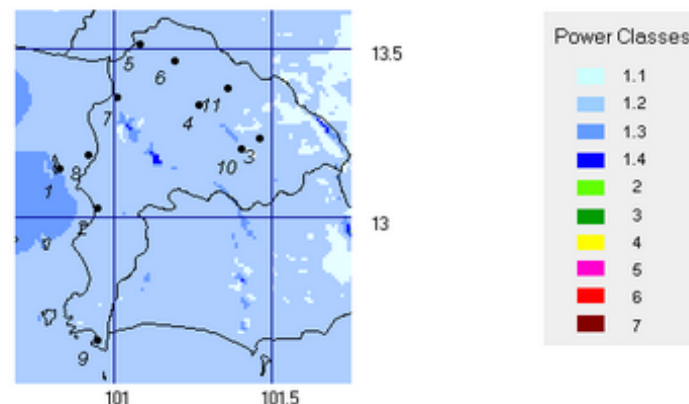
CHON BURI WIND MAP EXCLUDING CALM – ANNUAL AVERAGE

แผนที่ศักยภาพพลังงานลม จ.ชลบุรี ไม่รวมช่วงลมสงบ - เฉลี่ยรายปี



CHON BURI WIND MAP INCLUDING CALM – ANNUAL AVERAGE

แผนที่ศักยภาพพลังงานลม จ.ชลบุรี รวมช่วงลมสงบ - เฉลี่ยรายปี



No. / AMPHOE(อำเภอ)	LONG	LAT	CLASS
1.Ko Si Chang (อ.เกาะสีชัง)	100.83	13.14	1.3
2.Bang La Mung (อ.บางละมุง)	100.94	13.02	1.2
3.Bo Thong (อ.บ่อทอง)	101.46	13.23	1.2
4.Ban Bung (อ.บ้านบึง)	101.27	13.33	1.2
5.Phan Thong (อ.พานทอง)	101.08	13.51	1.2
6.Phanat Nikhom (อ.พนัสนิคม)	101.19	13.46	1.2
7.Muang Chon Buri (อ.เมืองชลบุรี)	101.01	13.35	1.2
8.Sri acha (อ.ศรีราชา)	100.94	13.18	1.2
9.Sattahip (อ.สัตหีบ)	100.95	12.63	1.3
10.Nong Yai (อ.หนองใหญ่)	101.4	13.2	1.2
11.Chan (อ.แฉ่ง อ.เกาะจันทร์)	101.36	13.38	1.2

No. / AMPHOE(อำเภอ)	LONG	LAT	CLASS
1.Ko Si Chang (อ.เกาะสีชัง)	100.83	13.14	1.2
2.Bang La Mung (อ.บางละมุง)	100.94	13.02	1.2
3.Bo Thong (อ.บ่อทอง)	101.46	13.23	1.2
4.Ban Bung (อ.บ้านบึง)	101.27	13.33	1.2
5.Phan Thong (อ.พานทอง)	101.08	13.51	1.2
6.Phanat Nikhom (อ.พนัสนิคม)	101.19	13.46	1.2
7.Muang Chon Buri (อ.เมืองชลบุรี)	101.01	13.35	1.2
8.Sri acha (อ.ศรีราชา)	100.94	13.18	1.2
9.Sattahip (อ.สัตหีบ)	100.95	12.63	1.2
10.Nong Yai (อ.หนองใหญ่)	101.4	13.2	1.2
11.Chan (อ.แฉ่ง อ.เกาะจันทร์)	101.36	13.38	1.2



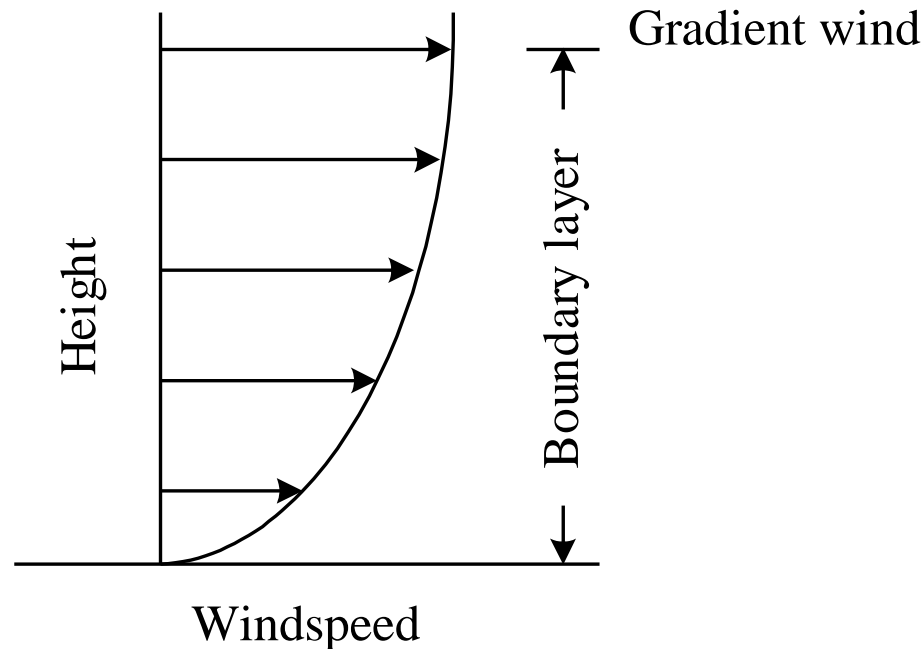
ลม (wind)

- ▶ ลม คือ อากาศที่เคลื่อนที่
- ▶ เกณฑ์สำหรับพิจารณาสภาพลม
 - ความเร็วลม *Anemometer*
 - ทิศทางลม *ศรลม*



ลม (wind)

- ▶ ลมที่นำมาใช้ประโยชน์ส่วนมากคือลมที่อยู่ใกล้ผิวโลก เรียกว่า *ลมผิวพื้น*
- ▶ ลมที่พัดในบริเวณพื้นผิวโลกภายใต้ความสูงประมาณ 1 km เหนือพื้นดิน
- ▶ ความเร็วลมมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กักระดับความสูง ดังแสดงในภาพ



ลม (wind)

► กำลังของลม

$$P_w = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

ρ	คือ	ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)
A	คือ	พื้นที่หน้าตัด (m^2)
v	คือ	ความเร็วลม (m/s)



กังหันลม (wind turbine)

