

Research and Performance Test of a New Type of Counting Device for Lightning Arrester with No Need to Be Elevated

Xiumao Wang Qifei Liu Hongli Li Chunqing Shi Chao Liu

Guizhou Power Grid Co., Ltd. Duyun Power Supply Bureau, Qiannan, Guizhou, 558000, China

Abstract

To address the challenges of traditional surge arrester counters requiring high-altitude access, which pose significant safety risks and low operational efficiency, this study presents a novel plug-and-play surge arrester counter without climbing requirements. The device features a modular design with a magnetic-conductive composite connection structure, an innovative plug-and-play mechanism, and optimized mechanical components and material selection, enabling rapid ground-based installation/removal and intelligent monitoring. Through electrical performance testing, environmental reliability verification, and field application evaluation, the device demonstrates precise counting accuracy, structural stability, and excellent environmental adaptability. It completely eliminates the risks associated with high-altitude operations, significantly improves maintenance efficiency, and meets the demands of modern smart grid operations. With high engineering application value and promising industry promotion prospects, this innovation represents a breakthrough in smart grid infrastructure.

Keywords

surge arrester counter; free-standing structure; plug-and-play design; magnetic conductive; performance testing; intelligent monitoring

新型免登高拔插式避雷器计数器的研发与性能测试

汪秀茂 刘启飞 李宏力 史纯清 刘超

贵州电网有限责任公司都匀供电局, 中国·贵州黔南 558000

摘 要

针对传统避雷器计数器检修需登高操作、安全风险高且运维效率低的问题, 本文研发一款新型免登高拔插式避雷器计数器。该装置采用模块化设计与磁吸导电复合连接结构, 创新设计拔插式连接机构并完成机械结构与材料选型的优化, 实现地面快速拆装与智能监测功能。经电气性能测试、环境可靠性验证及现场应用评估, 该装置计数精准、结构稳定且环境适应性优异, 可彻底规避登高作业风险, 大幅提升运维效率, 适配现代电网智能化运维需求, 具有较高的工程应用价值与行业推广前景。

关键词

避雷器计数器; 免登高结构; 拔插式设计; 磁吸导电; 性能测试; 智能监测

1 引言

随着电力系统输电电压等级持续提升, 线路网络结构日趋复杂, 雷电过电压对输变电设备的威胁愈发突出。避雷器作为抑制雷电过电压、保障设备安全的核心保护装置, 其运行可靠性直接关系到电网的安全稳定运行。避雷器计数器作为雷电防护系统的关键配套装置, 可实时记录避雷器泄放雷电流的次数, 为防雷设备的状态检修、维护决策提供定量依据, 是输变电系统防雷运维中不可或缺的组成部分。

实现避雷器计数器的快速拆装、远程监测与免登高运维, 已成为电力系统防雷领域的重要研究方向, 为智能防雷

装置的行业推广提供理论支撑与技术参考。

2 新型免登高拔插式避雷器计数器的设计原理与结构创新

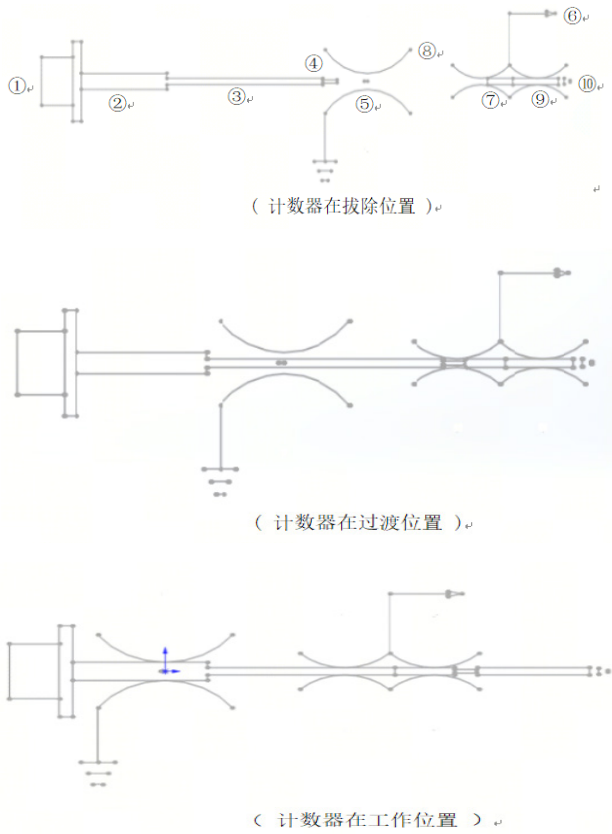
2.1 设计原理

装置原理: 装置由拔插式计数器、避雷器接触头、接地接触头组成。避雷器计数器拔插时分为三种状态, 见图 1。

工作状态如下:

- (1) 避雷器计数器在拔除位置, 是更换避雷器的状态, 避雷器计数器与避雷器和地线都没有连接;
- (2) 避雷器计数器在过渡位置, 是更换避雷器时候的位置, 避雷器计数器与接地已经分离, 与避雷器连接;
- (3) 避雷器计数器在工作位置, 属于中间串联位置, 与避雷器和地线都已连接。

