大型风电场发电运行提质增效技术分析

莫国考

广西国电投海桂新能源有限公司, 广西 南宁 530000

摘要 : 绿色环保理念下风力发电成为当前电力发展中的主要途径, 能够保证最佳的发电水平, 促进我国发电行业的健康发展。为了促进大型风电场的健康发展, 更好的为人们服务, 提升电力系统的功能, 更好的满足电力系统需求, 需要结合当前大型风电场发电运行情况, 探究提质增效技术水平。本文主要对大型风电场发电运行的现状进行分析, 并以此为基础探究提质增效技术手段。

关键词 : 大型风电场; 发电运行; 提质增效

Technical analysis on improving quality and efficiency of large-scale wind farm operation

Mo Guokao

Guangxi Guodiantou Haigui New Energy Co., Ltd. Nanning, Guangxi 530000

Abstract : Under the concept of green environmental protection, wind power generation has become the main approach in the current power development, which can ensure the best power generation level and promote the healthy development of China's power generation industry. In order to promote the healthy development of large-scale wind farms, better serve people, enhance the function of the power system, and better meet the demand of the power system, it is necessary to explore the technical level of improving quality and efficiency based on the current operation situation of large-scale wind farms. This paper mainly analyzes the current situation of large-scale wind farm power generation operation, and explores the technical means of improving quality and efficiency based on this.

Keywords : large-scale wind farm; power generation operation; quality and efficiency improvement

大型风电场是电力系统中的重要构成内容, 通过对大型风电场的利用可以实现绿色发电, 降低煤炭以及石油等传统能源的消耗, 更好的服务于电力行业, 同时满足节能减排的要求, 促进再生资源的发展。大型风电场的发电运行中, 可能会因为各种因素的影响, 导致风电场的功能受到限制。针对这种情况要结合大型风电场的运行特点和当前运行的现状, 探究提质增效技术的应用策略。

一、大型风电场的运行特点

(一) 风能发电的能量密度小

通过对大型风电场的运行情况分析来看, 在相同发电容量的情况下, 风电场的发电机相对于水力发电, 轮机的尺寸要大很多。这种情况主要是因为风力发电机运行中, 对风能的利用可控性比较弱, 能够形成的风能密度小。为了保证风能系统的稳定运行, 必须要做好对风能密度的控制。

(二) 风能发电稳定性差

风能发电运行中容易受到外部因素的影响, 导致风机以及电场运行的稳定性降低。风能是一种过程性的能源, 风能不稳定会导致发电量出现间歇性和随机性等情况, 无法维持电能的持续供应。此外, 风能发电主要依靠于风力, 但是风是多变的, 风向和风速都会随时发生变化, 导致风力发电受到限制, 这些因素都会影响风力发电的稳定性^[1]。

(三) 风能无法存储

风能发电是一种过程性的发电模式, 无法对风能进行存储,

与水力发电存在较大的差别。同时风力发电机组在单独运行中必须要保证良好的运行状态, 在运行中机组自身不能断电, 否则将会导致风能发电被中断, 难以满足实际用电需求。

(四) 风轮工作效率低

大型风电机组运行中, 风轮的工作效率不高。从理论上分析风轮工作效率可以达到60%左右, 但是实际达到的效率要比理论数值低。同时不同的风轮机形成的效率不同, 垂直风轮机的效率要大于水平风轮机的效率。垂直风轮机效率一般为30-40%, 水平风轮机效率则为20-50%^[2]。大型风电场运行中, 要想达到相应的工作效率需要风轮始终保持正常运动的状态, 才能形成比较稳定的电力系统。

二、大型风电场发电运行提质增效的影响因素分析

(一) 电气设备短路

从当前大型风电场发电运行情况分析来看, 大部分风电机组的安全事故都与风电场中部分设备自身存在短路的问题有关。通过对大型风电场发电运行的情况研究可以发现, 电缆头安装质量控制会影响

设备的短路，而造成电缆头故障的主要原因为开关柜以及制作工艺的问题，导致线路运行中出现空间设计不科学以及线路谐波等问题。此外，大型风电场如果建设在海拔比较高的山区，在气候的影响下，以及雷击、树障等因素的干扰下，也容易引发电气设备短路的问题。

