

风力-光伏发电互补系统设计与效能分析

田伟康 王鹏 才智博 王英杰 唐松

华能新能源股份有限公司蒙东分公司 内蒙古 通辽 028000

摘要: 随着全球能源需求的持续增长和传统化石能源资源的日益枯竭,可再生能源的开发利用已成为全球能源转型的重要方向。风能和太阳能作为两种主要的可再生能源,具有分布广泛、清洁无污染等优点,但各自存在间歇性和不稳定性。因此,设计一种风力-光伏发电互补系统,充分利用两种能源的互补特性,对于提高能源利用效率、增强供电稳定性和可靠性具有重要意义。本文旨在探讨风力-光伏发电互补系统的设计方案,并对其效能进行深入分析。

关键词: 风力; 光伏; 互补系统; 设计; 效能

引言

风能和太阳能是自然界中两种丰富的可再生能源。风能发电利用风力驱动发电机旋转产生电能,而光伏发电则通过光伏效应将太阳能直接转化为电能。然而,风能和太阳能的获取均受到自然条件的限制,具有间歇性和不稳定性。风力-光伏发电互补系统通过整合风能和太阳能资源,利用两种能源的互补性,可以有效克服单一能源系统的不足,提高供电的稳定性和可靠性。

1 风力-光伏发电互补系统设计研究

1.1 系统组成

系统组成方面,该互补系统精细地融合了多种设备以实现高效能源转换与利用。风力发电机组作为系统的核心部件之一,通过精密的机械设计,将自然界中的风能首先转化为机械能,再经由发电机进一步转化为清洁的电能。光伏电池阵列则利用先进的光伏效应技术,高效地将丰富的太阳能直接转化为电能,为系统提供另一重要能源来源。控制器在系统中扮演着“智慧大脑”的角色,它实时监测风速、光照强度及负载需求,智能地切换和调节风力发电机组与光伏电池阵列的运行状态,确保系统稳定高效运行。蓄电池组则负责储存这些绿色能源,以备不时之需,如夜间或阴天等光照不足时释放电能。逆变器则将蓄电池中的直流电安全、高效地转换为交流电,以满足家庭、工业设施等各类负载的用电需求。

1.2 设计原则

1.2.1 互补性原则

风能和太阳能作为两种自然能源,具有天然的互补特性。风能通常在夜间或阴天较为充沛,而太阳能则在白天和晴天时最为丰富。因此,在设计风力-光伏发电互补系统时,应充分利用这一互补性,通过合理配置风力发电机组和光伏电池阵列的比例,确保系统在各种天气条件下都能提供稳定的电能输出。这样不仅可以提高供

电的稳定性,还能有效减少因单一能源波动而带来的供电中断风险,增强系统的可靠性。

1.2.2 经济性原则

经济性原则是设计任何系统都必须考虑的重要因素。在风力-光伏发电互补系统的设计中,需要在满足供电需求的前提下,尽量降低系统的成本。这包括选择合适的设备型号和规格,优化系统配置,减少不必要的浪费^[1]。同时,还应充分考虑系统的长期运行成本,如维护费用、更换部件的费用等,以确保系统的经济性得到长期保障。通过精细的经济分析和成本控制,可以实现系统性价比的最大化。

1.2.3 可扩展性原则

随着科技的发展和能源需求的增长,风力-光伏发电互补系统可能需要扩容或升级。因此,在设计时,应充分考虑系统的可扩展性。这包括设备的模块化设计、接口的标准化以及系统架构的灵活性等。通过这些措施,可以方便地在未来对系统进行扩容或升级,以适应新的能源需求和技术发展。

1.2.4 智能性原则

智能化是现代社会发展的重要趋势,也是风力-光伏发电互补系统设计的重要方向。应采用先进的控制技术,如物联网、大数据、人工智能等,实现系统的智能化管理。通过实时监测和分析系统的运行状态、能源产量、负载需求等数据,可以智能地调节和控制系统的运行,提高系统的效率和稳定性。同时,智能化管理还可以实现系统的远程监控和维护,降低运维成本,提高系统的可用性。

1.3 设计要点

1.3.1 合理选址

选址是风力-光伏发电互补系统设计的第一步,也是至关重要的一步。需要选择年平均风速较高、日照时间

较长的地区进行建设。具体来说,对于风能部分,应选择地势开阔、障碍物较少的区域,如海边、高原、山地等,这些地方的风速通常较高,有利于风力发电机组的发电。对于太阳能部分,应选择日照时间长、辐射强度高的地区,如沙漠、草原等,这些地方的太阳能资源丰富,有利于光伏电池阵列的发电。在实际选址过程中,还需要考虑其他因素,如土地成本、交通便利性、电网接入条件等。通过综合评估各种因素,可以选择出最适合建设风力-光伏发电互补系统的地点,从而提高风能和太阳能的利用率,降低系统的发电成本。