- ▶ เครื่องจักรกลอย่างหนึ่งที่สามารถรับและแปลงพลังงานจลน์จากการเคลื่อนที่ของลมให้เป็นพลังงานกลได้
- ▶ กำลังงานที่กังหันสามารถสกัดได้จากกระแสลม

$$P_w = \frac{1}{2} C_p \rho A v^3$$

C_p คือ สัมประสิทธิ์กำลังงาน (Power Coefficient)
มีค่าสูงสุด 0.59



การประยุกต์ใช้พลังงานลม

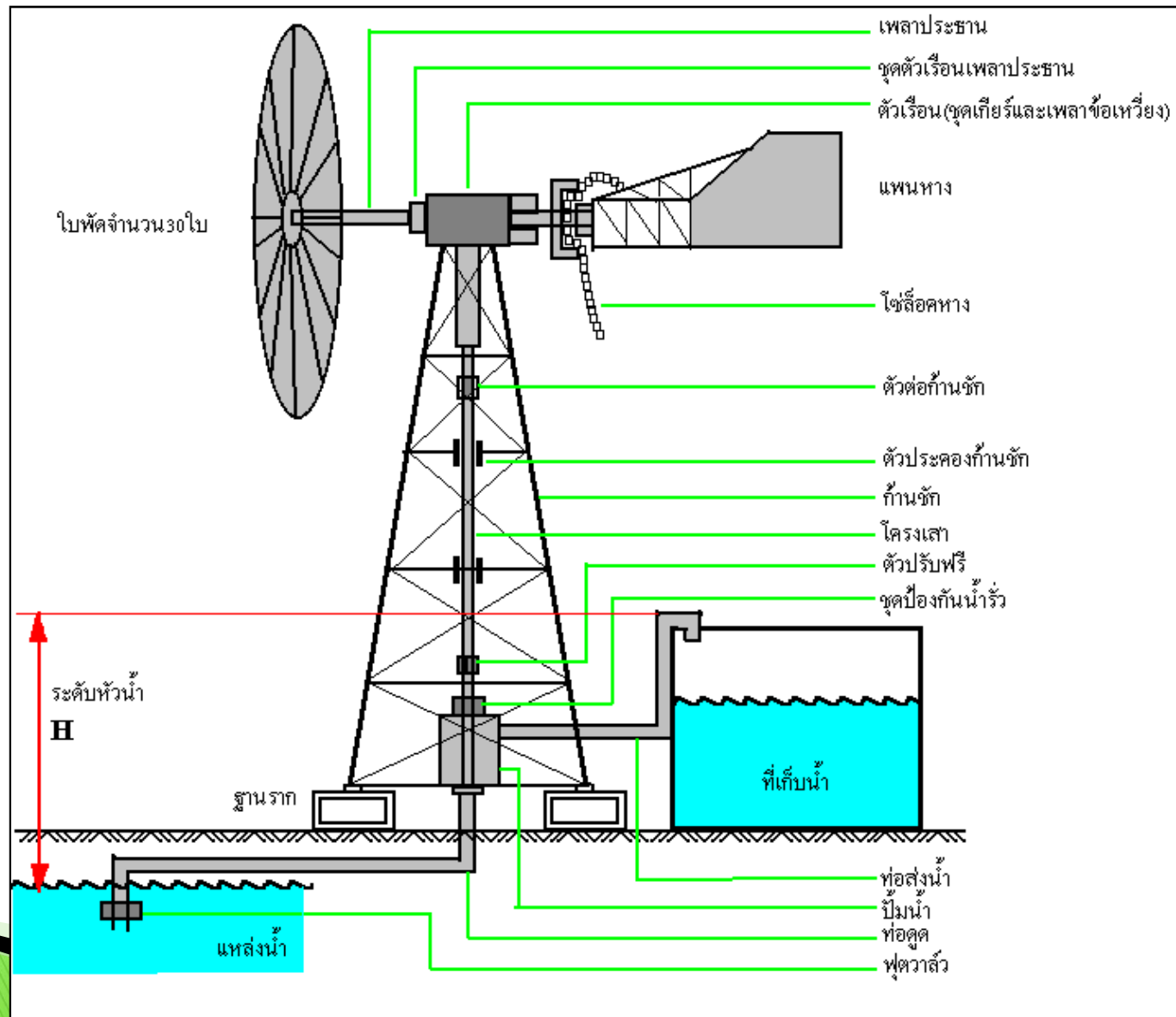
▶ กังหันลมเพื่อการสูบน้ำ

- สูบน้ำเพื่อการบริโภค
- สูบน้ำเพื่อการชลประทาน
- หมุนเวียนน้ำ
- เพื่อใช้ประโยชน์ทั่วไป เช่น ทำนาเกลือ ทำการกักเก็บน้ำ

