

新能源电站电气主接线方式优化与工程应用研究

孙钰

国家能源(山东)新能源有限公司, 山东 济南 250014

DOI: 10.61369/SSSD.2025190011

摘 要 : 在新时代背景下, 全球能源正在加速向着绿色化的方向转型升级。于是, 包括风电、光伏等在内的新能源电站在电力系统中的占比也因此正持续增加, 而其运行的安全性与可靠性极为重要。电气主接线作为新能源电站能量传输的核心枢纽, 能够在一定程度上决定电站的供电质量和效率。基于此, 本文主要针对新能源电站电气主接线方式优化与工程应用展开了相关分析与研究, 旨在进一步助力全球能源绿色化发展, 仅供参考。

关 键 词 : 新能源电站; 电气主接线; 接线方式; 优化策略

Research on Optimization and Engineering Application of Main Electrical Connection Modes in New Energy Power Stations

Sun Yu

National Energy (Shandong) New Energy Co., Ltd., Jinan, Shandong 250014

Abstract : Against the backdrop of the new era, the global energy system is accelerating its transformation and upgrading towards greenization. Consequently, the proportion of new energy power stations—including wind power and photovoltaic (PV) power stations—in the power system is continuously increasing, and their operational safety and reliability are of utmost importance. As the core hub for energy transmission in new energy power stations, the main electrical connection largely determines the power supply quality and efficiency of the stations. Based on this, this paper focuses on the optimization and engineering application of main electrical connection modes in new energy power stations, aiming to further contribute to the global green energy development. This study is for reference only.

Keywords : new energy power stations; main electrical connection; connection modes; optimization strategies

目前, 在“双碳”目标的引领下, 新能源产业如今迎来了爆发式增长。风电、光伏等新能源电站的建设规模正在不断扩大。相较于传统的火电电站, 新能源电站的能量来源相对比较分散, 而且出力波动性更强, 发电单元的数量也更多。不过, 这就对电气主接线的设计提出了更高的新要求, 其结构是否合理, 将会直接影响新能源电站是否能安全、稳定地将电能输送到电网。因此, 在新时代背景下, 相关人员理应对新能源电站电气主接线方式优化与工程应用的研究引起高度重视, 从而更好地达到提高新能源电站运行质量、推动新能源产业高质量发展的目的^[1]。

一、新能源电站主流电气主接线方式分析

(一) 单母线接线

相较于其他接线形式, 单母线接线是结构最简单的一种主接线形式。单母线接线有其独特的应用优势, 不仅结构简单直观、需要投入的设备数量相对比较少, 而且操作也很简单, 方便工作人员掌握。更重要的是, 检修人员在对其进行故障问题排查时, 还能清晰地定位故障范围。其中, 关于基础单母线形式的应用, 也存在较为明显的局限性, 那就是当母线本身或者母线侧关键开关设备一旦发生了故障, 就容易导致整个电站和电网断开连接, 从而导致全面供电中断。而且, 如果需要检修人员对母线进行故障检修, 就必须要将所有的发电单元进行停运, 进而容易对供电

的连续性带来极大的影响。不过, 尽管如此, 通过运用单母线分段接线的方式, 则可以很好地弥补上述出现的问题缺陷^[2]。在实际应用过程中, 当某一分段的母线或者是所属设备发生问题故障时, 检修人员可以快速地断开分段开关隔离故障区域。至于其余分段, 仍然可以维持正常运行, 这样就能大大缩小小问题故障的影响范围。

(二) 双母线接线

双母线接线是一种更加高效的接线形式, 其应用可以很好地解决单母线接线可靠性不足等问题。该接线形式的原理主要是通过设置两条独立且完全相同的母线(通常称为工作母线和备用母线), 而电站内的所有升压变压器高压侧、输电线路以及关键用电设备等都通过两组独立的开关设备分别连接至两条母线上, 同

时通过母线联络开关来实现对两条母线的互联控制^[3]。双母线接线具有极强的可靠性和灵活性。一方面，两条母线可以形成冗余备份，在正常运行时，通常可以通过并列运行的模式提升电能传输能力。而当其中一条母线发生了问题故障或者是需要检查维修时，相关工作人员就可以通过切换开关的方式将所有负荷转移到另一条母线上，从而实现故障隔离，以有效解决单母线接线检修时需要全面停运的问题^[4]。另一方面，相关工作人员可以根据电网调度要求、新能源出力波动情况等灵活调整电站的运行模式，比如当电站出力相对较低时，可以采用单母线运行、另一条母线备用的模式，从而达到降低空载损耗的目的。

