

电气系统中电气接地及电气保护技术

严 洋 卢 芳

中检质技检验检测科学研究院有限公司 浙江 杭州 310022

摘要: 电气接地技术通过将设备特定部分与大地相连,为系统提供安全防护、电位参考稳定及雷电干扰泄放等功能,主要类型包括工作接地、保护接地、防雷与防静电接地。电气保护技术涵盖过电流、漏电流、绝缘监视与欠压保护等,可应对各类故障。接地与保护技术协同配合至关重要,有效接地为保护提供动作条件,保护装置保障接地安全,二者构建分级防护体系,在总配电箱和末端配电箱分别设置接地与保护装置,层层设防,可最大限度缩小停电范围,保障电气系统安全稳定运行。

关键词: 电气系统; 电气接地; 电气保护; 安全运行; 技术应用

引言: 在电气系统运行中,安全与稳定至关重要。电气接地技术作为基础支撑,通过将设备特定部分与大地相连,发挥着安全防护、提供电位参考、泄放雷电及干扰等关键功能。而电气保护技术,如过电流、漏电流、绝缘监视与欠压保护等,能及时应对各类故障,保障设备与人员安全。不过,单一技术存在局限,接地与保护技术需协同配合。接下来,本文将深入剖析电气接地技术原理、类型,电气保护技术类别,以及二者协同配合的方式,为电气系统安全稳定运行提供理论依据。

1 电气接地技术的基本原理与功能

电气接地技术是电气系统中至关重要的一项基础技术,它是指将电气设备的特定部分,像外壳、中性点、屏蔽层等,借助导体与大地土壤建立起良好的电气连接。这一技术有着坚实的物理基础,大地可被视作一个容积近乎无限大、电位相对恒为零的导体。当电气设备与大地实现可靠连接后,就如同为电气系统搭建起了一个稳定且安全的“基石”。

电气接地技术具有多方面重要功能。(1) 在安全防护方面发挥着不可替代的作用。在电气设备运行过程中,若设备绝缘出现损坏,其外壳极有可能带电。此时,电气接地系统能够提供一条低阻抗路径,让故障电流迅速导入大地。这一过程会促使保护装置,如断路器等迅速动作,及时切断故障电路,从而有效避免人员触电事故的发生。同时,接地还能降低接触电压,进一步保障人员安全。(2) 电气接地技术为系统提供了电位参考与稳定功能。通过将系统中性点接地等方式,为整个电气系统确立了一个公共的电位基准点。这能够抑制系统对地电位的异常升高,确保设备在正常的电位环境下运行,保障设备的绝缘水平,避免因电位过高而损坏设备。而且对于信号系统而言,稳定的电位基准有助于提高信号传

输的准确性和可靠性,保证系统稳定运行。(3) 电气接地技术在雷电及干扰泄放方面也意义重大。在雷雨天气,雷电可能会对电气设备造成严重破坏。电气接地系统能够为雷电流提供一个畅通的泄放入地通道,将雷电能量迅速导入大地,避免雷电对设备造成直接冲击。同时,对于静电电荷等干扰,接地系统也能将其有效泄放,防止其对设备和人员产生危害,保障电气系统的安全稳定运行^[1]。

2 电气接地的主要类型

2.1 工作接地

工作接地是为确保电力系统在正常运行以及故障状态下都能保持可靠工作性能而专门设置的接地形式。在电力系统的实际运行中,诸多关键设备都需要通过工作接地来维持稳定的工作状态,其中发电机、变压器的中性点接地就是典型代表。工作接地具有多方面重要作用。(1) 它能够有效稳定系统对地电压。在三相交流电力系统中,通过合理设置工作接地,可使系统各相对地电压保持相对稳定,避免因电压波动而对设备造成损害,保障电力系统的稳定运行。(2) 工作接地可以降低设备的绝缘要求。由于系统对地电压得以稳定,设备绝缘所承受的电压相应降低,从而在设计和制造设备时,可适当降低绝缘水平,节省材料成本,同时提高设备的经济性和可靠性。(3) 工作接地还为继电保护装置提供了故障电流通路。当系统发生故障时,故障电流能够通过工作接地回路形成通路,使继电保护装置准确、迅速地检测到故障并动作,及时切除故障部分,防止故障扩大,保障电力系统的安全运行。