▶ กังหันลมเพื่อการผลิตไฟฟ้า

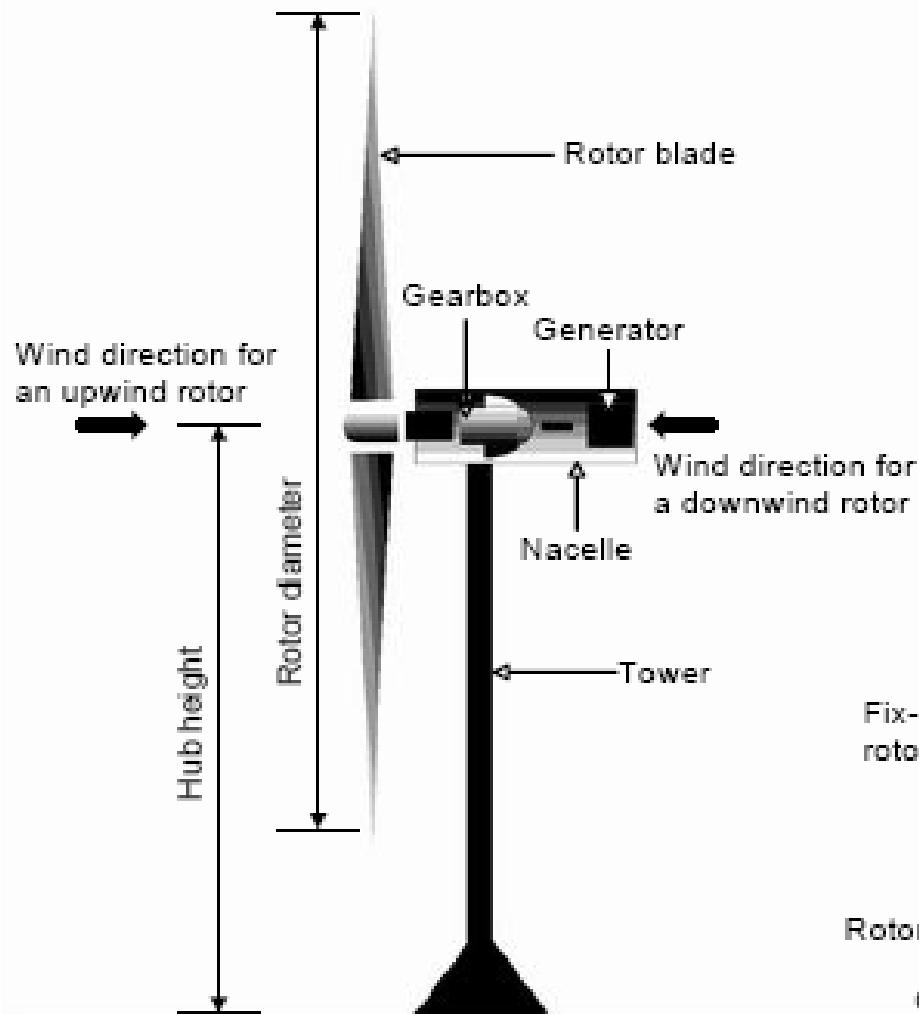


กังหันลมเพื่อการสูบน้ำ

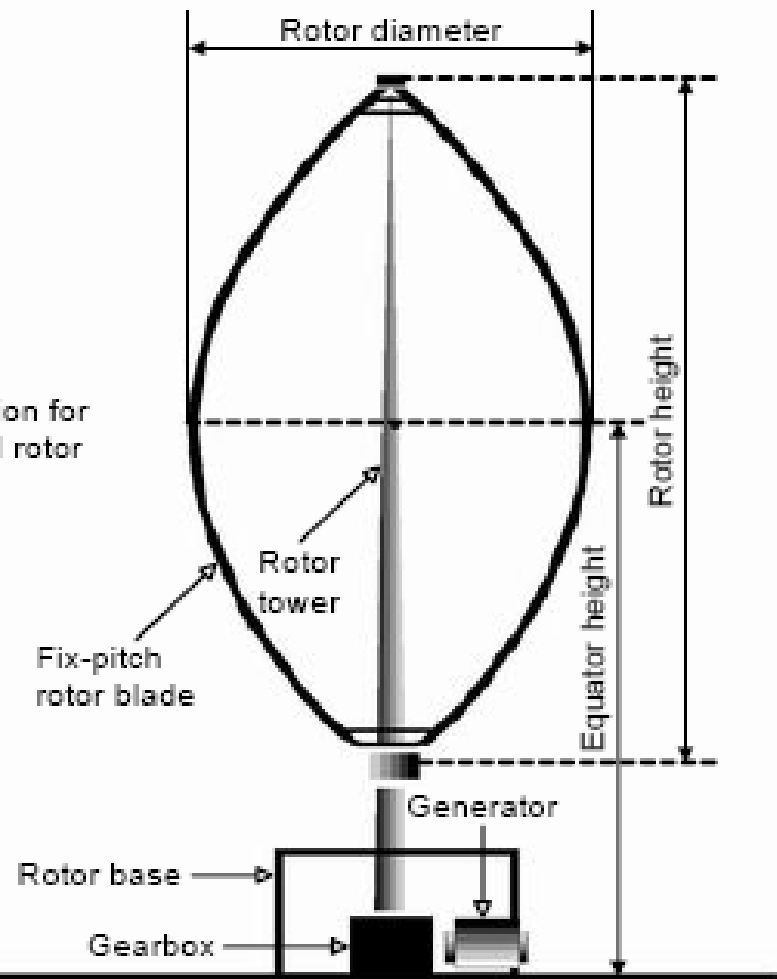


กังหันลมเพื่อการผลิตไฟฟ้า

Horizontal - Axis Wind Turbine (HAWT)



Vertical - Axis Wind Turbine (VAWT)



กังหันลมเพื่อการผลิตไฟฟ้า

▶ กังหันลมแนวแกนตั้ง (Vertical Axis Wind Turbine)

- มีแกนหมุนและใบพัดตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของลม
- มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานต่ำ
- สามารถรับลมได้ทุกทิศทาง
- การใช้งานน้อย



▶ กังหันลมแนวแกนนอน (Horizontal Axis Wind Turbine)

- มีแกนหมุนขนานกับทิศทางของลมโดยมีใบพัดเป็นตัวตั้งฉากรับแรงลม
- มีอุปกรณ์ควบคุมกังหันให้หันไปตามทิศทางของกระแสลม เรียกว่า หางเสือ
- มีอุปกรณ์ป้องกันกังหันชำรุดเสียหายขณะเกิดลมพัดแรง



กังหันลมเพื่อการผลิตไฟฟ้า

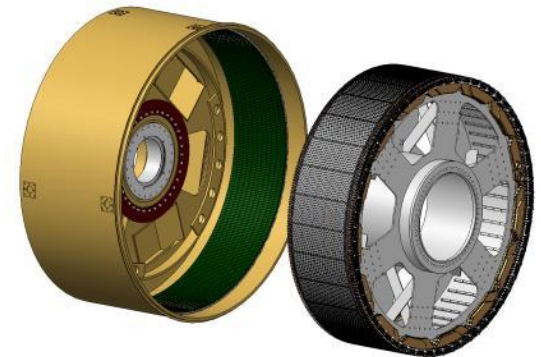
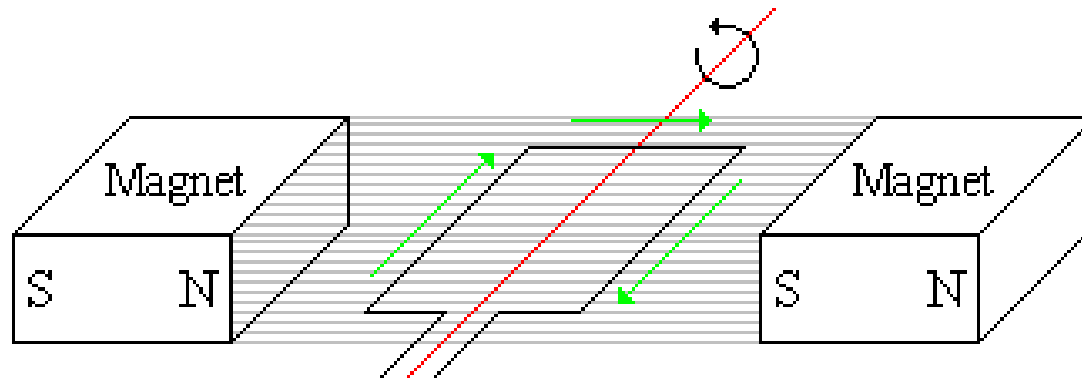
▶ ใบกังหัน (Turbine Blades)

- กังหันลมที่มีจำนวนใบมากจะใช้กับงานที่ต้องการแรงบิด (Torque) สูง
- กังหันลมที่มีจำนวนใบน้อยจะใช้กับงานที่ต้องการความเร็วรอบสูง



