

LISTEN.
THINK.
SOLVE.SM

Win-Win in Wind Power

Alex Zhong
OEM Business Manager, Greater China

(Confidential – For Internal Use Only)

Agenda & Topics

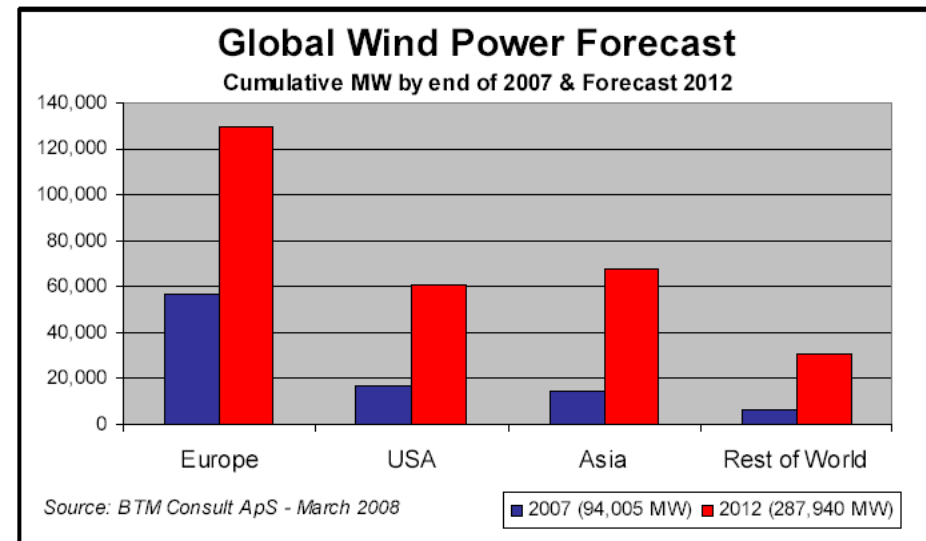
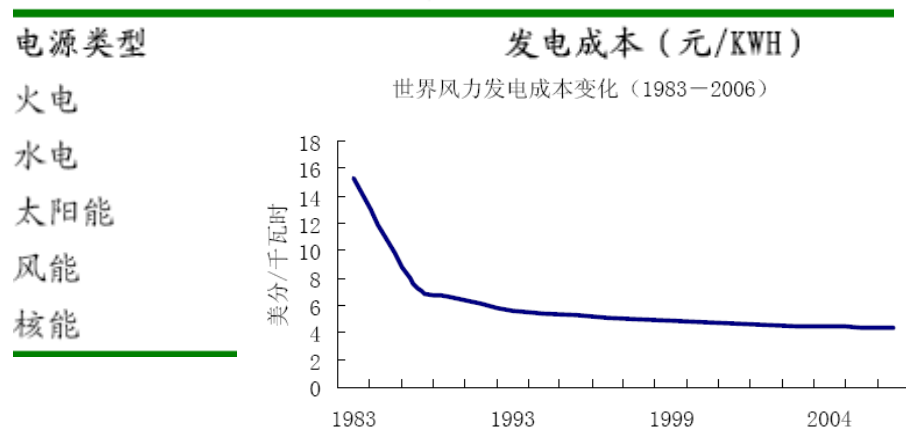
- Wind Power Market Overview
- RA Opportunity& Solution for Wind Power
 - Wind Farm Power Management
 - Power Quality Management
 - SCADA
 - Networks
 - Wind Turbine
 - Main Control
 - Pitch Control
 - Converter
 - ICM



Wind Power Market Overview

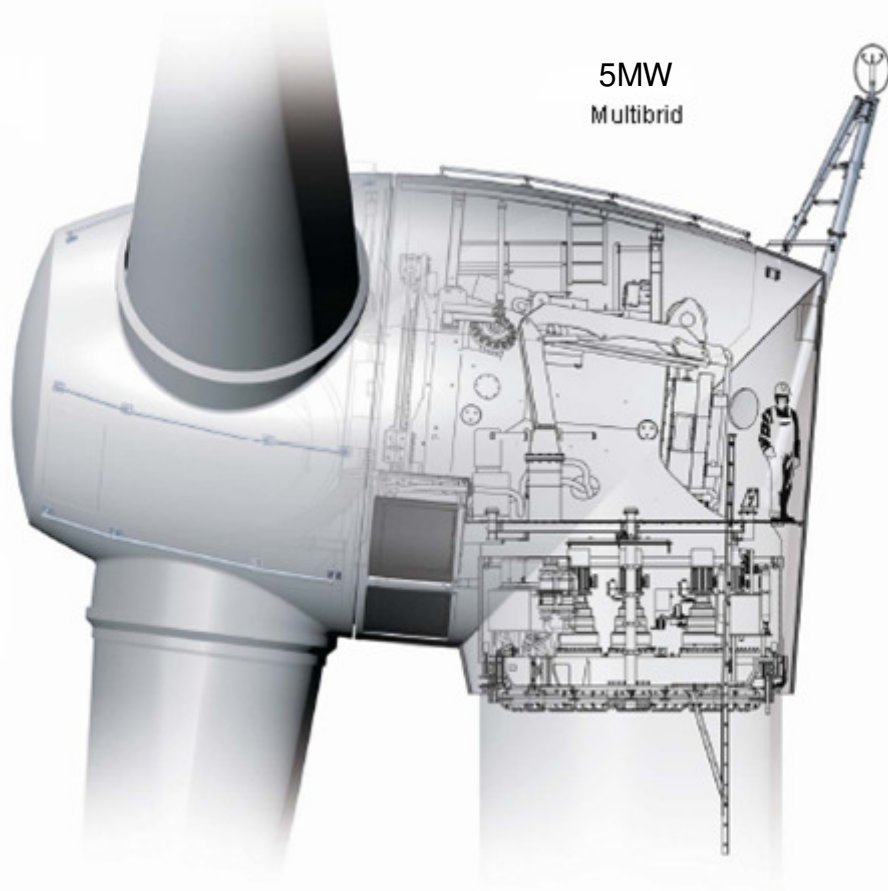
- Global wind power market: 预计2010年，风力发电成本还可下降30%，接近常规能源成本
 - ~20,000MW of new capacity installed in 2007, ~20% CAGR expected in the coming years. Not only China government put accelerated investment on wind power, but also new Obama government promised to encourage alternative energy ...

