

Safety Grounding and Ground Fault Protection of Low Voltage Electrical Equipment in Cement Plant

Zuguang Jia

Tangshan Jidong Cement Sanyou Co., Ltd., Tangshan, Hebei, 063100, China

Abstract

Cement plants extensively utilize low-voltage electrical equipment in production processes. Environmental factors such as dust accumulation, mechanical vibrations, and temperature/humidity fluctuations can damage electrical insulation, potentially causing grounding faults that jeopardize both personnel safety and equipment stability. Proper grounding and fault protection constitute critical components of low-voltage electrical safety systems in cement plants, working in tandem to form an integrated safety barrier. This paper analyzes key design and construction considerations for grounding systems based on the operational characteristics of cement plant environments and the requirements of low-voltage equipment. It investigates the causes and hazards of grounding faults, proposes tailored protection measures and system optimization strategies for cement plant conditions, and provides practical references for electrical system safety design and maintenance.

Keywords

cement plant; low-voltage electrical equipment; safety grounding; grounding fault protection

水泥厂低压电气装置的安全接地和接地故障保护

贾祖光

唐山冀东水泥三友有限公司, 中国·河北唐山 063100

摘 要

水泥厂生产过程中低压电气装置使用较多, 生产环境粉尘多、机械振动、温湿度变化等都会造成电气设备绝缘损坏, 引发接地故障, 对人身安全与设备稳定运行造成威胁。安全接地、接地故障保护是水泥厂低压电气系统安全防护的重要部分, 二者配合构成电气安全防护屏障。本文根据水泥厂生产环境特点与低压电气装置运行要求, 分析安全接地系统的设计与施工要点, 探究接地故障形成原因与危害, 提出符合水泥厂工况的接地故障保护措施与系统优化策略, 为水泥厂电气系统安全设计及运维提供参考。

关键词

水泥厂; 低压电气装置; 安全接地; 接地故障保护

1 引言

水泥厂为典型的重工业生产企 业, 其低压电气设备遍布在原料配料、粉磨煨烧、成品输送等生产环节中, 是保证生产设备正常运转的重要保障。其生产环境粉尘浓度高、设备振动频繁、部分区域存在腐蚀性介质、空间布局紧凑, 此类工况容易造成电气设备绝缘层老化破损、接线节点松动, 容易引起接地故障。安全接地是从源头上减少接地故障风险的基础措施, 接地故障保护是故障发生后的重要防护手段, 深入探究二者在水泥厂低压电气装置中的应用要点, 对保障水泥厂安全生产、提高电气系统运行可靠性具有重要意义。

【作者简介】贾祖光(1980—), 男, 中国河北唐山人, 本科, 工程师, 从事水泥行业电气设备管理与技术研究。

2 水泥厂低压电气装置的运行环境与电气安全要求

2.1 运行环境的电气影响因素

水泥厂生产环境对低压电气装置的运行不利影响多方面, 原料仓、磨机车间等位置的粉尘具有导电性, 长期堆积在电气设备表面及绝缘部件上, 会降低电气设备的绝缘性能, 形成导电通道, 给接地故障的发生埋下隐患。各类磨机、输送设备在运转中产生连续性的振动, 使得电气设备接线端子松动、连接部位接触不良, 甚至导线脱落与设备金属外壳直接接触, 直接导致接地故障。回转窑、预热器等高温区域, 会加快电气绝缘材料的老化变质, 使绝缘层失去防护作用, 增大绝缘破损的几率^[1]。

2.2 低压电气装置的核心安全要求

水泥厂低压电气装置的安全运行要满足人身安全、设备安全与生产连续性三个基本要求。人身安全要求为首要原

则,应该通过有效的手段防止人员接触带电体或者跨步电压触电,保证操作人员的安全。设备安全要求不可出现接地故障所造成的过电流、过电压损坏电气设备的情况,延长设备使用寿命,降低设备维修成本。生产连续性要求是根据水泥厂连续化生产的特点,减少由于电气故障造成的非计划停机,保证生产流程的顺畅。对于低压电气设备而言,其安全防护体系要符合接地系统技术标准要求,接地电阻需要达到规定要求,以保证接地效果的稳定。

