

# 风力发电的类型分析

刘明山<sup>1</sup>

**摘要:** 重点介绍了风力发电的类型, 并对各自的优缺点进行了分析。

**关键词:** 风力发电; 风力机; 发电机; 变频器

**中图分类号:** TM614 **文献标识码:** B **文章编号:** 1673-3355 (2009) 04-0001-02

**Analysis of Wind Electric Power Generation Types** Liu Mingshan

**Abstract:** The article introduces the types of wind electric power generation and analyzes the relative merits.

**Key words:** wind electrical power generation; wind mill; electric generator; frequency converter

自 1888 年冬, 美国人布拉什安装了一台被现代人认为是第一台自动运行的且用于发电的风力机以来, 风力发电经过徘徊发展期, 到二十世纪七十年代, 风力发电已经进入迅猛发展的阶段。

风能是我国目前开发利用比较成熟的一种新能源, 风电的产业规模正在我国逐步扩大。目前, 一重正在积极准备进入到风电制造领域中去, 因此普及风电技术知识, 增加一重全体职工对风电设备的了解, 显得尤为重要。

风力发电机组由两大部分组成, 即风力机和发电机。其中, 风力机的功能是将风能转化为机械能; 而发电机的功能则是将机械能转换成电能。因此风电装备的类型归属需要从两个角度划分, 一是从机械角度划分, 二是从电气角度划分。

## 1 从机械角度对风力机分类

风力机的类型和种类很多, 但由于风力机将风能转变为机械能的主要部件是受风力作用而旋转的风轮, 因此风机依风轮的机构特点及其在气流中所处的位置大体上可以分为两大类: 一类为水平轴风机, 一类为垂直轴风机。两种类型的风力发电机在结构上各有优点, 也各自有其不足之处, 在实际设计制造中应结合具体情况确定结构

的具体形式。

### 1.1 水平轴风力机

水平轴风力机的风轮围绕一个水平轴旋转, 工作时, 风轮的旋转平面与风向垂直, 风轮上的叶片与旋转轴相垂直安装, 并与风轮的旋转平面成一角度  $\Phi$  (安装角) (见图 1a、b)。



图 1 水平轴风力机

水平轴风力机组有两个主要优势: 一是实度较低, 其能量成本低于垂直轴机组; 二是叶轮扫掠面的平均高度可以更高, 有利于增加发电量。水平轴风力机是目前世界风机市场中的主流机型。

水平轴风力机随风轮与塔架相对位置的不同可有上风向与下风向之分。风轮在塔架的前面迎风旋转, 叫做上风向风力机; 风轮安装在塔架的下风位置的, 则称为下风向风力机。上风向风力机必须有某种调向装置来保持风轮迎风。而下风向风力机则



1. 天津一重电气自动化有限公司高级工程师, 天津 300457

能够自动对准风向，从而免除了调向装置。

### 1.2 垂直轴风力机

垂直轴风力机的传动轴与地面垂直布置，设计较简单，风轮在风向改变时无需对风，可减少风轮对风时的陀螺力（见图 2a、b）。

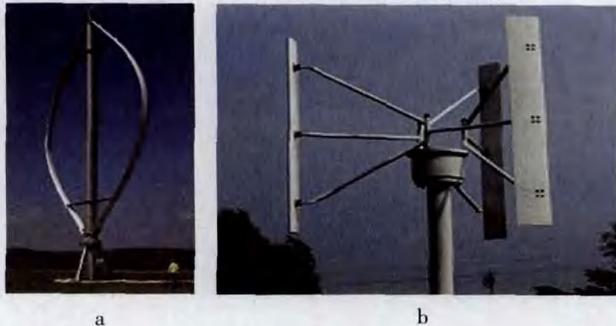


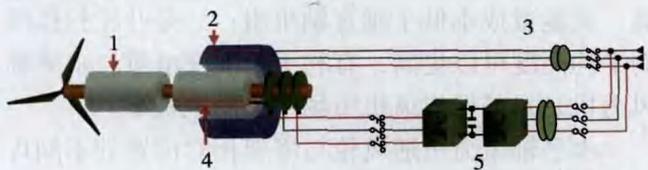
图 2 垂直轴风力机

垂直轴风力机的优点如下：一是可以接受来自任何方向的风，因而在风向改变时，无需对风。由于不需要调向装置，结构设计简化。二是齿轮箱和发电机可以安装在地面上，检修维护方便。

## 2 从电气角度对风力机分类

### 2.1 双馈感应发电机型风机

第 1 代风力发电系统采用的是双馈感应发电技术。所谓双馈型发电机是指将发电机的定子绕组发出的电能直接接入到电网中，转子绕组通过交直交变频器与电网相连接，当风机的转速发生变化时，调节转子上电流的频率，保证定子能持续发出 50 Hz 的电能。当转子转速低于电机同步转速时，转子处于发电状态，否则处于电动状态，此时需要从电网中提取能量（见图 3）。



1—齿轮箱；2—三相定子；3—电网电源；4—三相转子；5—PWM 变流器。

图 3 双馈感应发电机

转子电流基本上是定子电流的 1/3，因而变频器容量较小，其电压等级一般是低压（690 V）。

### 2.2 直驱感应发电机型风机

直驱感应风力发电机属于全馈型，即发电机发

出的电能全部通过变频器送到电网中去，变频器的容量较大，属于第 2 代风力发电技术。其电压等级分为低压（690 V）和中压（3 000 V）两种。对于 3 MW 的机组，690 V 时变频器的电流大约 3 000 A；3 000 V 时变频器的电流大约 500 A（见图 4）。

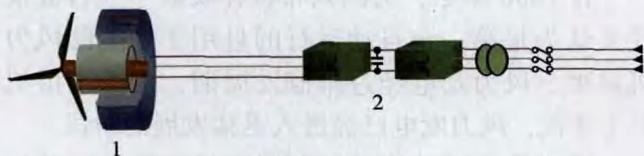


1—齿轮箱；2—三相感应发电机；3—PWM 变流器。

图 4 直驱感应发电机

### 2.3 直驱永磁感应风力发电机型风机

直驱永磁感应风力发电机也属于全馈型，属于第 3 代风力发电技术，其电压等级也分为低压（690 V）和中压（3 000 V）两种，目前趋向于采用中压等级（见图 5）。



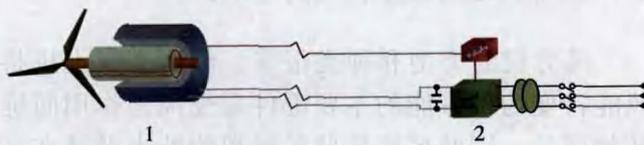
1—三相永磁感应发电机；2—PWM 变流器。

图 5 直驱永磁感应发电机

从电机形式上看直驱永磁感应风力发电机分为内转子型和外转子型两种。

### 2.4 超导无刷直流发电机型风机

超导直流发电机是代表目前世界先进水平的最新一代风力发电技术，能够直接发出直流电能，从而省去了变频器前端设备，使得电气设备配置更加简单，是未来的发展趋势，但是目前该技术还仅仅处于概念研发阶段（见图 6）。



1—超导无刷直流发电机；2—PWM 变流器。

图 6 超导无刷直流发电机

## 3 结语

风力发电市场巨大，且有政府政策的扶持，研究表明此行业可有 40 年的活跃期，进入此行业的企业必将为世界绿色能源和可持续发展做出巨大的贡献，同时企业自身将会得到丰厚的回报。

收稿日期：2009-07-06