

风力发电及其控制技术对策

杨悻耕

华电新能源集团股份有限公司福清分公司 福建福州 350001

摘要: 本文对国内风电的发展现状进行了简要的阐述, 并对风能控制、电力电子转换器、谐波消除、风轮控制等技术进行了分析。风力发电在实际应用中具有广阔的应用前景, 因此, 开展风力发电技术的研究已成为国际上普遍关注的课题。

关键词: 风能发电; 控制技术; 谐波消除

Wind power generation and its control technical countermeasures

Yigeng Yang

Huadian New Energy Group Co., LTD., Fuqing Branch, Fujian Fuzhou 350001

Abstract: This paper briefly expounds the development status of domestic wind power, and analyzes the wind energy control, power electronic converter, harmonic elimination, wind wheel control and other technologies. Wind power generation has broad application prospects in practical application, Therefore, the research of wind power generation technology has become a common concern in the world.

Keywords: Wind power generation; Control technology; Harmonic elimination

引言:

随着社会的发展, 人类的生产和生活所需的资源也在不断的增加, 不过因为资源的数量太少, 所以必须要加大对新能源的研发力度。风力发电是一种很常见的可再生能源, 它的发展并不困难, 而且它对环境的影响也很小, 投资也很低, 发展潜力也很大。通过对国内风电发展现状的分析, 提出了几种主要的控制技术和方法, 以期加深对风电技术的认识, 为以后的风电建设和改进提供参考。

一、风能发电

1. 风能发电特性

风能发电就是将风能转换成机械能, 然后再转换成电能, 因此风轮和发电机是风电机组最重要的组成部分。风轮是由风驱动的, 它将风能转化为风轮的机械能, 而风轮的转轴则与发电机的转轴连接, 由风轮驱动的发电机转动。风电场的风能利用率在60%以上, 而常规风电场的风能利用率只有40%。在野外作业的风电场往往会遇到非常恶劣的自然环境, 从而使其运行起来比一般的

工业设备更加困难。我国风电机组的平均寿命约为20年, 在国际同类行业中属于比较高的水平, 可以承受大多数的恶劣环境, 因此具有很高的利用率^[1]。

2. 风电的发展

风能发电最早起源于丹麦, 根据欧洲有关机构的数据, 到2030年, 风能将是全球能源输出的主要手段, 对人类社会发展有很大的帮助, 不但可以降低尾气的排放量, 还可以减轻能源消耗。就我国来说, 风能资源非常丰富, 可以利用的风能达到250GW, 海洋风能资源也会更加丰富。以西北为例, 西北具有自然风场的有利条件, 合理的开发和利用, 对我国的经济、民生事业都会产生新的发展机会。就发展速度来看, 我国沿海、高原地区的风电发展最迅速, 其中新疆, 广东, 内蒙古是最大的风电场应用区域。

二、风力发电及其控制技术分析

本文仅针对风电现代控制技术进行一定的分析。现代风电控制技术是采用智能控制、自适应控制、鲁棒控制等现代控制技术。现代控制系统利用最优叶片速度比

进行挠性变桨。提出了基于优化叶片尖速比的自适应分段控制方法。针对大型风力机组的有功无功的分段线性化，提出了一种基于柔性变桨的智能变桨算法。具体采用如下各节所述的最优控制技术，确保了该系统能够实现柔性变桨、变速和偏转，并对整个风电机组进行智能控制。减少对机器各部件的冲击，使其工作噪音低。

1. 最佳叶尖速比控制

叶尖速度比是指叶尖线速度对风速的比率。最优叶片尖速比方法是利用机械侧变频器在不同风速条件下对电机转速进行控制，从而达到最优叶片尖速比，从而达到最大风电功率。在图1中显示了最优叶片尖速比的控制方法。通过对现有实测风速 v 的分析，得出了在此风速下的最优叶片速度比，并将其作为基准值。利用公式 $\lambda = \omega R/v$ ，求取叶尖速度比，与基准值相比较，进行PI调节，向风机控制系统发送调速器的输出信号，从而达到最优的叶尖速度比。

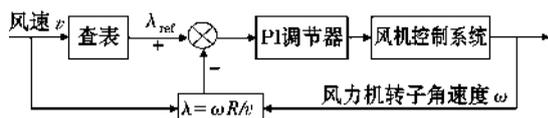


图1 叶尖速比控制图

2. 完全独立变桨控制

全自主式桨距控制主要是为了达到全扫风面的桨距变化、减小叶片应力周期冲击、稳定机组负荷、提高叶片使用寿命等目的。在此基础上，采用了完全独立的桨距控制方法，可以对单一的桨叶进行自适应控制。如图2所示。该系统的主要功能是对系统的位置、力矩、速度等参数进行控制，并通过内齿传感器对桨距角位置进行检测，使其与伺服马达的转速同步，使桨距角作为反馈状态变量，从而实现了伺服马达的同步控制。

