

光伏电站防雷检测要点及常见问题分析

周建华

浙江防雷安全检测有限公司温州分公司

DOI:10.12238/pe.v3i1.11405

[摘要] 本文针对海上漂浮光伏电站的防雷检测要点及常见问题进行了深入分析,重点探讨了光伏方阵区跨步电压和接触电压的检测方法、直流汇流箱的防雷检测、智能控制器的防雷检测以及交直流逆变器的防雷检测。通过采用大功率变频信号源、耦合变压器、小型接地电阻测试仪和微欧表等设备,结合理论计算和实际测量,提出了科学、精确的防雷检测方案。研究表明,本文提出的检测方法能够有效评估光伏电站的防雷性能,确保人员和设备的安全。此外,针对防雷系统中接地电阻和等电位连接的关键问题,提出了优化措施,进一步提高了防雷系统的可靠性。本文的研究成果可为海边滩涂光伏电站的防雷设计和运维提供重要参考,具有广泛的应用价值。

[关键词] 光伏电站; 防雷检测; 光伏方阵区跨步电压和接触电压的检测方法; 直流汇流箱的防雷检测
中图分类号: U665.12 **文献标识码:** A

Analysis of key points and common problems of photovoltaic power station

Jianhua Zhou

Zhejiang lightning protection safety testing Co., LTD.

[Abstract] This paper makes an in-depth analysis on the lightning detection points and common problems of floating photovoltaic power station, focusing on the detection method of step voltage and contact voltage in photovoltaic array area, lightning detection of DC junction box, lightning detection of intelligent controller and lightning detection of AC-DC inverter. Through the use of high-power frequency conversion signal source, coupling transformer, small grounding resistance tester and micro-European meter and other equipment, combined with theoretical calculation and practical measurement, a scientific and accurate lightning protection detection scheme is put forward. The results show that the detection method proposed in this paper can effectively assess the lightning protection performance of photovoltaic power station and ensure the safety of personnel and equipment. In addition, the key problems of grounding resistance and equipotential connection are put forward to further improve the reliability of the lightning protection system. The research results of this paper can provide an important reference for the lightning protection design and operation and maintenance of photovoltaic power station in tidal flats, and have wide application value.

[Key words] photovoltaic power station; lightning protection detection; detection method of step voltage and contact voltage of photovoltaic square array area; lightning protection detection of DC junction box

前言

随着全球能源需求不断增长,环境保护意识持续提升,可再生能源开发和利用成为各国关注的焦点。光伏发电作为清洁能源的重要组成部分,近年来得到了快速发展,陆地光伏电站建设受限于土地资源,尤其是在土地资源紧张的地区,光伏电站的扩展面临挑战。在此背景下,海边滩涂光伏电站应运而生,成为光伏发电技术的重要创新方向,海边滩涂光伏电站不仅能够有效利用广阔的海洋资源,还能减少对陆地生态的影响,具有广阔的发展前景。然而,海洋环境复杂性对光伏电站的结构设计提出了

更高要求。本文将从结构特点的角度,分析海边滩涂光伏电站的设计要点及其面临的挑战。

1 海边滩涂光伏电站结构特点分析

海边滩涂光伏电站结构设计要充分考虑到海洋环境的特殊性,包括风浪、盐雾、潮汐等自然因素的影响,其核心结构主要由浮体、支架、光伏组件、逆变器等部分组成,各部分的设计和材料选择直接关系到电站的稳定性和使用寿命。在支架设计中,由于海上环境复杂,海边滩涂光伏电站的支架和组件容易受到雷击危害,支架材料需具备高强度和耐腐蚀性,通常采用铝合金或不

锈钢材质,综合考虑防雷的实际需求。为此,工作人员要在支架和组件之间安装可靠的防雷装置,并采用接地技术,将雷电流能够安全导入海水。同时,在海上环境中,光伏组件需具备更高的防水、防盐雾、抗风能力,通常采用双玻组件或特殊封装技术,进一步提高组件的耐久性和发电性能。此外,组件的安装角度需根据当地太阳辐射条件进行优化设计,以最大化发电效率。

2 海边滩涂光伏电站防雷的基本原理

防雷基本原理是通过建立保护设备和接地系统,分散吸收雷电电磁波,减小雷击对光伏电站带来的危害。以5MWp标准阵列为例,海边滩涂电站防雷设计原理包含以下几个方面(如图1所示):