（二）环境温度的影响

大型风电场发电机组的采购和安装时，在合同技术规范中都会对环境的条件进行标注，其中温度也是其中一个重要的考量因素。要求发电机组的运行环境温度一般为零下10摄氏度到40摄氏度之间。夏季天气炎热环境的温度会大幅度升高，环境温度升高容易影响风电机组中齿轮箱的运行。通过对风电机组工作环境的调查可以发现，高温季节中极端天气的温度可以达到40摄氏度以上，齿轮箱运行的温度超标。虽然风电机组厂家针对齿轮箱散热的问题进行处理，但是难以从根本上解决问题，导致在能量转化中形成大量的无效热能，而且超高温的运行容易造成机械故障，加大维修成本，提升停电风险。冬季北方低温容易造成齿轮箱的润滑效能降低，这些问题与舱内密封性以及保温性能不足有关，当前虽然已经提升了加热器的功率，但是同样没有从根本上解决问题。

（三）风机叶片覆冰影响

风机叶片在室外温度达到0摄氏度以下，同时空气湿度比较大的情况下，容易出现覆冰的情况。特别是在雨雪等特殊天气，遇到低温气候极容易出现覆冰。一旦叶片覆冰，会影响叶片的气动性能，导致发电功率降低。覆冰后叶片在转动的过程中会造成空气动力学轮廓变形，影响发电机组对风能的利用，输出功率随之减少。同时叶片覆冰后在转动时会形成更大的额外荷载，加大振动频率，容易对叶片造成损伤，影响叶片的使用寿命。针对叶片覆冰的问题，可以尝试喷洒乙醇、乙二醇等防冻液进行喷淋，可以降低冰点，降低叶片结冰概率。或者采用超声振动的方式进行除冰，利用叶片的加速振动促使覆冰从叶片上脱落。还可以采用微波、电能等加热的方式除冰，比如在叶片内安装电热元件，通过加热预防覆冰。

（四）地方风力发电消纳影响

当前风力发电的地方消纳也是影响风力发电提质增效的主要问题之一，在风力发电的消纳中缺乏统筹规划意识，导致规划目标无法科学、协调落实。风电送出的通道以及电力调风等与传统煤电间存在冲突，同时风电资源无法存储，在设备建设方面缺乏科学的规划，导致风电的消纳和送出受到影响。针对风电消纳的问题，可以尝试采用源网荷储一体化的方式实现风电资源的整合，通过先进的技术手段实现电能消纳创新。实现电力系统的多能互补，保证储能的合理配置和统筹。构建网荷储深度融合的新型电力系统。

三、大型风电场发电运行提质增效技术方向

（一）空气密度变化

大型风电场发电运行中不仅会受到风速的影响，同时还会受到气压、气温等方面的影响。气压以及环境温度的变化都会对风电场的气流造成扰动，使分离发电的功率发生变化。为了对气压、气温等变化对风力发电功率的影响分析，可以绘制桨叶片的功率曲线分析图，通过对曲线图的研究确定气温与空气密度的规律。从当前

各地区的风场环境来看，早晚温差、季节以及气压等方面的变化幅度比较大，在空气密度值的检测中，密度值越低形成的变化幅度越大。环境空气密度值的参考需要以气象局的数值为主，并根据环境空气密度值做好发电策略的调整，通过对环境各项数值的分析，实现对各项数据的过滤。通过对空气密度值的调节，做好对风轮转速、叶尖速的调整，达到更好的风能控制效果。

（二）叶片增效影响

风力发电指的是通过风力的影响带动发电机组叶片的转动，然后利用发电机组内部的增速器提升风机的转动速度，将动能转化为电能。根据我国当前的风机技术的应用了解，每秒钟3米的转速即可以实现发电^[9]。为了提升大型风机的发电效率，核心要求是提升风轮的旋转效率以及叶片转动形成的动能。我国当前大型风机增加叶片旋转产生动能的措施可以分为三种：第一，在风轮机的叶片尖位置安装小翼；第二，在叶片上增加涡流器；第三，在叶身加装扰流条能够结合不同风电以及叶片环境采取合理的增功方式，提升风机发电量。

