

电气自动化中电气接地及电气保护技术初探

李鹏鹏

宁波钢铁有限公司 浙江 宁波 315807

摘要：电气自动化领域中，电气接地与保护技术是系统安全稳定运行的核心保障。常见接地技术如TN-S、TT、IT系统各有特性与适用场景，保护技术涵盖过电流、过电压、短路、漏电保护等类型。当前存在接地设计欠妥、保护装置性能不佳、施工维护不规范等问题。通过优化接地设计、升级保护装置、加强施工维护管理等策略，可有效提升电气自动化系统安全性与可靠性，保障其稳定运行。

关键词：电气自动化；电气接地；电气保护技术

1 电气自动化中电气接地技术概述

在电气自动化领域，电气接地技术是保障系统安全、稳定运行的关键基础技术。其核心作用在于为故障电流提供低阻抗通路，当电气设备发生漏电、绝缘损坏等异常情况时，接地装置能迅速将故障电流导入大地，避免人员触电风险和设备损坏，同时维持系统电位的稳定，保障电气自动化系统的正常运行秩序。电气接地技术通过构建特定的接地装置与大地相连，接地装置一般由接地极、接地线和接地网组成。接地极是与土壤直接接触的金属导体，其材质、形状、埋设深度等参数会直接影响接地电阻大小；接地线用于连接电气设备和接地极；接地网则是多个接地极通过接地线相互连接形成的网络，能有效降低接地电阻，提高接地系统的可靠性^[1]。接地电阻是衡量接地技术效果的重要指标，其值越小，故障电流导入大地越顺畅，系统安全性越高。随着电气自动化技术的不断发展，对电气接地技术的要求也日益提高。现代电气自动化系统中，大量精密电子设备对电磁干扰极为敏感，接地技术不仅要保障安全，还需承担抑制电磁干扰的任务，通过合理的接地布局和方式，为电气自动化系统创造良好的电磁环境，确保系统信号传输的准确性和稳定性。

2 电气自动化中常见电气接地技术

2.1 TN-S接地系统

TN-S接地系统是一种将工作零线（N线）和保护零线（PE线）严格分开的接地系统，也被称为三相五线制系统。在该系统中，从变压器中性点开始，N线和PE线就保持独立，直至电气设备。工作零线仅用于承载三相不平衡电流和单相负载电流，保护零线则专门用于保障人身安全和设备保护。当电气设备发生漏电故障时，故障电流会通过PE线迅速导入大地，由于PE线阻抗极小，能使保护装置快速动作，切断电源，从而避免人员触电和

设备进一步损坏。TN-S接地系统的优势在于其较高的安全性和抗干扰能力，特别适用于对安全要求高、电磁环境复杂的场所，如数据中心、医院手术室、精密电子设备生产车间等。然而，该系统由于需要额外铺设PE线，建设成本相对较高，线路施工和维护也更为复杂。

2.2 TT接地系统

TT接地系统中，电气设备的金属外壳直接接地，且与电源系统的接地相互独立。电源中性点直接接地，电气设备的保护接地极则各自独立接地。这种接地方式的特点是，当设备发生漏电时，故障电流通过设备接地极和大地形成回路。由于大地的电阻相对较大，故障电流通常较小，可能无法使普通的过电流保护装置迅速动作，因此一般需要配合漏电保护装置使用。TT接地系统适用于农村、小型工厂等接地保护分散的场所，其优点是建设成本较低，每个设备可独立设置接地装置，灵活性较高；但缺点是保护效果相对较弱，当接地电阻不达标时，可能存在触电风险，且设备间容易出现电位差。

2.3 IT接地系统

IT接地系统的电源中性点不接地或经高阻抗接地，电气设备的金属外壳直接接地。在该系统中，当发生单相接地故障时，由于没有直接的短路通路，故障电流仅为系统对地电容电流，数值较小，系统仍可维持运行一段时间，提高了供电的连续性。IT接地系统常用于对供电连续性要求极高的场所，如矿井、医院的重症监护室等^[2]。在这些场所，短暂的停电都可能造成严重后果。不过，IT接地系统需要配备专门的绝缘监测装置，实时监测系统的绝缘状况，一旦发现绝缘电阻下降到一定程度，需及时排查故障，否则当再次发生接地故障时，可能形成相间短路，引发更大的事故。