表1 主要电源发电成本 (2005)



- China wind power market
 - 10,000MW wind power installation, till now
 - Accelerated investment plan
 - To achieve 100,000MW wind power installation in CY2020. It means annual > 10,000MW wind power projects in the coming years. It means **annual ~ 7,000 sets of 1.5MW wind turbine** in the coming years.

Wind Turbine Size



Turbine Size Range	1998-99 1,013 MW 1,418 turbines	2000-01 1,758 MW 1,987 turbines	2002-03 2,125 MW 1,784 turbines	2004-05 2,782 MW 1,937 turbines	2006 2,454 MW 1,532 turbines
0.00 to 0.5 MW	1.3%	0.4%	0.5%	1.9%	0.7%
0.51 to 1.0 MW	98.4%	73.9%	44.2%	17.6%	10.7%
1.01 to 1.5 MW	0.0%	25.4%	42.8%	56.6%	54.2%
1.51 to 2.0 MW	0.3%	0.4%	12.3%	23.9%	17.6%
2.01 to 2.5 MW	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	16.3%
2.51 to 3.0 MW	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.5%

Source: AWEA/GEC project database.

Largest wind turbines installed in the U.S. (rated capacity, in MW)

Rated capacity (MW)	Turbine manufacturer	Locations installed
3	Vestas	CA, TX
2.5	Clipper, Nordex	IL, IA, MN, NY, WY
2.3	Siemens	MN, ND, OR, TX, WA
2.1	Suzlon	IA, MO, OK
2	Gamesa	CA, IL, IA, MN, PA, TX

- The trend is wind turbine become larger and larger.
- In China, <1MW is declining, accelerated growth in 1.5MW and 2MW
- North American highest volume was 1.5 MW in 2006 – moving to 2.5MW in 2008-09

Major Wind Turbine Vendors in China -2006

表3 2006年中国风电设备制造商市场份额（不含台湾省）

新增装机容量					累计装机容量				
排名	类别	制造商	占当年新增 装机比例	容量 (KW)	排名	类别	制造商	占总装机 比例	容量 (KW)
1	内资	金风	33.29%	445.2	1	内资	金风	25.68%	667.35
2	外资	Vestas	23.55%	314.95	2	外资	Vestas	18.73%	486.8
3	外资	Gamesa	15.89%	212.5	3	外资	Gamesa	18.63%	484.05
4	外资	GE Wind	12.68%	169.5	4	外资	GE Wind	10.74%	279
5	内资	东汽	5.61%	9	5	外资	NEG Micon	5.85%	151.95
6	合资	航天安迅能	3.70%	49.5	6	外资	Nordex	4.82%	125.35
7	外资	Nordex	2.04%	27.3	7	内资	华锐	2.89%	75
8	内资	华锐	1.46%	75	8	合资	航天安迅能	1.90%	49.5
9	外资	Suzlon	0.93%	12.5	9	外资	Micon	1.89%	49
10	内资	运达	0.67%	19.5	10	内资	运达	1.22%	31.75
11	内资	哈电	0.09%	1.2	11	合资	西安维德	1.13%	29.4
		合计	99.91%	1336.15			合计	93.48%	2429.15