【作者简介】汪秀茂 (1978-), 男, 土家族, 本科, 工程师, 继电保护中级作业员, 从事电气工程及其自动化研究。



①为避雷器计数器；②为接地电动触头；③为导电电动触头；④为绝缘件；⑤为接地静触头；⑥为接避雷器；⑦为导电静触头；⑧为过渡静触头；⑨为过渡动触头；⑩为接地。

原理示意图（图 1）

2.2 总体设计思路

检测模块作为核心感知单元，主要承担雷电流放电信号的采集任务；信号传输模块负责将采集的信号转换为脉冲并完成计数、数据缓存，同时实现数据的本地存储与远程传输；拔插式连接模块则实现计数器与避雷器主体的快速电气耦合及稳定连接，三大模块协同配合，完成“信号采集 - 计数存储 - 数据传输”的全流程功能。

2.3 拔插式连接机构的创新设计

针对传统计数器连接方式操作繁琐、易破坏密封结构的问题，本文创新设计同轴导电片与磁吸定位复合的拔插式连接机构，实现无螺纹快速装配，兼顾拆装效率与连接稳定性。该机构选用稀土永磁体构建磁吸导向系统，当计数器接近避雷器底端时，磁场引导机构可实现插头与插槽的自动精准对准，大幅降低地面操作的对准难度，提升拆装便捷性。

为防止安装误差及设备振动导致的连接松动，机构内嵌防误插限位装置与弹性卡环锁定系统，确保装置在风振、雷电冲击、地震微振等极端工况下，仍能维持稳定的电气接触。导电表面采用镀银铜合金材质，兼顾高导电率与优良的抗氧化、抗腐蚀性能，有效降低接触电阻；导磁部位加装高强度绝缘隔层，耐压性能优异，可有效避免雷电流旁路或二次击穿现象。该机构可实现计数器拔除、过渡、工作三种状

态的无缝切换，满足免停电运维需求。

2.4 信号检测与存储单元设计

为实现雷击事件的精确监测与数据可追溯，计数器内部集成低功耗单片机控制系统，以高灵敏度霍尔传感器为核心感知元件，通过感知雷电流放电时的瞬态磁场变化，将磁信号转换为电脉冲信号并完成累积计数。信号链路采用多级滤波与浪涌吸收电路设计，可有效屏蔽高压脉冲及电磁干扰，保证数据记录的准确性与连续性，避免复杂电网环境下的误触发、漏记现象。

3 机械结构与材料选型优化

避雷器计数器长期处于户外复杂运行环境，需承受高温暴晒、紫外辐射、雨水侵蚀、粉尘沉积及风荷载振动等多重应力，其机械结构的稳定性、材料的耐候性直接决定设备使用寿命与运行可靠性。本文从外壳密封、抗震抗冲击、连接材料与电气绝缘三方面开展优化设计，全面提升装置的户外环境适应能力，保障长期稳定运行。

3.1 外壳与密封系统设计

针对户外环境对设备防护性能的高要求，装置主体外壳选用玻纤增强尼龙材料，该材料介电强度高、机械耐冲击性好，且在高湿度环境下仍能保持优良的绝缘特性，可有效抵御户外环境的腐蚀与老化，适应不同气候区的运行需求。密封系统采用双层防护结构，内层为高弹性硅胶圈，外层为耐油耐酸的氟橡胶垫，可在宽温度范围内保持优异的气密性，有效阻隔水汽、粉尘进入设备内部。

3.2 抗震与抗冲击性能提升

针对这一问题，新型计数器采用悬浮减震式结构布局，将检测主板悬挂于柔性支架中部，通过多点弹性支撑实现振动能量的有效分散，避免局部应力集中。

振动与冲击后的电气参数对比分析表明，装置计数精度无变化，机械稳定性与疲劳寿命优异，可完全满足户外复杂运行环境的可靠性要求。

3.3 连接材料与电气绝缘性能优化

导电连接件是雷电流冲击电流通路的关键部件，其材料与结构直接影响设备运行安全与信号采集完整性。装置导电连接件选用镀银铜合金导电片，兼顾高导电率与优良的耐腐蚀性，可有效降低接触电阻，保障雷电流信号的高效、稳定传输。

4 电气性能测试与功能验证

为全面验证新型免登高拔插式避雷器计数器的计数精度、电气安全性与环境适应性，本文在实验室搭建高压测试平台，依据 IEC 60099 - 5 等国家标准及行业规范，开展脉冲响应与计数精度、工频耐压与泄漏电流、环境适应性与长期运行稳定性三类试验，系统验证装置的电气性能与功能可靠性。

4.1 脉冲响应与计数精度试验

在高压脉冲发生平台上模拟实际雷击放电环境，采用 8/20 μ s 标准雷电波形对计数器进行多次冲击测试，覆盖不同雷电流幅值范围。试验结果表明，计数器在各电流幅值下均能快速、准确响应，未出现误触发、漏记等现象，计数精度优异；在脉冲间隔大幅缩短的高频冲击条件下，装置仍能保持稳定的识别与计数能力，表明其具备出色的高频响应性能，可满足雷击多发场景下的精准计数需求。

