

# 光伏发电系统优化设计与运行管理

魏慎金<sup>1</sup>, 丁明月<sup>2</sup>, 陈星纬<sup>1</sup>

(1. 常州华阳检验检测技术有限公司, 江苏 常州 213149;

2. 常州正衡电力工程监理有限公司, 江苏 常州 213149)

**摘要** 光伏发电作为一种清洁、可再生的能源形式受到了人们的广泛关注。为了提高光伏系统的能效和经济性, 优化设计与运行管理成为研究的重点。合理的设计不仅能够提升系统的发电效率, 而且能够延长系统的使用寿命, 减少维护成本。有效的运行管理则确保了系统稳定可靠地发挥其最大潜力。本文将对光伏发电系统的优化设计与运行管理进行深入探讨, 旨在提供一个全面的指导框架, 为实现光伏发电系统的最佳运行状态提供参考。

**关键词** 光伏发电系统; 优化设计; 运行管理; 能效监测; 安全管理

中图分类号: TM61

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2024)02-0004-03

在面临能源危机和环境污染的当今世界, 可再生能源的开发利用成为全球性的紧迫任务。其中, 太阳能作为一种清洁、无穷尽的自然资源, 备受重视。光伏发电系统, 即利用光电效应直接将太阳能转换为电能的设备系统, 已经成为最具潜力的可再生能源技术之一。然而, 如何提高光伏发电系统的效率、降低成本、确保系统稳定运行以及应对各种环境因素的挑战, 仍然是行业内需要深入研究和解决的问题。开展光伏发电系统的优化设计与运行管理方面的研究不仅对促进光伏产业的健康发展具有重要意义, 还对保护全球环境、推动能源结构转型和实现可持续发展目标具有深远的影响。

## 1 光伏发电系统的组成与工作原理

一个完整的光伏发电系统主要包括光伏阵列、逆变器、充电控制器、蓄电池组、负载以及支撑结构等部件。<sup>[1]</sup> 光伏阵列由多个光伏电池板串联、并联组成, 以提供所需的电压和电流。逆变器的作用是将光伏阵列产生的直流电转换为交流电, 以供给交流负载或并网运行。充电控制器主要用于控制蓄电池的充放电过程, 以保护蓄电池并延长其使用寿命。蓄电池组用于存储电能, 以便于无阳光时或负载需求超过光伏阵列供电能力时继续供电。支撑结构则用于固定光伏电池板, 使其能够更好地接收太阳光。

系统的工作原理是: 在日照条件下, 光伏阵列接收太阳辐射能量并转换成直流电能, 通过逆变器转换为交流电能供给负载使用或并网发电; 同时, 多余的电能可以通过充电控制器存储到蓄电池组中。在无日照或光伏阵列不能满足负载需求时, 蓄电池组开始放电以维持电力供应。通过这样的方式, 光伏发电系统

能够实现对太阳能的高效利用, 并为用户提供稳定可靠的电力。

光伏发电系统虽然是一种清洁、可再生的能源来源, 但存在一些固有挑战和问题, 使得优化设计与运行管理显得尤为重要。

首先, 光伏发电的效率直接受到光照强度、温度、湿度等多种天气因素的影响, 因此在阴天、雨天等恶劣天气条件下, 光伏发电的出力会大幅下降, 发电量不稳定。其次, 由于光伏发电受天气影响较大, 因此储能难度较大, 难以实现大规模商业化应用。目前虽然有光储一体化技术, 但是其储能效率较低, 成本较高, 难以广泛应用。最后, 我国大部分地区日照时段短, 日照强度较弱, 光伏电池的平均利用率比较低。这需要加强光伏发电的运维管理, 定期对光伏电池进行清洗和维护, 提高其转换效率和使用寿命。此外, 光伏电池生产过程中使用的硅、铜、铝等原材料及化学物品会对环境产生一定压力, 产业链建设难度较大。

综上所述, 加强可靠性设计和智能化管理是优化光伏发电系统的重要方向之一。<sup>[2]</sup> 通过优化设计与运行管理, 可以有效地解决这些问题, 提高光伏发电系统的性能、经济性和可持续性, 使其在能源结构中发挥更大的作用。

## 2 光伏发电系统优化设计

### 2.1 光伏电池板阵列优化设计

在光伏发电系统中, 电池板阵列的设计直接影响着系统的性能及其能量产出。优化设计需要综合考虑电池板的效率、成本、耐久性以及安装环境等因素。

#### 2.1.1 光伏电池板选型与匹配

选择光伏电池板时, 首先要考虑电池板的类型(如

单晶硅、多晶硅、薄膜等)及其转换效率。此外,还应关注电池板的功率容差、温度系数、老化速率和保证期等性能参数。在系统设计时,需要保证所有电池板的工作特性尽可能一致,以避免由于性能不匹配引起的功率损失。在串联电池板时,应确保每块板的最大功率点(MPP)相近,以提高整个阵列的工作效率。

