

环网柜绝缘塞测温技术研究与应用探索

刘一帆

国网山西省电力有限公司忻州供电分公司 山西 忻州 034000

摘 要：环网柜绝缘塞长期带电运行易滋生温升隐患，密闭柜体结构导致传统测温手段存在监测盲区，难以精准捕捉设备隐性故障，无法适配精细化运维的工作要求。本文立足配网设备实际运行工况，剖析绝缘塞发热成因与各类测温技术的应用局限，优化传感结构、数据采集及环境适配等核心技术，梳理贴合现场的安装与监测方案，能为配网设备隐蔽部位测温技术的推广应用提供实用参考。

关键词：环网柜；绝缘塞；测温技术

引言：环网柜是配电网架构里的核心基础装备，其运行稳定与否直接关乎整个供电体系的运行品质。绝缘塞作为柜体内部关键的绝缘与连接部件，长期带电运行极易出现发热、老化等问题，埋下各类设备运行隐患。传统测温手段难以适配密闭柜体内部构件的监测需求，无法精准捕捉隐性温升异常。针对性开展绝缘塞测温技术与场景化应用探索，可有效补齐现有监测技术短板，筑牢配网设备安全运行根基。

1 环网柜绝缘塞测温技术研究概述

1.1 环网柜绝缘塞运行发热问题分析

在配电网运行体系中，环网柜的可靠运行是保障供电体系平稳运转的核心支撑。绝缘塞肩负着柜体内部电气隔离与结构衔接的核心职责，全程跟随设备带电运行。在长期连续的工作过程中，绝缘塞接触区域的电阻参数会缓慢上升，电阻异常增高会直接导致柜体局部热量堆积。设备出厂装配时的细微偏差、长期运行震动导致的结构松动，都会使接触部位贴合度下降，进一步加剧局部发热的不良状况。电网负荷的动态变化会使绝缘塞承受不稳定的电气工况，持续的工况波动会加快部件老化损耗，造成绝缘防护结构的整体性能逐渐衰减。外界环境带来的温湿度波动、颗粒物附着等不利因素，都会干扰绝缘塞的正常散热机制，使产生的热量难以快速散发。持续的高温环境会破坏绝缘材料的内部结构，削弱设备绝缘防护能力，进而引发各类设备异常故障。对绝缘塞温升状态进行动态监测，精准掌握设备温升演变规律，可有效规避设备运行隐患，保障配网设备长期安全平稳运行。

1.2 主流环网柜测温技术应用现状

电力配网运维模式持续优化升级，各类温度监测手

段被广泛应用于环网柜状态管控环节，有效提升了电气设备运行的安全保障水平。过去设备温升排查主要依赖工作人员现场测温，人工操作模式存在显著的效能短板，很难及时发现柜体内部部件的轻微温升异常，暗藏诸多运行隐患。红外测温是当前电气设备监测中应用较广的非接触式测温手段，基于红外感应原理获取设备温度，对外部裸露电气部件有着良好的适用性。但受环网柜密闭柜体结构的限制，该技术无法穿透柜体精准检测内部部件温度，并不适用于绝缘塞等内置零部件的温度监测。常规接触式测温手段温度采集精度更高，运行稳定性也更好，却容易改变设备原有结构，破坏柜体绝缘体系的完整性，实际适用场景受到不少限制。现有各类测温手段各有应用短板，无法同时满足密闭空间检测、绝缘结构保护、长期在线监测的多重使用要求^[1]。针对性研发适配绝缘塞工作特性的测温手段，可有效补齐现有监测技术的应用短板，完善配网设备隐蔽部件的温度监测体系，增强电气设备运行保障能力。

1.3 绝缘塞测温技术基础原理

各类电气设备的温度监测工作，普遍借助物理传感特性完成温度信息的有效转换，从而实现对设备运行温度的有效感知与识别。针对环网柜内部绝缘塞研发的测温手段，以接触式温度传感机制为核心支撑，利用功能性材料本身的热电响应特性采集设备温升信息。由导体与半导体材料构成的闭环通路，会在两端存在温度差时产生相应的电势波动，电势数值的动态变化能够真实反映测温点位的温度升降情况。传感单元紧贴绝缘塞关键测温区域安装布设，可实时感知设备运行过程中的温度变化，将难以直接观测的物理温升转化为可识别的电气信号。原始电气信号经过滤波整理和误差修正处理后，能够真实还原绝缘塞的实时温度状态。整套测温体系遵