（三）风向矫正

风力发电中风向会随时发生变化，为了保证风电场运行的稳定性，需要保证风向的一致性，针对风向的变化情况及时矫正。当前比较常用的矫正技术为激光雷达矫正技术。激光雷达是通过脉冲多普勒曲线机对空气中气溶胶的移动速度进行测量，了解风速、风向的即时情况。在大型风电场发电运行中地面垂直轴激光雷达设备是比较常用的设备之一，测量的范围集中在10到400米之内，设备在数据采样中频率一般设置在1赫兹，风速测试的范围可以达到0到80米/秒^[9]。该设备测量风速的误差可以控制在0.1米/秒，风向的控制可以达到1度，而且设备的使用能够达到相应的技术安全指标标准。地面垂直轴激光雷达设备，收集的数据比较全面，包括风切变、风向、风速以及温湿度等，而且可以移动。同时该设备更灵活、轻便，精度度更高，在海上风能的测试中应用比较多。还可以用于对微观选址的勘察以及风廓的测量等，是风能测试的重要工具。机舱水平轴激光雷达也是比较常用的风电场设备，该设备的类型能够自定义测试的点，在实时数据采集中可以控制在8赫兹左右，最小的采样频率能够控制在1赫兹，针对风力的测量，范围可以从0到40之间，精确到0.1米/秒，风向测试的准确度可以达到0.5度。机舱水平轴激光雷达可识别的内容中包括径向风速、水平风速以及风向等参数。该设备的安装比较简单，能够对机组前端的风向来流进行测量和判断，可以通过利用应用曲线对航行反向纠偏，以及对尾流进行测量，提升机组的控制能力^[9]。

（四）激光雷达设备的矫正

针对已建的风能发电厂，为了提升发电效率，需要利用片场纠正的方式达到提质增效的效果。传统风场发电的测试中，纠偏误差一般为2度到7度之间，60%项目纠偏可以达到3度以上。如果偏航达到7度，每年的发电量损失可以达到总电量的2%左右。

四、大型风电场发电运行提质增效策略

（一）加强润滑技术的改进

大型风电场发电运行中，风电机组是其中的重要组成部分，风

电机组中包含多个润滑系统，润滑系统中的设备，比如轴承、油泵等的运行情况直接影响发电运行效率。如果润滑系统出现损坏，会影响轴承的润滑，转动时容易因摩擦形成损坏。长时间缺乏润滑的运行损坏的程度不断加大，只能更换设备，影响风电场运行效率，加大运行成本。因此要加强对润滑系统的维护，有效减少故障点。结合风电场的情况设置润滑系统检测体系，实时观察风电场中电力系统中的轴承、电机以及变桨系统润滑状态。首先，对主轴润滑油泵的观察，在油泵的运行中要加强对信号的动作控制。变桨油泵的状态与电机油泵相似，需要结合油泵的状态情况进行修改。风机机械故障是比较难处理的故障之一，一旦出现故障修复的时间更长，而且修复的难度更大。轴承损坏在这些故障中的占比比较大，损坏的主要原因为润滑不良。润滑系统可以结合具体的故障原因，解决系统问题。在润滑系统的改进中，主控系统可以根据润滑系统的状态及时调整，并设置报警信息。故障发生后可以及时发出报警，通知维修人员第一时间检修，保证轴承良好、高效的运行状态。同时通过更换润滑油，加装滤油器，减小油腔内液压波动以及报警系统等技术改造后，对润滑系统的运行状态进一步优化，避免机组以及油泵的运行中出现误报的情况，保证润滑系统的效率。

（二）注重风电场发电能力评估

大型风电场运行中要结合 SCADA 数据对风电机组的运行状态进行评估，并根据机组的运行性能、设备的检修状态以及环境的风力资源等构建评估模型，针对发电量和发电能力进行分析，并结合分析结果对风电机组的电量损失计算方式以及概率分布等绘制风力发电机组运行的功率曲线，对风力发电的性能进行评估。通过对风电机组的产能数值进行量化的方式，有利于查找影响电力产量的主要因素，可以形成更有效的技术整改方向，保证风电的产能。此外，在对比分析的过程中还可以采用综合评价方式，对不同地区的相同机型，相同地区的不同机型发电运行能力进行对比，保证风力发电系统机型匹配的科学性。并制定风力发电机的运行状态模型和预警机制，及时发现风力发电系统中存在的安全隐患，保证风力发电机组的安全有序运行。