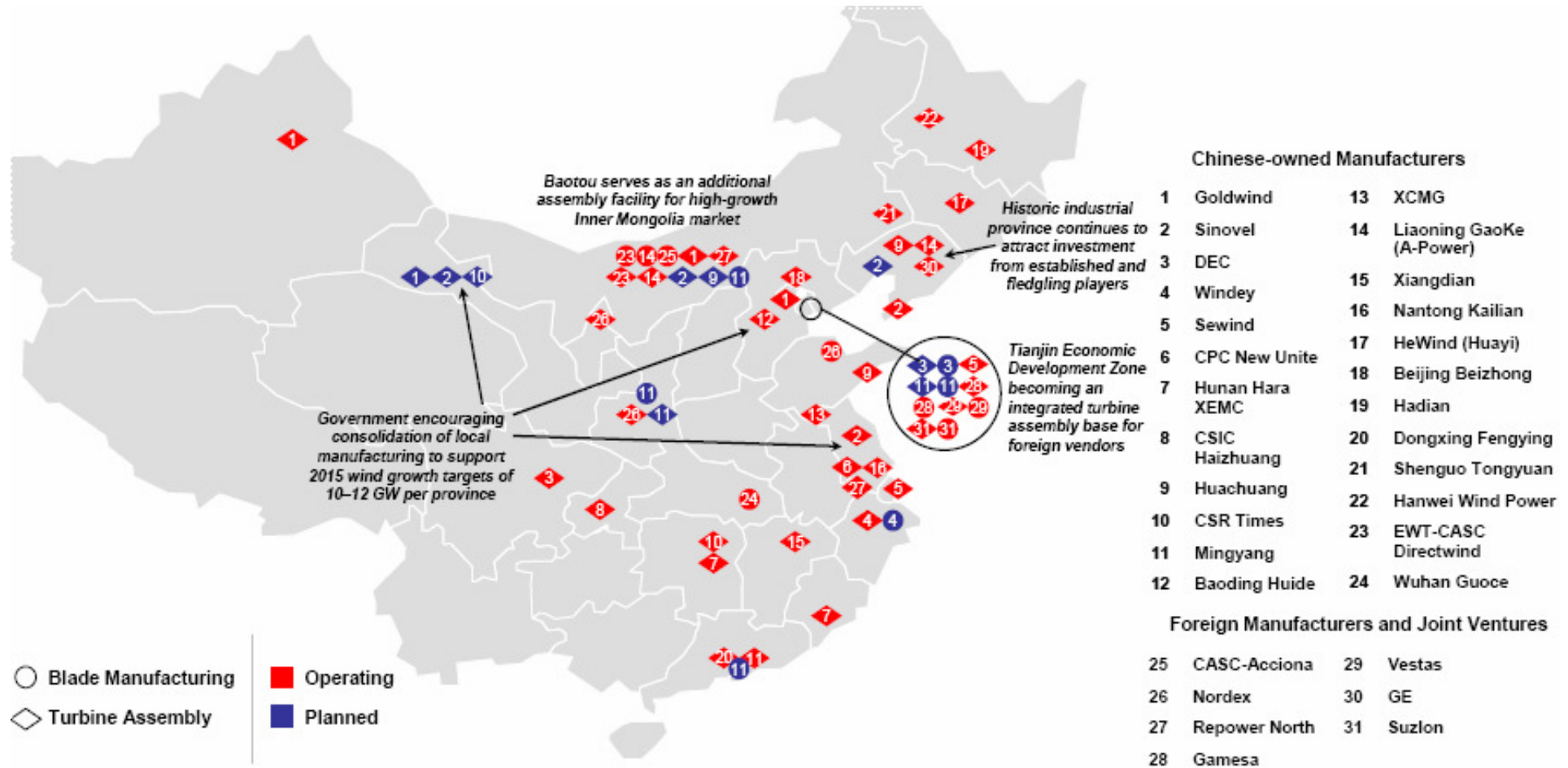
资料来源：中国风能协会

注：Vestas 于 2003 年并购 NEG Micon, GE Wind 前身是安然风能

(Confidential - For Internal Use Only) Copyright © 2007 Rockwell Automation, Inc. All rights reserved.

~

Major Wind Turbine Vendors in China



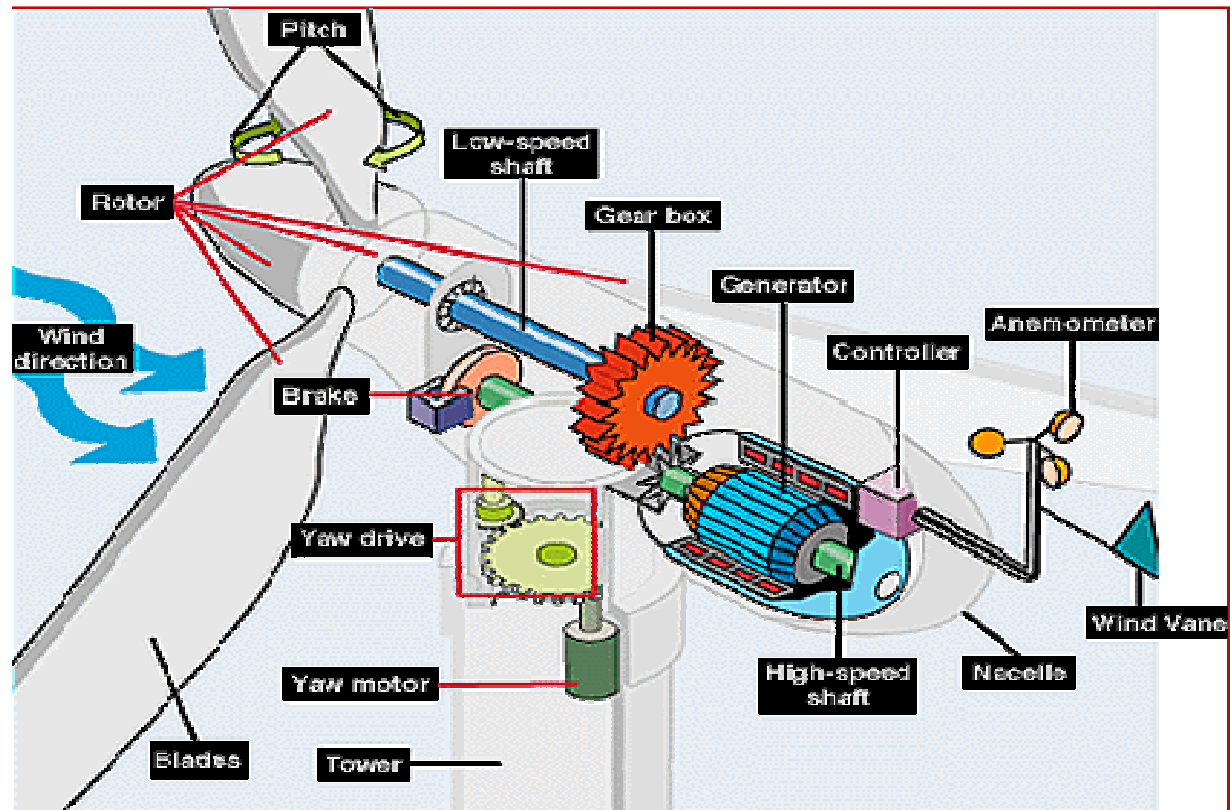
- Foreign vendors: Vestas, Gamesa/龙源^{EU}, GE Wind, Nordex, REPower, 恩德/大唐^{EU}, Acciona, Suzlon TJ. Local vendors: 金风Goldwind, 东汽(DEC), Mingyang, 华锐Sinovel, 大重, 上海电气, 华仪Zhejiang Yunda (Windey), Sewind, CPC New Unite, Hunan Hara XEMC, CSIC (Chongqing) Haizhuang), Shenyang Huachuang, Hanwei Wind, Baoding Huide, CSR Times, Liaoning GaoKe

