

现代控制在风力发电机组中的应用

王国俊 王志东

三峡新能源(集团)有限公司甘肃分公司 甘肃金昌 37100

摘要:当前国际社会形势严峻,而能源和环境等问题也反复出现在大众视线当中,而风力发电也是其重中之重,同时风力发电也是一种清洁并且可以再生的重要能源。所以它也就受到了全世界的特别关注。尤其因为国人口众多,电能的相关需求也非常大,所以为了增加电能方面的生产,也为了减少对不可再生资源啊的使用和损耗,我国需要积极的开发相关技术利用风能,而风力发电机就是关键点,如何将各类先进控制的技术合理运用到风力发电机组上,并且保持一个稳定性和减少事故率也是一项难题,本文将从风力资源的重要性和阐述风力发电机的相关内容开始探讨,最后总结现代控制在风里发电机组中的应用。

关键词:风力;分布;控制技术;结构

一、风力资源

依据我国国家气象局气象研究院的细致估算,我国地面的风能可以开发的总量为32.26亿千瓦,十米的高度层可供开发的量为32.26亿千瓦,所以从以上数据看来,我国可开发的风能资源是十分丰富的。

二、关于我国风能的资源分布

我国地域广阔,两万多公里陆地区域,而且我国还有一万八千多公里的海岸线,还有许多边缘海中的岛屿,风能资源也极为的丰富,但同时风能资源也呈现了地区的不均衡性^[1]。

根据国家发改委能源研究所的探测和计算,中国陆地七十米的高度层三级以及三级以上的风能相关技术开发总量超过了二十六亿千瓦,同时在现有的风电技术条件之下实际可以装机的容量即将超过十亿千瓦。除此之外,在水深不超过五十米的近海区域,实际的风电装机容量在五千万瓦左右。

在2012年的时候,我国装机累计不到一亿千瓦,所以可以得出结论在国内现有的风电技术条件上,发展风电行业的前景依然广大。

风能区划标准

区指标	丰富区	较丰富区	可利用区	贫乏区
年有效风能密度/ (W/m ²)	≥ 200	200~150	150~50	≤ 50
风速≥ 3m/s的年 小时数/h	≥ 5000	5000~4000	4000~2000	≤ 2000
占全国面积/%	8	18	50	24

我国风能的分布具有地理方面的区域性规律,这些规律反映了我国两个方面的综合影响,分别是天气的系统活动和地形的作用。而我国相关部门通过这两种活动的研究,是为了了解各地区的风能资源方面的差异,

以便能够去合理地开发。

1. 风能丰富区。东南沿海和山东半岛以及辽东半岛沿海地区。因为在这一地区面临海洋,所以风能也比较富足。而且在我国除了高山气象站,全国气象站风速≥ 7m/s的地方都集中在了我国的东南沿海地区。这一地区风能大的主要原因还是由于海面比陆地表面上的摩擦阻力小,所以在气压梯度力一样的条件下,海面上的风速要超过陆地上的风速。三北地区,这一区域属于内陆风能资源最好的区域,因为三北地区地面受到了蒙古高压的控制,造成冷空气南下都会形成较强风力,而且地面平坦,风速的梯度小。松花江下游地区。这里多数大风则是因为东北的低压造成的,同时因为地理位置处于峡谷之中,南北分别是长白山和小兴安岭,加上在喇叭口的位置。

2. 风能较丰富区。东南沿海内陆和渤海沿海区域和三北的南部区域以及青藏高原区。东南沿海内陆和渤海沿海实际上是丰富区向内陆的延伸。三北南部不仅是丰富区的扩展造成,这一区域同时也是西部北疆冷空气的通道。青藏高原是因为海拔较高,必须要考虑空气的密度影响,不然计算值会出现偏差。同时青藏高原离高空的西风带较近,春季的时候则会因为地面的增热,对流的加强以及上下冷热空气的交换,导致西风急流动量的下传,风力的变大,故这一区域春季的风能是最大的,而夏季就稍弱。

3. 风能可利用区。两广沿海地区以及大小兴安岭还有中部地区。两广地区位于陆地南端,但是冬季的时候仍然会有强大的冷空气南下,而冷风可以越过两广沿海地区到达南海,使本区风力继续增大。所以这一区域冬季风强度

是最大的;而秋季受则会受到台风的影响,风力稍弱。在大小兴安岭,冷空气也只有在偏北的时候才会影响到这一地区,这里的风力主要还是受到东北低压的影响。所以春秋季节的风能大。中部地区风力则主要是因为冷空气的南下造成,每当遇到冷空气过境,风速会明显发生加大的情况,所以中部地区春冬季的风能较大。而由于冷空气在南移的过程中,地面的气温又较高,所以冷空气很快变性分裂,导致很少有冷空气到达长江以南。

