

电气系统中电气接地及电气保护技术

李建国 郝东升

内蒙古电力(集团)有限责任公司鄂尔多斯供电公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘要: 电气接地及电气保护技术是电气系统安全运行的关键。本文详细阐述电气接地核心概念、分类体系,分析接地系统设计要点,包括设计原则、接地电阻计算与优化、材料选择与防腐、接地极布置与施工。探讨电气保护技术原理与应用策略,涵盖过电流、漏电、过电压保护及接地故障保护。分析电气接地与保护技术协同作用机制,提出实施流程与关键环节把控方法,以及运行维护与故障处理措施,为电气系统安全稳定运行提供全面指导。

关键词: 电气接地; 电气保护技术; 协同实施; 运行维护; 故障处理

引言: 在电气系统日益复杂的当下,其安全稳定运行至关重要。电气接地与电气保护技术作为保障电气系统安全的核心手段,发挥着不可替代的作用。电气接地通过构建低阻抗电流通路,稳定系统电位、抑制过电压、保障人身安全;电气保护技术则能及时应对过电流、漏电、过电压等故障,防止设备损坏与事故扩大。深入研究这两项技术,并实现协同实施与管理,对于提升电气系统可靠性、保障生产生活正常进行具有重大现实意义。

1 电气接地技术基础

1.1 电气接地核心概念

电气接地作为电气工程领域的关键技术,指的是借助导体将电气系统或设备与大地构建起电气连接,进而形成一条低阻抗的电流通路^[1]。这一技术手段看似简单,实则在电气系统运行中发挥着不可替代的作用。从功能层面深入剖析,电气接地具有多方面重要意义。在稳定系统电位方面,电气系统在运行过程中,电位可能会因多种因素产生波动。这种波动若超出一定范围,会对设备造成损害,影响设备性能与寿命。而电气接地能够为系统提供一个稳定的电位参考点,有效避免电位波动带来的不良影响。抑制过电压也是电气接地的重要功能之一。雷电等自然现象会产生强大的过电压,对电气系统造成严重冲击,甚至导致设备损坏。电气接地可以将过电压引入大地,从而保护电气系统免受冲击。保障人身安全是电气接地不容忽视的作用。当设备发生漏电情况时,接地系统能将漏电电流引入大地,降低设备外壳的带电电压,进而降低人员触电风险。此外,电气接地还能维护系统稳定运行,确保电气设备在正常工况下工作,减少故障发生的概率,提高电气系统的可靠性与稳定性。

1.2 电气接地分类体系

电气接地的分类方式多样,按功能划分,主要包含工作接地、保护接地、防雷接地和防静电接地。工作接地是为确保电力系统正常运行而设置的接地方式,例如中性点接地,它能稳定电网中性点电位,降低设备绝缘要求。保护接地旨在防止设备漏电引发触电事故,像设备外壳接地就属于此类。防雷接地通过将雷电流泄放至大地,保护建筑物和设备免受雷击破坏。防静电接地则用于消除静电积累,防止静电放电引发的危害。按系统结构划分,有单点接地、多点接地和混合接地。单点接地适用于低频电路,能有效减少地环路干扰,保证信号传输质量。多点接地多用于高频系统,可降低接地阻抗,提高系统性能。混合接地结合了单点与多点接地的优势,能够适应复杂场景的需求,为电气系统提供更可靠的接地保障。

2 电气接地系统设计要点

2.1 设计原则与规范遵循

电气接地系统设计需遵循多方面原则。安全性原则是重中之重,接地系统必须具备强大的保护能力,能够在电气系统出现故障或异常情况时,迅速将电流引入大地,有效避免人身触电事故的发生,同时保护各类电气设备免受损坏。可靠性原则要求接地系统在各种不同的工况下,都能保持稳定可靠的运行状态。无论是日常的正常运行,还是遭遇极端天气、突发故障等特殊状况,都要确保接地功能正常发挥。经济性原则强调在满足接地系统性能要求的基础上,对设计方案进行优化。通过合理规划接地体的布局、选择合适的材料等方式,降低建设成本,提高资源利用效率。合规性原则是设计的基本前提,必须严格依照国家和行业颁布的相关标准与规范开展设计工作。这些标准与规范是经过大量实践和理论研究总结得出的,遵循它们能够保证接地系统的设计质量和安全性。