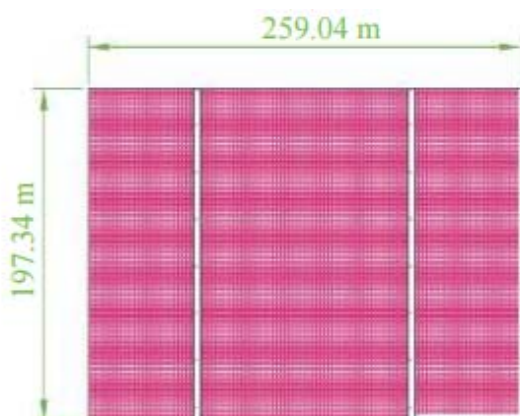


图1 海边滩涂光伏电站5MWp标准阵列示意图

2.1 建立地网

在海边滩涂电站浮体通道周围安装地网,将电站金属结构与海底连接,形成低阻抗路径,以便将雷击电荷导入海底。地网的设计需要考虑海洋环境的特殊性,如海水导电性、海底地质条件等,便于地网能够有效分散和导引雷击电流,减少对电站设备的损害。

2.2 安装避雷针

避雷针在电站顶部安装,将雷击电流导入地下设备,避雷针安装位置要根据电站的具体结构和雷电活动频率进行优化,保证其能够有效吸引和导引雷击电流,保护电站设备免受直接雷击。

2.3 安装绝缘器

在电站内部安装电气绝缘器,隔离电站不同部分,绝缘器选择和安装位置要根据电站的电气系统和雷电防护要求进行设计,以确保在雷击发生时,能够有效隔离不同部分的电气设备,防止雷击电流在电站内部传播,减少对设备的损害。通过以上措施,海边滩涂光伏电站可以有效降低雷击带来的风险,保障电站的安全稳定运行。

3 海边滩涂光伏电站防雷检测要点

3.1 光伏方阵区跨步电压和接触电压检测

3.1.1 接触电压检测

接触电压是指人体接触电气设备时,由于设备接地不良在

人体与地面之间产生的电压。为了确保光伏电站的安全性,工作人员要精确测量接触电压,使用大功率变频信号源和耦合变压器匹配输出测试电流,让测试电流能够稳定注入地网,并提前准备万用表、模拟人脚金属板等辅助设备。将大功率变频信号源通过耦合变压器与地网连接,注入测试电流,真实模拟实际运行中的电流分布情况,提高测量结果的准确性。接着,将万用表的一端连接至距离地面1.8m设备架构上,另一端连接至模拟人脚金属板,将万用表选择至1.5kΩ档位,读取万用表显示的实测值,并与理论值进行对比。如果实测值小于理论值,则表明接触电压在安全范围内,检测结果为合格;反之,则需要进一步的检查和整改。

3.1.2 跨步电压测量

在海边滩涂光伏电站中,跨步电压的测量尤为重要,其直接关系到人员的生命安全。为了准确测量跨步电压,本文采用了大功率变频信号源和耦合变压器匹配输出的方法,将测试电流注入地网,模拟实际雷电电流的分布情况。然后,将万用表的两端连接至地面上的模拟人脚金属板,这些金属板模拟人体双脚与地面的接触。为了更真实地反映人体在雷电环境下的反应,使用可调频率万用表的1.5kΩ人体模拟电阻档位进行测量,在测量中逐步调整信号源的频率,观察并记录跨步电压的变化。通过对比实测值与理论值,判断跨步电压是否在安全范围内。如果实测值小于理论值,则说明跨步电压符合安全标准,检测结果为合格。

3.1.3 跨步电压和接触电压理论值的计算方法

在海边滩涂光伏电站的防雷检测中,根据交流电气装置接地的有关规定,实测的接触电压和跨步电压不应超过以下公式确定的值:

$$U_T = \frac{174 + 0.17 \rho_s}{\sqrt{t}} \quad (1)$$

$$U_S = \frac{174 + 0.17 \rho_s}{\sqrt{t}} \quad (2)$$

其中: U_T 为接触电压的理论值(单位:伏特); U_S 为跨步电压的理论值(单位:伏特);

ρ_s 为土壤电阻率(单位:欧姆·米); t 为故障持续时间(单位:秒)。通过上述公式,可以计算出在不同土壤电阻率和故障持续时间下的接触电压和跨步电压的理论值,为实际检测提供参考。在实际检测中,要保证实测的接触电压和跨步电压不超过理论值,从而保障人员和设备的安全性。

(1) 直流汇流箱的防雷检测。为了确保直流汇流箱的防雷系统符合标准,采用小型接地电阻测试仪对汇流箱体的保护接地电阻进行测试,根据相关标准,接地电阻应低于4Ω,保证其在雷电冲击下能够有效泄放电流。测试时采用直线法,即测试线为电流极10m,电压极5m,科学控制两者间距,有效提高测试结果的准

确性。接着,使用微欧表检测汇流箱体和接地线之间的等电位连接,其接触电阻不应大于 $0.03\ \Omega$,利用微欧表的精确测量,增强汇流箱体与接地线之间的连接良好,避免因接触不良出现防雷失效。对电涌保护器(SPD)地线的接地电阻进行测试,同样采用小型接地电阻测试仪,保证接地电阻小于 $4\ \Omega$ 。此外,接地线的长度应低于 0.5m ,科学减少接地电阻,提高防雷效果,保证直流汇流箱的防雷系统在雷电冲击下能够有效保护光伏电站的安全运行。