2.2 保护接地

保护接地作为电气安全领域的关键防护手段,旨在应对电气设备绝缘损坏这一潜在风险。在电气设备正常

运行时,其金属外壳、框架等金属部分通常不带电。然而,一旦绝缘出现破损,这些部位就可能因与带电部分接触而呈现危险电压,直接威胁到接触设备的人员生命安全。(1)当电气设备发生碰壳故障,也就是金属外壳意外与带电部分相连时,外壳会瞬间带上足以致人伤亡的危险电压。若此时没有保护接地装置,人体一旦触及带电外壳,电流便会经人体流入大地,形成触电回路,引发严重的触电事故,对人体造成不同程度的伤害,甚至危及生命。(2)而配置了保护接地装置后,情况则大不相同。接地电流会优先通过保护接地装置快速、顺畅地流入大地,有效降低了外壳与大地之间的电位差,也就是接触电位差。这一举措极大地减小了通过人体的电流,从而有效降低了人员触电的危险程度,为人员安全提供了坚实可靠的保障^[2]。如GB/T14048.1-2023《低压开关设备和控制设备第1部分总则》也增加了保护接地连续性的要求和试验。

2.3 防雷与防静电接地

防雷接地是为引导雷电流安全、顺畅地泄放入大地而专门设置的接地装置。(1)雷电具有强大的电流和极高的电压,当雷电击中电气设备或建筑物时,会产生巨大的破坏力。防雷接地系统通过科学合理的布局与设计,为雷电流提供了一个低阻抗的泄流通道,要求其具备足够小的冲击接地电阻和良好的泄流能力。冲击接地电阻越小,雷电流在接地装置上的电压降就越小,能够更好地保护设备和人员免受雷电的侵害。(2)防静电接地则主要用于泄放生产、运输等过程中产生的静电荷。在一些易燃易爆的场所,如石油化工、粉尘加工等行业,静电荷的积聚可能会引发火灾或爆炸等严重事故。防静电接地通过将设备、管道等金属部件与大地连接,使静电荷能够及时、有效地泄放入大地,避免静电积聚达到危险电位,从而有效预防火灾和爆炸事故的发生,通常要求接地电阻值较小。

3 电气保护技术的主要类别

3.1 过电流保护

过电流保护是电气保护技术中极为关键的一类,其主要功能是应对电力系统在运行过程中,因短路、过载等故障因素而产生的异常大电流情况。这些异常大电流若不及时处理,会对电气设备造成严重损坏,甚至引发安全事故。(1)过电流保护主要包含熔断器保护和断路器保护两种常见形式。熔断器保护的工作原理是利用电流的热效应,当电路中出现过电流时,熔体因过热而熔断,从而切断电路,达到保护设备的目的。不过,熔断器熔断后需更换新的熔体才能恢复使用。(2)断路器保

护则是通过其内部的脱扣机构来检测电路中的过电流情况。一旦检测到过电流,脱扣机构会迅速动作,驱动触头分断电路。与熔断器不同的是,断路器通常可重复使用,在故障排除后,只需重新合闸即可恢复供电。(3)过电流保护的核心要点在于正确整定动作电流值与动作时间。通过合理设置这些参数,能够实现选择性保护,确保在故障发生时,只有距离故障点最近的保护装置动作,最大限度地缩小停电范围,保障电力系统的稳定运行。

3.2 漏电电流保护

漏电电流保护,在电气领域也被称为剩余电流保护,是一种针对性极强的电气安全保护技术,主要聚焦于应对相线与保护线(或大地)之间因绝缘性能劣化、损坏等情况而产生的异常泄漏电流问题。(1)在实际的电气系统中,电气设备的绝缘一旦出现问题,相线与保护线(或大地)之间就会形成不期望的电流通路,产生漏电电流。这种漏电电流若得不到及时处理,不仅会使电气设备在非正常状态下运行,加速设备老化、损坏,更严重的是,当人体触及带电部分时,漏电电流会通过人体流入大地,造成触电事故,危及人员生命安全;同时,漏电电流还可能引发电气火灾,给生命财产带来巨大损失。(2)漏电保护器是实施漏电电流保护的关键设备,它通过精准检测进出线路电流的矢量差,也就是剩余电流。一旦检测到该剩余电流值超过预先设定的阈值,漏电保护器会迅速动作,切断电源,从而有效避免人身触电和电气火灾等安全事故的发生,为电气系统的安全运行提供可靠保障。

3.3 绝缘监视与欠压保护

绝缘监视技术主要应用于不接地或者高阻抗接地的电气系统之中。(1)在这类系统里,由于没有直接接地或接地阻抗较高,当系统对地绝缘出现故障时,难以通过常规方式快速察觉。绝缘监视装置能够持续、实时地监测系统对地的绝缘电阻数值。一旦绝缘水平下降至预设的危险值范围,它会立即发出清晰明确的报警信号,提醒运维人员及时排查绝缘故障,避免故障进一步扩大,进而引发更为严重的电气事故,保障系统整体的绝缘性能和安全稳定运行。(2)欠压保护则聚焦于电源电压的异常变化情况。当电源电压出现异常下降,且下降至预先设定的临界值以下时,欠压保护装置会迅速动作。这是因为设备在低压状态下运行,可能会导致性能下降、效率降低,甚至造成设备损坏,例如电机在低压运行时容易因过热而烧毁。同时,欠压保护装置还具备防止设备在电压恢复时自启动的功能,避免设备在电压不稳定的情况下频繁启停,延长设备使用寿命,确保设备安全可靠运行^[3]。

