

输变电设备在风力发电系统中的优化配置

刘欢

山东国华时代投资发展有限公司, 山东 济南 250001

摘 要 : 随着社会的发展, 风力发电已经成为一种新型电力方式。我国在风能开发和利用方面还处于起步阶段。为了满足经济建设与环境保护的需要, 对现有电网进行了改造升级工作中存在着一些问题亟待解决; 因此必须不断加强风力发电工程设计、施工质量管理及技术创新能力等方面来提高其效益水平以促进整个行业健康稳定地发展下去, 所以本文就针对目前国内风力发电站普遍出现的设备故障以及运行维护不当所带来的安全隐患提出措施。

关 键 词 : 输变电设备; 风力发电; 优化配置

Optimized Configuration Of Power Transmission And Transformation Equipment In The Wind Power Generation System

Liu Huan

Shandong Guohua Times Investment development Co., LTD. Shandong, Jinan 250001

Abstract : With the development of society, wind power generation has become a new way of electricity. China is still in its infancy in the development and utilization of wind energy. In order to meet the needs of economic construction and environmental protection, some problems in the existing power grid need to be solved. Therefore, the design, construction quality management and technical innovation ability to promote the healthy and stable development of the whole industry. Therefore, the equipment failure and improper operation and maintenance.

Keywords : power transmission and transformation equipment; wind power generation; optimal configuration

一、引言

风力发电是利用风能进行电能的转化, 在我国, 随着经济建设和科学技术水平不断提高。在未来的发展中应更加注重风力发电技术, 因此对电力系统中输变电设备与电网运行可靠性、安全性以及灵活性等方面提出了更高要求。本文将针对如何优化塔型结构和提升其性能做进一步分析讨论并给出一些改进措施; 同时结合风电场机组实际情况建立一个模拟仿真平台进行研究, 为今后的工作提供参考依据。

二、输变电设备的数学模型

(一) 输变电设备负荷建模

由于风力发电系统的间歇性和随机性, 使得风电场输出功率随时间变化较大, 这对系统的稳定性和电能质量都会造成一定的影响。目前, 风电机组功率模型一般采用单台风机的数学模型进行建模, 其中又分为三种: 计及风机出力特性的单台风机模型、计及风力机特性的多台风机模型以及计及风速相关性的多台风机模型。

对于风电的并网, 必须对系统内的风电进行升压处理, 即需要在系统内增加一个升压变压器, 同时需要在系统内增加一条输电线路。这就使得在对风力发电系统进行并网的过程中, 必须对

风电进行升压处理, 并对输电线路进行改造。这将会影响到风电场的正常运行以及风电并网后的安全稳定问题。因此, 必须对风电场的升压变压器和输电线路进行合理的规划。

(二) 输变电设备参数的确定

由于风力发电系统中的主要输变电设备为变压器、输电线路和电抗器, 而输变电设备在风力发电系统中的作用是对电力系统的电能进行变换和分配, 因此, 将输变电设备与风力发电系统连接后, 会对系统的电压、频率产生影响, 因此需要对输变电设备进行校核。^[1]

根据风电系统的特点, 其输变电设备主要包括发电机、变压器、线路等, 具体如所示。风电场电压等级为110 kV, 其发电机参数与风电系统的发电机参数基本一致, 变压器参数主要参考风电场所在地区的变压器参数。线路方面, 风电系统采用35千伏电压等级, 并配备相应的35千伏变压器和315千伏高压断路器。输电线路长度一般为1~5 km, 线路参数根据风电系统所在地区的变电站实际情况确定。由于风电系统对电压质量的要求较高, 因此风力发电系统中的电压损失一般不大, 对供电可靠性影响也较小。输电线路所用导线及绝缘水平平均高于一般交流电网^[2]。

(三) 输变电设备静态电压

输变电设备静态电压是指输电线路和变压器在运行过程中, 其允许的电压范围。静态电压的大小主要与输电线路的截面和变压器容量有关, 而与系统短路电流和系统负荷水平无关。研究表

明,在不同负荷水平下,系统电压允许的波动范围分别为 $\pm 6\%$ 、 $\pm 5\%$ 和 $\pm 8\%$ 。

输变电设备静态电压是一个复杂的非线性问题,它不仅受电力系统本身参数的影响,还与风速、负荷水平以及电源结构等因素有关。由于风电是一种间歇性电源,其出力具有随机性和间歇性,风力发电机在风速变化时的输出功率与风速有直接关系;风电机组是有惯性的,当发生故障时会出现一定程度的无功需求。

三、输电设备在风力发电系统中的优化配置

(一) 风轮对风力发电机组的影响

风轮的影响主要体现在风轮转速、功率、变桨距控制和变桨距控制等方面。风轮的转速直接影响机组的发电效率,转速越高,单位时间内发电量越多;功率与风轮的功率有关,功率越大,发电量越多;转速与叶片形状有关,叶片形状不同,所需要的叶片长度和直径不同。风速和风向都会影响风力发电机的输出功率。当风速低于额定风速时,发电机不能输出功率;当风速大于额定风速时,发电机会自动减少转速和输出功率。风轮在运行过程中会产生大量的热,从而导致叶片温度升高。同时叶片在旋转时会产生机械力和气动力,从而对风轮和风机造成影响^[3]。

