

## 变速恒频风电机组

### 简介

目前，变速恒频风电机组是主流的风力发电机组，其控制是风力发电的核心问题，同时也是最难解决的问题。

### 控制系统设计的基本目标

评价风电机组优劣的主要指标为一定时间内的实际发电量和平均无故障时间。因此，机组控制策略的设计，既要考虑到尽可能提高机组的发电能力，又要为机组各部件留有充分的安全余量，同时兼顾到良好的供电质量。

对于变速恒频风电机组而言，在额定风速以下运行时，风电机组应该尽可能的提高能量转换效率，这主要通过发电机转矩的控制，使机组变速运行来实现。所以这时候没有必要改变桨距角，此时的空气动力载荷通常比额定风速时小，因此也没有必要通过变桨来调节载荷。在额定风速之上运行时，变桨控制可以有效地调节风电机组所吸收的能量，同时控制叶轮上的载荷，使之限定在安全设计值以内。由于叶轮的巨大惯量，变桨作用对机组的影响通常需要数秒的时间才能表现出来，这很容易引起功率的大幅波动，因此必须以发电机转矩控制来实现快速的调节作用，通过变桨调节与变速调节的协同控制来保证稳定的能量输出。

### 风电机组控制特点

风电机组的控制技术是一项综合技术，它涉及空气动力学、结构动力学、机械传动学、电工电子学、材料力学、自动化等多个学科。而且，风电机组具有不同于通常机械系统的特性：风电机组的动力源是具有很强随机性和不连续性的自然风能，使传动系统的输入极不规则，疲劳负载高于通常旋转机械的几十倍。为此，在控制过程中，要求系统对随机的动态负载有很强的适应能力，并且能有效地降低结构的疲劳载荷。

空气动力学模型是风电机组控制系统设计的基础。对于风电机组这样的特殊设备，实际的风况将直接影响控制效果。因此即使是成熟的机型也应该根据各个风场的自然条件来调整控制参数，在弦长经过验证后才能进入商业化运行。

结构动力学分析是风电机组进行优化控制的关键。现代大型风电机组由于叶片的长度和塔架高度大大增加，结构趋于柔性，这有利于减小极限载荷，但结构柔性增强后，叶片除了挥舞和颤振外，还可能发生扭转振动。当叶片挥舞、摆动和扭转振动相互耦合时，会出现气弹失稳，导致叶片破坏。在变桨机构动作与叶轮不平衡载荷的影响下，塔架会出现前后和左右方向的振动，如果该振动激励源与塔架的自然频率产生共振时就有可能导致机组倾覆。因此，大型风电机组结构动力学是一个复杂的多体动力学问题。

由于在实施控制的过程中会对结构性负载及振动产生影响，这种影响严重时足以对机组产生破坏作用，所以设计控制算法时必须考虑这些影响。一个理想的风电机组控制系统除了能实现基本控制目标外，还应尽可能实现以下控制目标

减小传动链的转矩峰值

通过动态阻尼来抑制传动链振动

避免过量的变桨动作和发电机转矩调节

通过控制风电机组塔架的振动尽量减小塔架基础的负载

避免轮毂和叶片的突变负载

这些目标有些相互间存在冲突，所以控制的设计过程需要进行相互权衡，实现最优化设计。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/baike/2784.html>