3 水泥厂低压电气装置接地故障的形成与危害

3.1 接地故障的主要成因

水泥厂低压电气设备的接地故障,是由各种因素引起的,其中主要是由于设备绝缘性能下降造成的。电气设备的绝缘层在高温、粉尘、振动等长期作用下,会出现老化、开裂、破损等问题,原来互相隔离的带电体和金属外壳之间绝缘屏障失效,形成导电通路,造成接地故障。粉尘的堆积是绝缘性能下降的主要原因,导电性粉尘附着在绝缘部件表面,会吸收空气中的水分形成导电膜,降低绝缘电阻,严重时会造成带电体和外壳的连接^[2]。设备运行时产生的机械振动会使接线端子松动,导线绝缘层磨损,当导线芯线与设备金属外壳接触时,就会直接造成金属性接地故障。水泥厂的生产环节操作不当也会引起接地故障,设备安装时没有按规定做好绝缘保护工作,使绝缘部件被挤压损坏,设备检修后未恢复绝缘保护措施,或擅自改变电气线路,都会破坏电气系统绝缘的完整性。

3.2 接地故障的多层级危害

接地故障给水泥厂安全生产造成多层面的危害,首先是对操作人员人身安全的威胁,当设备金属外壳因为接地故障带电时,人员接触外壳就会形成触电回路,造成电击伤害,接地系统失效时,外壳的对地电压会接近相电压,极易引发严重的触电事故,部分区域存在的跨步电压也会对人员造成触电危害。其次是对电气设备的直接损坏,接地故障发生的时候会产生故障电流,如果故障保护系统不能及时动作,故障电流会在设备内部产生大量的热量,烧毁电机绕组、配电箱内部的元件等,造成设备永久性的损坏,增加了设备维修和更换的成本^[3]。接地故障还会引起供电系统的电压波动,故障相电压下降,非故障相电压升高,造成同一供电回路中其它电气设备过电压运行,绝缘层进一步损坏,引发更多的接地故障,形成故障连锁反应。水泥厂连续化生产的工艺中,接地故障引发的设备停机或者供电中断,都会造成生产流程中断,原料、半成品在生产环节堆积,不仅影响生产效率,而且会造成原料浪费,若故障发生在回转窑、磨机等核心设备上,恢复生产需要较长时间,会给企业造成巨大的经济损失。

4 水泥厂低压电气装置的接地故障保护措施

4.1 接地故障保护的核心原理

水泥厂低压电气装置的接地故障保护,就是通过检测

故障回路中出现的异常电气信号,使保护电器动作,迅速切断故障回路,把故障影响控制在最小范围内。当接地故障发生时,故障电流就会从带电体经过故障点、设备金属外壳、接地系统、电源中性点形成闭合回路,此时故障回路中的电流、电压都会出现明显的异常变化,保护系统会通过各种检测元件捕捉到这些异常信号,然后发出信号到保护电器。保护电器在接收到异常信号之后,会在一定的时间之内断开电路,切断故障设备的供电,防止故障电流长时间作用造成设备损坏和人身触电。接地故障保护的关键在于检测的灵敏性、动作的快速性,灵敏的检测可以及时发现轻微的接地故障,防止故障扩大,快速的动作可以在故障造成危害之前切断电源,保护系统还要兼顾选择性,只切断故障回路,不影响其他正常回路的运行,避免越级跳闸造成大面积停电^[4]。

4.2 常用接地故障保护电器的选型与应用

水泥厂低压电气装置常用的接地故障保护电器有剩余电流动作保护器、低压断路器、熔断器等,各种电器的功能不同,根据设备类型、运行环境、供电方式选择合适的电器。剩余电流动作保护器是专门用来检测接地故障的电器,可以精确检测回路中的剩余电流,即故障电流,当剩余电流达到设定值时,能够迅速动作,适用于水泥厂的移动电气设备和手持电动工具,这些设备使用环境多变,容易发生绝缘破损,剩余电流动作保护器可以为其提供专用的接地故障保护,根据使用场景的不同,可以选择额定剩余动作电流为30mA的瞬时型保护器,保证人员触电时能快速切断电源。低压断路器具有过载保护、短路保护和接地故障保护的功能,适用于水泥厂的固定电气设备,如磨机电机、回转窑配套风机、大型输送设备等,这些设备的功率较大,故障电流较高,低压断路器通过整定脱扣器参数,可以对接地故障进行保护,在设备过载、短路时也能动作,给设备提供全方位的保护。

4.3 接地故障保护系统的协同设计

水泥厂低压电气装置接地故障保护系统不是单一电器独立发挥作用,而是需要各种保护电器、接地系统、配电线路的配合设计,才能达到最好的保护效果。保护电器与接地系统要匹配参数,接地系统的接地电阻要控制在规定范围内,保证故障发生时能够产生足够的故障电流,触发保护电器动作,如果接地电阻过大,故障电流过小,保护电器就无法检测到故障信号,出现拒动现象。上下级保护电器要实现选择性配合,厂区总配电箱、车间配电箱、设备末端配电箱的保护电器动作电流和动作时间逐级减小,总配电箱的保护电器动作电流大、动作时间稍长,设备末端保护电器动作电流小、动作时间短,当设备末端发生接地故障时,只使末端的保护电器动作,避免总配电箱的保护电器越级跳闸,造成整个车间或者厂区停电。保护系统还要与配电线路布局相适应,根据水泥厂的生产工艺布局,合理划分配电回路,每个生产环节的设备单独设置一个配电回路和保护电器,避免多个设备共用一个保护回路,故障发生时能精准定位故障