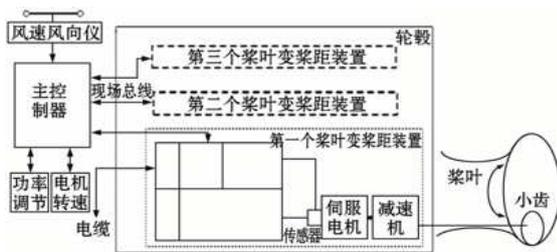


图2 独立变桨距控制系统图

3. 叶片自适应控制

大型风力发电机是一种复杂、非线性的电力系统，很难得到其全部的控制状态。但是，由于控制系统的输出和输入都是固定的，所以可以根据受控目标的状态空间来构造模型参照自适应控制。在此基础上，建立了三片桨叶运行一周的状态空间数学模型，并将三片桨叶作

为同一参照模型进行了研究。采用李雅普诺夫函数的方法，对三片桨叶进行了参数化的自适应控制，以保证三片桨叶在一周内均能尽可能地保证轴向的受力。该变桨器对塔管效应和叶片加工中的离散性误差具有很好的适应性，而且具有较好的控制效果，可以有效地保障其稳定。将全独立的桨距控制和叶片的自适应控制结合起来，可以对风机进行自适应的分段控制。在风速较低（开始风速到5米）、中段风速（5米到额定风速）、高风速（额定风速大于额定风速）时，分别设定3种不同的基准模式，以便在3级风速范围内，系统能较好地实现最大功率跟踪控制，且3个叶片之间的均衡，对主轴的冲击最小。如图3所示。

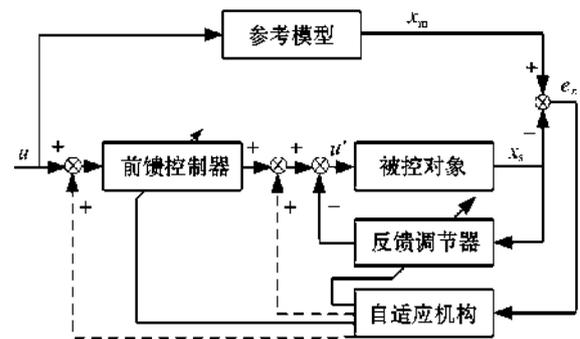


图3 独立变桨线性时变参数系统自适应控制结构图

4. 柔性偏航

偏转控制的一个重要作用就是可以让风轮对变化不定的方向进行跟踪，并在一定时间内对风轮的迎风方向进行控制，从而达到最大限度地捕捉风力。在风向改变时，利用风速风向计测量风向的变化，利用偏航控制器来控制3~5个偏航马达转动偏航驱动器，偏航电动机利用减速变速箱带动小齿轮转动，从而使得机舱在风速改变的情况下同步转动。3~5台偏航电动机在运转时会发生不能完全同步，也就是说，在偏转时，由偏航电动机驱动的小齿轮和由偏航电动机驱动的小齿轮不能同时驱动大齿轮，从而产生低频噪声。为了实现多台偏航电动机的完全同步，本文提出了一种基于主从力的变频调速偏转控制方案。采用主从力变频调速传动的挠性偏转技术，不仅可以减少噪声，而且可以延长齿轮和电动机的使用寿命。

5. 低电压穿越

电网电压降低时，电网一侧的换流器会发生过流，而采取限制电流的措施，则会引起直流母线的过电压；在不进行有效防护的情况下，不能确保风机的正常工作。所以，需要考虑风电运行状态、持续时间、电压跌落等因素，以保证风电并网时的低电压穿越需求。在低风速、

低系统压降条件下，通过适当增加系统侧变流器供电设备的过流等级和DC侧电容的抗压等级，可以达到低电压跨越。但是，当风机处于额定工作状态时，由于电网电压的急剧降低，并且在很长的一段时间内，它的成本将会急剧上升，所以这种保护方法是不可行的。当风速较高而电网电压急剧降低时，应在发电机的直流和输出端增加Crowbar线路或副变流设备，其主要功能是在故障时限制转子侧的过电流、过电压，并可以消耗、转移或存储多余的电能，从而当电网出现故障时，风机可以进行低压跨越，如图4中所示。在图4所示的保护点1位置加入Crowbar电路，当电网电压下降时，它可以使输入和输出之间的能量差异得到均衡，从而有效地防止了逆变器的过流和直流母线的过压对风机的影响。在电网的电压恢复到正常时，立即关掉Crowbar线路，使风机重新进入正常的工作状态。

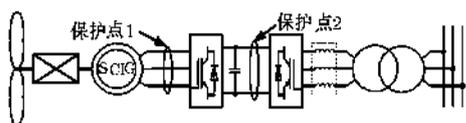


图4 电机直流侧和输出端增设Crowbar电路

三、结束语

风力发电是一种新的、清洁的能源，它不仅可以为国家的发展、社会的发展提供更多的服务，而且还可以为人民的日常生活提供便利。目前，我国各地的气候变化很大，利用风能资源，可以改善区域内的能源消耗，减少对环境的污染。

参考文献：

- [1]赵继良.风力发电及其控制技术对策[J].现代工业经济和信息化, 2022, 12(04): 269-270.
- [2]田炜.风力发电机及风力发电控制技术研究[J].光源与照明, 2021(11): 89-91.
- [3]黄学文, 许冬书.风力发电及其智能控制技术研究[J].光源与照明, 2021(08): 97-99.