

电气系统中电气接地及电气保护技术

云 丹 姜 飞

内蒙古华电锡林浩特新能源有限公司 内蒙古 锡林浩特 026000

摘 要：电气系统作为现代社会运转的关键基础设施，其安全性至关重要。电气接地及电气保护技术是保障电气系统稳定、可靠运行，保护人员生命安全与设备正常工作的核心手段。本文深入剖析电气接地的分类、原理与作用，涵盖工作接地、保护接地、防雷接地等；详细阐述电气保护技术，包含短路保护、过载保护、漏电保护等多种方式及其工作机制。结合实际案例探讨技术应用要点，分析常见问题及解决对策，并展望未来发展趋势，旨在为电气系统设计、施工与运维提供全面理论支撑与实践指导，提升电气系统整体安全性。

关键词：电气系统；电气接地；电气保护；安全运行

引言：在当今高度电气化的时代，电气系统广泛渗透于工业生产、商业运营、居民生活等各个领域，为社会发展注入强劲动力。然而，电气系统运行过程中潜藏着诸多安全风险，如漏电、短路、过电压等故障一旦发生，不仅可能导致设备损坏、生产中断，造成巨大经济损失，更会危及人员生命安全。电气接地及电气保护技术犹如电气系统的“安全卫士”，通过科学合理的设计与实施，能够有效预防故障发生，在故障发生时迅速切断电源或引导电流安全泄放，最大程度降低危害。深入研究这两项关键技术，对保障电气系统安全、可靠运行具有不可估量的现实意义。

1 电气接地技术

1.1 工作接地

工作接地在电气系统中扮演着至关重要的角色，它是确保系统稳定运行的基础。通过将电力系统中的某一点（如中性点）与大地进行电气连接，工作接地能够稳定系统电位，为相电压提供一个可靠的参考基准。在三相四线制供电系统中，中性点接地是工作接地的典型应用，它有助于确保三相电压的平衡与对称，从而维持电气设备的正常工作状态。当系统发生单相接地故障时，工作接地的作用尤为显著。故障电流能够借助工作接地形成回路，使继电保护装置迅速动作，切除故障线路，防止故障进一步蔓延，确保系统的持续供电能力。此外，工作接地还能有效降低设备对绝缘性能的要求，从而减轻绝缘投资成本，提高整个电气系统的经济性。

1.2 保护接地

保护接地是电气安全领域的重要措施之一，它主要应用于电气设备的金属外壳、构架等外露可导电部分。通过将这部分与大地可靠连接，保护接地能够在设备内部绝缘损坏导致外壳带电时，迅速将电流导入大地，

避免电流流经人体，从而有效保障人员安全。以电动机为例，若其定子绕组绝缘击穿导致外壳带电，实施了保护接地的电动机能够将绝大部分故障电流通过接地极导入大地。当人体接触带电外壳时，由于接地电阻远小于人体电阻，流过人体的电流将微乎其微，从而有效防止触电事故的发生。因此，保护接地的电阻值通常需严格控制在规定范围内，一般不超过 4Ω ，以确保接地效果达到最佳^[1]。

1.3 防雷接地

防雷接地是电气系统安全防御体系中不可或缺的一环，它针对雷电这一极具破坏性的自然现象，为电气设备和人员提供了一道坚实的防护屏障。雷电，作为自然界中一种强烈的放电现象，其瞬间释放的能量之大，足以对电气系统造成毁灭性的打击，包括设备损坏、线路短路乃至火灾等严重后果。防雷接地系统通过一系列精密设计的接闪器，如避雷针、避雷线、避雷网等，将雷电引导至地下，利用接地极的高效导电性，将雷电流迅速分散并泄散到广阔的大地中，从而有效降低了雷电过电压对电气系统的直接冲击。以高层建筑顶部的避雷针为例，它巧妙地运用了尖端放电原理，成为雷电的首选目标，通过引下线与深埋地下的接地极紧密相连，形成了一条安全、高效的雷电泄放通道，确保了建筑物内部电气设备及人员的安全。值得注意的是，防雷接地的电阻要求通常更为严格，根据防雷等级的不同，其阻值一般设定在 10Ω 甚至更低，以确保雷电流能够迅速、顺畅地导入大地，最大限度地减少雷电对电气系统的潜在威胁。

1.4 重复接地

重复接地，作为低压配电线路安全设计的重要组成部分，通过在中性线上多处与大地连接，为电气系统提供了额外的安全保障。在三相四线制系统中，一旦发生

单相接地故障,重复接地能够迅速降低中性线的电位,有效减小零线上的电压降,进而减轻设备外壳的带电电压,显著提升用电安全性。此外,重复接地还增强了系统的可靠性与稳定性。即使某一处接地连接因故失效,其他接地点仍能继续发挥作用,维持系统的正常运行,避免了因单点故障而导致的整个系统瘫痪。在施工现场临时用电系统中,由于线路敷设环境复杂多变,且易受外力破坏,重复接地的设置显得尤为重要。通常,每隔一定距离(如50米),施工人员就会在中性线上增设重复接地,以确保施工用电的安全与稳定,为施工现场的各项工作提供有力的电力保障^[2]。

