

风电项目电气设备选型与优化配置

辛川川

华润新能源投资有限公司河南分公司 河南 焦作 454000

摘要: 在风电项目推进中, 电气设备选型与优化配置至关重要。本文围绕选型原则展开, 涵盖可靠性、经济性、适用性及技术先进性。阐述主要电气设备类型与功能, 包括风力发电机组、变压器等。提出基于风资源特性、电网需求、设备兼容性及运维便利性的优化配置策略。同时, 分析面临的技术、经济、环境挑战, 并给出相应对策, 为风电项目电气设备选型与优化配置提供全面参考。

关键词: 风电项目; 电气设备; 选型原则; 优化配置; 挑战对策

引言: 随着能源结构转型加速, 风电作为清洁能源的关键力量, 发展势头迅猛。在风电项目建设里, 电气设备选型与优化配置是保障项目高效、稳定运行的核心环节。电气设备性能优劣、配置是否合理, 直接影响风电项目的发电效率、运维成本及可靠性。科学合理的选型与配置, 既能提升项目经济效益, 又能增强其在能源市场中的竞争力。因此, 深入探讨风电项目电气设备选型与优化配置具有重要的现实意义。

1 风电项目电气设备选型原则

1.1 可靠性原则

风电设备长期暴露于复杂自然环境中, 其性能稳定性直接决定项目运行效率。电气设备需具备抗振动、耐腐蚀、防盐雾等特性, 在极端温差条件下保持绝缘性能稳定。关键设备应通过加速寿命试验验证, 确保在额定负载下连续运行能力超过设计寿命周期。冗余设计需覆盖电源系统、控制回路等核心环节, 例如采用双回路供电架构或配置备用控制单元, 避免单点故障引发系统瘫痪^[1]。备件供应体系应建立多级库存机制, 重点保障功率模块、传感器等易损件的快速更换能力, 缩短设备停机时间。

1.2 经济性原则

经济性原则要求在风电项目电气设备选型中, 初始投资控制要兼顾技术参数与采购成本, 不可一味追求高端配置而造成资源闲置。可借助模块化设计, 达成设备功能的灵活搭配, 像运用标准化柜体结构来削减定制化成本。运维成本优化要着重提升能效, 挑选低损耗变压器、高效电机这类节能设备, 并借助智能监测系统开展预防性维护。全生命周期成本分析要全面考量设备折旧、备件更换、人工巡检等隐性成本, 建立涵盖长期运行周期的成本模型。还可通过批量采购协议锁定维护价格, 规避市场波动引发的成本风险。

1.3 适用性原则

设备需具备良好的自然环境适应性, 防护等级应达IP54以上标准, 以有效阻挡灰尘与一定强度水溅。若处于高原地区, 要开展空气密度修正计算, 保证绝缘距离符合要求。设备容量配置要与风电场装机规模精准适配, 防止变压器容量过大造成空载损耗上升, 或容量不足引发过载运行。电压等级选择要契合电网接入规范, 中压侧一般采用35kV或110kV系统, 并通过短路电流计算, 验证设备的动热稳定性。此外, 谐波抑制装置需满足GB/T14549标准, 确保输出的电能质量达标。

1.4 技术先进性原则

技术选型应基于经过现场验证的成熟方案, 重点考察设备在同类项目中的运行记录。采用具备自适应控制功能的变频器, 可根据风速变化自动调节运行模式, 提升发电效率。预留技术升级接口是关键设计要素, 例如配置标准化通信协议接口, 便于后续接入能量管理系统。智能化技术应用应包含设备健康管理系统, 通过振动分析、温度监测等手段实现故障早期预警。自动化水平提升体现在一键启停、远程诊断等功能, 减少现场人工操作需求, 提升运维响应速度。

2 风电项目主要电气设备类型与功能

2.1 风力发电机组

发电部分是风力发电机组实现能量转换的核心环节, 依托电磁感应原理将风能捕获后转化为电能, 通过主轴传递风轮旋转的机械能, 驱动发电机转子切割磁力线产生电能, 适配风电系统对电能输出的基础需求, 是风电项目能量转化的核心载体。控制系统承担机组运行的实时管控任务, 通过采集风速、风向、转速、温度等各类运行参数, 对机组运行状态进行动态监控与精准调整, 实现机组自动启停、功率优化及安全保护, 保障机组在各类工况下稳定运转。辅助系统作为机组正常运行

的支撑保障,涵盖冷却、照明、防雷等多个方面,冷却系统为发电机、齿轮箱等发热部件散热,避免设备因过热损坏;照明系统为机组运维提供必要光照条件;防雷系统则抵御雷电冲击,降低雷电灾害对机组设备的损坏风险,全方位支撑机组长期稳定运行。

