

电气自动化在光伏发电系统中的应用和关键技术分析

赫明亮 那浩鹏

辽宁太阳能研究应用有限公司 辽宁沈阳 110136

摘要: 随着全球能源结构的转型与环境保护意识的提高,光伏发电系统作为清洁能源的重要组成部分,受到了广泛关注。电气自动化技术在光伏发电系统中的应用为提升系统的效率和可靠性提供了技术保障。本文通过分析电气自动化在光伏发电系统中的关键技术,探讨了其在提高发电效率、降低运行成本、增强系统智能化等方面的作用。文章首先介绍了光伏发电系统的基本构成与电气自动化的概念,随后分析了光伏发电系统中电气自动化技术的应用场景,包括逆变器的自动控制、远程监控系统的集成与优化等。通过具体案例的分析,进一步揭示了电气自动化技术如何助力光伏发电系统在实际应用中的优化与提升。最后,本文对未来电气自动化在光伏发电中的发展趋势进行了展望。

关键词: 电气自动化; 光伏发电; 技术分析

一、太阳能光伏发电的现状分析

近年来,随着可持续发展观念不断深入人心,绿色低碳已成为人们追求的一种生产和生活方式,太阳能作为一种清洁、无污染的可再生能源,将太阳能光伏发电作为我国生产与生活中利用电力资源的主流方向,开发利用规模迅速扩大,促进太阳能光伏发电的迅速发展。与西方发达国家相比,我国太阳能光伏发电技术起步相对较晚,但是由于国家对太阳能光伏发电的重视和政策支持,我国光伏发电规模发展速度非常迅速,尤其是2017年,我国装机容量达到历史新高,受光伏531新政影响,2018年和2019年,我国装机容量有所下降,但是自2013年以来,我国光伏发电量增长迅速,2019年全国光伏发电量同比增长26.3%,据相关部门数据统计,2013-2019年我国光伏发电量变化情况如图1所示。已成为全球最大的应用市场,成为我国具有国际竞争优势的战略性新兴产业。

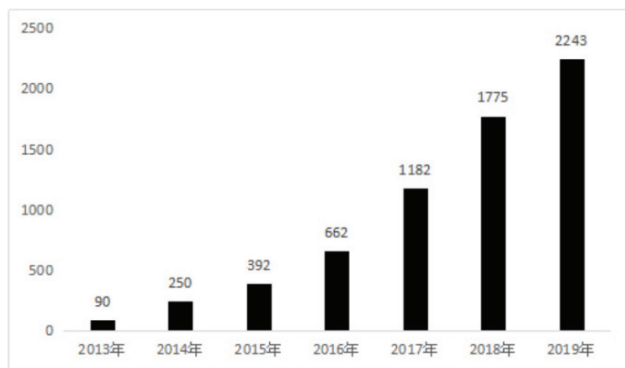


图1 2013-2019年我国光伏发电量变化情况

二、电气自动化在光伏发电系统中的应用

1. 逆变器自动控制技术

逆变器在光伏发电系统中的核心作用不可忽视,它不仅负责将太阳能电池板产生的直流电转化为适合电网要求的交流电,还必须确保电能的质量和稳定性。光伏发电的输出功率会受到多种因素的影响,包括光照强度、环境温度和天气变化等,这些都可能导致电池板输出的电压和电流出现波动。因此,逆变器需要具备较高的智能化控制能力,才能适应这些环境变化,保持光伏系统稳定高效地运行。电气自动化技术的引入,使得逆变器能够实时调节其输出参数,如功率、频率和电压,以实现与电网的无缝连接。例如,当电网负荷发生变化时,逆变器能够自动调整输出频率和电压,确保电能与电网需求同步。在强光照或较弱光照条件下,逆变器的自适应控制可以根据光伏电池板的实际输出情况进行精确调节,避免电力过度波动或损失。

2. 远程监控与智能调度系统

随着物联网技术的快速发展,光伏发电系统的远程监控与智能调度在电气自动化领域发挥了越来越重要的作用。通过集成先进的传感器、数据采集设备和通讯技术,远程监控系统能够实时获取光伏电站的运行数据,包括光伏组件的发电功率、电池板温度、逆变器的运行状态等各项参数。这些数据通过互联网传输至监控平台,供操作人员进行远程查看和分析,从而实现对整个光伏系统的全面监控。远程监控不仅能够实时跟踪光伏电站的整体运行情况,还能够通过大数据分析云计算技

术,对采集到的数据进行深度处理和预测分析。例如,系统可以根据电池板的发电情况、天气预测、历史运行数据等多种因素,预测光伏电站在未来一段时间内的发电能力,提前调度发电任务。这样不仅提高了系统的工作效率,还能根据电网负荷变化动态调整光伏发电的输出。