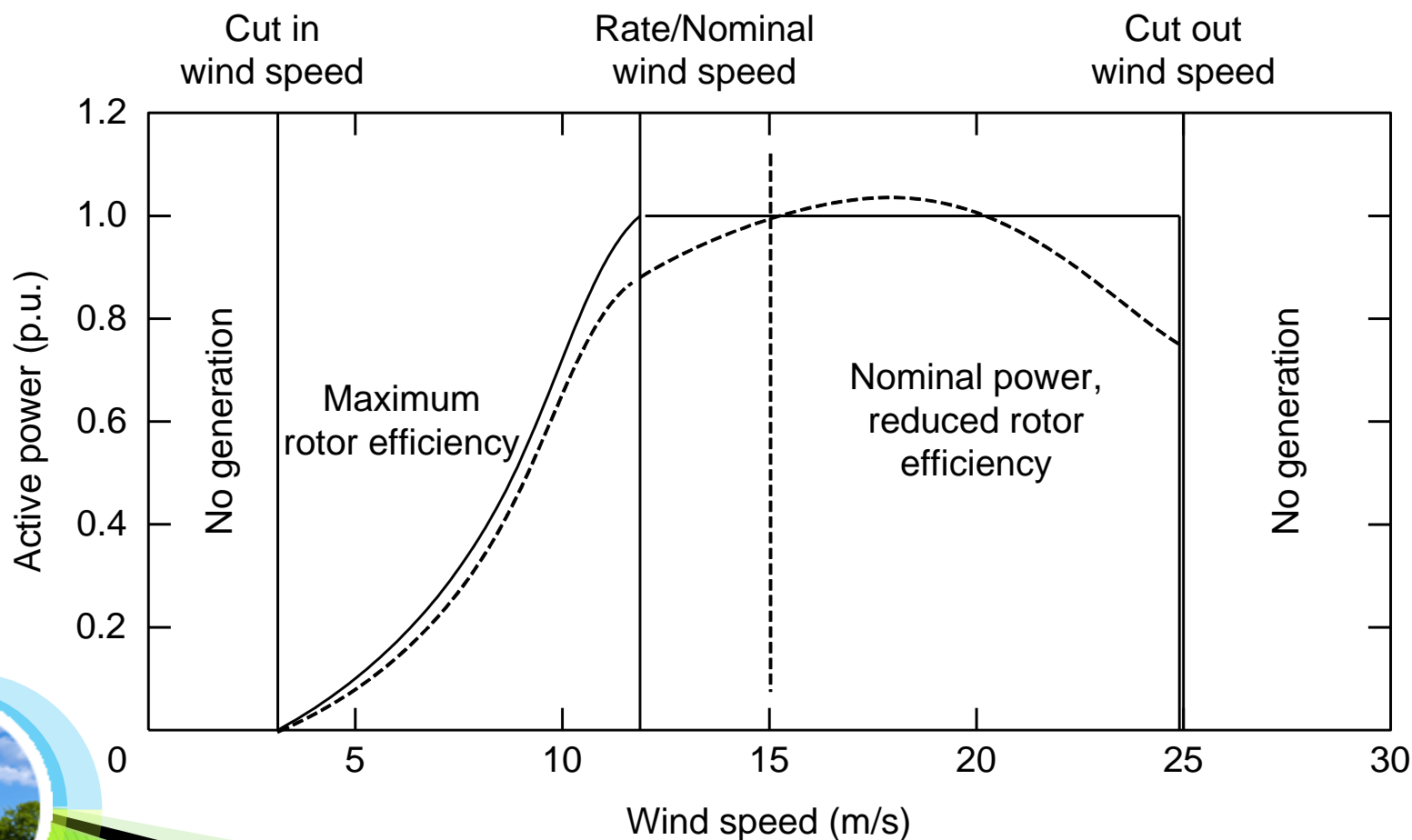
กังหันลมเพื่อการผลิตไฟฟ้า

► เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)



กังหันลมเพื่อการผลิตไฟฟ้า

- ▶ แผนภูมิแสดงกำลังไฟฟ้าและช่วงการทำงานของกังหันลมแบบต่างๆ



กัณฑ์ลมเพื่อการผลิตไฟฟ้า

ขนาด	ϕ (m)	ความเร็ว (m/s)	กำลังไฟฟ้า	แรงดันไฟฟ้า
200 W	2.1	2.5 - 6	250	12/24 V
300 W	2.5	2.5 - 7	400	24 V
500	2.5	2.5 - 8	700	24/36 V
1 kW	2.7	2.5 - 9	1.3 kW	48 V
2 kW	3.1	2.5 - 9	2.5 kW	120/240 V
5 kW	6.4	2.5 - 10	6 kW	240 V
10 kW	8	2.5 - 10	12 kW	240/360 V
20 kW	8	2.5 - 12	25 kW	420 V

ระบบการติดตั้งกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้า

▶ ระบบการติดตั้งใช้งานแบบเดี่ยว (Stand Alone System)

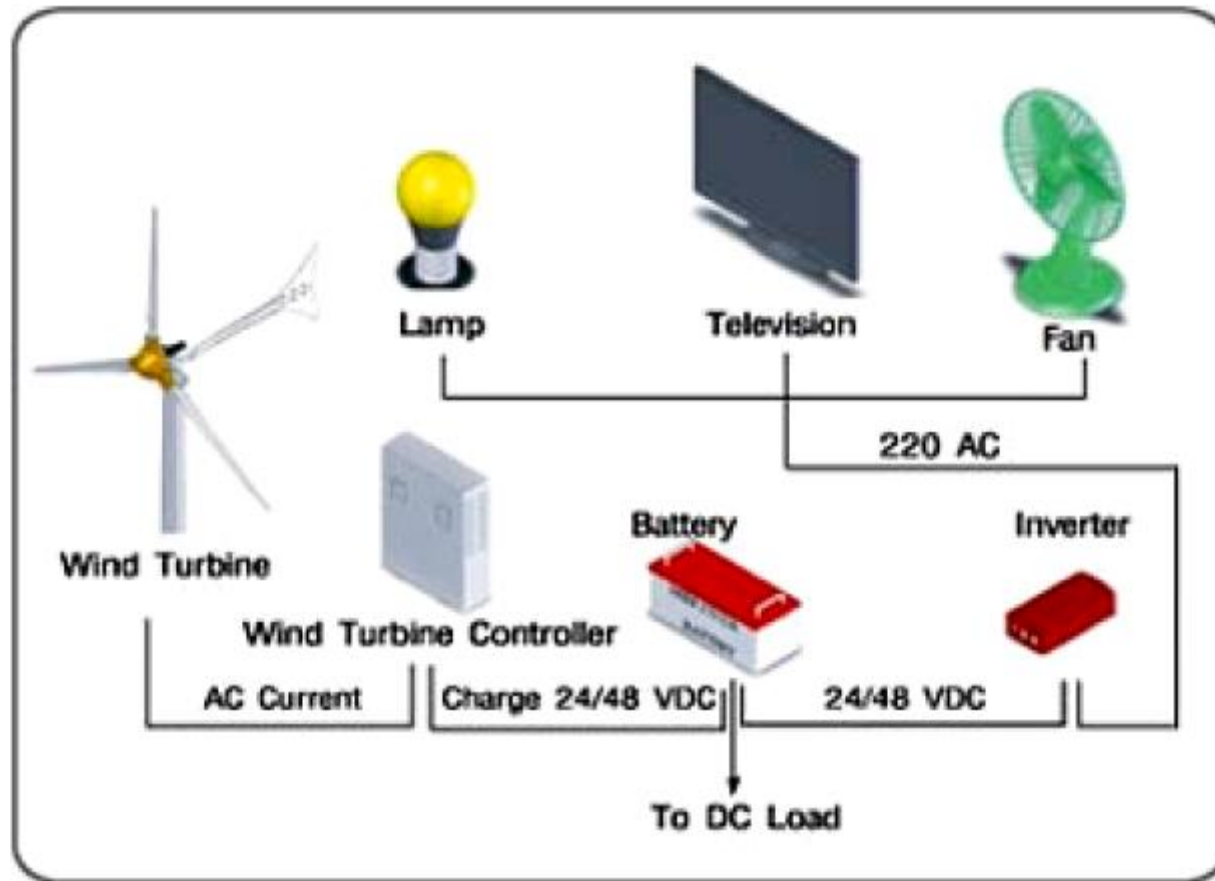
เป็นระบบการติดตั้งกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้าที่สามารถนำกระแสไฟฟ้าที่ได้ไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าได้โดยตรง