循成熟的物理转换规律运行,适配密闭柜体内置部件的测温场景,整体运行性能稳定可靠。相关理论体系不仅支撑了绝缘塞测温技术的改进升级,也为配网设备内部隐蔽结构温度监测的工程应用提供了坚实的理论依据。

2 环网柜绝缘塞测温关键技术研究

2.1 绝缘塞测温传感结构优化设计

环网柜采用封闭式柜体布局,内部空间紧凑、部件排布密集,对测温传感装置的外形构造、安装适配度以及绝缘兼容性有着较高要求。市面上常见的测温传感装置多为标准化定型结构,并未结合绝缘塞的实际构造特点进行适配处理,安装后极易出现接触面间隙过大、部件相互干涉的问题,大幅降低温度采集的精度。针对现场实际应用中的局限,传感结构的优化设计需紧扣绝缘塞的实体构造与运行环境进行。优化设计过程中,首先要考虑电气设备的绝缘安全标准,对传感装置的外形轮廓和接触工作面进行改进,使传感部件能够与绝缘塞表面充分贴合,改善温度传导的接触条件。通过删减结构冗余部件、压缩整体体积的方式,适配柜内有限的安装空间,避免新增设备对原有电气布局造成不利影响。结构与配套材料的同步改进,可有效提升传感装置的电气隔离能力,保障环网柜原有绝缘体系不受改造影响,消除新增部件带来的电气安全隐患^[2]。优化后的结构形态能够有效适应设备长期运行的工作状态,提升传感装置的环境适应能力与运行可靠性,为绝缘塞长期稳定的温度监测工作提供坚实的硬件基础。

2.2 测温数据采集与精度提升方法

环网柜内部空间封闭,电气部件排布密集,运行产生的复杂电磁环境与不均匀热场,会干扰温度信号采集传输,造成测温结果偏差,影响设备运行状态判别。绝缘塞温度监测的可靠性,核心取决于数据采集体系的完善度,稳定的采集体系持续捕捉设备真实温升状态。传统数据采集手段处理流程过于简单,难以适配柜内复杂运行环境,无法有效抵御电磁波动与热场异常的负面影响,长期监测很容易出现稳定性不足的问题。运维人员可通过优化整体采集流程完善测温体系,细化信号拾取、链路传输、数据处理各环节的运行标准,减少环境因素对测温信号的干扰。先对原始测温信号做降噪和校正处理,筛除环境诱发的无效信号,留存能真实反映设备工况的有效温度信息。科学调整采样运行逻辑,兼顾信号响应速度与运行稳定性,防止瞬时信号波动引发的测温失真问题。结合绝缘塞温升特性优化校正机制,可不断缩小测温偏差范围。这套优化后的采集校正体系能大幅提升复杂工况下的测温精度,真实还原设备实际温

升状态,为配网设备运行状态判别提供可靠依据。

2.3 现场运行环境测温稳定性提升方法

环网柜多部署在室外或配电室内,长期处于多变现场工况,各类环境干扰会持续影响测温传感单元的工作状态,降低整套测温体系的稳定性与运行质量。柜体内部电气部件密集产生的电磁辐射、外界气候温湿变化、设备启停与负荷变动的机械振动,都会对测温模块产生负面影响,引发信号跳动、工作点位偏移等问题,破坏温度监测过程的连续性。常规测温设备的抗干扰设计标准偏低,环境耐受能力有明显局限,持续运行后会出现性能逐渐衰减。结合现场工况特点做针对性优化,可有效提升测温装置的环境适配能力与抗干扰性能。对传感设备的防护结构进行升级,强化密闭防护设计,减少潮湿空气与悬浮颗粒物对核心元器件的损耗。调整信号传输链路的铺设方式,增强电气信号的抗干扰能力,减轻柜内复杂电磁场对测温信号的干扰。结合设备振动特点优化固定方式,减少机械晃动引发的部件位移与性能波动^[3]。通过多方面优化调整的测温装置,能更好适应复杂的现场环境,维持长时间平稳运行,使绝缘塞温度监测始终处于可控状态,不断提高配网设备状态感知的整体质量。