3.故障诊断与自动修复技术

电气自动化技术在光伏发电系统中的故障诊断与修复应用,极大提高了系统的自我修复能力和运维效率。传统的光伏系统在发生故障时,通常需要依赖人工排查和手动修复,这不仅耗时耗力,还可能导致系统长时间停机,影响发电效益。而引入智能故障诊断系统后,电气自动化能够实时监控系统的各项运行参数,并在出现故障时迅速检测出问题所在,甚至能自动定位故障点。系统能够通过内置的智能算法分析设备运行状态,准确识别故障类型,例如,电池板损伤、逆变器故障或电池储能系统的问题,并提供故障处理的解决方案。利用大数据分析和机器学习技术,电气自动化系统能够根据历史运行数据进行深度学习,从而不断优化故障诊断的效率和准确性。这使得系统能够通过预警机制提前识别潜在故障,并采取主动措施,避免故障的发生或将其影响降到最低。同时,故障诊断系统还能够基于实时数据对故障的严重性和影响范围进行评估,自动化调整光伏系统的运行状态,如调整某一部分设备的负载,避免整个系统瘫痪。随着技术的发展,自动化修复技术的应用前景广阔。未来,光伏发电系统中的硬件故障不仅可以通过智能检测系统自动识别,还可以通过自动化工具进行修复,减少人工干预的需求。

三、电气自动化技术的关键技术

1.智能控制技术

智能控制技术作为电气自动化在光伏发电系统中的基础,起到了至关重要的作用。光伏发电系统的工作状态受到多种因素的影响,如光照强度、温度变化、天气状况等,这些外部因素导致光伏系统的发电功率和电网负荷之间常常存在波动。智能控制技术能够精确地应对这些变化,从而提高系统的稳定性和效率。首先,智能控制技术基于先进的控制算法,如模糊控制、PID(比例-积分-微分)控制和最优控制等,通过实时监控光伏系统的运行状态和电网需求,自动调整系统的运行模式。以逆变器为例,逆变器将光伏电池板产生的直流电转换为交流电,其输出功率会根据光照和环境温度的变化而波动。如果不加以控制,可能导致输出功率不稳定,

影响电网的平衡。智能控制系统能够通过动态调整逆变器的工作状态,确保其输出功率与电网的负荷需求匹配,避免过多的电能浪费或电网的不稳定。模糊控制技术尤其适用于光伏发电系统中复杂的非线性和不确定问题。由于光伏系统的输出受光照、温度等多因素的影响,传统的控制方法往往难以处理这些复杂的非线性关系。模糊控制算法通过将控制问题转化为规则和推理过程,能够在多变的环境条件下,灵活地调整逆变器或其他设备的工作参数,从而提高系统的响应速度和精度。PID控制是另一种常见的智能控制技术,在光伏系统中的应用主要是用来调节逆变器的输出电压和频率,保持光伏系统与电网的同步。通过合理设定PID参数,能够实现快速的响应与高效的功率调节,确保系统在各种负荷条件下稳定运行。最优控制技术则通过优化算法来寻找系统运行的最佳控制策略,以实现光伏发电系统在特定条件下的最大效益。

2.数据采集与传输技术

数据采集与传输技术是电气自动化系统中至关重要的环节,尤其在光伏发电系统中发挥着重要作用。光伏发电系统的运行状态和发电效益受到多种因素的影响,包括光伏电池板的发电情况、环境温度、光照强度、风速等。这些数据通过传感器和测量设备实时采集,并通过高效的通信网络将其传输到远程控制平台,以实现系统的全面监控和管理。首先,数据采集技术通过部署多种传感器,如温度传感器、电流传感器、功率传感器等,对光伏电站的各个环节进行实时监控。这些传感器能够准确记录光伏组件、逆变器、电池储能系统等设备的运行状态,及时反映出系统运行中的任何异常或故障。例如,温度传感器可以监测到设备是否因过热而导致效率下降,电流传感器则能反映出电池板的发电能力是否与预期一致。这些数据的实时采集是实现光伏系统稳定运行的前提。数据采集后的传输至关重要,光伏电站通常通过无线通信、光纤通信、卫星通信等多种方式,将这些采集到的数据传输到远程控制平台。无线通信技术(如Wi-Fi、ZigBee、LoRa等)在光伏电站的应用中逐渐得到普及,因其能够覆盖大范围且不受线路限制。光伏电站分布广泛,特别是一些偏远地区的光伏电站,往往不方便使用传统的有线通信方式,而无线通信技术提供了更加灵活且高效的选择。光纤通信技术则适用于大型光伏电站,能够实现高速的数据传输和高带宽支持,确保传输过程的稳定性和准确性。通过通信网络将数据远程传输到监控中心,不仅能实现对光伏电站的实时监控,