（三）环形接线

“环形接线”也可以叫做“环网接线”，不仅可靠，而且经济性较高，是一种闭环接线形式。该接线形式的优势特点主要体现在以下几个方面：第一，具有较强的可靠性。在正常运行时，环形线路为闭环状态，新能源电站的电能可以实现双向传输。而当某一段线路或者某个发电单元发生了问题故障，检修人员则可以通过断开故障点两侧的分段开关的方式快速隔离故障区域^[5]。而其余部分仍然可以通过环形线路的另一方向来继续维持供电，这样就能够保证故障影响范围仅局限于故障段内。第二，具有较高的灵活性。环形接线可以根据发电单元的投切情况灵活调整环形线路的运行状态，比如当部分发电单元停运时，可以通过开关操作来改变电流路径，从而确保环形线路的负荷始终保持均衡。

（四）开关站接线

所谓开关站接线，并不是独立的母线接线形式，而是一种以开关站为核心的电能汇集与分配接线体系，本质上其实是一种“汇流+母线接线”的组合形式^[6]。该接线形式具有极强的汇集和调控能力，非常适合用于发电单元极度分散、装机规模大，而且范围也很广泛的新能源电站或者是电站集群。

二、新能源电站电气主接线方式的优化策略

（一）引入智能化监控系统

智能化监控是提高主接线运行调控精度的重要核心支撑，而且能够大大提高问题故障的响应效率。将其与新能源电站电气主接线方式有机地结合起来，可以很好地弥补传统人工监控不及时、调控精度低等问题缺陷。

具体来看，智能化监控系统的架构可以从以下三个层面出发进行设计：一是感知层，需要在该层面部署分布式监测终端，同时还需要在母线节点、开关设备、变压器接口等关键位置安装电流、电压、温度、绝缘状态等传感器设备，从而通过这种方式来实现对运行参数的高频采集。二是网络层，主要可以利用“工业以太网+5G”双链路传输，借此来实现对数据的实时监控和对控制指令的实时传输，避免因单一的网络故障问题导致监控中断。三是应用层，可以在该层构建智能调控平台，并在平台中设置出力预测、故障诊断、优化调度三个核心模块。在实际应用过程中，系统可以利用大数据技术分析出新能源出力的变化趋势，通过这种方式提前调整主接线的开关状态以及母线的运行模式，

然后再利用故障诊断算法对所监测到的数据进行实时分析，精准地定位到出现问题故障的位置并自动发出隔离指令，从而实现“故障识别—隔离—恢复”全流程自动化^[7]。

（二）加强电气设备的可靠性设计

电气设备是保障主接线可靠运行的重要一旦出现了问题故障，就容易导致主接线停运。所以，新能源电站电气主接线方式的优化工作还需要加强对电气设备可靠性的设计。首先，对于设备的选择，可以根据主接线的运行电压等级、负荷特性以及周围的环境条件选择适配的设备^[8]。母线则可以选用一些导电性能优、抗老化的铜质材料。至于开关设备，则可以用一些灭弧性能好、机械寿命长的真空断路器。其次，对于结构的设计，可以尝试推广一体化设备集成方案，比如将断路器、隔离开关、互感器等集于同一柜体，通过这种方式减少设备的连接节点，从而降低因接触不良而导致的问题故障风险，同时还可以简化主接线结构，进一步提高运行和维护的便捷性^[9]。最后，在防护设计上，可以在主接线进线端、母线节点等位置安装避雷器和浪涌保护器，避免受到雷电风险；而对于变压器、开关设备等设备，可以为其设置温度超限报警、绝缘老化监测等保护功能，提前预警设备潜在故障，从而避免故障扩大。此外，还需要根据设备运行的年限以及对设备运行的监测数据，制定预防性检修计划，及时更换老化部件。