Major Wind Turbine Vendors in China- Local

公司	产品	简要介绍
华 仪 电 气 (600290)	整机	公司掌握了 600KW、750KW、800KW 风力发电机组的制造技术，并且 06 年 10 月华仪集团已与德国爱诺敦公司签订了联合开发 1.5MW 变桨、变速恒频双馈风力发电机组合同，将为公司风机制造提供强大的技术支持，公司计划 08、09 年完成 1.2、1.5MW 风电机组的开发。
天 威 保 变 (600550)	整机	公司利用定向增发募集的资金投入 2.5 亿元进入风力发电整机项目，06 年 3 月组建了天威风电，将从英国 GH 公司引进风机设计技术，期限自 06 年 6 月 28 日至 09 年 6 月 28 日，涉及完成后，天威风电将是该 1.5MW 风机设计技术知识产权的所有者。
湘 电 股 份 (600416)	整机	06 年 4 月，公司与日本国株式会社原弘产合资成立湖南湘原风能有限公司。06 年 11 月，定向增发募资 3.2 亿元，投向兆瓦级风力发电机及风力发电机组整机产业化项目，建设期 2 年，2010 年项目达产后形成年产 300 套风力发电机组整机和 500 套电机电控的生产能力。
长 征 电 器 (600112)	整机	公司与银河集团、艾万迪斯能源咨询有限公司三方共同出资成立艾万迪斯银河风力有限公司，公司投入 1500 万元，持有合资公司 15% 的股份。合资公司进行 25.MW 级 AV908 风力发电机组研究设计项目，计划 08 年 4 月份推出首台 2.5MW 级直驱型变速变桨风力发电机组，达产后形成 100 台 2.5MW 风机生产能力。
ST 仪 表 (000862)	整机	公司 2007 年 5 月 9 日公告，与三菱重工业株式会社就风力发电机技术许可使用事项签订了技术供给合同，项目预计 2007 年下半年试生产，2008 年上半年正式投产，全年计划生产 50—70 套 1MW 风力发电机组，预计实现销售收入约 2-4 亿
上 电 股 份 (600627)	电控	大股东上海电气集团成立风电设备公司，引进国际先进的 1.25MW 风力发电机组。与加拿大森瑞克斯共同投资组建上海电气森瑞克斯电力电子有限公司，投资 2000 万美元，公司控股 51%，从事风电发电逆变器及监控系统的设计、研究、生产、组装和销售。

Agenda & Topics

- Wind Power Market Overview
- RA Opportunity& Solution for Wind Power
 - Wind Farm Power Management
 - Power Quality Management
 - SCADA
 - Networks
 - Wind Turbine
 - Main Control
 - Pitch Control
 - Converter
 - ICM

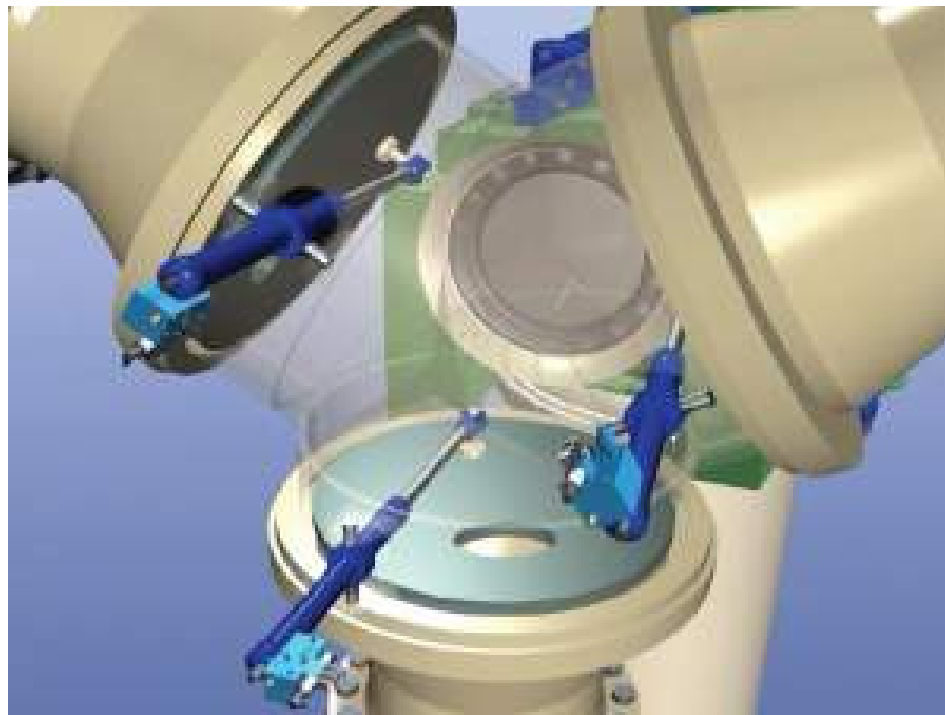


Wind Turbine Control Basics

变桨机构

一种风力发电机叶片调节装置，风力较大时，减小桨叶迎角；风小时，增大桨叶迎角。

在额定风速附近(以上), 依据风速的变化随时调节桨距角, 控制吸收的机械能, 一方面保证获取最大的能量(与额定功率对应), 同时减少风力对风力机的冲击。在并网过程中, 变桨距控制还可实现快速无冲击并网。



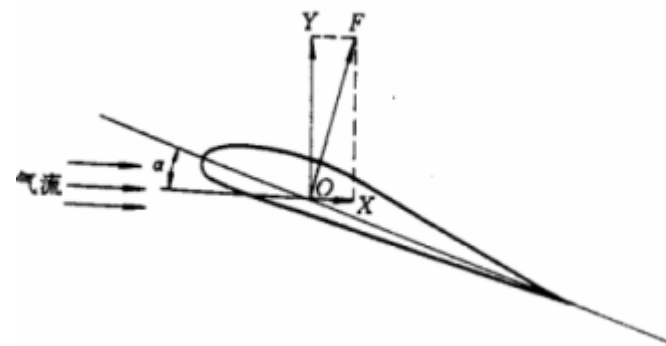
变桨系统与变速恒频技术配合,提高了风力发电系统的发电效率和电能质量!