(2)智能控制器的防雷检测。光伏发电系统智能控制器主要负责监测和控制蓄电池的电压状态,判断蓄电池是否达到过充电状态,并根据检测结果发出相应的指令。为了确保智能控制器在雷电环境下的安全运行,工作人员要对其进行全面的防雷检测。接地电阻是衡量接地系统性能的重要指标,直接关系到防雷效果,根据技术标准要求,智能控制器机柜的接地电阻应小于 $4\ \Omega$,通过精确测量,让接地系统在雷电冲击下能够有效泄放电流,保护设备免受雷击损害。电涌保护器是防止雷电过电压侵入设备的重要装置,能够有效限制瞬态过电压和泄放电涌电流,工作人员要检查接地线的材料规格、长度等是否符合技术标准要求,提高接地系统的可靠性。在使用微欧表检测金属构架、机柜、电缆屏蔽层等是否采取了接地和等电位连接措施,电气导通且电阻应低于 $0.03\ \Omega$,增强金属构架和电缆屏蔽层在雷电环境下具有良好的导电性能,保障设备的安全运行(如图2所示)。

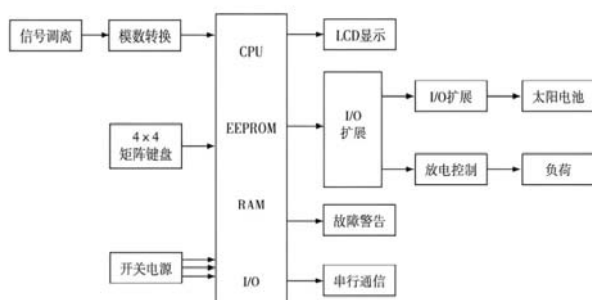


图2 智能型控制器的电路结构

(3)交直流逆变器的防雷检测。直流输入端电涌保护器(SPD)接地电阻测试。夹角法是一种常用的接地电阻测量方法,通过测量接地极与辅助接地极之间的电压和电流,计算出接地电阻值。测试时,要求接地电阻小于 $4\ \Omega$,以保证在雷电冲击下电涌保护器能够迅速将过电压导入大地,保护设备免受损害。同时,接地线的长度和材料规格必须符合相关规范要求,保证接地系统的可靠性。

(4)机柜保护接地电阻测试。机柜作为逆变器的主要保护结

构,其接地电阻同样要求小于 $4\ \Omega$,测试中使用接地电阻测试仪,将测试电极分别连接到机柜接地端和大地,测量其电阻值。

(5)逆变器机柜等电位连接测试;使用微欧表测试逆变器机柜等金属构架的等电位连接,等电位连接是防雷系统的重要组成部分,通过将各个金属部件连接在一起,形成一个等电位体,减少电位差,防止雷电引起的电火花和电磁干扰。测试时,要求电气导通,接触电阻小于 $0.03\ \Omega$,提高等电位连接的有效性(如图3所示)。

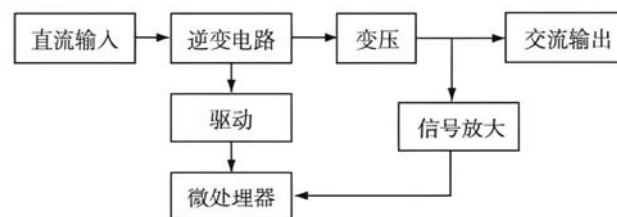


图3 交直流逆变器的防雷检测

4 总结

综上所述,海边滩涂光伏电站作为一种新兴的清洁能源发电形式,其防雷系统的设计与检测至关重要。本文通过系统分析防雷检测的关键要点,提出了科学、高效的检测方法,解决了光伏电站防雷性能评估中的实际问题。研究结果表明,本文提出的检测方案不仅能够准确评估防雷系统的性能,还能够为防雷系统的优化设计提供理论依据。未来,随着海边滩涂光伏电站的规模化发展,防雷检测技术将进一步完善,为电站的安全运行提供更加可靠的保障。本文的研究成果可为相关领域的技术人员提供参考,推动海上光伏电站防雷技术的进步。

[参考文献]

- [1]苗国荣,张绍龙,李岩.农业光伏电站工程中的防雷接地施工技术[J].农业灾害研究,2023,13(11):320-322.
- [2]乔志茹,赵海生.光伏电站雷电危害及防雷接地防护措施[J].石油工程建设,2022,44(11):60-62.
- [3]陈小娣.光伏电站防雷接地特性及优化措施研究[D].山东:山东理工大学,2023.
- [4]卢敏.探析雷击对江西省光伏电站的影响及防雷减灾策略[J].农业灾害研究,2023,13(9):304-306.

作者简介:

周建华(1977--),男,汉族,浙江永嘉人,大学本科,助理工程师,研究方向:防雷检测。