风轮是风力发电机组的核心部件,是传递风能的主要部件,风轮的转速决定着风力发电机的输出功率。通常情况下,风轮直径与风力机的转速成正比关系。风资源丰富地区一般风资源较好,通常可以选择的风机数量较多。在风速较低时,将叶片伸出机舱外,此时风能传输效率最高。风速达到一定值后,叶片就会与塔筒连接在一起,这时风力机叶片相对于塔筒就会出现一定的倾斜,这时风力机输出的功率将会产生较大波动。如果在风力发电机塔顶部安装了一台变桨距的变速恒频风力发电机时,在风速一定时,发电机输出功率就会随着风速变化而变化。^[4]

(二) 电力系统的容量

电力系统的容量决定于电网的电压等级,电力系统中的电压等级由电力系统的结构来决定,一般情况下,电压等级越高,损耗越小。电网中一般按电压等级分为10 kV、35 kV、110 kV和220 kV四种。其中10 kV及以下电压等级为低压电网,包括电力变压器和架空线路,110 kV及以上为高压电网,包括变压器和架空线路。220 kV及以上电压等级为高压电网,包括变压器、电缆、避雷器、电容器等电气设备。此外还有一些不属于上述等级的高压输电线路(如架空输电线路、电缆等)^[5]。

在风力发电系统中,为了维持电能的质量,风力发电机组的容量通常是很大的。当风电机组容量很大时,系统中的负荷会有很大的变化,这样就会使电力系统的负荷受到影响。由于风力发电系统所发的电量不能被电网所接受,因此电力系统中会出现负荷高峰和低谷时不同的负荷状况。此外,在风力发电系统中,当风速低于某一水平时,风力发电机会停止运行。为了防止风电机组停止运行导致电力系统负荷不平衡,电力系统应保持一定容量以保证在该情况下风电机组可以继续运行。因此在风电系统中,根据上述分析可以得出电网系统总容量应满足风电机组工作时的需求^[6]。

(三) 风机运行方式及经济性

在风速不变的情况下,风机运行在额定功率时的效率最高。当风速从零到最大风速时,风机效率从99.7%降至98.9%,再降至99.3%,最后降至99.4%。因此,在低风速下运行的风机能够获得较高的能量利用效率。

对于风电机组而言,其并网运行的方式主要有并网发电和离网运行两种。在并网发电状态下,风力发电机组根据调度指令来调节自身的出力,在电压、频率满足要求后,风机就会将功率输出到电网。而在离网运行状态下,风机处于停运状态,此时其功率输出完全依靠电网,并不能直接向电网输送电能。因此,对于离网运行状态下的风电机组而言,其并不需要配置相关的输变电设备。但由于其在并网发电和离网状态下运行所产生的电量都是一样的,因此风机会在不同的工况下进行功率调节^[7]。

风电机组在不同的风速、不同的气象条件下,其输出功率特性具有明显的差异。风电机组在不同的风速和气象条件下运行,其输出功率曲线将发生改变,从而影响到风机的最大风能捕获能力。此外,风力发电机输出功率特性还会受到电网电压质量、电压波动和有功负荷等因素的影响,从而使得风机出力随时间发生变化。因此,为获得最佳的风能捕获能力,需要根据风电场实际情况合理选择风机运行方式。在实际应用中,可以通过采用“风随风变”运行方式、“按需发电”运行方式以及“以风定电”运行方式等。对不同的风力发电机进行不同的组合配置,实现系统最优运行^[8]。

(四) 输电设备在风力发电系统中的目标函数

风力发电系统是一个不稳定的系统,它在运行中会产生一些影响系统安全运行的因素,因此需要采取一定的措施来保证风力发电系统的稳定性。风力发电系统中存在许多的不确定因素,如风速、天气等,这些因素都会对风力发电系统的安全性造成一定的影响。因此需要对这些不确定因素进行分析,并对输电设备进行合理配置。输电设备配置的目标函数是满足风电场运行安全性、经济性、可靠性和环境适应性等方面的要求,同时满足一定的约束条件^[9]。

将风电接入系统的优化配置问题,可以看作是一个优化调度问题,优化的目标函数即为在满足电压、频率以及网损约束的前提下,为使输电设备总投资成本最低。在分析输电设备的最优配置时,主要从以下几个方面进行:(1)最小化风电接入系统后,系统总负荷的减少;(2)最大化系统的电能质量;(3)使系统运行成本最小。

在风电场接入电网之后,如果是并网运行,则需要将风电场接入到电网之中,如果是离网运行,则只需要考虑不影响电力系统运行即可。由于风电具有随机性和间歇性,所以为了保证整个电网的安全运行,必须要进行适当的控制。

