

Research on the stability of wind-solar complementary new energy power generation system

Ruiyi Li

Guizhou Jinyuan Weining Energy Co., Ltd., Bijie, Guizhou, 553100, China

Abstract

In today's world where traditional energy sources are becoming increasingly scarce and environmental pressures are growing, the development and utilization of new energy has become priority in global energy transition. The wind-solar complementary power generation system, with its natural complementarity of wind and solar energy, has become a promising green energy. It can not only effectively alleviate the energy shortage but also significantly reduce environmental pollution, contributing to sustainable development. However, the stability of the system faces many. Therefore, in-depth research on the stability of wind-solar complementary new energy power generation system is crucial for enhancing its reliability and practicality, and promoting the of the new energy industry.

Keywords

wind-solar complementarity; new energy power generation; stability; influencing factors

风光互补新能源发电系统稳定性研究

李锐屹

贵州金元威宁能源股份有限公司，中国·贵州 毕节 553100

摘 要

在传统能源越来越匮乏、环境压力越来越大的今天，开发利用新能源已成为世界能源转型发展的重点。风光互补发电系统以其风能和太阳能天然的互补性成为一种很有前途的绿色能源解决方案，既可以有效地缓解能源短缺的状况，又可以显著减少环境污染来为可持续发展做出贡献。但系统的稳定性也面临着许多挑战，所以深入研究风光互补新能源发电系统稳定性对于增强其可靠性和实用性、促进新能源产业繁荣发展具有关键的实际意义。

关键词

风光互补；新能源发电；稳定性；影响因素

1 引言

传统化石能源正面临着枯竭和严重的环境污染问题，新能源的开发利用已刻不容缓。风光互补发电系统是太阳能和风能相结合的发电系统，其具有资源互补和可靠性高等优点，但是由于自然条件、系统本身和并网的原因使其稳定性受到了挑战。因此通过研究系统的稳定性对于提高供电可靠性和促进新能源的开发具有重要的意义。

2 风光互补新能源发电系统概述

2.1 系统组成

2.1.1 太阳能发电部分

太阳能发电部分作为整个系统中的一个重点构成部分，主要通过太阳能电池板来完成其核心发电。原理是根据奇妙

的光生伏特效应：太阳光照在电池板上，光子在半导体材料上激发电子形成电子-空穴对，内部电场中的电子与空穴发生分离与定向移动而产生电流。普通太阳能电池板主要有晶硅电池板和薄膜电池板两种，晶硅电池板由于其光电转换效率高而在市场中占有举足轻重的位置；薄膜电池板因其较低的成本和在多种应用场景中的灵活性也展现出了其独到的优点。另外本实用新型设置了支架对电池板进行稳固支撑，保证了其能够在最佳视角下接受阳光，同时线缆承担着将生产出来的电能有效地输送给后续各个环节^[1]。

2.1.2 风力发电部分

风力发电部分以风力发电机组为中心，犹如屹立于大地的能量捕手。机组以风轮、发电机和高耸塔架为主，其中风轮就像一个大风扇叶片一样，当风吹动时它依靠空气动力学原理把风能捕捉下来，转换成机械能带动风轮转动；同时风轮旋转经传动系统驱动发电机工作，发电机再把机械能转换为电能。另外风力发电机组有不同的种类来满足不同风速环境，其中水平轴风机使用最多，它的风轮旋转平面平行风

【作者简介】李锐屹（1997-），男，中国贵州遵义人，本科，助理工程师，从事新能源电厂电气检修维护研究。

向且发电效率高；与其他风机相比，垂直轴风机对于风向的变化具有更高的适应能力，它不需要复杂的对风系统并在某些特定的应用场景中起到了关键作用。

2.1.3 储能子系统

储能子系统是风光互补发电系统必不可少的“能量储罐”，它的主要功能是将发电时多余的电能储存起来，从而在太阳能或者风能发电不充分而又不能满足负载需求的情况下及时地给系统提供源源不断的电力供应。在诸多储能设备当中铅酸蓄电池与锂电池属于应用比较广泛的一种，铅酸蓄电池的技术已经非常成熟并且成本相对较低，因此在一些对成本比较敏感的应用场景中得到了广泛的应用；锂电池凭借其高的能量密度、持久的使用寿命和出色的充放电表现，正在储能行业中逐步崭露头角。为了保证电池安全、稳定地运行和充分发挥性能，还要有专用充放电管理设备对电池充放电过程进行准确控制并对电池状态参数进行实时控制。