4 接地技术与保护技术的协同配合

4.1 接地为保护提供动作条件

在电气系统的安全运行体系中，有效的接地系统扮演着至关重要的角色，它是众多保护技术能够可靠动作的基础与前提条件。(1)以保护接地为例，其质量优劣对保护技术的动作情况有着直接影响。当电气设备发生碰壳故障时，若保护接地良好，故障电流能够通过接地装置顺利流入大地，形成较大的故障电流。而过电流保护装置正是依据电流大小来判定是否动作的，较大的故障电流能够使其迅速、灵敏地动作，及时切断故障电路，避免故障范围的扩大，保障设备和人员的安全。反之，若保护接地质量不佳，故障电流就会受到限制，过电流保护装置可能无法及时检测到足够的电流变化，从而不能及时动作，导致故障持续存在，引发更严重的后果。(2)系统的中性点接地方式也对接地故障保护的配置与整定有着决定性作用。不同的中性点接地方式，如不接地、经消弧线圈接地、直接接地等，会使接地故障时的电流大小和分布产生差异，进而影响接地故障保护装置的选型、参数设置和动作逻辑。

4.2 保护对接地安全性的保障

电气保护装置在接地系统的安全保障体系中，充当着至关重要的执行终端角色。(1)接地系统虽能通过降低接触电位差等方式，在一定程度上提升电气安全水平，但仅依靠接地本身，难以全面应对所有可能出现的电气故障情况。即便接地电阻处于合格范围，若缺乏及时、可靠的后备保护措施来切断故障电路，系统仍将长时间处于危险状态，持续威胁设备和人员的安全。(2)以漏电保护器为例，它是对保护接地功能的有效补充与强化。在实际运行中，当发生接地故障时，若故障电流较小，可能无法触发过电流保护装置动作。而漏电保护器凭借其高灵敏度，能够精准检测到这种微小的漏电电流，并在极短的时间内迅速切断电源，及时消除触电和电气火灾等安全隐患，进一步提升了接地系统的安全性和可靠性，确保电气系统在各种工况下都能安全稳定运行^[4]。

4.3 构建分级防护体系

在规模庞大、结构复杂的电气系统里，单一接地方式或保护装置难以全方位保障安全，必须把不同接地方式与多级保护装置进行有机融合，构建起分级、协调的防护体系。(1)从整体架构来看，在总配电箱处设置接地干线，它与主断路器相互配合。接地干线为整个系统提供了稳定可靠的接地基础，主断路器则作为第一级保护，对总配电箱进线的过电流、短路等故障进行初步监测与处理，一旦检测到异常，会迅速切断电源，防止故障扩大至整个系统。(2)而在末端配电箱，进行局部等电位连接，并安装分支回路保护器。局部等电位连接可有效降低该区域的接触电位差，分支回路保护器则针对末端设备进行精细保护。通过这样层层设防，当故障发生时，能够实现故障的选择性隔离，仅切断故障回路，最大限度缩小停电范围，在保障设备安全的同时，也确保了电气系统的持续稳定运行。

结束语

电气接地技术与保护技术是电气系统安全稳定运行的两大支柱。接地技术凭借其稳定电位、泄放干扰等原理，为系统奠定安全基石；保护技术则通过过电流、漏电等保护，及时应对故障，防止危害扩大。二者协同配合，接地为保护提供动作条件，保护保障接地安全性，共同构建分级防护体系。这种紧密协作模式，从整体架构到末端细节层层防护，有效缩小停电范围，降低事故风险。在不断发展的电气领域，持续优化接地与保护技术，提升协同效能，对保障电气系统安全、稳定、可靠运行，推动行业进步具有重要意义。

参考文献

- [1]黄岐山.建筑电气低压配电设计中各种接地系统的分析[J].工程技术研究,2022(05):201-202.
- [2]陈利富.高层建筑电气施工及接地保护措施的探究[J].科技风,2022(06):97-98.
- [3]王振朋.民用建筑电气施工接地保护问题浅述[J].江西建材,2022(02):170-173.
- [4]黄岐山.建筑电气低压配电设计中各种接地系统的分析[J].工程技术研究,2021(05):201-202.