▶ ระบบการติดตั้งใช้งานแบบเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบสายส่ง (Grid Connected System)

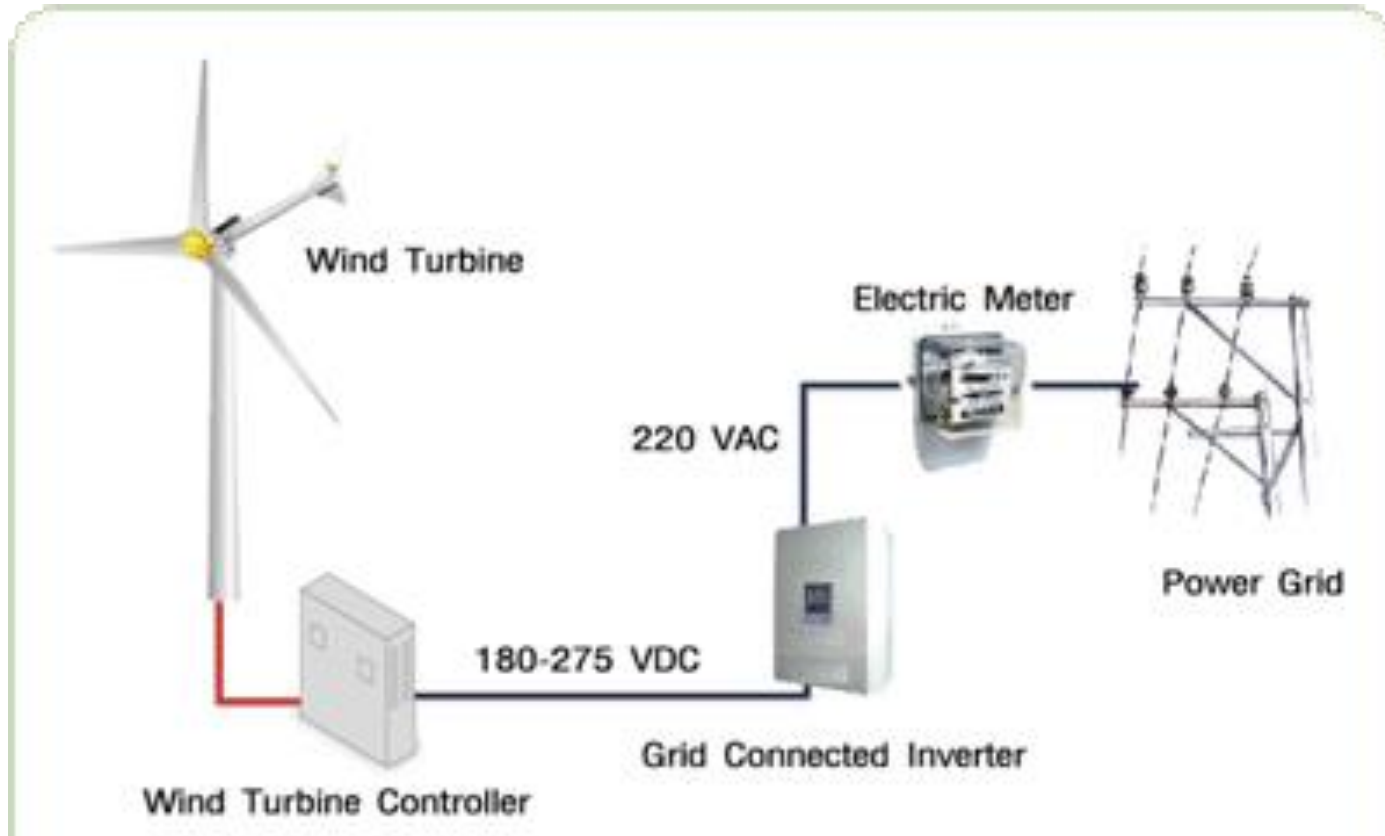
เป็นระบบการติดตั้งกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้าที่เชื่อมต่อเข้าสู่ระบบสายส่ง โดยกระแสไฟฟ้าที่ได้จะผ่านเข้าสู่ระบบสายส่งก่อนที่จะส่งจ่ายไปสู่ผู้ใช้ไฟฟ้า



ระบบการติดตั้งใช้งานแบบเดี่ยว (Stand Alone System)



ระบบการติดตั้งใช้งานแบบเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบสายส่ง



เกณฑ์พิจารณาการติดตั้งกังหันลม

- ▶ ตรวจสอบและประเมินค่าศักยภาพของพลังงานลมในพื้นที่
- ▶ ประเมินความต้องการพลังงานจากพลังงานลมที่เป็นจริง
- ▶ เลือกแบบกังหันที่เหมาะสม
 - ความเร็วลมพิกัด (Rated wind speed)
- ▶ วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์
 - ต้นทุนกังหันลมผลิตไฟฟ้า
 - ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา (ประมาณปีละ 4% ของราคากังหันลม)
 - ราคากระแสไฟฟ้า



กังหันลมในประเทศไทย



กังหันลมแบบแกนแนวตั้ง
ที่บ้านอ่าวไผ่ อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี



กังหันลมแบบแกนแนวนอน (แบบล้อจักรยาน)
ที่บ้านอ่าวไผ่ อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี



กังหันลมในประเทศไทย

- ▶ กังหันลมผลิตไฟฟ้าที่ลำตะคอง อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา
 - ความเร็วลม 6 m/s
 - ติดตั้ง 2 ชุด งบประมาณ 145 ล้านบาท
 - มีความสูง 68 เมตร กำลังการผลิตชุดละ 1.25 MW รวม 2.5 MW