还能为后续的数据分析、故障诊断和决策支持提供坚实的基础。监控平台能够根据采集到的数据进行处理与分析，帮助操作人员实时了解设备的运行状态，提前预测可能的故障，及时采取应对措施。此外，数据的长期积累也为系统优化、性能评估和维护策略的制定提供了宝贵依据。通过高效的数据采集与传输技术，光伏电站的集中管理得以实现，大大提升了系统的自动化水平、管理效率和运行可靠性。

3. 智能优化技术

智能优化技术是电气自动化在光伏发电系统中应用的一个关键领域，主要依赖大数据分析 with 人工智能技术，对光伏系统的各个环节进行实时优化，提升系统的整体性能与经济性。随着光伏发电技术的不断发展，如何在不同环境条件下实现最佳的发电效率和降低运行成本，成为了行业关注的重点。智能优化技术通过数据驱动的方式，针对性地解决了这些问题，确保光伏电站能够在最佳状态下运行。首先，智能优化技术能够通过大数据分析，对光伏电池板的倾斜角度进行动态调整。光伏电池板的倾斜角度直接影响其光照接收量和发电效率。在一天内，随着太阳的轨迹变化，最优的倾斜角度也会发生变化。传统的光伏系统往往采用固定角度，虽然简单，但难以最大化利用光照。而通过智能优化技术，结合实时天气数据、太阳辐射强度等因素，系统能够自动调整电池板的角度，使其始终保持最佳光照接收状态，从而提高发电效率。其次，储能设备的充放电调度也是智能优化技术的重要应用之一。

4. 故障预警与自动修复技术

故障预警与自动修复技术在光伏发电系统中的应用，使得系统能够更加智能和自主地应对各种运行中的故障，提高了系统的可靠性和稳定性。光伏发电系统涉及多个关键设备，如光伏组件、逆变器、电池储能系统等，这些设备的运行状态受环境条件、设备老化等多重因素的影响。任何设备故障都可能影响整个系统的发电效能，因此，及时发现并修复故障至关重要。通过实时监控系统的状态，光伏发电系统能够持续获取各个设备的运行数据，包括电压、电流、温度等参数。这些数据通过传感器和监控系统被实时上传到控制平台，系统能够在发生故障的早期阶段进行预警。当逆变器、电池储能或其他关键设备的运行参数偏离正常范围时，系统会自动发出警报，提示操作人员系统存在潜在的故障风险。

这种早期预警机制能够让运维人员在问题加剧之前介入，避免系统停机或故障蔓延。自动修复技术进一步提高了系统的智能化水平。一旦系统检测到某个设备出现故障，例如逆变器发生异常时，故障预警系统不仅能够发出警报，还能够通过智能算法自动执行修复措施。例如，系统可以自动切换到备用逆变器或将故障设备从系统中隔离，确保发电过程不中断，从而保障光伏系统的连续性与稳定性。

四、案例分析

某光伏电站采用了电气自动化技术后，成功实现了大规模的远程监控和智能调度。该电站由数百个光伏组件组成，且位于偏远地区，人工维护难度大。通过引入智能控制系统，该电站能够在没有现场操作的情况下，自动调整发电量与电网负荷的匹配，保证了电站的高效运作。系统通过远程监控平台，实时获取各个光伏组件的工作状态，并通过智能调度系统进行负载均衡。在一次偶发故障中，系统通过自动化故障诊断和修复机制，迅速定位并修复了问题，避免了设备停机并最大程度减少了损失。该案例的成功应用，不仅展示了电气自动化在光伏发电系统中的巨大潜力，也为今后的光伏电站智能化管理提供了宝贵经验。

结束语

电气自动化技术在光伏发电系统中的应用，极大地提升了系统的效率与智能化水平。通过智能控制、远程监控、故障诊断与修复等技术的集成，光伏发电系统不仅能够更好地应对环境变化，还能够在故障发生时迅速恢复，保证了系统的稳定运行。未来，随着技术的不断进步，电气自动化将进一步推动光伏发电系统的智能化和高效化，为全球能源转型作出更大贡献。

参考文献

- [1] 卢江华. 民用建筑屋顶分布式光伏发电系统设计要点和优化措施[J]. 光源与照明, 2023(7): 132-134.
- [2] 肖驰, 张卫东, 辛昂倍, 等. 基于智能监控系统的分布式光伏故障自动诊断研究[J]. 自动化与仪器仪表, 2021(2): 248-251.
- [3] 程宝华, 邹华伟, 李俊程, 等. 基于CNN-LSTM算法的光伏电站短期功率预测系统[J]. 电气技术与经济, 2024(12): 177-179.