2.2 接地电阻计算与优化

接地电阻的计算是接地系统设计的关键环节。计算时需综合考虑土壤电阻率、接地体形状和尺寸等多种因素。常用的方法有经验公式法和数值模拟法^[2]。经验公式法基于大量的实验数据和实践经验总结得出,适用于一些常规的接地场景。数值模拟法则借助计算机软件,能够更精确地模拟接地体在土壤中的电流分布情况,适用于复杂的地形和接地结构。为降低接地电阻,可采取多种优化措施。土壤改良是一种有效方法,通过换土或添加降阻剂等方式,改变土壤的电阻特性,降低土壤电阻率。深井接地利用低电阻率土层,增加接地体深度,使电流能够更顺畅地流入大地。扩展接地网通过增加接地体数量和面积,扩大电流散流范围,从而降低接地电阻。

2.3 接地材料选择与防腐处理

接地材料的选择直接影响接地系统的性能和使用寿命。常见的接地材料有扁钢、圆钢、角钢等金属材料,以及铜、铝等导电性能良好的材料。选择时需依据接地电阻要求、土壤条件、机械强度等因素综合考量。在土壤腐蚀性较强的地区,应选择耐腐蚀性更好的材料。为延长接地材料的使用寿命,需进行防腐处理。镀锌、热镀锌能够在金属表面形成一层保护膜,阻止土壤中的腐蚀性物质与金属接触。涂防腐漆也是一种常用的防腐方法,通过在金属表面涂抹防腐漆,起到隔离和保护的作用。

2.4 接地极布置与施工要点

接地极布置需依据接地电阻要求以及空间限制等因素合理规划,在满足接地性能的同时,充分利用现有空间与地形条件,以此降低施工难度与成本。施工流程包含多个环节。进行接地极开挖与安装时,要保证接地极位置精准、埋设深度达标,通常埋设深度处于0.6-1.5米范围。接地体连接与焊接环节,务必确保连接稳固、导电性能良好,焊接长度不应小于接地体宽度的2倍。在接地网敷设与回填过程中,要留意土壤压实程度,防止出现空隙而影响接地效果,压实系数需达到0.9以上。接地电阻测试与验收是施工的最后步骤,借助专业测试设备测量接地电阻,确保其满足设计要求,一般接地电阻要小于 4Ω ,验收合格后,接地系统方可投入使用。

3 电气保护技术原理与应用策略

3.1 过电流保护机制

过电流保护是电气系统中保障安全运行的关键技术,主要包含过载保护、短路保护和断相保护。过载保护基于对电流大小的持续监测,当电流超出设备额定值并持续一定时长后,保护装置便会动作^[3]。这是因为设备长时间过载运行会导致温度升高,加速绝缘老化,甚至

引发设备损坏。一般过载电流为额定电流的1.2-1.5倍,持续时间为5-20分钟。常见的过载保护装置有热继电器和过载断路器,热继电器利用热效应原理,通过双金属片的弯曲来触发动作;过载断路器则能在过载时迅速切断电路。短路保护旨在快速应对短路故障,短路时电流会急剧增大,一般短路电流可达额定电流的10-20倍,保护装置需在极短时间内切断电路,一般切断时间为0.1-0.5秒,以防止设备因大电流冲击而损坏。熔断器和短路断路器是常用的短路保护装置,熔断器通过熔断熔体来切断电路,短路断路器则利用电磁脱扣机构实现快速分断。断相保护通过监测三相电流的平衡度来工作,当出现缺相情况时,三相电流不再平衡,一般三相电流不平衡度超过15%时,保护装置会及时动作,避免设备因缺相运行而烧毁,断相保护器是实现这一功能的主要装置。

3.2 漏电保护技术

剩余电流保护器(RCD)是漏电保护的核心设备。它通过检测相线与中性线之间的电流差,即剩余电流来判断是否发生漏电。当剩余电流超过预先设定的值时,保护器会迅速动作,切断电路。一般剩余电流动作值设定为30mA,动作时间不超过0.1秒。电磁式与电子式RCD是两种常见类型,电磁式RCD抗干扰能力强,适用于对可靠性要求高的场所,如医院、矿山等;电子式RCD灵敏度高,可实现多种保护功能,适用于不同场景,如家庭、办公室等。在参数设置方面,需根据使用场所的特点选择合适的动作电流和时间参数。零序电流保护利用接地故障产生的零序电流分量实现选择性保护,主要应用于中性点直接接地系统,能有效区分接地故障和正常运行状态,提高保护的准确性。