3 电气自动化中电气保护技术原理与类型

3.1 电气保护技术的原理

电气保护技术的核心原理是通过对电气系统运行参数的实时监测和分析,当检测到异常情况时,及时采取措施切断电源或调整系统运行状态,以避免故障扩大和设备损坏。常见的监测参数包括电流、电压、温度、绝缘电阻等。保护装置通常由测量元件、逻辑元件和执行元件组成。测量元件负责采集电气参数,并将其转换为适合处理的信号;逻辑元件对测量信号进行分析判断,依据预设的保护规则,确定是否发生故障以及故障类型;执行元件则根据逻辑元件的判断结果,执行相应的操作,如切断断路器、发出报警信号等。通过这种方式,电气保护技术能够在极短的时间内对故障做出响应,保障电气自动化系统的安全稳定运行。

3.2 过电流保护技术

过电流保护技术是针对电气系统中电流超过正常允许范围而设置的保护措施。当电气设备发生过载、短路等故障时,电流会急剧增大,超过设备和线路的额定承载能力。过电流保护装置通过电流互感器实时监测线路电流,当电流超过整定值时,经过一定的延时(根据保护类型和要求设置),触发执行元件切断电路,保护设备免受过大电流的损害。过电流保护可分为定时限过电流保护和反时限过电流保护。定时限过电流保护的动作时间是固定的,与故障电流大小无关;反时限过电流保护的動作时间则与故障电流大小成反比,故障电流越大,动作时间越短。这种保护技术广泛应用于各类电气设备和配电网路中,是保障电气系统安全运行的基础保护措施之一。

3.3 过电压与欠电压保护技术

过电压保护技术用于防止电气系统中出现过高的电压,当系统电压超过额定电压的一定比例(如110%-120%)时,过电压保护装置迅速动作,通过切除部分负载、调整变压器分接头或触发断路器跳闸等方式,将电压降至安全范围。过电压可能由雷击、操作过电压、谐振过电压等原因引起,过高的电压会损坏电气设备的绝缘,导致设备故障甚至引发火灾等严重事故。欠电压保护技术则针对系统电压过低的情况,当电压低于额定电压的一定数值(如70%-80%)时,欠电压保护装置动作,切断对非重要负载的供电,以保证重要设备的正常运行。欠电压可能由于电网容量不足、线路故障、负载过大等原因造成,长时间的欠电压运行会使电气设备性能下降,甚至损坏设备。

3.4 短路保护技术

短路是电气系统中最严重的故障之一,短路时电路中的电流会瞬间急剧增大,产生巨大的热量和电动力,

可能导致设备烧毁、线路断裂,甚至引发火灾和爆炸等恶性事故。短路保护技术的目标是在短路故障发生的瞬间迅速切断电路,将故障影响降至最低。常用的短路保护装置有熔断器、断路器等。熔断器利用熔体在短路电流的热效应下迅速熔断来切断电路;断路器则通过内部的脱扣机构,在检测到短路电流时快速跳闸,断开电路。现代的短路保护技术还结合了智能检测和快速保护算法,能够在几毫秒内检测并切断短路故障,大大提高了保护的及时性和准确性。

3.5 漏电保护技术

漏电保护技术主要用于防止电气设备漏电导致的人员触电和电气火灾事故。其工作原理是检测电路中电流的矢量和是否为零,正常情况下,电路中火线和零线的电流大小相等、方向相反,矢量和为零;当发生漏电时,部分电流会通过漏电点流入大地,导致火线和零线的电流矢量和不再为零,产生剩余电流^[3]。漏电保护装置通过剩余电流互感器检测剩余电流,当剩余电流超过设定的动作值时,迅速切断电源。漏电保护技术在家庭用电、工业生产等领域广泛应用,有效提高了电气系统的安全性。

4 电气自动化中电气接地及电气保护技术现存问题

4.1 接地系统设计问题

在电气自动化项目中,接地系统设计不合理是较为常见的问题。部分设计人员对现场实际情况调研不足,没有充分考虑土壤电阻率、地质条件、建筑物结构等因素对接地效果的影响,导致接地装置的选型和布局不合理。另外,一些设计没有充分考虑电气自动化系统中不同设备对接地特殊要求,将不同类型、不同功能的设备简单连接到同一接地系统中,容易引发电磁干扰,影响设备的正常运行。随着电气自动化系统的不断升级和扩展,早期设计的接地系统可能无法满足新增设备的接地需求,导致接地系统整体性能下降。

4.2 保护装置性能问题

部分电气保护装置存在性能不足的情况。一方面,一些保护装置的检测精度较低,无法准确识别微小的故障信号,容易出现误判或漏判的情况。例如,在一些复杂的电气系统中,由于谐波干扰等因素的影响,过电流保护装置可能将正常的电流波动误判为故障电流,导致不必要的跳闸;或者对真正的故障电流反应迟钝,无法及时切断电源,延误故障处理时机。另一方面,保护装置的動作时间过长或動作不可靠。一些老旧的保护装置由于技术落后,在故障发生后不能迅速动作,使得故障持续时间延长,增加了设备损坏的风险。同时部分保