กังหันลมในประเทศไทย

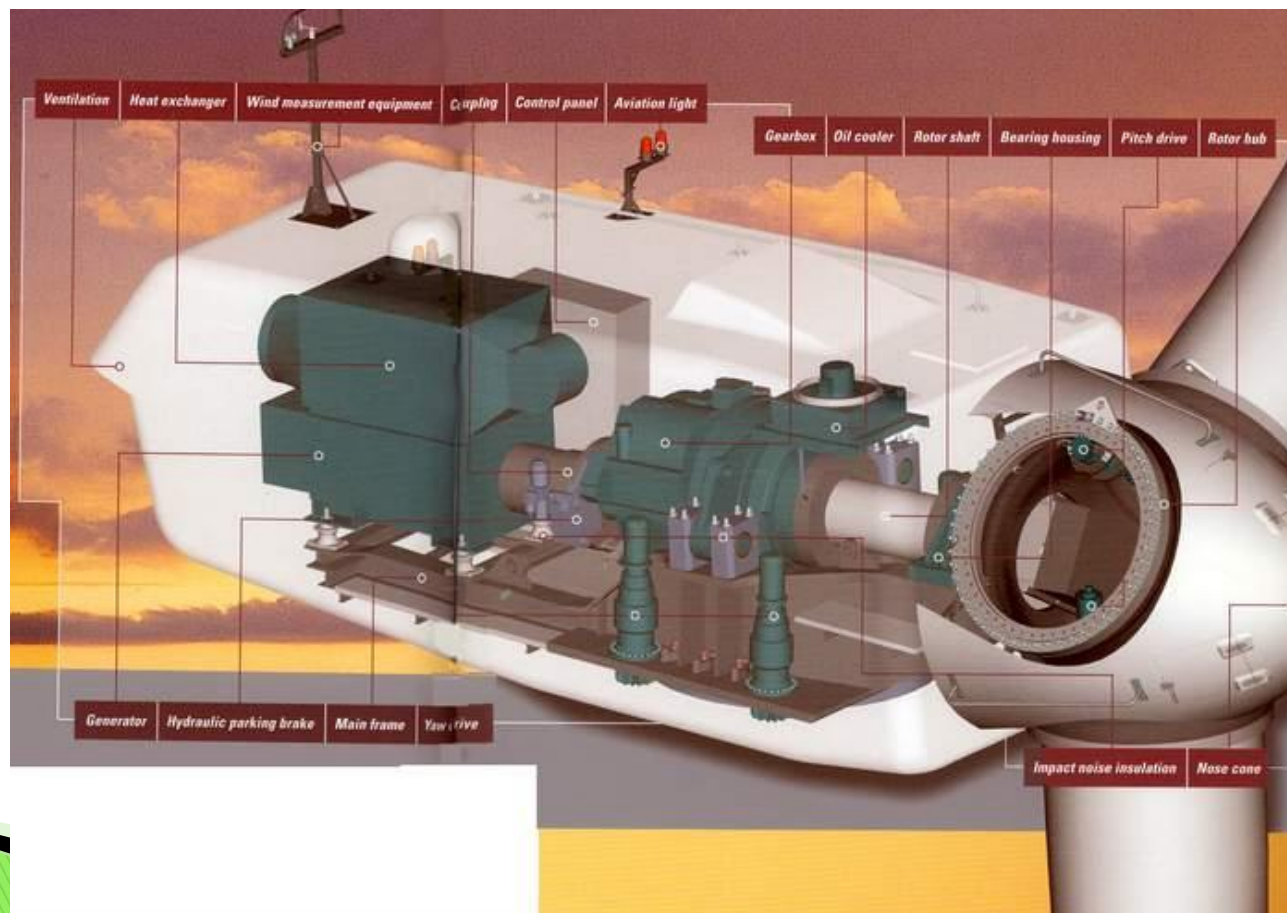
- ▶ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยก็ทำการทดสอบกังหันลมผลิตไฟฟ้าบริเวณแหลมพรหมเทพ จังหวัดภูเก็ต ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2539
 - กังหันลม BWC EXCEL-R/240 ขนาด 10 kW 2 ตัว จากประเทศอเมริกา
 - กังหันลม Nord Tank ขนาด 150 kW จากประเทศเดนมาร์ก



กังหันลมในประเทศไทย

Wind Turbine Generator Components & Specification

Type : NTK 150/25



กังหันลมในประเทศไทย

02.01.00 TECHNICAL DATA

1. MAIN SPECIFICATIONS

Nominal rating	:	150	kW
Rotor diameter	:	24.6	m
Swept rotor area	:	475	m ²
Hub height	:	32.5	m
Rotor speed	:	38	rpm
Complete weight approx.	:	21	tons

2. ROTOR

Number of blades	:	3	
Diameter	:	24.6	m
Swept rotor area	:	475	m ²
Hub height standard	:	32.5	m
Rotor speed (Sync.)	:	37.6	rpm
Tip speed (Sync.)	:	48.4	m/s
Rotor shaft tilt	:	4	°
Tip setting	:	-0.5	°
Solidity	:	7.3	%
Power regulation	:		Stall
Orientation	:		Upwind
Complete weight approx.	:	3.9	tons



กังหันลมในประเทศไทย

13. GENERATOR

Manufacturer	:	ABB MOTOR	
Type	:	M3CA 315 SMA, 4-pole	
Enclosure	:	IP54, closed, jacket cooled	
Form of mounting	:	B3, foot mounted	
Insulation class	:	Class F	
Frequency	:	50 Hz	
Name plate rating	:	150 kW/Class B temperature rise	
Maximum power rating	:	165 kW/Class F temperature rise	
Full load current at 150 kW	:	275 Ampere	
No load current	:	122 Ampere	
Voltage	:	3 x 400 Volt	
Rotation	:	1500 - 1512 RPM	
KVAr no load	:	72 kVAr	
KVAr full load	:	119 kVAr	
Weight	:	750 kg	
Generator load		Efficiency %	Power factor
125 %	:	95.0 :	0.82
100 %	:	95.0 :	0.80
75 %	:	94.6 :	0.75
50 %	:	93.4 :	0.65
25 %	:	89.1 :	0.42



กังหันลมในประเทศไทย

8. GEARBOX

8.1. General

Design	:	Two step parallel shafts/helical
Ratio	:	1 : 39.90
Low speed shaft nom.	:	38.0 rpm
High speed shaft max.	:	1512 rpm
Nominal mechanical power	:	175 kW
Application factor	:	$K_A = 1.3$