2 电气保护技术

2.1 短路保护

短路是电气系统中最常见且危害严重的故障之一,指电流未经负载,直接从电源正极流向负极,瞬间电流急剧增大。短路保护技术旨在故障发生瞬间快速切断电路,防止设备过热、烧毁及引发火灾等严重后果。熔断器是最基础的短路保护元件,当电路发生短路,电流瞬间飙升,熔断器的熔体因过热而熔断,切断电路电流。断路器则更为智能,它不仅能在短路时迅速跳闸,还具备过载保护功能,可自动检测电路电流,当电流超过设定值(短路或过载电流阈值),通过电磁脱扣、热脱扣等机制,驱动触头断开,实现电路保护,且断路器跳闸后可手动或自动复位,便于后续电路恢复。

2.2 过载保护

过载是指电气设备运行电流超过其额定电流,但尚未达到短路电流程度,持续过载会使设备发热,加速绝缘老化,缩短设备寿命。过载保护依据电流热效应原理,通过热继电器、双金属片等元件实现。以热继电器为例,其内部双金属片由两种膨胀系数不同的金属贴合而成,正常电流通过时,发热产生的热量使双金属片微微弯曲,不触发动作;当电流过载,产生热量增多,双金属片弯曲程度加剧,达到一定程度后,推动触头动作,切断控制电路,进而使接触器断电,断开主电路,保护设备免受长时间过载损害,待故障排除,双金属片冷却复位后,可重新投入使用^[3]。

2.3 漏电保护

漏电保护专注于防范因设备绝缘损坏、线路老化等原因导致的漏电现象,确保人身安全。漏电保护器核心部件为零序电流互感器,正常运行时,三相电流矢量和为零,零序电流互感器二次侧无输出信号;一旦发生漏电,如某相电流经人体或其他接地路径泄漏,三相电流矢量和不再为零,零序电流互感器二次侧感应出电流信

号,经放大处理后驱动脱扣机构,使断路器迅速跳闸,切断电源,整个过程响应时间极短,通常在0.1秒以内,能有效避免触电事故发生,广泛应用于家庭、施工现场等各类用电场所。

2.4 过电压保护

电气系统在运行过程中可能遭遇雷击过电压、操作过电压等多种过电压情况。雷击过电压前文防雷接地部分已提及其危害,操作过电压则常发生于开关操作、故障跳闸等瞬间,因电磁能量突变引发。过电压保护技术通过避雷器、压敏电阻等元件实现。避雷器安装在电气设备进线端,正常电压下呈高阻状态,对电路无影响;当遭遇过电压冲击,避雷器迅速导通,将过电压能量引导至大地泄放,保护设备绝缘免受过电压击穿;压敏电阻具有类似特性,其电阻值随电压变化而急剧改变,过电压时电阻骤降,分流泄放电流,保障电气系统在正常电压波动范围内稳定运行,抵御过电压危害。

3 电气接地及电气保护技术的应用案例分析

3.1 工业厂房电气系统

在某大型机械加工厂房,电气设备繁多,如数控机床、起重机、电焊机等,且运行环境复杂,存在粉尘、油污、震动等不利因素。针对此,电气接地系统采用联合接地方式,将工作接地、保护接地、防雷接地统一接入共用接地网,接地电阻控制在 1Ω 以内,确保系统电位稳定,任何故障情况下人员与设备安全。在电气保护方面,每台设备进线前端均配置短路保护断路器、过载保护热继电器与漏电保护器,构成完善保护体系。例如,一台数控机床加工过程中突发短路,短路电流瞬间触发断路器跳闸,切断电源,避免设备内部精密部件烧毁;另一台电焊机因长时间过载运行,热继电器及时动作,防止焊机过热引发火灾,漏电保护器实时监测,杜绝人员触电风险,保障厂房生产活动安全、有序进行^[4]。

3.2 住宅小区电气系统

住宅小区供电关乎居民日常生活用电安全。小区低压配电系统采用TN-S系统,工作零线与保护零线严格分开,保护零线全程多点重复接地,接地电阻不超过 4Ω 。居民楼配电箱内为每户配备带漏电保护功能的微型断路器,对室内用电线路与电器进行全面保护。如某户因电器老化引发漏电,漏电保护器瞬间动作跳闸,切断该户电源,避免漏电电流危及家人生命;夏季用电高峰,个别住户空调、电热水器等大功率电器同时使用,可能出现过载情况,此时过载保护启动,防止线路过热引发电气火灾,同时通过合理的接地系统,保障在雷雨天气小区电气设施免受雷击侵害,为居民营造安全、稳定的用