4.2 工频耐压与泄漏电流测试

在 IEC 60099 - 5 标准框架下开展工频耐压试验，模拟避雷器实际运行过程中的电气应力环境，为计数器施加规定工频电压并持续规定时长。试验结果显示，装置绝缘性能完好，未出现任何击穿、放电等异常现象，表明其绝缘设计合理，具有充分的安全裕度。同步监测的泄漏电流数据显示，装置漏电流远低于国家标准限值，证明拔插式接口结构在维持可拆装特性的同时，仍具备优异的电气隔离性能，无漏电隐患，为设备长期安全运行提供保障。

4.3 环境适应性与长期运行稳定性验证

针对输电线路户外运行环境的严苛性，对样机开展系列可靠性与老化试验，全面验证装置的环境适应性。先后完成冷热冲击循环试验、240 小时盐雾腐蚀试验，试验后装置外壳和连接端未出现裂纹、腐蚀层，导电接触电阻变化率控制在合理范围，密封结构无渗漏，防护性能保持良好。

经 1000 小时持续通电老化试验后，计数器的计数功能与存储模块运行稳定，记录数据无漂移现象；综合试验结果表明，该计数器在环境适应性、结构稳定性及信号保持性方面均达到工程应用的高标准，能够满足我国南北方不同气候区、沿海高盐雾、高海拔等复杂环境的电网运维需求。

5 现场安装与运行效果评估

在完成实验室全性能测试后，选取不同气候区的变电站与输电线路开展现场试点应用，从安装维护便捷性、数据监测与智能运维效果、经济性 with 推广可行性三方面，对新型免登高拔插式避雷器计数器的现场运行效果进行全面评估。

5.1 安装与维护便捷性分析

现场测试表明，该装置拆装效率较传统产品大幅提升，单人即可完成操作，无需额外工装配合；拔插连接界面的弹性卡环自锁定位功能，使装置在风振、荷载振动等工况下仍能保持稳固接触，确保长期运行可靠性。同时，装置接口设计兼容多型号避雷器底座，更换过程无需对原有系统进行改造，实现“即插即用”，显著提升设备维护的灵活性与标准化水平，降低对运维人员专业操作技能的要求。

5.2 数据监测与智能运维效果

在智能化电网运行环境下，数据实时性与监测精度成

为评估防雷设备效能的重要指标。新型计数器内置高灵敏度霍尔传感单元，可同步捕获雷击脉冲信号并自动完成计数，通过预留的无线通信接口扩展 NB - IoT 模块后，计数数据可实时传输至云端监测平台，实现避雷器运行状态的远程实时监控。

试点应用期间，系统运行稳定，计数数据与专业放电监测装置高度吻合，数据传输实时、准确；实现对避雷器运行状态的可视化、智能化管理，有效提高电网防雷体系的响应速度与整体可靠性。

5.3 经济性与推广可行性分析

从全寿命周期角度综合分析，新型免登高拔插式避雷器计数器展现出显著的成本效益。虽然装置单台制造成本较传统计数器略有提升，但由于免登高作业大幅减少了人工、工时及辅助设备的投入，运维环节的直接费用显著降低；模块化结构与高可靠性设计使装置使用寿命大幅延长，有效减少备件储备与更换频率，降低库存和检修成本。同时，免停电运维设计大幅减少电网停电时长，进一步降低因停电造成的经济损失，提升电网供电可靠性。

6 结语

本文研发的新型免登高拔插式避雷器计数器，通过机械结构与电气系统的协同创新，从根本上解决了传统避雷器计数器登高作业、效率低下、防护性差的行业痛点。该装置创新设计的磁吸导电复合拔插式连接机构，实现了无螺纹快速装配与地面便捷操作；玻纤增强尼龙外壳与双层密封结构，使装置具备优异的防护性能，可适应各类户外恶劣环境；悬浮减震式布局与镀银铜合金导电连接件，保障了装置的机械稳定性与电气可靠性；预留的无线通信接口，为智能监测与云端管理提供硬件支撑，高度契合电网智能化转型需求。

同时，结合大数据、人工智能技术构建避雷器运行状态预测模型，通过计数数据、环境数据的综合分析实现雷击风险预警，为构建智慧电网防雷运维体系提供更全面的技术支撑，持续助力电力系统安全、高效、智能化发展。

参考文献

- [1] 汪迪锋,徐炎斌,吴祖现.新型避雷器放电计数器校验仪研制[J].设备管理与维修,2023,(16):39 - 40.
- [2] 王荣,孔广荣.防水新型避雷器动作计数器的研发[J].通讯世界,2017,(17):200 - 201.
- [3] 朱瑞刚,安宏宇,祝翔.带无线数据接力的避雷器动作计数器远传装置[J].山西电力,2010,(04):25 - 27.
- [4] 朱镇杰,罗燕红,吕东瑞,等.避雷器放电计数器校验仪校准方法的研究探讨[J].环境技术,2023,41(08):94-97.
- [5] 马立乾.便携式ZVS避雷器计数器测试仪研制与应用[J].同煤科技,2018,(06):6-8.