1.3.2 机型选择

根据选址结果,我们要结合实际条件,选择最优的风力发电机机型和光伏发电系统的组合形式。风力发电机方面首先我们要考虑其额定容量大小,额定转速及额定风速,要能在该地区的风速条件下利用小时数更多,其次要考虑风力发电机的发电形式,尽量采用故障少、维护简单的三叶片直驱型风机。光伏发电系统根据所处位置的经纬度,确定选择是否有跟踪系统的光伏支架;根据选择的地势条件,可选择组串式光伏发电系统或者集中式光伏发电系统,合理高效利用场地。

1.3.3 容量匹配

容量匹配是风力-光伏发电互补系统设计的核心环节。需要根据安装地点的风能和太阳能资源状况,合理确定风力发电机组、光伏电池阵列和蓄电池组的容量。具体来说,对于风力发电机组,需要根据当地的风速分布、风向频率等数据,选择合适的机组型号和数量,以确保机组能够在各种风速条件下都能稳定发电。对于光伏电池阵列,需要根据当地的日照时间、辐射强度等数据,选择合适的电池板类型、功率和数量,以确保电池阵列能够在各种天气条件下都能充分吸收太阳能并转化为电能。对于蓄电池组,需要根据系统的发电量和负载需求,选择合适的蓄电池类型、容量和数量,以确保蓄电池组能够在夜间或阴天等光照不足时提供稳定的电能供应。通过合理的容量匹配,可以确保风力-光伏发电互补系统在各种条件下都能保持高效的发电效率,满足负载的用电需求,并降低系统的成本和维护难度。

1.3.4 控制策略

控制策略是风力-光伏发电互补系统设计的关键环节。需要采用先进的控制技术,优化系统的发电效率,并根据负载需求智能切换和调节发电设备的运行状态。具体来说,可以采用最大功率点跟踪(MPPT)技术,实时监测和调整风力发电机组和光伏电池阵列的工作点,使其始终保持在最大功率输出状态,从而提高系统的发

电效率。同时,还需要根据负载的用电需求和系统的发电量,智能切换和调节发电设备的运行状态^[2]。例如,在白天阳光充足时,可以优先使用光伏电池阵列发电,减少风力发电机组的运行时间;在夜间或阴天等光照不足时,可以增加风力发电机组的运行时间,以满足负载的用电需求。通过智能切换和调节,可以确保系统在各种条件下都能保持稳定的电能供应,并提高系统的经济性和可靠性。

1.3.5 储能系统优化

储能系统是风力-光伏发电互补系统的重要组成部分,它可以在夜间或阴天等光照不足时提供稳定的电能供应。需要合理配置储能系统的容量,优化充放电策略,提高储能系统的经济性和使用寿命。具体来说,可以根据系统的发电量和负载需求,选择合适的蓄电池类型、容量和数量,以确保储能系统能够满足负载的用电需求,并降低系统的成本。同时,还需要优化储能系统的充放电策略。例如,在白天阳光充足时,可以优先将光伏电池阵列发出的电能储存到蓄电池组中,以备夜间或阴天使用;在夜间或阴天等光照不足时,可以根据负载的用电需求和蓄电池组的电量情况,合理地放电以满足负载的用电需求。通过优化充放电策略,可以延长蓄电池组的使用寿命,降低系统的维护成本,并提高系统的经济性和可靠性。

1.3.6 智能控制

智能控制是风力-光伏发电互补系统设计的未来发展方向。可以利用微处理器和传感器技术,实现系统的智能控制。具体来说,可以安装各种传感器,实时监测系统的运行状态、发电量、负载需求等数据,并将这些数据传输到微处理器中进行处理和分析。通过智能控制,可以实现系统的自动监测、故障诊断和远程通信等功能^[3]。例如,当系统出现故障时,微处理器可以自动诊断故障原因,并发出报警信号提醒维护人员进行维修;当系统的发电量或负载需求发生变化时,微处理器可以自动调整发电设备的运行状态或储能系统的充放电策略,以确保系统始终保持在最佳工作状态。此外,智能控制还可以实现系统的远程监控和管理。可以通过互联网或移动网络远程访问系统,实时查看系统的运行状态、发电量、负载需求等数据,并进行远程控制和操作。这不仅可以提高系统的便捷性和可管理性,还可以降低系统的维护成本和提高系统的可靠性。