四、输变电设备在风力发电系统中的优化

(一) 风力发电系统的运行方式

风电机组一般分为直驱式风电机组(Double-Driven,简称

DD)和双馈式风电机组(Four-Driven,简称DFT)。由于DFT技术的成熟,目前应用最广泛的是双馈式风力发电机组。双馈式风力发电机组的转子有两个转速:一个是定子转速(输入端),另一个是转子转速(输出端)。定子转速与风力机的转速相匹配,而转子转速则与电力系统中的同步发电机相匹配。因此,风电机组在电网中运行时,定子转速始终跟随电网同步转速变化而变化,而转子转速则始终保持与电网同步。因此,双馈式风力发电机组具有较高的并网和离网运行的灵活性^[10]。

风力发电系统由风力发电机、变流器、传动系统、直流输电系统和电力电子系统等组成。风力发电机在风中获取电能,通过变流器将电能转换成机械能,然后经过传动系统将机械能转换成电能,通过电力电子装置向电网输送。变流器将电压、电流转换为直流电,再通过电力电子装置转换成交流电供负载使用。

（二）风力发电系统中的输变设备

风力发电系统中的输变设备主要包括变压器、电抗器、电容器、避雷器和无功补偿设备。风力发电系统中,由于风力发电系统一般是离网运行,因此,整个系统中的输变设备不需要进行保护配置。对于风力发电系统中的变压器而言,在进行容量配置时,需要考虑到两个方面:一是变压器的电压等级,二是变压器的容量。在设计变压器时,要考虑到电网对其电压等级的要求,即在满足电压稳定要求的同时还要保证经济运行;另外在设计容量时还要考虑到风力发电系统接入电网后对电力系统其他设备造成的影响,即需要保证对其潮流控制的要求。^[3]

风力发电机组的出力特性是指风力发电机组在不同风速下的输出功率变化情况,即在风速为2m/s、6m/s时的输出功率情况。与普通电源相比,风力发电系统中变压器容量的选择要考虑到风

电场的分布位置、风电机组的工作特性等因素。输电线路和电缆在电力系统中所起到的作用是不同的,其具体选择应根据输电线路和电缆自身性能以及风电场所在地区的具体情况综合考虑,如输送距离、输送容量等因素。

（三）输电线塔的风力发电系统优化效果

通过对某风电场的运行数据分析,发现在风力发电系统中采用输电线塔的方案后,在保证风机运行稳定的情况下,输电线塔的有功功率可以降低30%以上,从而使得风电场整体的无功功率能够满足电网电压稳定的要求,同时也能减少输电线路的投资成本。

在风力发电系统中,由于线路长度的限制,所增加的输电设备会使得发电设备的总容量减小,从而减少了系统运行的有功损耗。并且随着风速的增大,在风力较小的情况下,系统会产生电压过高等问题。在输电线塔上加装风力发电设备后,可以使得输电线路中所带的有功功率损耗减小,从而使得风力发电设备能够平稳地运行。

五、结语

在风力发电系统中,风能是一个非常重要的能源。随着我国电网容量和负荷水平不断增加。对电力供应提出了更高要求。因此需要更加合理地提高风电机组功率等级来满足整个国家经济发展需求;同时也要加强输配电设备建设与设计工作并进行有效控制管理等措施以促进其稳定运行、安全可靠运转,从而实现风力发电系统长期高效稳健运行以及最大限度的为社会创造价值与利益提供保障服务的目的。

参考文献

- [1]王锁柱. 电力系统中输变电设备可能存在的风险因素[J]. 电子技术与软件工程, 2017:242-242.
- [2]苗彬彬. 风力发电系统中储能容量的优化配置[J]. 魅力中国, 2020:348-349.
- [3]程世军,张粒子. 风力发电系统中储能容量的优化配置[J]. 电力系统及其自动化学报, 2015:75-79.
- [4]张颖慧,宋琦,吕修桐,等. 输变电设备的在线监测技术应用[J]. 电子技术, 2023,52(06):154-155.
- [5][1]李尧杰. 110kV 输变电工程设备安装技术研究与应[J]. 科学技术创新, 2023,(13):221-224.
- [6]龚泽成一,肖妮,曹占国,等. 输变电设备运维知识图谱的构建及应用[J]. 电力大数据, 2023,26(05):81-89
- [7]李刚. 输变电设备助力“双碳”途径与措施研究[J]. 电器工业, 2023,(03):23.
- [8]靳凯伦,王超杰,吴学正. 输变电设备集中监控大数据及应用[J]. 中国设备工程, 2023,(01):129-131.
- [9]谢庆,汲胜昌,张晓星,等. 数字化技术在输变电设备状态评估中的应用专题特约主编寄语[J]. 电工技术学报, 2023,38(01):13-14.
- [10]官贞珍,任建兴,朱全军. 智利电力系统输变电设备的抗震设计规范[J]. 上海电力大学学报, 2022,38(06):563-568.