### 2.1.2 阵列布局与方向调整

阵列的布局应充分考虑地理位置、倾斜角度、方位角以及遮阴等因素。<sup>[3]</sup>理想情况下,电池板阵列应朝向阳光直射的方向,并根据当地纬度调整最佳倾斜角度。此外,设计时要避免可能的树影、建筑物等遮阴,因为遮阴会导致电池板部分区域的功率输出降低,进而影响整个阵列的性能。为了最大化发电量,可以采用固定式或跟踪式布局。跟踪式布局虽成本较高,但能够随着太阳的位置变化调整电池板的角度,进一步提高发电效率。

## 2.2 逆变器与储能装置优化设计

逆变器和储能装置是光伏发电系统中的重要组件,它们的优化设计对于确保系统的稳定运行和提升能量利用率具有积极意义。

### 2.2.1 逆变器类型与选型

逆变器将来自光伏电池板的直流电转换为可以被家庭或电网使用的交流电。在选择逆变器时,应考虑逆变器的最大输入电压、最大输出功率、效率以及与电网的互动能力等。逆变器的类型主要包括集中式、串联式和微逆器等,它们各有优势和适用场景。例如,集中式逆变器适合大规模发电场,而串联式和微逆器更适用于小规模或分布式发电系统。

### 2.2.2 储能装置配置与选型

储能装置是光伏发电系统中用于存储多余发电量的装置,通常采用蓄电池。在配置储能装置时,要考虑其容量大小、循环寿命、深度放电能力和成本等因素。<sup>[4]</sup>根据系统的需求和预算,可以选择铅酸蓄电池、锂离子蓄电池或其他类型的蓄电池。合理的储能装置配置能够提高光伏系统的发电利用率,减少对电网的依赖,并提供在电网停电时的备用电源。

## 2.3 监控与控制系统优化设计

实现光伏发电系统的高效运行,监控与控制系统的优化设计至关重要。这一块涉及数据的准确采集、实时监控以及远程控制等方面。

### 2.3.1 数据采集与通讯系统设计

优化数据采集与通讯系统主要是为了保证信息的精确传输与实时处理。首先,需要选择合适的传感器对光伏系统的关键参数进行监测,如电流、电压、温

度等。这些传感器需要与一个中央处理单元(CPU)连接,后者负责收集并处理数据。<sup>[5]</sup>此外,通讯系统的设计需要确保数据可以稳定、快速地传输至监控中心,无线通信(如GPRS、4G)或有线通信(如以太网)的选择要根据实际情况和成本效益进行权衡。

### 2.3.2 监控软件功能与界面设计

监控软件是用户与系统之间交互的平台,因此其功能设计应满足用户对系统状态的监控需求,并能够简便地执行控制命令。软件界面应直观、用户友好,提供清晰的系统布局图和实时数据图表。重要的功能包括系统性能分析、故障诊断、数据记录和报警系统等。此外,软件还应支持远程更新和维护,以适应系统升级或扩展的需要。

## 2.4 安装与施工方案优化设计

光伏系统的安装与施工方面直接影响到系统的稳定性和持久性,因此在设计时需考虑场地特性、环境因素和成本效益。

### 2.4.1 场地勘测与评估

在安装之前,必须对场地进行彻底的勘查和评估。这包括了解地形、土壤条件、气候特征以及可能影响光伏板性能的周边环境因素。场地评估还应包括对日照量的分析,以确定最佳的安装位置和角度。

### 2.4.2 安装支架与固定方式设计

安装支架必须既坚固又灵活,以适应各种地面条件和气候变化。设计时要保证结构的稳定性和耐久性,同时考虑到未来维护和潜在的系统扩展。固定方式应确保光伏板在极端天气(如强风、雪载)下仍能稳固。

### 2.4.3 电缆设计与布线规划

电缆设计应符合当地电气规范,保证电气安全和系统效率。布线规划需避免过长的电缆距离以减少能量损失,并考虑到电缆的防护,避免因环境因素导致的老化或损坏。系统化的布线还便于未来的检修和升级。

通过对监控与控制系统、安装与施工方案的优化设计,光伏发电系统的可靠性和效率可以得到大幅提升,进而确保系统长期稳定运行,最大化投资回报。

## 3 光伏发电系统运行管理

### 3.1 日常运行维护与管理

有效的运行维护不仅是对系统组件进行定期检查和清洁,更是对系统性能数据的持续监控和分析,确保每一个环节都在最佳状态下运行,从而延长设备寿命,减少故障发生,保障电力输出的稳定性和可靠性。