2 效能分析

2.1 稳定性分析

风力-光伏发电互补系统通过巧妙整合风能和太阳

能这两种自然资源,充分利用它们的互补特性,有效弥补了单一能源系统的缺陷。在风速较低或夜间光照不足的情况下,太阳能或风能可以适时补充,确保供电不中断。而当风速较高或日照充足时,系统则能高效地将多余的电能储存至蓄电池组中,以备不时之需,如阴天或风速骤减时使用。这种灵活的互补机制极大地提高了供电系统的稳定性,确保了电力供应的连续性和可靠性。

2.2 经济性分析

风力-光伏发电互补系统在满足相同供电需求的前提下,通过优化能源配置,显著减少了储能蓄电池的容量需求,从而大幅降低了系统的整体成本。同时,系统采用了先进的MPPT控制技术和智能切换策略,有效提高了发电效率和供电质量,进一步减少了运维成本^[4]。这使得风力-光伏发电互补系统在经济性上具有显著优势。

2.3 环保性分析

该系统完全依赖于可再生能源,运行过程中无任何污染和排放,完全符合国家节能减排的政策导向。推广和应用风力-光伏发电互补系统,有助于大幅减少化石能源的消费,有效降低温室气体排放,对保护生态环境、实现可持续发展具有重要意义。

3 实例分析

3.1 国内首个风光融合浮式光伏平台“黄海一号”

3.1.1 项目概况

“黄海一号”是我国首个深远海漂浮式光伏平台,由华能山东公司投资建设,华能清能院自主研发。该平台于2024年8月在青岛下线,并运往山东半岛南4#海上风电场进行实证示范。该平台整体为桁架式钢制结构,呈六边形,主尺度为25米x25米x9米,空船重量320吨,设计有效气隙高、生存性能强,能够抵御所在海域50年一遇的极端海况,其抗浪能力超过了10米浪高。

3.1.2 技术特点与应用

“黄海一号”主要用于开展风光同场环境下的漂浮式海上光伏平台的抗风浪能力、耐久性、可维护性、组件发电性能及耐候性等一系列重要试验。通过该平台,可以验证风光同场发电技术的可行性和有效性,为深远海风光同场漂浮式光伏项目的规模化、商业化发展奠定重要基础。同时,该平台还结合了海上风电场,实现了风能与太阳能的互补利用,提高了能源利用效率。

3.1.3 效益分析

“黄海一号”项目的实施,不仅推动了我国深远海漂浮式光伏技术的发展,还为风光同场发电技术的商业化应用提供了宝贵经验。通过该项目的实证示范,可以进

一步验证风光互补发电系统的稳定性和可靠性,为未来的大规模应用提供技术支持和数据支持。

3.2 离岸型海上漂浮式光伏“风光同场”科技实证项目

3.2.1 项目概况

该项目由国家能源集团东台海上风电有限责任公司负责实施,是我国首个离岸型海上漂浮式光伏“风光同场”科技实证项目。项目于2024年7月顺利通过航标效能验收,旨在验证浮体、锚固、发电组件的抗风浪能力、海洋环境耐候性以及风光同场并网的技术可行性。

3.2.2 技术特点与应用

该项目采用了先进的漂浮式光伏技术,将光伏电池板安装在浮体上,并通过锚固系统固定在海面上。同时,项目还结合了海上风电场,实现了风能与太阳能的互补利用。通过该项目的实施,可以验证浮式光伏系统在海洋环境下的稳定性和可靠性,为深远海风光同场漂浮式光伏项目的规模化、商业化发展提供技术支持。

3.2.3 效益分析

该项目的成功实施,不仅验证了浮式光伏系统在海洋环境下的可行性和有效性,还为风光同场发电技术的商业化应用提供了重要参考。通过该项目的实证示范,可以进一步推动我国海上漂浮式光伏技术的发展,提高能源利用效率,促进可持续发展。

结语

本文设计了一种风力-光伏发电互补系统,并对其效能进行了深入分析。仿真结果表明,该系统能够显著提高能源利用率,增强供电稳定性和可靠性。未来,随着技术的不断进步和成本的进一步降低,风力-光伏发电互补系统将在更广泛的领域得到应用和推广。同时,还需要进一步研究系统的优化设计和控制技术,以提高系统的经济性和环保性。

参考文献

- [1]蒋博,李建东.风电—光伏互补发电系统优化设计与运行策略研究[J].电力设备管理,2024,(23):113-115.
- [2]周唯,钟永,李晖,等.小型风光互补发电集成模块研究[J].科技创新与应用,2024,14(35):155-158.
- [3]常中飞.风电与太阳能光伏互补发电系统的集成与优化[J].电力设备管理,2024,(23):107-109.
- [4]高象,周远科,唐越.考虑配电网波动的光伏储互补系统有功功率控制系统[J].微型电脑应用,2024,40(10):182-185+190.