4.风能贫乏区。这一区域是以四川为中心,四川多阴,西边有青藏高原,北边则有秦岭挡住,南边东边则有大娄山和巫山。所以在冬季的时候,高空西风地带处于“死水区”。其次雅鲁藏布江和昌都区以及塔里木盆地也是风能贫乏区。

三、风力发电机组相关概述

1.风力发电机组的控制系统。它主要是由变流系统和发电机系统以及空气动力学系统和其他的附属结构组成,电总体的控制系统则由变桨控制和偏航控制以及变流控制三个主要模块组成,各个控制和测量信号在机组的本体系统和电控系统相互之间交流。

变桨控制系统则负责控制空气动力系统的桨距,让机组能够实现风能转换和功率稳定的输出,除此之外还可以保障发电机组的安全运行,所以这也是风机控制系统的研究重点。

偏航控制系统负责的具体工作是风轮的自动对风及机舱的自动解缆两个环节,偏航的方式一般有两种,分为主动和被动,但是大型的风电机组常常采用的模式是主动的偏航。

变流控制系统一般和变桨距的系统相互配合作,并通过双向的变流器对发电机进行矢量或者直接转矩控制,独立调节则分为两个部分,分别是无功功率以及有功功率,实现了变速的恒频运行和最大功率的把控^[2]。

2.风力发电机组的分类。根据应用效果和机组特点的差异性,可以对风力发电机组进行分类。同时还可以根据应用地域的不同,主要分成海上的风力发电和陆地上的风力发电。

海上的风力发电是近年来主要的发展趋势:依据发电容量则可以分成中型和大型,大型的发电机组在海上相对于其他类型发电应用效果会更好,所以逐渐成为了研发的重点。

发电机类型可以分为双馈型以及直驱型。前者含有齿轮增速箱,它的电机大多采用了异步发电机;直驱型则没有齿轮增速箱,电机经常采用同步发电机。

依据桨距特性则可以分为定桨距和变桨距两种类型。变桨距的结构和控制方式均相对于前者更加复杂,但是能够更加高效地利用风能并且去优化输出功率,所以它代表着风电控制的方向和趋势。

3.世界各国面临着燃料缺乏的态势,可再生能源问题已经得到了重视,多国都在加紧建设风电系统,相应的行业也在迅速扩大。下图为2001年到2016年海上累计的风电系统装机容量数据图。



四、风电机组现代控制技术的应用

1.滑模变结构控制技术。风电机组系统是一种复杂多变且非线性的系统,它在运行的过程里还会遇到风向的变化和阵风还有负载变化等状况,所以无法建立比较精确的相关数学模型来控制它。滑模变结构控制技术相当于某种不连续的开关类型的控制技术,只有满足设定的系统条件,它才能做滑模运动在特定空间内。

但是它在系统方面,对参数不敏感且响应系统的速度又比较快,鲁棒性也比较强以及设计的方面相对简单等等不错的特点,在参数无法确定的时候,系统也能稳定,满足了最大功率限制的系统相关要求,为机组的控制提供的方法有效。

滑模变结构控制技术也能有效的抑制外界干扰对双馈变速恒频型的风力发电机组影响,且满足了系统的鲁棒性,但是这项技术对系统的抖振,却成为了控制系统的巨大缺陷。

但是近期有相关的研究技术人员研究出了高阶滑模变控制的方法,将不连续的控制量作用在了高阶微分上面,这一方法不仅仅拥有保留传统滑模的优点,还可以高效地消减系统方面的抖振现象,对于整体保持了稳定的输出功率。

2.H ∞ 鲁棒控制理论。这项理论在某一些方向的指标性能上,通过无穷范数优化从而取得的相关理论。这项理论拥有很好的处理多变量问题的能力和严谨合格的

数学基础^[3]。

这项技术可以解决最初建立模型所产生的错误,而且当风能激励时, H_{∞} 的范数最小,控制系统的输出也极其的稳定,从而能够确保控制系统能够按照既定方向轨迹来运行,所以 H_{∞} 鲁棒控制技术也是风力发电机组的最优选。

尤其遇到了天气不稳定,风向和风速都发生变化的紧急情况,风力发电机的运行就有可能受到一定的破坏。所以为了维持发电机运作的稳定性,就需要对 H_{∞} 鲁棒控制技术十分重视。所以在风速及风向持续变化的情况下,变速恒频风力的发电系统就应该去采用 H_{∞} 鲁棒控制原理,从而提高系统对参数方面的不确定性与负载扰动的鲁棒性,使系统快速追踪风能,最后才能提高风能的利用效率与捕获的概率,所以这也体现了 H_{∞} 鲁棒控制技术理论的优越性。