#### 3.1.1 定期巡检与检查清单制定

制定明确的巡检清单是确保光伏系统处于最佳运行状态的关键。清单应包括对光伏板的清洁度检查、

接线端子的紧固情况审查、逆变器和其他电气设备的功能测试等。此外,还应检查支架结构的稳固性和耐候性。定期巡检不仅有助于早期发现潜在问题,还能保证发电效率不受影响。

### 3.1.2 设备清洁与保养建议

设备的清洁和保养对于保持光伏系统的发电效率至关重要。推荐使用非磨损性的清洁剂和软布或软刷定期清洁光伏板以去除灰尘、污垢和其他残留物。同时,应遵循制造商的指导手册对逆变器和其他关键组件进行定期检查和保养,以防止由于过热或磨损导致的性能下降。

## 3.2 故障诊断与处理

即使有良好的维护和管理,光伏系统也可能出现故障。了解如何快速准确地诊断和处理这些故障是保证系统稳定运行的重要环节。

### 3.2.1 常见故障类型与原因分析

光伏系统中常见的故障可能包括光伏板性能下降、逆变器故障、接线问题等。性能下降可能是由于光伏板老化或被遮挡,而逆变器故障可能是由于内部电子元件损坏或通信故障。接线问题通常是由于接触不良或线路老化。了解这些故障的典型迹象和可能原因有助于快速定位问题。

### 3.2.2 故障诊断方法与流程设计

建立一套系统的故障诊断流程对于迅速恢复光伏系统的运行至关重要。流程应包括初步的视觉检查、性能数据分析、组件测试等步骤。在一些情况下,可以采用遥测数据进行远程诊断,节省时间并降低维护成本。当发现问题时,应立即采取相应措施,如更换损坏部件或调整系统配置,以确保系统尽快恢复正常运行。

## 3.3 能效监测与优化

在光伏发电系统的运行管理中,能效的监测和优化是提升发电效率和经济效益的重要环节。合理的能效评估和持续的优化措施能够保证系统始终运行在最佳状态。

### 3.3.1 能效评估指标与方法

能效评估是通过一系列指标来判断光伏系统的性能,这些指标包括但不限于发电量、系统效率、性价比以及环境因素对系统性能的影响等。评估方法通常涉及对历史数据的收集与分析,使用软件工具进行仿真模拟,以及实时监控系统输出与环境参数的变化。

### 3.3.2 能效优化措施与实践案例

能效优化措施包括对光伏板的定期清洁和角度调整,确保逆变器等设备运行在最佳效率,以及对系统进行升级和故障维修。实践案例表明,通过对光伏组

件的优化布局和使用更高效的逆变器,系统的整体效能可以得到显著提升。例如,某地区的光伏电站通过安装遮阳网减少了高温时期的温度影响,提高了夏季的发电效率。

## 3.4 安全管理与应急预案

光伏发电系统的安全不仅关乎设备资产的保护,更关系到人员的生命安全和电网的稳定运行。因此,建立全面的安全管理体系和应急预案是必不可少的。

### 3.4.1 安全操作规程制定

安全操作规程的制定需要涵盖所有可能接触到的光伏系统环节,包括电气安全、防火安全、人员进出安全等。规程中应包含明确的操作指导和禁止事项,确保每位工作人员都能熟悉并遵守安全标准。

### 3.4.2 应急预案编制与演练

应急预案应涉及自然灾害(如台风、地震)、火灾、设备故障等各种可能的紧急情况。预案的编制必须具体、明确,包括应急响应流程、疏散路线、紧急联系人等信息。定期的应急预案演练是检验预案有效性的重要手段,同时也能提高工作人员在真正紧急情况下的反应能力和处理能力。

## 4 结语

光伏发电系统的优化设计与运行管理对于提升系统性能、保证安全运行和实现长期可靠发电至关重要。本文提出的能效监测与优化策略和安全管理与应急预案的指导原则,旨在为光伏系统的运行管理提供实用的参考。通过持续的监测、评估、优化和规范化,可以有效提高光伏发电系统的整体性能和安全水平,进一步推动光伏产业的健康和可持续发展。未来,随着技术的不断进步和市场需求的日益增长,对于光伏系统的优化设计与运行管理将持续提出更高的要求,这需要业界不断创新和改进现有策略,以满足更加绿色和高效的能源利用需求。

## 参考文献:

- [1] 胡国武,陈维铅.太阳能光热发电技术及其发展现状研究[J].甘肃科技纵横,2023,52(11):20-25.
- [2] 张鹏飞,陈刚.光伏发电功率消纳能力提升研究[J].电气技术与经济,2023(09):47-50.
- [3] 许伟滨,陈秋宇,刘佳坤,等.光伏发电效率影响因素研究进展及前景展望[J].电器工业,2023(11):48-50,55.
- [4] 姜侃.光伏发电系统故障诊断与恢复策略[J].大众用电,2023,38(10):50-51.
- [5] 王月平.分布式光伏发电系统中的电池储能技术优化分析[J].集成电路应用,2023,40(10):400-401.