Wind Turbine Control Basics

叶片几何攻角

翼型上合成气流的方向与翼型几何弦的夹角

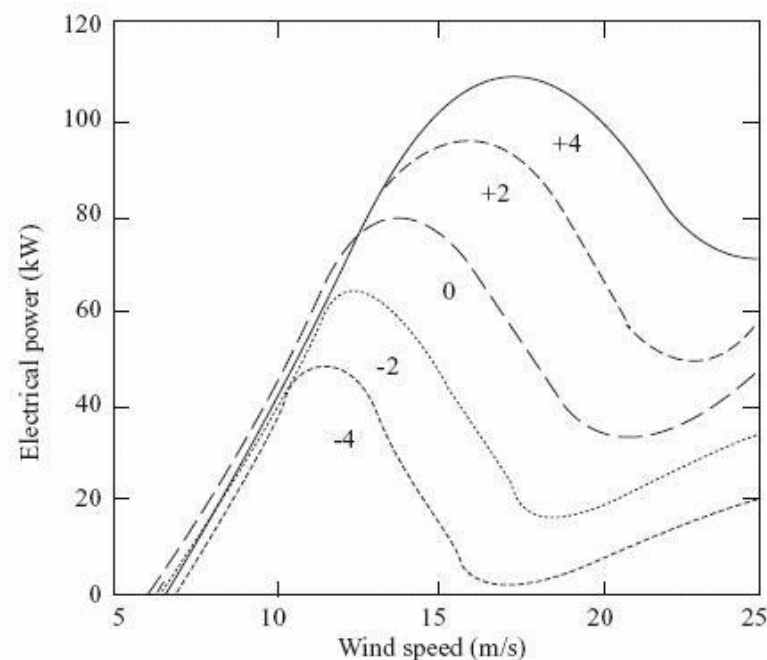
从空气动力学的角度考虑, 当风速过高时, 只有通过调整桨叶节距, 改变气流对叶片攻角, 从而改变风力机获得的空气动力转矩, 才能使功率输出保持稳定. 同时, 风力机在起动过程也需要通过变距来获得足够的起动转矩。



变桨距

桨叶绕其纵轴在一定角度范围内转动
从而调节桨距角

输出功率对桨距角变化非常敏感！！



桨距角

- 桨距角最重要的应用是功率调节，桨距角的控制还有其他优点。
- 风轮开始旋转时，采用较大的正桨距角可以产生一个较大的启动力矩。
- 风轮停止时，经常使用 90° 的桨距角，使风轮刹车制动时，空转速度最小。
- 在 90° 正桨距角时，叶片称为“顺桨”。
- 额定风速以下时，为尽可能捕捉较多的风能，因而没有必要改变桨距角。

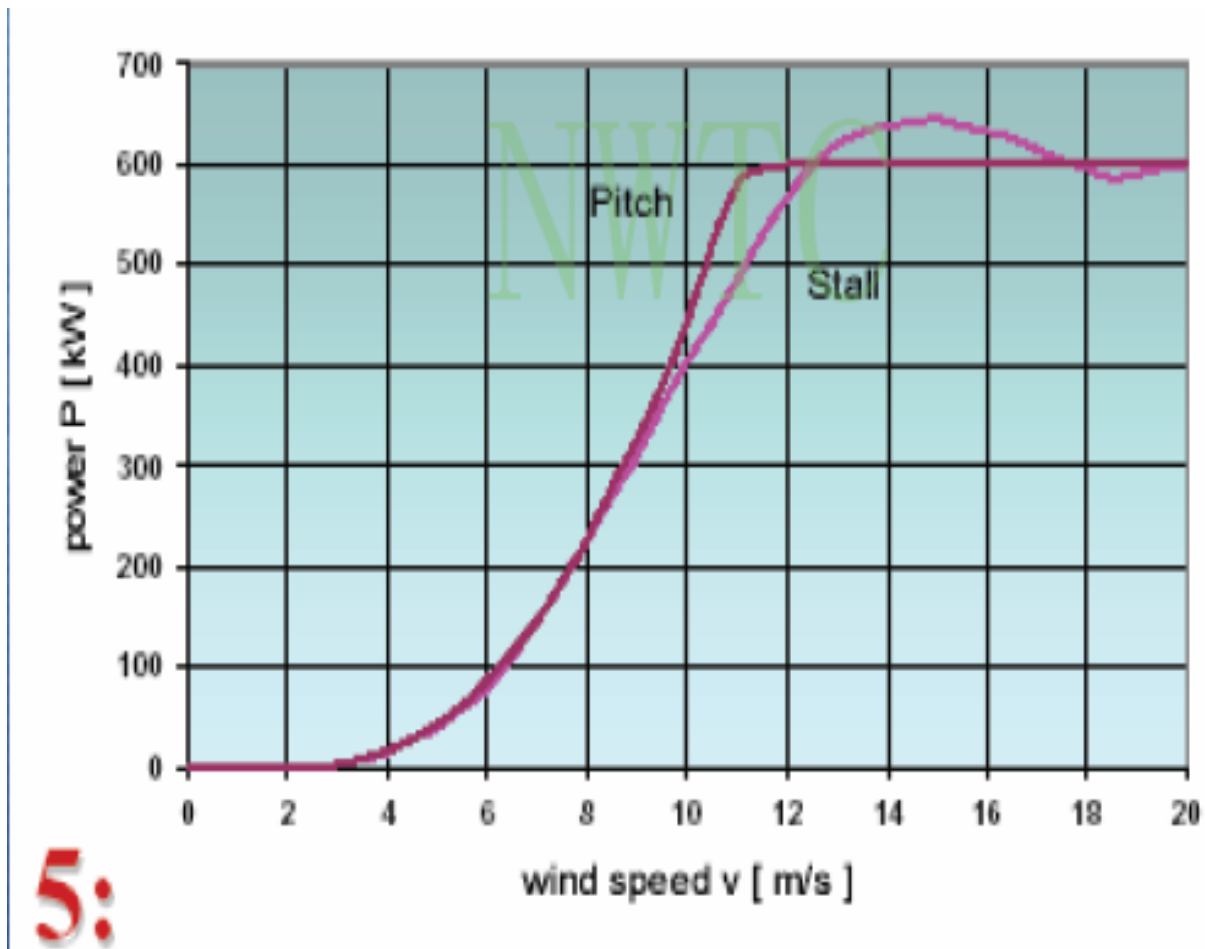
然而，恒速风力发电机组的最佳桨距角随风速的变化而变化，因此，桨距角随风速仪或功率输出信号的变化而缓慢改变。