3.矢量控制的技术。此项技术主要还是应用于双馈电机方面的控制系统,同时又分为了三个矢量控制类型——基于定子磁场定向的矢量控制和基于定子电压的矢量控制可最后的基于气隙磁场定向的矢量^[4]。

这种系统可以最大限度的跟踪风能,同时还可以实现无功功率和有功功率两种独立解耦调节,并且拥有抗干扰和适用能力强以及短时间就能到达稳定控制的特点。但是由于转自电流励磁分量多少从而影响了发电机组的稳定性,因此补偿量的大小会受到相应的限制。

4.最优控制的技术。因为风力发电机组通常都应用在风速变量不确定和干扰大以及非线性环境之中,所以技术人员无法使用相关数学建模达到准确控制的地步。

但是最优系统控制却可以利用线性化的建立模型设计,从而找出周围的工作点,然后利用反馈,在比较大的范围下实现了精确解耦线性化,也相应的实现了风力还有风能的最大限度的控制和捕捉,实现了最优控制。此项系统在有功功率和无功率输出还有电功率波动小的要求方面具有理想的合适效果,同时对由于线路问题导致的故障,从而能引起了电压扰动等一系列后续问题都有很强的抑制效果。

5.神经网络控制技术。这项控制属于智能控制技术。神经网络的理论是一种基于所有生物的理论,它适用于判断学习以及拟人等方面的相关研究,所以它也具有较高的自我适应性与自我组织性,神经网络控制技术能够捕捉适应风力严重变化所造成的不确定性,它对于我国现代化建设风力发电环节的高智能化的进程极其重要重要,所以对于这项技术的发展毋庸置疑。

风速环节的预测与它相关的特殊性和预测的周期包括预测地点也是密不可分的,技术人员一般采用的方法是神经网络,通过其去研究时间上较为短期的风速预测,然后建立一种时间序列的模型将控风速的输入变量准确把握,最后将收集到的变量进行预测,分别通过反向传播神经以及回归神经两种途径。

神经网络也相应的适用非线性系统,因为这项技术可以通过自身的拟人化能力实现转化,所以不需要建立模型。最后达到了效果——神经网络控制系统可以去稳定和高效的运行在风速不定以及风向不稳的实际环境中。

在现代控制技术当中,神经网络控制技术是很先进的智能高效化技术,也是效率较高的控制技术,所以基于神经网络技术的控制之下,操作技术主要是去模拟人类的各项行为动作进行一个仿真的控制。将此技术运用在风力发电机中,可以在实现多变的复杂环境中达到捕捉风能的目的,从而去推动风力发电机研发创新的进程,并且在风向风速的预测中提高了风力发电运行方面的稳定性。

6.传统PID控制。根据风速方面的变化,再通过改变发电机的电磁力矩调节风轮桨距角或者发电机电磁的力矩,让叶尖速比始终都保持在一个最佳的数值上面,这样就可以获得最大程度的风能捕获。

传统线性控制的方法比较直接,通常将非线性系统进行专门的线性化,然后跟踪最大限度风能利用的系数,最后保持最优良的叶尖速的比值,同时传统的线性控制可以去通过反馈进行控制。反馈控制同时又分为两个部分,第一个部分是进行风速测量值来进行反馈的控制,第二部分则是在电功率的基础上进行反馈控制,而电功率反馈控制的方法可以有效地避免发生测量风机桨叶处风速的精确困难问题^[5]。

PID方法对风电系统进行控制这项技术很好地验证了PID控制在风力发电技术上的可实施性,而且在无法得到具体的风力发电机组相关模型参数状况下,PID方法仍然可以能达到比较好的效果,但当出现大扰动输入时,固定性PID的参数却无法继续精确的把控。

五、结束语

综上所述,随着社会进步和国家科学力量的蓬勃发展,涌现了越来越多的设计人才,他们在控制技术相关的专业领域取得了巨大的成果,帮助我国从建设事业之处一直发展到现在的地步,这些与时俱进的控制技术时时刻刻在科学领域发挥着重大的作用,极大的促进了我

国风电行业的持续性发展。即使现在还有许多问题无法攻克,但是我们在不断进步,迟早会取得圆满成功。

参考文献:

[1]兰忠成. 中国风能资源的地理分布及风电开发利用初步评价[D]. 兰州大学, 2015.

[2]张大勇, 魏传彬, 范建东. 风力发电机组的控制技术[J]. 自然科学(文摘版).

[3]魏宪华. 风力发电机组的控制技术[J]. 河南科技, 2013(5X):2.

[4]孙星, 童志. 现代控制技术在风力发电机组中的应用[J]. 2020.

[5]郭莉莉. 浅析风力发电机组的控制技术研究[J]. 科研, 2016.