3.3 过电压保护措施

内部过电压防护包括操作过电压抑制和谐振过电压消除。操作过电压抑制通过加装电抗器、RC缓冲电路等措施,限制电压的上升速度和幅值,减少对设备的冲击。谐振过电压消除则需优化系统设计,避免长电缆空载运行等情况,防止系统发生谐振。外部过电压防护主要针对雷电过电压,通过安装避雷针、避雷带等接闪器,将雷电引入大地,同时配合浪涌保护器(SPD)进一步限制雷电过电压的幅值。SPD的安装位置和参数选择需根据电源侧和负载侧的不同需求进行合理配置,一般电源侧SPD的通流容量为20-40kA,负载侧SPD的通流容量为10-20kA,以确保在雷电过电压发生时能有效保护设备。

3.4 接地故障保护方案

接地故障保护基于电气系统中接地电流与正常运行电流存在差异的原理。当发生接地故障时,接地电流会

发生变化,通过监测这种变化可实现故障保护^[4]。一种实现方式是采用接地故障继电器专门监测接地电流,当接地电流超过设定值时,继电器动作并切断电路,一般设定值为5-10A。另一种方式是结合过电流保护装置实现综合保护,利用过电流保护装置的動作特性,在接地故障发生时及时切断电路,保障电气系统的安全运行。

4 电气接地与保护技术协同实施与管理

4.1 协同作用机制分析

电气接地系统与保护技术紧密关联,相互支撑。接地系统为保护技术的有效实施筑牢根基。在电气系统出现故障时,接地系统能构建起稳定可靠的故障电流回路路径。这一路径使得保护装置可精准感知故障电流的变化,依据预设逻辑迅速动作,及时切断故障电路,防止故障范围扩大,保障电气系统安全稳定运行。保护技术对接地系统也有优化作用。当保护装置及时隔离故障后,能有效降低接地网中的电位差。过大的电位差可能损坏接地系统,影响正常功能,而保护技术的快速响应可避免此类情况,延长接地系统使用寿命,确保始终处于良好工作状态。在电磁兼容性维护方面,二者协同发力。合理的接地设计可降低电气系统中的电磁干扰,为设备营造稳定的电磁环境。保护装置通过抑制过电压等方式,进一步减少电磁干扰对系统的影响,共同维护系统电磁兼容性,保障电气设备正常运行。

4.2 实施流程与关键环节把控

电气接地与保护技术的协同实施需严谨规划。系统选型与规划阶段,要综合考虑建筑类型、设备特性以及环境条件等多方面因素。不同建筑类型对电气安全的要求不同,设备特性决定了所需的保护方式和接地形式,环境条件则会影响接地系统的材料选择和施工难度。设备选型与采购环节,要确保所选设备性能符合设计要求,具备相关的认证和资质。这能保证设备的质量和可靠性,为后续的施工和运行提供保障。施工与安装过程中,必须严格按照设计图纸和施工规范进行操作。加强施工过程质量监控,对每一个环节都进行细致检查,确保接地系统和保护装置安装正确,避免因施工不当导致

的安全隐患。测试与验收阶段,要进行接地电阻测试、绝缘电阻测试等关键指标测试。组织专业人员依据相关标准和规范进行验收,只有系统性能完全符合设计要求,才能投入使用。

4.3 运行维护与故障处理

运行维护是保障电气接地与保护技术长期有效运行的关键。定期检查接地系统和保护装置运行状态,一般检查周期为1-3个月,及时清理接地极周围杂物,保持接地良好^[5]。故障诊断与处理要建立科学流程,借助专业仪器和经验快速定位故障原因,一般故障诊断时间不超过2-4小时,制定针对性处理方案,及时恢复系统正常运行,使系统恢复运行时间不超过8-12小时。数据记录与分析也不容忽视。详细记录系统运行数据,为故障分析和预防提供依据。定期分析数据,找出系统运行规律与问题,优化运行参数,提高系统可靠性。

结束语

电气接地与电气保护技术的协同实施与管理是一个系统工程,涉及设计、施工、运行维护等多个环节。只有严格遵循相关原则与规范,合理选择材料与技术,加强各环节的质量把控,做好运行维护与故障处理,才能确保电气系统在各种工况下安全稳定运行。通过不断优化技术与完善管理,可进一步提升电气系统的可靠性,为各领域的发展提供坚实的电气保障。

参考文献

- [1]李轩.自动化系统中的电气接地及保护技术分析[J].集成电路应用,2024,41(7):262-263.
- [2]吴军.电气设备的接地保护技术应用研究[J].中国设备工程,2025(12):229-231.
- [3]杨妍晔.电气设备接地保护技术及其应用探讨[J].中国设备工程,2022(15):210-212.
- [4]李涛.自动化系统中的电气接地及保护技术分析[J].建筑与施工,2024,3(15):35-36.
- [5]杨文慰.建筑电气工程中防雷接地系统的施工技术及发展方向[J].绿色建筑与智能建筑,2024(8):123-126.