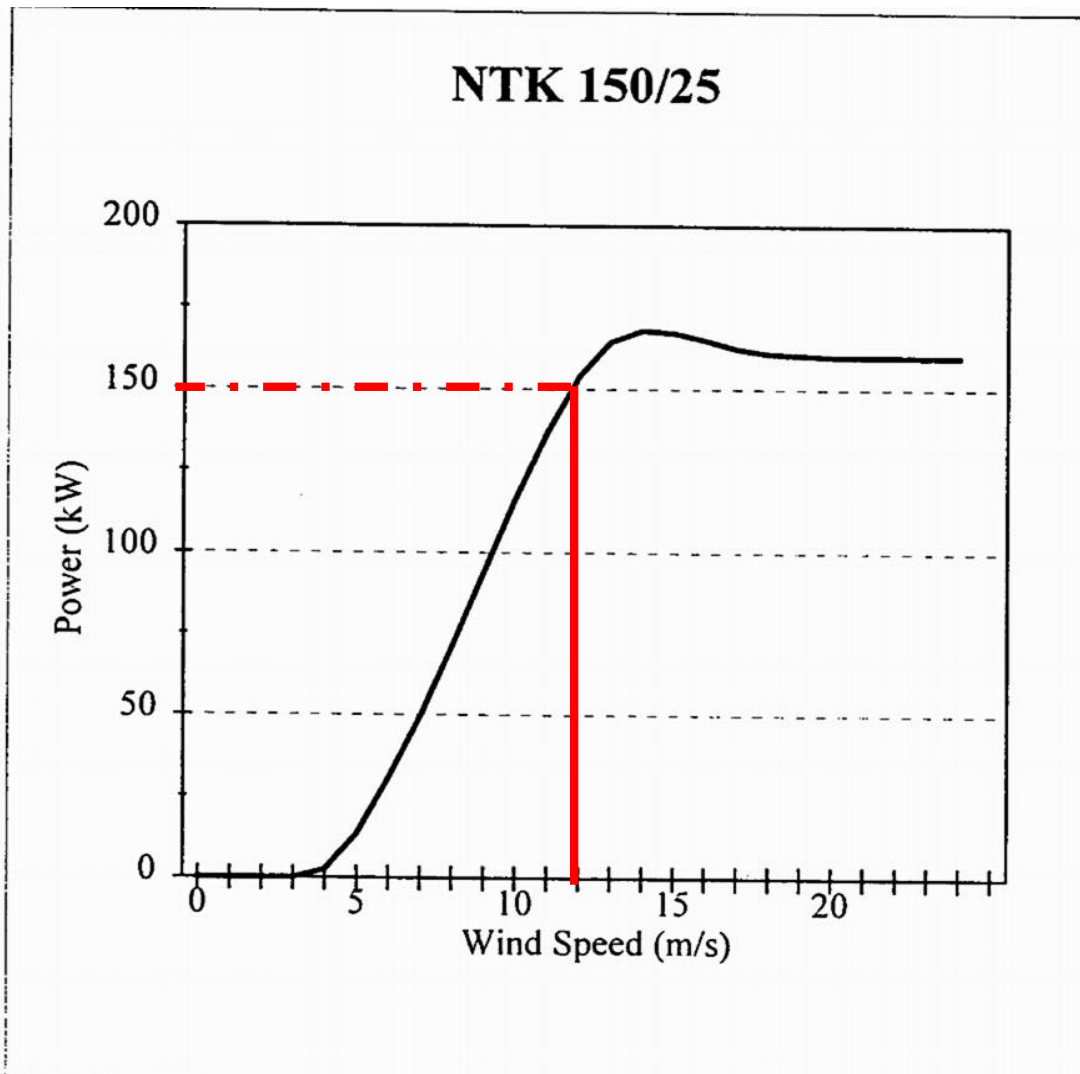
18. TOWER

Manufacturer	:	NORDTANK design
Type	:	Conical tubular steel
Tower height	:	31 m
Plate/flange materials	:	Steel 37.2
Bolt material	:	ISO 8.8/10.9 hot dip galvanized
Protection	:	Epoxy painted
Weld seam control	:	Weld cl. B norm according to DS 412
Access	:	Through a lockable door in the tower
Tower ascent	:	Internal ladder
Access to the nacelle	:	From nacelle platform
Total weight approx.	:	11 tons



กังหันลมในประเทศไทย

(m/s)	(kW)
0	0.0
1	0.0
2	0.0
3	0.0
4	2.4
5	13.3
6	30.4
7	49.3
8	70.9
9	93.3
10	116.3
11	136.7
12	153.9
13	164.5
14	168.0
15	167.4
16	165.1
17	162.4
18	160.9
19	160.4
20	160.0
21	160.0
22	160.0
23	160.0
24	160.0



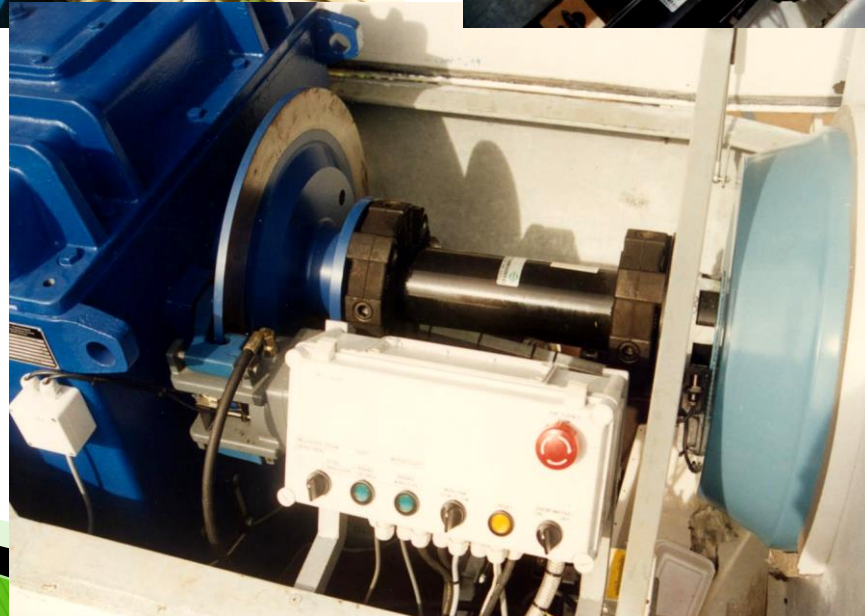
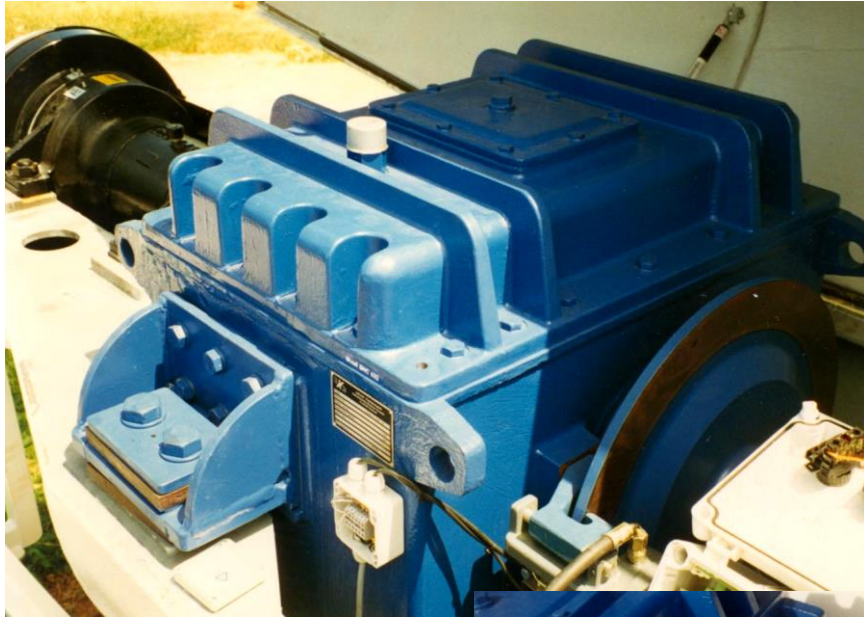
กังหันลมในประเทศไทย