2.2 变压器

变压器是风电项目电能传输环节的关键设备,核心功能体现在电压变换与电能传输两个方面^[2]。电压变换功能依据电网接入标准,对风力发电机组输出的低压电能进行升压处理,或根据场内配电需求进行降压调节,使电能参数符合电网接入及设备运行的电压要求,解决风机输出电压与电网接入电压不匹配的问题。例如,风力发电机组输出电压一般为690V,而电网接入电压通常为35kV或110kV,需通过变压器进行升压处理。电能传输过程中,变压器通过优化电能传输参数,有效提升输电效率,减少电能在传输过程中的线路损耗,同时发挥电隔离作用,保护风电系统免受外部电网故障的影响,维持电能传输的稳定性与经济性,是连接风机与电网的重要枢纽。

2.3 开关设备

开关设备分为高压开关柜与低压配电柜,二者分工明确、协同运作,共同保障风电系统电能分配与设备控制的有序开展。高压开关柜主要应用于风电系统高压配电环节,负责高压电能的合理分配,同时集成相关保护组件,对高压电路进行有效保护,可快速响应电路异常,避免高压电路故障扩大,保障高压配电系统的安全稳定。低压配电柜聚焦于终端设备供电与控制,将经变压器降压后的电能分配至各类低压用电设备,同时实现对低压设备的运行控制,配置相应保护元件,防止低压设备因故障影响整个系统运转,是风电系统低压配电环节的核心设备。

2.4 电力电缆及线路

电力电缆及线路是风电系统电能传输的重要载体,承担电能输送与线路保护的双重职责。电能传输方面,通过电缆线路连接风电项目各电气设备,实现电能从发电机组到变压器、从变压器到电网及场内各类用电设备的高效输送,确保电能在整个系统内有序流转,适配风电系统分散布局与集中并网的需求。线路保护功能通过自身结构与配套保护组件,抵御短路、过载等各类线路故障,减少故障对电能传输的影响,防止故障蔓延至整个电气系统,保障电能传输的连续性与安全性,适配风电场景复杂的运行环境。

2.5 保护与控制设备

保护与控制设备是保障风电系统安全稳定运行的关键支撑,主要包括继电保护装置与监控系统。继电保护装置能够快速识别电气系统中的故障隐患,在故障发生时迅速切断故障回路,避免故障扩大蔓延,保护电气设备及整个系统的安全,降低故障造成的损失,涵盖线路保护、母线保护等相关功能。监控系统实现对整个风电电气系统设备运行状态的实时监测,采集设备运行参数与状态信息,同时具备远程控制功能,运维人员可通过监控系统远程操控设备运行,及时发现并处理设备运行异常,为设备运维提供便捷支撑,保障系统长期稳定运行^[3]。

3 风电项目电气设备优化配置策略

3.1 基于风资源特性的配置优化

风资源特性是风电项目电气设备配置的重要依据。风速频率分布反映了不同风速出现的概率,风功率密度则体现了单位面积上风能的大小。依据这两项关键指标,能够精准选择适宜的机组容量。若风速频率分布显示高风速段占比较大且风功率密度较高,可选用大容量机组,以充分捕获风能,提高发电量;反之,则选择小容量机组,避免机组长期处于低效运行状态,降低设备损耗。风机布局的优化对于提升风能利用效率至关重要。合理的布局应充分考虑地形地貌、风向频率等因素。在平坦开阔地区,可采用均匀分布的布局方式,使每台风机都能均匀捕获风能;在复杂地形区域,需根据地形起伏和风向变化,调整风机间距和排列方向,减少尾流效应的影响,让更多风机处于高效运行状态,从而提高整个风电场的风能利用效率。

3.2 基于电网需求的配置优化

风电项目与电网的紧密连接要求电气设备配置必须匹配电网接入点的各项参数。电压波动和谐波畸变率是衡量电网质量的重要指标。电气设备应具备调节电压的能力,确保在风电出力变化时,接入点电压保持在合理范围内;同时,要配备有效的谐波抑制装置,降低谐波畸变率,避免对电网中其他设备造成干扰。电网的低电压穿越能力要求风电场在电网电压跌落时,能够在一定时间内保持并网运行,并向电网提供一定的无功支持。因此,电气设备配置需满足这一要求,通过优化控制策略和配置相关设备,提高风电场在低电压情况下的生存能力,保障电网的稳定运行。

3.3 基于设备兼容性的配置优化

风电项目涉及多种电气设备,确保各设备之间的接口匹配与通信协议兼容是实现系统稳定运行的基础。不同厂家生产的设备可能存在接口标准和通信协议的差异,若不进行统一规划和协调,容易导致设备之间无法