- 额定风速以上时，变桨距控制可以有效调节风力发电机组吸收功率及叶轮产生载荷，使其不超过设计的限定值。

桨距角控制应该对变化的情况作出迅速的响应！

Wind Turbine Control Basics

- 变桨距风力机具有额定功率点以上输出功率平稳的特点.



5:

Wind Turbine Control Basics

- 偏航系统
 - 借助电动机转动机舱，以使转子正对着风。偏航装置由电子控制器操作，电子控制器可以通过风向标来感觉风向。图中显示了风电机偏航。通常，在风改变其方向时，风电机一次只会偏转几度。
 - 偏航系统主要有两个功能：
 - 使风轮跟踪变化的风向
 - 当风力机由于偏航使机舱内的电缆发生缠绕时,自动解除缠绕.

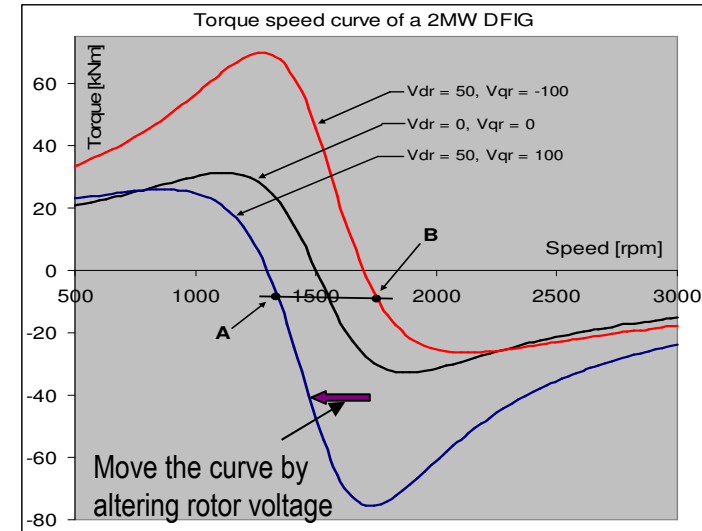
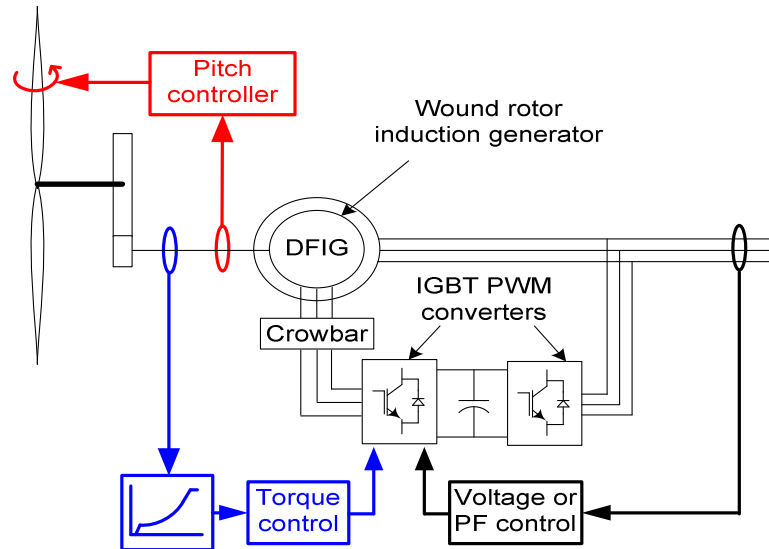
传感器:电缆缠绕传感器\风速风向仪