2.1.4 控制与转换子系统

控制和转换子系统就像整个风光互补发电设备的“智慧大脑”和“能量枢纽”一样。在这些控制器中控制器肩负着协调各个部件有序运行的任务，随时对系统中的电压、电流、功率和各个部件运行状态进行监控以及根据预设规则及算法来精准调控系统整体。其中逆变器是一个关键的电能转换设备，它能够将太阳能电池板和风力发电机产生的直流电，并通过特定的电路拓扑和控制策略转化为满足负载用电需求的交流电。另外该系统可能会安装变压器和其他装置，这些装置的主要作用就是调节电压，使得发电系统所输出电能和电网电压等级匹配或满足各种负载的具体电压需求，保证整个系统和外部电网及各种负载达到高效稳定地接入和工作^[2]。

2.2 工作原理

当日间光照较强时太阳能发电的部分作为主要的电源，过剩的电能储存在储能子系统中。在晚上或者光照较弱的情况下如果风速合适，风力发电的一部分就会发挥作用；如果风力不够则通过储能子系统提供电能。在负载需求发生变化或者发电和储能失配时对子系统的调节进行控制和转换，以保证系统的平稳供电。

3 影响风光互补发电系统稳定性因素

3.1 自然因素

3.1.1 光照强度波动

光照强度对太阳能发电功率有至关重要的影响。昼夜交替时光照强度由白天高突然下降到夜间接近0，这一突变使太阳能发电部分输出功率发生剧烈改变。甚至到了白天，云的迅速运动和变化会间歇性地阻挡太阳光，从而使得到达太阳能电池板处的光照强度发生瞬时变化，继而引起发电功率波动。这种非平稳功率输出如果得不到有效调整会显著影

响风光互补发电系统整体稳定性，并可能引起系统电压波动和频率失稳。

3.1.2 风速不稳定

风速随机性强并且间歇性强。自然环境下阵风往往没有任何征兆，风速会在短期内急剧增减来使风力发电机组输出功率瞬息万变，并且平均风速在不同季节相差很大，相同区域一天中风速会有波动。另外当风速超过风力发电机额定运行范围时为了保护装置，风机就有可能自动停止运行，从而造成风力发电的局部电源中断，因而损害了风光互补发电系统平稳运行和电力供应连续性^[3]。

3.2 系统自身因素

3.2.1 组件性能差异

风光互补发电系统的太阳能电池板、风力发电机及其他部件都是由不同的厂商或者生产批次生产的，它们的性能参数通常是有区别的。即使同一种机型的部件，经过长时间运行后其性能因其周围环境的温度、湿度和风沙条件的差异及运行时间累积效应而逐步变化。如太阳能电池板光电转换效率有可能下降、风力发电机叶片磨损对风能捕获效率有影响等，这些不同将使各个部件发电功率互不协调并且在系统整合时易诱发功率波动从而影响到整个发电系统运行的稳定。

3.2.2 储能系统特性

储能系统对风光互补发电系统起能量缓冲作用，但是储能电池的某些固有特性会对系统的稳定性造成影响。从一方面看，电池的充电和放电效率并不是完美的100%，在充电和放电的过程中能量的损失是不可避免的，这导致部分电能不能被有效地储存和释放，从而影响了整个系统的能量均衡。另一方面电池在使用过程中其性能随使用数量增多及时间延长而逐渐恶化，例如电池容量的衰减或内阻加大等问题，这些问题不但使储能系统存储能力下降，也会使其充放电时响应速度减慢，很难迅速地满足系统动态的能量需求，进而对整个发电系统稳定性构成威胁。

3.3 并网相关因素

3.3.1 电网电压与频率波动

风光互补发电系统并网时外部电网运行状态直接影响到系统的稳定性。电网运行时可能因投切大范围负载、电网发生故障而引起电压及频率波动，比如电网内大型工业设备在启动时会在瞬间耗费大量电能导致电网电压降低，并且在某些发电设备发生突发性故障停运的情况下会造成电网频率的增加。这类电网电压和频率的不稳定性将回馈给风光互补发电系统，从而影响系统电能正常出力。

3.3.2 并网控制策略

并网控制策略确定风光互补发电系统同电网功率交换方式及稳定性。不同控制策略在系统中效果有很大区别，若采取不合理控制策略可能会使系统和电网间功率传输发生震荡而不能进行平滑功率交换。如功率调节时控制算法响应

速度过快或过慢均会导致系统输出功率在短期内出现较大波动并产生较大谐波。这类谐波不仅可能导致电能的质量下降并且干扰连接到电网的其他电器设备的正常工作,还可能进一步扰乱风光互补发电系统的稳定性从而使系统出现不正常的运行状态。