护装置在长期运行过程中,由于环境因素(如高温、潮湿、灰尘等)的影响,性能逐渐下降,出现接触不良、元件老化等问题,降低了保护装置的可靠性。

4.3 施工与维护问题

在电气接地和保护技术的施工过程中,存在施工质量不达标现象。部分施工人员专业技能不足,对接地装置的安装规范和要求掌握不熟练,如接地极埋设深度不够、接地线连接不牢固、焊接质量差等,这些问题都会导致接地电阻增大,影响接地系统的保护效果。在维护方面,电气接地和保护系统的定期检测和维护工作往往得不到足够重视。许多单位没有建立完善的维护制度,对保护装置的性能检测、接地电阻测量等工作不及时,无法及时发现和处理潜在的故障隐患。随着电气自动化技术的快速发展,新型设备和保护技术不断涌现,部分维护人员缺乏相关知识和技能培训,难以对新型接地和保护系统进行有效的维护和管理。

5 电气自动化中电气接地及电气保护技术的优化策略

5.1 接地系统优化

优化接地系统设计需要从多个方面入手。首先,在设计前要进行详细的现场勘测,准确测量土壤电阻率、地质结构等参数,根据实际情况选择合适的接地极材料和接地方式。例如,在土壤电阻率较高的地区,可采用降阻剂、换土或采用新型接地材料(如铜包钢接地极)等方式降低接地电阻。其次,要充分考虑电气自动化系统中不同设备的接地需求,进行合理的接地分区设计。将对电磁干扰敏感的设备与大功率设备的接地系统分开,避免相互干扰;对于重要设备和关键系统,可设置独立的接地装置,提高接地的可靠性。同时在设计时要预留足够的接地接口,以满足系统未来升级和扩展的需求。

5.2 保护装置优化

提升保护装置性能是保障电气自动化系统安全的关键。一方面,要选用先进的智能保护装置,利用现代传感器技术、通信技术和计算机技术,提高保护装置的检测精度和响应速度。另一方面,要加强对保护装置的定期维护和性能检测。建立完善的维护档案,记录保护装置的运行状况和检测结果,及时更换老化、损坏的元件。定期对保护装置进行校准和调试,确保其动作的准确性和可靠性,还应加强对维护人员的技术培训,使其掌握新型保护装置的原理、操作和维护方法,提高维护水平。

5.3 施工与维护优化

施工前,施工单位应依据项目需求,制定系统的培训计划,组织施工人员深入学习接地和保护装置的安装规范、技术原理与操作要点,通过理论授课、实操演练、案例分析等多种形式,确保施工人员熟练掌握相关知识与技能,增强其质量意识和责任意识。施工过程中,严格按照设计图纸和施工标准进行操作,采用先进的施工工艺和工具,规范接地极埋设、接地线连接等关键环节。建立完善的质量监督体系,安排专业的质检人员进行全程跟踪检查,对每道工序进行严格把关,及时纠正施工中的不规范行为,杜绝质量隐患^[4]。在维护方面,建立健全完善的维护管理制度是关键。制定详细且具有可操作性的维护计划和操作规程,明确维护周期、维护内容和维护标准。定期对电气接地和保护系统进行全面检测,包括接地电阻测量、保护装置性能测试、线路绝缘检测等,及时发现潜在的故障隐患并采取针对性措施进行处理。积极引入信息化技术,搭建智能化的电气设备维护管理系统,通过传感器、物联网等技术手段,实现对设备运行状态的实时监测和数据分析,以便及时掌握设备的运行情况,预测设备故障,提前进行维护,从而提高维护工作的效率和准确性,保障电气接地和保护系统长期稳定运行。

结束语

电气接地与保护技术对电气自动化系统安全稳定运行意义重大,其有效应用与优化能够显著降低故障风险,保障设备与人身安全。随着智能化、数字化技术的发展,电气自动化系统不断升级,对这两项技术提出了更高要求。未来需持续创新,探索新技术、新方法,完善接地与保护体系,为电气自动化行业的高质量发展筑牢技术根基。

参考文献

- [1]武义林.电气自动化中电气接地及电气保护技术分析[J].技术与市场,2021,23(10):96-96.
- [2]李丽,万红.试论电气自动化系统中电气保护的安全技术[J].电子世界,2020(16):140-141.
- [3]姚斌.电气自动化系统电气保护安全技术[J].冶金与材料,2020,40(04):110+112.
- [4]牛超,位强.电气自动化系统接地问题分析与研究[J].装备维修技术,2022(2):204-205.