- 保护系统:振动开关, 振动加速度传感器

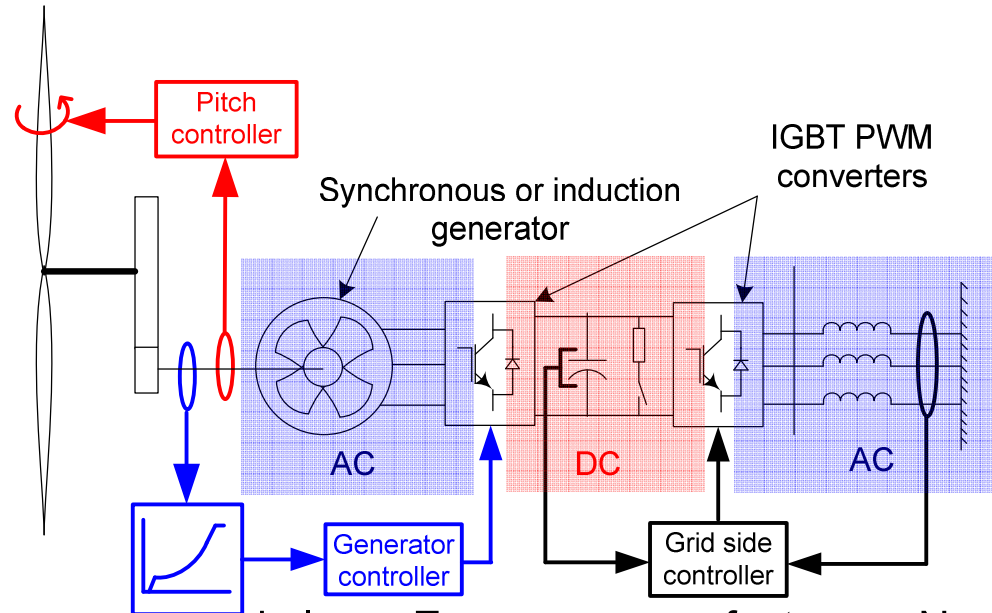
Doubly Fed Induction Generator (DFIG)

变速恒频双馈风力发电机



- Most common architecture in China (>85%)
- Prevalent in Europe though Direct Fed is becoming dominant technology
- Electronic converter fully controls generator torque
- Magnetizing current is supplied through the rotor terminal
 - Inverter size is approximately 30% of full turbine rating
- Speed can be changed by 40%, therefore maximum power production is achievable
- Very fast torque control -- 5-50ms response time depending on the type of control
- Aerodynamic fluctuation can be filtered before entering the generator
- Will require some maintenance of the slip rings

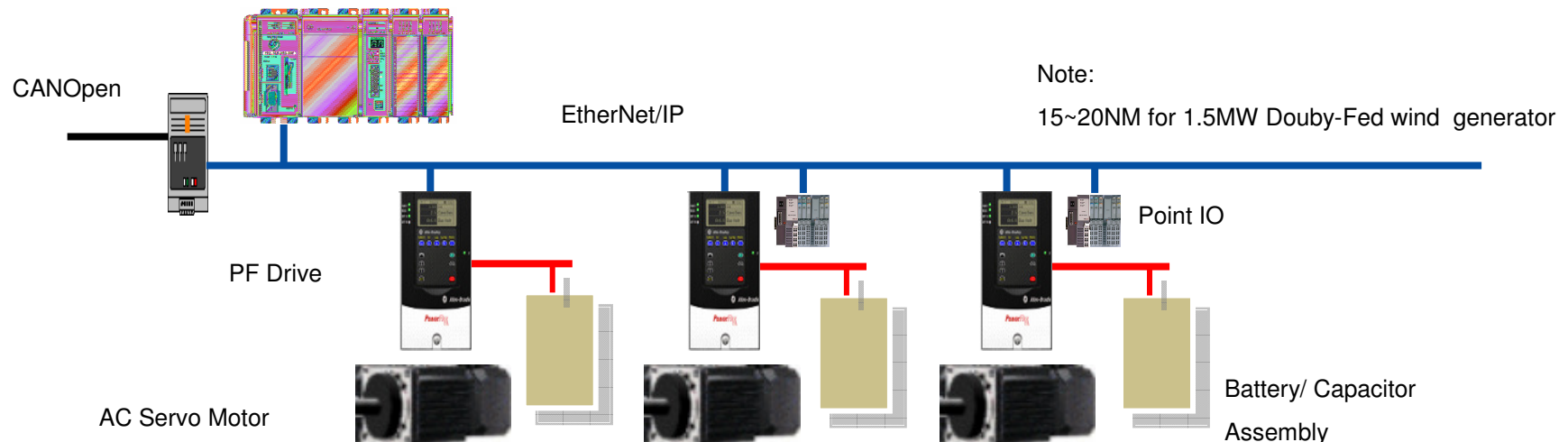
Direct Fed Generator 直馈风力发电机



- Becoming more common in large European manufacturers. New designs >5MW appear to be going to MV direct drive (Clipper, Bard, Multibrid, REPower, Enercon, Vestas)
- Direct fed power converters handle full generator power
 - This allows for good power factor control
- Gearbox can be avoided if a multi-pole synchronous generator is used
 - e.g. Enercon turbines with 64 poles
- DC-link totally decouples the generator from the grid
 - Grid frequency is decoupled, wind turbine can operate at any rotor speed
 - Grid voltage is decoupled, change in grid voltage does not affect the generator dynamics

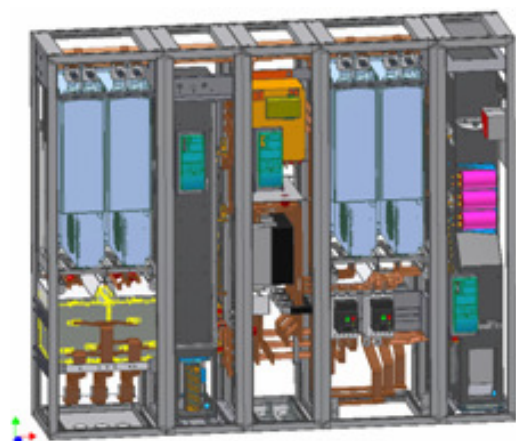
RA Pitch Control

- PF Drive via DC bus with back-up capacitor or battery to make sure the wind turbine can be move into 'safe-off' position in case of power slipper failure. As well, it can be move into 'safe-off' position in case of other major failure such as communication loss etc...
- IP66 pitch control panel was required, as optional PF drive with flange mounted cooling part can be selected. Space heater be added if operation temp. can be down to -40/-20C.
- SST-ETH2CAN can be added to communicate with main controller via CANOpen. Or 1769-SDN can be added to communicate with main controller via DeviceNet.