正常通信和协同工作。在设备选型阶段,应优先选择接口标准和通信协议通用的设备,或通过中间转换设备实现不同协议之间的转换,确保设备之间信息传输的准确性和及时性。优化设备间的协同工作能够进一步提高系统稳定性。通过建立统一的监控平台,实现对各设备的集中管理和控制,使设备之间能够根据运行状态自动调整工作参数,实现优势互补,提高整个风电系统的运行效率和可靠性。

3.4 基于运维便利性的配置优化

合理的设备布局是保障运维便利性的关键。在规划风电场设备布局时,应充分考虑日常检查和维护的需求,将设备按照功能分区集中布置,减少运维人员的行走距离和工作强度。同时,要预留足够的操作空间和检修通道,方便运维人员进行设备检修和更换。选择易于更换与维修的关键部件能够降低运维成本和缩短停机时间^[4]。在设备选型时,应关注部件的通用性和可获取性,优先选择市场上常见的标准部件,避免使用特殊定制部件,以便在部件损坏时能够及时更换,快速恢复设备运行。

4 风电项目电气设备选型与优化配置的挑战与对策

4.1 技术挑战

风电项目在电气设备选型与优化配置过程中面临诸多技术挑战。新型设备技术成熟度不足是较为突出的问题。随着风电技术的不断发展,各类新型电气设备不断涌现,然而部分新型设备在研发阶段可能未经过充分实践检验,在实际应用中易出现性能不稳定、故障率较高等情况。针对这一问题,可加强与科研机构、设备制造商的合作,共同开展新型设备的试点应用与长期跟踪研究,积累运行数据,为设备改进提供依据。同时,建立严格的新型设备准入评估机制,从技术参数、可靠性指标等多方面进行综合评估,确保引入的设备具备较高成熟度。智能化与自动化技术应用也存在一定难点。智能化设备虽能提升风电项目运行效率与管理水平,但对技术人员的专业素养要求较高,且不同设备间的智能接口兼容性可能存在问题。为解决这些难题,一方面要加大对技术人员智能化技术培训力度,提升其对智能设备的操作与维护能力;另一方面,推动设备制造商制定统一的智能接口标准,促进设备间的互联互通,实现智能化系统的协同运行。

4.2 经济挑战

平衡初始投资与运维成本是经济层面的关键挑战。若过于注重初始投资而选用低价低质设备,后期运维成

本可能大幅增加;反之,过度追求高性能设备又可能导致初始投资过高。优化方法是开展全面的成本效益分析,综合考虑设备购置成本、运维成本、使用寿命等因素,选择性价比最优的设备。全生命周期成本控制同样重要。从设备选型开始,就要以全生命周期成本最低为目标,不仅关注设备价格,还要考虑设备运行过程中的能耗、维修、更换等成本。通过建立全生命周期成本模型,对不同设备方案进行量化评估,为设备选型与优化配置提供科学依据。

4.3 环境挑战

风电项目多处于自然环境较为复杂的地区,电气设备需适应极端自然环境条件。在设备选型时,要充分考虑当地的气候、地理等因素,如高海拔地区需选用适应低气压的设备,沿海地区要选择具备良好防腐性能的设备。降低设备对环境的影响也不容忽视。电气设备在运行过程中可能产生噪声、电磁辐射等污染^[5]。可通过选用低噪声设备、优化设备布局等方式减少噪声污染;采用屏蔽技术、合理规划线路等措施降低电磁辐射对环境的影响,实现风电项目的绿色可持续发展。

结束语

风电项目电气设备选型与优化配置是一项复杂且系统的工程,涉及多方面因素与挑战。面对技术、经济、环境等层面的难题,需综合运用多种策略与对策。通过遵循科学的选型原则,精准把握主要电气设备特性,实施有效的优化配置策略,并积极应对各类挑战,能够提升风电项目电气设备运行水平,推动风电产业持续健康发展,让风电在能源领域发挥更大作用,为能源转型与可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]董建刚.高海拔中冰区风电场电气设备选型及适应性研究[J].云南水力发电,2026,42(2):78-81.
- [2]刘佳惠,王聪,张宏立,等.代理模型辅助的复杂地形风电场微观选址多目标优化设计[J].上海交通大学学报,2025,59(9):1315-1326.
- [3]张国顺.新能源海风发电场电气设备选型与配置分析[J].模型世界,2025(34):40-42.
- [4]李祥雄.风电场箱变设备选型与优化配置研究[J].电力系统装备,2024(11):43-44,69.
- [5]孙建龙,王洋,宋杉,等.基于海上轻型站的海上风电场电气系统博弈优化[J].太阳能学报,2023,44(6):445-453.