4 提升风光互补发电系统稳定性策略

4.1 优化系统设计

4.1.1 合理配置组件容量

为了确保风光互补发电系统的稳定运作,合理地分配组件的容量是至关重要的。规划阶段需要对本地区多年光照和风速等资料进行深入剖析来掌握其变化规律和特征。同时还要对负载用电需求进行了精准统计,其中包括各时间段功率大小和用电时长,经过严格计算和仿真来得出太阳能电池板、风机和储能电池最优容量,从而避免发电多余或者不足的情况发生。

4.1.2 优化布局

优化布局可明显减少自然因素对系统稳定的扰动。对太阳能电池板来说,应详细地调查周围的环境来避免被建筑物或者树木等物品挡住,以确保其能够全面地接受阳光的照射。在山地这类复杂地形地区,电池板倾斜角度和方位角需要根据地势进行调节;风机选址要选择空旷、风速平稳和风切变较低的地区,例如沿海平原或者高原地区。另外还要注意风机间的距离以防互相干涉,通过科学合理地布置来降低自然因素对系统发电效率的干扰,以便能够增强系统的整体稳定性^[4]。

4.2 先进控制技术应用

4.2.1 最大功率跟踪控制

利用最大功率跟踪(MPPT)控制技术是增强风光互补发电系统的稳定性和提高发电效率的核心策略。太阳能电池板输出功率会因光照强度、温度等因素而改变,风机发电功率还与风速密切相关。而MPPT技术可以对太阳能电池板及风机的运行情况进行实时监控并利用算法对它们的运行点进行自动调节,使得它们一直处于最大功率输出,例如当云层发生剧烈变化引起光照强度发生突变时,采用MPPT控制技术可以快速做出反应能够使太阳能电池板能够及时对光照变化做出适应,保证输出功率平稳。对风机而言,当风速波动较大时本技术可以调节风机桨距角及转速以捕捉更多的风能,有利于提高发电效率和稳定性。

4.2.2 协调控制策略

建立高效的协调控制策略能够实现各子系统间的协同运作并且确保系统稳定供电。该策略需实时收集太阳能发电、风力发电、储能系统以及负载的相关数据,包括功率大小、电压、电流等参数。基于这些数据,通过智能算法分析系统的实时状态来预测发电与负载的变化趋势,例如当预测到即

将出现云层遮挡导致太阳能发电功率下降时提前调整储能系统的放电策略,同时适当增加风机的发电功率以维持系统输出功率的稳定。

4.3 储能系统优化

4.3.1 选择合适储能技术

为了增强储能系统的稳定性和适应能力,选择恰当的储能技术显得尤为关键。不同储能技术的功率密度、能量密度、充放电效率、使用寿命和成本都有明显区别。以超级电容器为例,其高功率密度及快速充放电等特点适合于时间短、功率大的脉冲式储能情景,比如当风机开始工作或者太阳能电池板输出功率发生突变等情况下超级电容器可以快速供给或者吸能以稳定系统电压。另外液流电池因其深度充放电和较长的使用寿命等特点,在大型储能项目中展现出了显著的优势,因此要结合系统特定需求与预算进行全面评估以筛选出最合适的储能技术。

4.3.2 优化储能管理

优化储能管理是确保储能系统平稳和高效工作的关键环节。先进的储能管理系统具备实时和精确监控电池各种状态参数的能力,包括但不限于电量(SOC)、健康状况(SOH)以及温度等^[5]。根据这些数据利用智能算法来制定最佳充放电策略,比如避免对电池进行过度充电或者过度放电来延长电池的寿命。充电时根据电池SOC及温度对充电电流和电压进行调节以提高充电效率;放电过程中则根据负载需求及电池状态对放电功率进行合理的分配。同时通过均衡管理技术保证电池组内各个单体电池之间的一致性,从而避免了由于单个电池性能的不同而对整个储能系统稳定性与可靠性造成影响。

5 结语

风光互补新能源发电系统的稳定性受到多因素的影响,对其稳定性进行精确的评价和有效的增强具有重要意义。通过优化系统设计、采用先进的控制技术和对储能系统进行优化都可以提高系统的稳定性和可靠性。今后需要不断研究新的技术和战略以促进风光互补发电系统的广泛使用和发展。

参考文献

- [1] 区彩娟.新能源发电系统中储能技术的集成与优化应用研究[J].光源与照明,2024,(10):225-227.
- [2] 晏创.基于人工智能算法的风光互补发电系统优化设计与实现[J].电气技术与经济,2024,(07):95-97.
- [3] 郑伟.基于风光互补发电系统的电动汽车充电桩[J].时代汽车,2023,(08):107-109.
- [4] 蔡鹏,张军,邓全冰,等.智能风光互补新能源车设计[J].流体测量与控制,2022,3(03):27-30.
- [5] 杨辉,王丽萍,王萃萃,等.风光互补发电系统监控与能源管理分析[J].中国设备工程,2021,(21):36-38.