RA Converter for DFIG

- Can potentially have a product to sell by 4QFY09
- Having Premier Integration will allow sales team to sell wind inverter as part of a more complete Rockwell solution
- 1.5MW & 2.0MW DFIG inverter with Ethernet IP
- Move into MV and LV RA Inverters as long term path forward



Wind Power
Converter Structure

+



Ethernet/IP Card
(w/ AOP code)

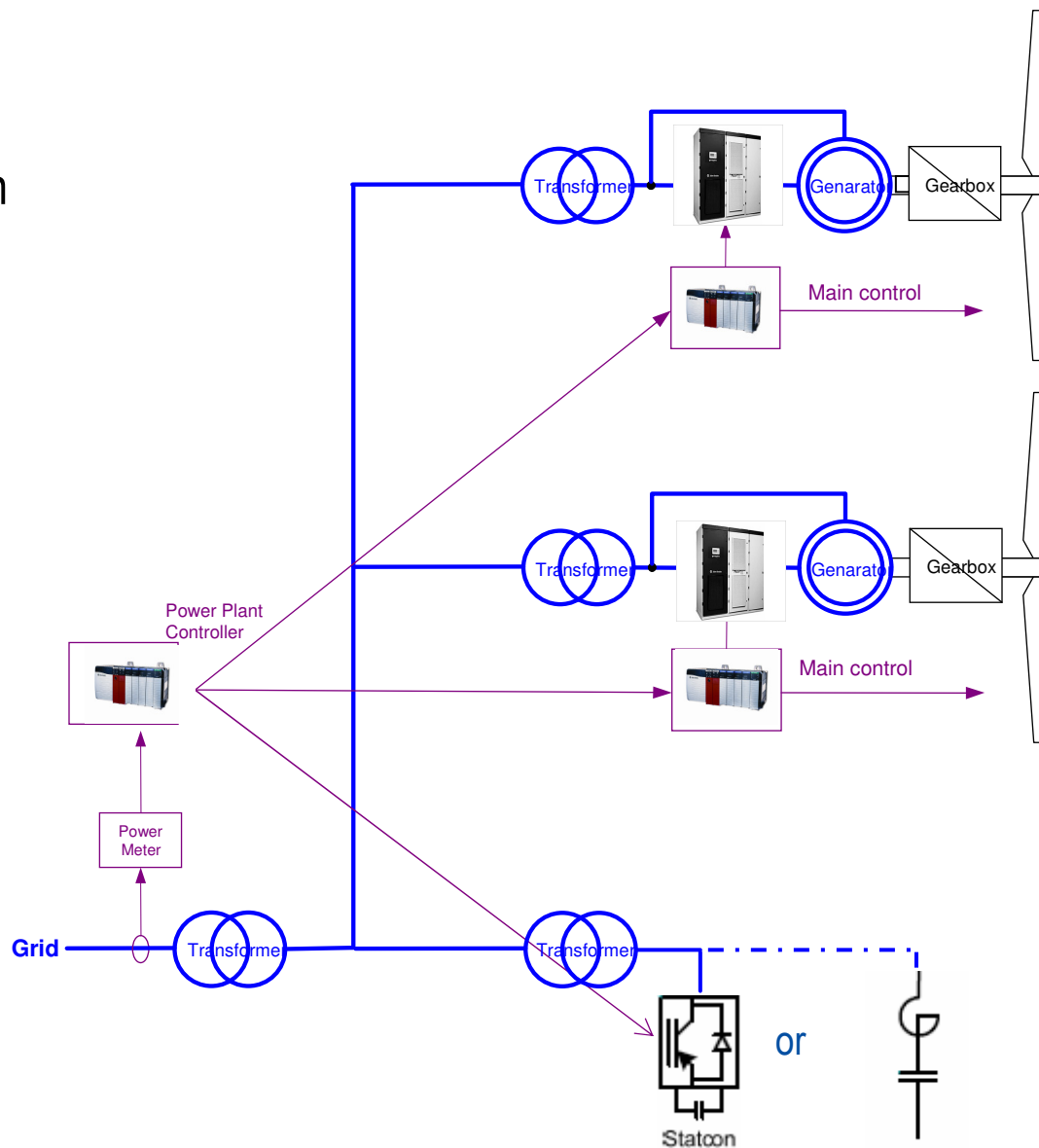
=



Rockwell Automation
Wind Turbine Converter
with "Premier Integration"

RA Wind Farm Products and Capabilities

- Wind Farm Management based on Logix& Ethernet/IP - Coordination of Multiple Wind Turbines
 - Power control
 - Power Factor Correction
 - Supervisory Setpoints



The key point& process to access the whole solution for wind turbine

- 对于不同的风机，有不同的风机设计以及不同的风机动力学模型，风机厂商本身或者独立的风机设计咨询服务公司如 Garrad Hassan拥有相关软件及模型，并且有效的方法是利用 MatLab / Simulink 软件，根据不同的模型，提出合适的、优化的控制策略和算法。并且，将其转化成在控制器/变流器中的相关控制算法。



The whole Wind Turbine system by RA including Pitch control, main control, converter and ICM

- Opp. for 1 set of 1.5~2MW wind turbine
 - ~ 30K for main control& pitch control
 - ~ 80K- 100K converter for doubly-fed wind generator
 - ~5K for Condition Monitoring