（三）加强风力发电机运行的日常维护

大型风电场发电运行中要达到提质增效的效果，需要加强日常维护管理。风力发电机在运行中容易因为内外部因素影响造成设备运行故障，一旦出现故障后要及时查找故障记录，并针对故障设置相应的代码，并进行现场处理。风力发电机运行线路维护，首先通过看的方式观察风力发电机电缆线路的结构情况，查看线路连接是否存在移位、松动或者破损等问题，并观察各种元器件的结构，是否存在放电的痕迹，以及发电机与相应器件间的接触情况是否合理，压力运行是否科学，各相邻器部件间是否存在磨损等。其次，动手操作管理。测试人员可以通过对设备的动

手操作检验，确定大型风电场发电运行是否合理，针对不良情况采取相应的处理措施。工作人员间可以通过互相学习与交流的方式，不断积累经验，提升大型风电场发电运行效率。

（四）加强政策管理与优化

大型风电场发电运行中可以充分借鉴国外的风力发电经验，合理确定电力系统的电压，结合不同的电压等级制定风力发电的技术标准。做好风电与市场间的协调，并将电源与电网形成统一的规划形式，促进风电与电网的协同发展。此外，还可以构建风电规划措施，在风力发电施工前先做好前期的调研工作，并优化施工设施。针对风力发电系统做好调试、验收和试运行，加强管理的规范性。同时风电场内部设备的类别比较多，设备管理同样重要，及时发现设备运行的隐患，并采取有效的整改措施。加强风电场内部制度的优化，提升整体运营水平，以及风电场信息的采集效率，做好风电场调度。

（五）加强现有技术支持

大型风电场发电运行中，电缆头是故障发生率比较高的位置，为了保证发电运行提质增效，可以加强对电缆终端的优化。将电缆头用铜排线替代，并利用户外变压器做好对谐波预防和改进，防止大型风电机组脱网，促进新国标的有效落实。同时加强对风机低电压穿越的优化，根据不同地区电网结构设置穿越导则。此外，设置动态无功补偿装置，比如静止无功发生器等，保证风电场无功容量的储备。风电场的继电保护配置设置方面，要结合风电场的弱馈电特点，采取科学的线路保护方式。

（六）创新风电场发电运行管理技术

大型风电发电设备运行中为了达到提质增效的目的，首先要做好对风电场布局的优化，根据风电场的气候和地理条件等，科学选择建设地址，并针对周围环境科学布局，保证风电机运行的有效性。同时加强对风力预测技术的优化，构建风力测试模型，并利用现代化技术手段保证测试数据的精确性，有利于对风能变化情况的预测。此外，利用先进的控制技术手段，保证控制系统设计的安全性。可以利用智能化的控制手段保证电机运行的可靠性，并利用智能检测技术，帮助管理人员对各节点的运行情况进行检测，及时发现系统的故障点，采取相应的措施进行改进和维护。通过数据采集软件，加强对风电场系统中各节点的数据采集和集中分析。

五、结语

综上所述，大型风电场发电运行可以有效缓解能源危机，实现绿色电业发展。但是从当前的风电场发电运行情况来看，其中仍然存在诸多的问题，影响发电场的运行效率。因此需要结合大型风电场的发电运行状态采取相应的改进措施，降低故障发生率，减少电力传播损耗，促进风电场的健康、长效发展。

参考文献

- [1] 韩常仲. 浅析大型风电场发电运行提质增效技术[J]. 中国设备工程, 2021(8): 202-205.
- [2] 赖永林. 大型风电场发电运行提质增效技术探讨[J]. 产业创新研究, 2021(2): 78-80.
- [3] 张硕. 浅析大型风电场发电运行提质增效技术[J]. 建筑工程技术与设计, 2021(20): 2208.
- [4] 张陆. 大型风电场发电运行提质增效技术探究[J]. 探索科学, 2021(6): 292.
- [5] 常啸. 风电产业提质增效技术探索研究[J]. 建筑技术, 2023, 54(24): 2971-2973.