电环境。

4 电气接地及电气保护技术常见问题与解决对策

4.1 接地电阻超标问题

在一些老旧建筑或施工不规范场所，接地电阻常超出规定值，影响接地保护效果。原因包括接地极腐蚀、接地导线连接不良、土壤电阻率过高。解决对策：定期对接地系统进行检测维护，对于腐蚀接地极及时更换；确保接地导线采用焊接、压接等可靠连接方式，并做好防腐处理；针对土壤电阻率高问题，可采用换土、添加降阻剂、深埋接地极等方法降低接地电阻，如在山区岩石地带，通过打孔灌注降阻剂改善接地条件，使接地电阻满足安全要求。

4.2 保护装置误动作与拒动作问题

保护装置误动作可能导致不必要停电，影响生产生活；拒动作则使故障无法及时切除，危害升级。误动作原因有电磁干扰、保护定值设置不合理、设备质量问题；拒动作多因保护元件老化、脱扣机构卡滞、控制回路故障。解决对策：加强设备选型，选用抗干扰能力强、质量可靠产品；合理计算并定期校验保护定值，使其适应系统运行工况变化；建立定期维护机制，对保护装置进行清洁、调试，及时更换老化元件，确保脱扣机构灵活，控制回路畅通，保障保护装置准确、可靠动作。

4.3 电气线路老化与私拉乱接问题

随着时间推移，电气线路绝缘老化、破损，易引发漏电、短路；私拉乱接电线现象在部分老旧小区、出租屋常见，严重破坏电气系统原有保护布局。解决对策：定期开展电气线路巡检，尤其对老旧线路重点排查，发现老化、破损及时更换；加强用电安全宣传教育，通过社区宣传、张贴海报等方式，提高居民用电安全意识，杜绝私拉乱接行为；同时，加大执法力度，对违规用电依法处罚，从源头规范电气线路敷设与使用，保障电气系统安全基础。

5 电气接地及电气保护技术的发展趋势

5.1 智能化发展趋势

未来，电气接地及保护技术将融入更多智能元素。智能接地系统可实时监测接地电阻、接地电流等参数，通过无线通信将数据传输至监控中心，利用大数据分析提前预警接地故障隐患；智能保护装置具备自我诊断功能，能根据系统运行状态动态调整保护定值，在故障发生时不仅快速切断电源，还能精准定位故障点，通过手

机APP等方式及时通知运维人员，实现电气系统运维智能化，提高故障处理效率，降低运维成本。

5.2 集成化发展趋势

为简化电气系统设计、安装与运维流程，接地与保护技术将趋向集成化。例如，将短路保护、过载保护、漏电保护、过电压保护等多功能集成于一体的智能配电箱，统一管理、协调各保护功能，实现对电气系统全方位、一站式保护；在接地系统方面，研发一体化接地装置，集接地极、接地导线、降阻材料于一体，方便施工安装，提高接地系统可靠性与稳定性，适应现代电气系统紧凑化、高效化发展需求。

5.3 绿色环保发展趋势

随着环保理念深入人心，电气接地及保护技术在材料选择、能量利用等方面追求绿色环保。新型接地材料将以环保、可回收材料为主，减少对土壤、地下水污染；在过电压保护中，探索利用新型储能元件，将过电压泄放能量回收储存，用于辅助供电或其他低功耗需求，提高能源利用率，实现电气系统安全与环保协同发展，助力可持续发展战略落地^[5]。

结束语：电气接地及电气保护技术作为电气系统安全运行的两大支柱，贯穿于电气系统设计、施工、运维全过程。通过深入理解不同类型电气接地与保护技术的原理、应用场景，结合实际案例精准实施，并有效解决常见问题，能够为电气系统筑牢安全防线。未来，随着智能化、集成化、绿色环保发展趋势不断推进，这两项技术将持续革新，为电气系统在各领域安全、高效运行提供更强大保障，推动社会电气化进程稳健前行，在保障人员生命财产安全与促进经济发展中发挥愈加关键的作用。

参考文献

- [1]王强, 李华. 电气系统接地技术的创新应用与实践探讨[J]. 电气技术, 2024,25(03):15-18.
- [2]张悦, 刘浩. 论电气保护技术在复杂电气系统中的优化策略[J]. 电力系统自动化, 2024,40(02):105-108.
- [3]赵斌, 孙悦. 现代电气系统中接地与保护协同设计的关键要点[J]. 建筑电气, 2024,43(05):78-81.
- [4]陈晨, 李明. 电气接地故障诊断及保护技术新进展[J]. 电力工程技术, 2024,49(04):45-47.
- [5]周亮, 张伟. 新能源电气系统中的接地与保护特殊考量[J]. 新能源, 2024,39(02):140-143.