（三）融合储能系统与电气主接线优化

将储能系统和电气主接线有机地融合起来，可以很好地实现新能源发电与储能系统的“源储协同”运行，能够大大降低新能源出力间歇性对主接线稳定运行的影响^[10]。一方面，在接线结构设计上，可以采用“专用分支+联络开关”的方式接入，并在主接线低压汇集侧或者是高压输电侧增设储能专用接入分支，从而通过双向联络开关实现储能系统与发电单元、电网的有机连接，以确保储能系统能够在“充电、放电、备用”三种状态下进行灵活切换。其中，对于大型新能源电站，可以采用“集中储能+分布式储能”相结合的接线模式，集中储能系统通过高压侧接入主接线，以此来平抑电站整体出力波动；分布式储能系统分散接入各发电模块，用于缓解局部的负荷波动。另一方面，在调控策略上，可以积极构建“源储协同”优化模型，基于新能源出力预测与电网调度指令，通过主接线开关控制实现储能系统的精准充放电。当新能源出力过剩时，控制储能系统充电，避免主接线过载；当新能源出力不足时，控制储能系统放电，补充主接线供电缺口；当电网出现故障时，储能系统可通过主接线切换至离网运行模式，保障关键负荷供电。

三、新能源电站电气主接线优化方式的工程应用要点

（一）风电场应用要点

风电场的风力发电机布置分散，单机容量大，而且大多位于偏远地区，运维难度相对较高。所以，主接线的优化需要兼顾可靠性与运维便捷性。低压汇集侧采用放射式接线时，每个风电机组的出线应独立接入升压变压器低压侧，避免线路共用导致的故

障扩大问题，同时在风电机组出线与变压器的连接点设置就地控制箱，实现对线路状态的实时监测与故障报警。高压输电侧若采用桥式接线，则需要根据风电场的接入电网方式选择内桥或外桥接线，若风电场通过多条输电线路接入电网，线路故障概率较高，应选择内桥接线；若风电场配备多台升压变压器，且变压器需要频繁检修，应选择外桥接线。

（二）风光储混合电站应用要点

风光储混合电站融合了风能、太阳能与储能系统，主接线优化需重点解决多能源协同运行与灵活调控问题。在接线结构设计上，需要在低压汇集侧分别设置风电专用分支、光伏专用分支与储能专用分支，然后再通过公共汇集母线连接至升压变压器，实

现各能源系统的独立运行与协同调控。高压输电侧采用单母线分段接线，将风电、光伏与储能系统分别接入不同的母线分段，便于根据电网调度需求调整各能源的出力。

四、结语

总而言之，电气主接线方式的优化设计是提高新能源电站运行质量的一个重要环节。在实践中，可以通过引入智能化监控系统、加强电气设备的可靠性设计、融合储能系统与电气主接线优化等举措来实现对电气主接线方式的优化，从而更好地提高电站供电稳定性。

参考文献

- [1] 郑昕. 新能源电站电气主接线方式优化与工程应用 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2025, (31): 1-3.
- [2] 潘丛虎. 考虑新能源经济消纳的储能电站电气设备安全运维研究 [J]. 电气技术与经济, 2025, (10): 216-219.
- [3] 韩陆, 桂晶, 李德元, 等. 基于大数据的新能源电站继电保护定值校核方法 [J]. 电站辅机, 2025, 46 (03): 56-58+67.
- [4] 唐小林. 基于深度学习的新能源电站电气设备运维检测系统 [J]. 电气技术与经济, 2025, (07): 196-198.
- [5] 李松博, 郭晓强, 董洪凯, 等. 基于小波神经网络的新能源电站电缆单相接地故障诊断方法 [J]. 电子器件, 2025, 48 (03): 607-612.
- [6] 李志昌, 冯耀锋. 新能源电站电气设备运维检测方法概述 [J]. 中国设备工程, 2025, (03): 201-203.
- [7] 廖成胜, 陈洪刚, 孙福建, 等. 新能源燃气电站电气主接线设计浅析 [J]. 内燃机与配件, 2024, (20): 72-74.
- [8] 陈海龙. 新能源光伏电站电气设备安装与调试技术探讨 [J]. 电力设备管理, 2024, (17): 90-92.
- [9] 赵新星. 新能源电站电气设备运维检测措施 [J]. 电气技术与经济, 2024, (01): 333-335+342.
- [10] 胡志坚. 新能源电站电气设备运维检措施 [J]. 现代制造技术与装备, 2023, 59 (03): 213-215.