3 环网柜绝缘塞测温技术应用探索

3.1 绝缘塞测温装置适配安装方法

环网柜内部布局紧凑,绝缘防护执行标准严苛,新增测温设备布设要兼顾功能落地与原有电气结构安全,防止安装操作干扰设备正常运行,保障现场运维安全。不同型号环网柜的绝缘塞,外形参数、安装位置和内部预留空间各不相同,统一安装方案难以适配多样设备需求,容易出现传感接触不实、安装点位偏移等问题。现场布设时可结合绝缘塞外形特征与柜内空间排布,灵活调整测温设备的摆放位置和固定方式,保证传感部件与测温区域紧密贴合。正式施工前先清理柜内作业区域,确定最优测温点位,为后续设备固定和信号采集创造良好条件。整个施工过程以最小改动设备为原则,保留原有绝缘结构和电气连接,采用贴合式固定完成安装,保持柜体整体绝缘防护性能。结合柜内狭窄作业环境简化施工流程,删减冗余操作环节,提高现场作业的整体质量。细致地在设备安装完成后逐一检查安装状态和贴合精度,消除安装偏差造成的测温误差^[4]。合理的适配安装方式能充分发挥测温设备的采集优势,保持传感部件长期稳定运行,为绝缘塞温度数据持续、精准采集提供现场落地可靠的基础支撑。

3.2 测温技术在线监测应用方式

电力配网设备传统的温度管控方式以定期现场检查为主,这种运维模式存在明显的时效短板,绝缘塞产生的轻微温升隐患很难被及时发现,难以适配现阶段配网设备长效运维的发展需求。基于传感测温技术搭建的在线监测体系,能全天候捕捉设备温度变化情况,有效弥补人工现场排查存在的各类不足。整套监测系统由前端传感采集组件、信号传输通道和后台分析模块共同构成,形成了闭环式的设备温度感知体系。安装在监测点位的传感组件能实时捕捉绝缘塞的温度动态,将设备物理温升变化转化为可识别的电信号,通过专用传输通道实现数据的稳定传输。后台终端对收到的测温信息进行整合处理,实时跟踪环网柜内部关键点位的温度变化趋势。系统可根据设备温升波动特点识别异常工况,区分设备正常负荷温升与故障类温升问题,帮助运维人员精准判断设备的实际运行状态。在线监测模式打破了人工巡检的时空限制,实现了设备温度状态的全天候感知,推动设备运维模式从被动排查转向主动监测。长期积累的温度信息能够梳理出设备温升变化规律,为设备运行状态分析与工况评估提供有效依据,全面增强环网柜设备运行的安全保障能力。

3.3 测温技术应用优化改进方向

绝缘塞测温手段现已逐步应用于配网环网柜的状态监测工作,能够满足设备基础的温升管控需求,但在现场环境兼容、长期运行表现与功能拓展方面仍有提升空间,整体应用体系还可进一步完善。目前投入使用的测温设备大多按照标准工况设计开发,面对多变的现场运行条件,设备的适配范围和综合性能存在一定短板,无法完全满足不同设备场景下的高精度监测要求。后续技术升级可优先进行硬件层面的适配改进,根据不同环网柜的构造特点与运行特性,更新传感组件的外形结构与

防护配置,使设备能够适配更多类型的柜体安装场景。信号传输与数据处理环节也可进行针对性改进,优化信息交互的运行机制,确保测温信息传输过程更加稳定完整,降低柜内复杂电气环境对信号传输的干扰程度。结合设备运行规律完善温度判定逻辑,细化不同工况下的温升评判标准,可提升系统对轻微异常状态的捕捉能力,使设备状态识别更加精准。通过简化后期维护流程,提高整套测温设备的运维便捷性与运行稳定性^[5]。全方位的技术改进能够不断完善测温应用体系,拓宽技术适用范围,提高绝缘塞温度监测的精细度,有效增强环网柜设备运行的安全保障效果。

结束语

未来,可依托现有绝缘塞测温技术成果持续推进技术迭代与场景优化。结合各类环网柜现场运行工况的差异,不断完善传感设备的适配结构与信号处理体系,优化标准化安装流程与在线监测模式。持续挖掘测温技术的应用价值,补齐复杂工况下的监测短板,不断提升设备温升监测的精细化与智能化水平,进一步完善配网设备状态运维体系,为电力配网系统安全、稳定、长效运行提供坚实的技术保障。

参考文献

- [1] 赵国栋,祝振波,艾文豪,等.环网柜绝缘塞测温技术研究与应用探索[J].农村电气化,2024(9):79-83.
- [2] 樊灵旻,袁秋实.无源无线测温装置在环网柜中的应用[J].通信电源技术,2019,36(2):101-102.
- [3] 谈西昭.新型环保气体绝缘环网柜的设计与性能测试[J].数码设计(电子版),2023(11):0673-0675.
- [4] 刘天楠,余万荣.环网柜电缆接头无源无线技术测温应用分析[J].通信电源技术,2020,37(6):108-110.
- [5] 唐仕镭.无源无线测温装置在环网柜中的应用探讨[J].科技与创新,2016(2):148-148+151.