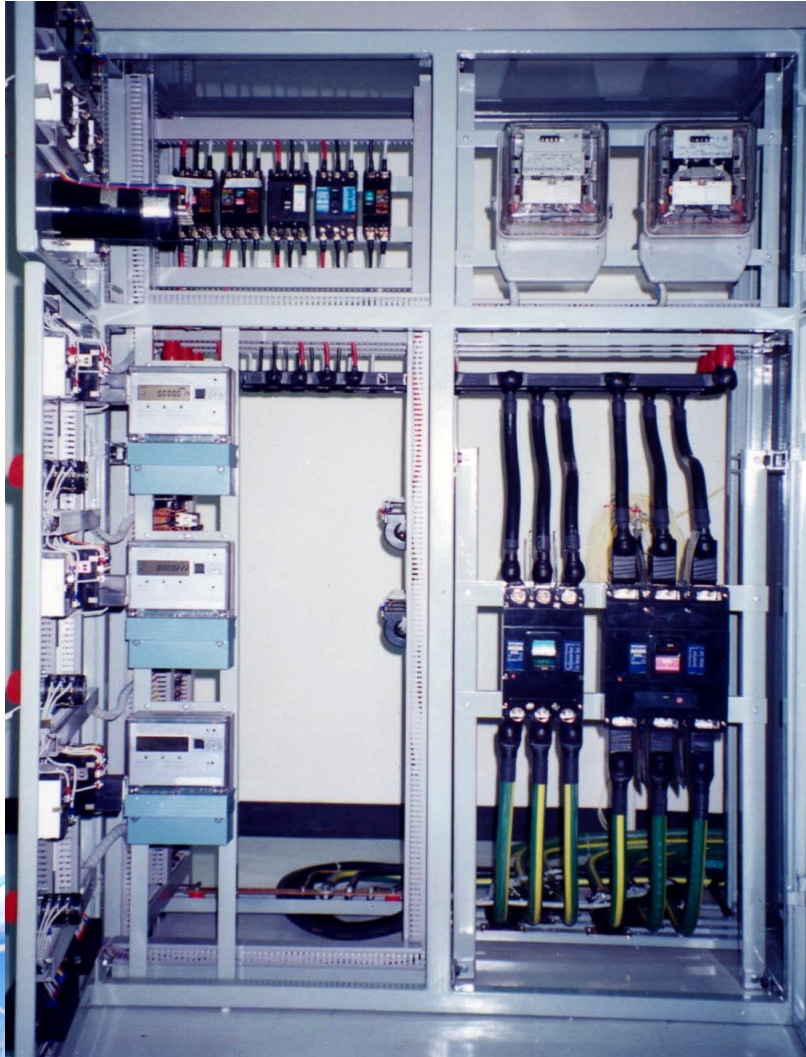
กังหันลมในประเทศไทย



กังหันลมในประเทศไทย



กังหันลมในประเทศไทย



ผลกระทบจากการใช้กังหันลม

- ▶ **ด้านพื้นที่** กังหันลมจะต้องติดตั้งอยู่ห่างกัน 5-10 ของความสูงกังหัน แต่การติดตั้งกังหันลมจะไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ต่างๆ
- ▶ **ด้านทัศนวิสัย** กังหันลมที่ติดตั้งอยู่ตามทุ่งหญ้า สร้างความสวยงาม สร้างจินตนาการ และความคิดต่างๆ ให้กับผู้พบเห็น
- ▶ **ด้านเสียง** ระดับของเสียงในบริเวณอาคาร บ้านเรือนหรือที่พักอาศัยที่จะเป็นอันตรายต่อมนุษย์อยู่ที่ไม่เกิน 40 เดซิเบล ที่ระยะห่างไม่เกิน 250 เมตร
- ▶ **ความยั่งยืน** การทำงานของกังหันลมผลิตไฟฟ้าไม่ก่อให้เกิดมลพิษ สามารถใช้เป็นเทคโนโลยีเพื่อการผลิตไฟฟ้าทดแทนการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลและนิวเคลียร์ ดังนั้นเทคโนโลยีกังหันลมจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการพัฒนาอย่างยั่งยืน



สรุป

ลมคือการเคลื่อนที่ของอากาศ อันเนื่องมาจากการเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิหรือความกดอากาศระหว่างแหล่งต่างๆ บนพื้นโลก กังหันลมเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานจลน์จากการเคลื่อนที่ของลมให้เป็นพลังงานกล พลังงานกลที่ได้สามารถนำไปใช้โดยตรงหรือนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ในปัจจุบันได้มีการใช้เพื่อทดแทนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานซากดึกดำบรรพ์ในอัตราส่วนที่มากขึ้นเรื่อยๆ เพราะพลังงานลมเป็นพลังงานสะอาดไม่ก่อให้เกิดภาวะมลพิษที่ร้ายแรง และเป็นพลังงานที่ไม่มีต้นทุนในส่วน of แหล่งกำเนิด



คำถามทบทวน

- ▶ จงอธิบายกระบวนการเกิดลม
- ▶ จงอธิบายถึงหลักการทำงานโดยทั่วไปในการนำเอาพลังงานลมมาใช้
- ▶ จงให้ความหมายและบอกความแตกต่างของช่วงเริ่มความเร็วลมและช่วงความเร็วลม
- ▶ จงบอกถึงประเภทของกังหันลมและลักษณะทั่วไปมาพอสังเขป
- ▶ จงบอกถึงส่วนประกอบหลักๆ ที่สำคัญของกังหันลมที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า
- ▶ จงบอกถึงส่วนประกอบหลักๆ ที่สำคัญของกังหันลมที่ใช้ในการสูบน้ำ
- ▶ จงกล่าวถึงศักยภาพและความเหมาะสมในการใช้พลังงานลมในประเทศไทย
- ▶ จงกล่าวถึงผลกระทบจากการใช้พลังงานลมมาพอสังเขป



เอกสารอ้างอิง

- ▶ <http://www.i15.p.lodz.pl/strony/ElC/ec/energy.html>
- ▶ <http://www2.dede.go.th/renew/Twm/main.htm>
- ▶ <http://www.thaigoodview.com/library/contest2552/type1/science03/16/contents/p01.html>
- ▶ <http://th.wikipedia.org/>
- ▶ <http://www.eia.doe.gov/backgrndfig22.htm>
- ▶ <http://www.engineo.co.th/products/AVANTIS/AVANTIS%20wind%20turbine.html>