点,迅速切断故障回路。

5 水泥厂低压电气装置安全接地与故障保护的优化策略

5.1 系统设计的整体化优化

水泥厂低压电气装置的安全接地与接地故障保护要进行整体化设计,把二者纳入电气系统的前期设计阶段,同步规划、同步施工、同步验收,避免出现接地系统与保护系统脱节的现象。设计阶段要结合水泥厂的生产工艺布局、设备分布和场地条件,绘制出详细的接地网设计图和保护系统布局图,根据设备的功率、类型和运行要求,合理规划接地体的位置和数量,设计接地干线、支线的走向,匹配对应的保护电器和配电回路。对于水泥厂粉尘多、振动大的工作环境,在设计时需要增加防护措施,把接地连接点放在封闭的配电箱里,减少粉尘堆积,对振动较大的设备,使用柔性接地支线,防止振动导致接地支线断裂。整体化设计还要考虑到电气系统的扩容性,水泥厂后期生产设备的改造或者产能的提升,会增加电气设备,在设计时要预留接地网和保护系统扩容的空间,防止后期改造对原有系统造成破坏,保证新增设备能够顺利接入原有的安全防护体系。

5.2 设备与材料的适配性选择

提高水泥厂低压电气设备的安全接地和故障保护效果,首先要对设备材料的选择加以注意,根据水泥厂的工况特点选择耐粉尘、抗振动、防腐的电器设备和接地材料。电气设备选用封闭型、防尘型产品,如防尘型配电箱、密封型电机接线盒,该类设备能较好阻止粉尘侵入内部保护绝缘部件和接线端子,减小绝缘损坏几率。绝缘材料选用耐高温、抗老化、阻燃型的交联聚乙烯绝缘电缆,该类电缆的绝缘性能稳定,能适应水泥厂高温环境,不容易因为老化而造成绝缘破损,电缆敷设采用穿管保护或者桥架敷设,防止电缆受到机械碰撞和粉尘侵蚀。接地材料继续采用热镀锌系列产品,提高防腐性能,土壤电阻率较高的地方可以采用降阻剂配合接地体使用,降阻剂应选用稳定性好、无腐蚀性的产品,保证长期使用不会对接地体和土壤造成损害,同时能有效降低接地电阻。

5.3 运行管理的常态化提升

常态化的运行管理是保证水泥厂低压电气装置安全接地、故障保护系统长期有效运行的重要环节,需要建立完善的电气设备运维管理制度,明确各个岗位的职责。制定详细的巡检计划,安排专业的电气运维人员每日对厂区的核心电气设备、接地连接部位、保护电器进行巡检,重点检查设备绝缘状况、接线端子牢固性、保护电器的指示灯状态,发现问题及时处理,做好巡检记录。每月用兆欧表测一次电气设备和电缆的绝缘电阻,绝缘电阻下降的设备和电缆要清理、维修或者更换,防止绝缘继续损坏而发生接地故障。每年做一次接地系统全面检测,测量所有接地体的接地电阻,对超标部位及时整改,同时对保护电器进行动作试验,检查保护电器的动作灵敏度,保证其正常工作。加强操作人员和运维人员的电气安全培训,定期组织培训课程和应急演练,提高人员的安全意识和故障处理能力,使操作人员掌握正确的设备使用方法,防止由于操作不当造成接地故障,使运维人员能快速发现和处理接地故障,缩短故障处理时间。

6 结语

水泥厂低压电气装置安全接地与接地故障保护是相辅相成的系统工程,安全接地是防范接地故障的基础,为故障保护提供必要的条件,接地故障保护是故障发生后的关键手段,可以迅速切断故障回路,防止危害扩大。二者应用要充分考虑水泥厂粉尘多、振动大、高温的特殊生产环境,从系统设计、设备选型、施工安装、运行管理等各个环节入手,严格控制接地系统的技术参数,合理选用接地故障保护电器,使保护系统与接地系统相配合。

参考文献

- [1] 于健.水泥厂球磨机电气及自动化设计缺陷及优化方式深入探讨[J].科技资讯,2025,23(19):88-90.
- [2] 蒋叶峰.浅析水泥厂煤磨车间电气防爆设计[J].中国水泥,2025,(01):55-57.
- [3] 姚昊.水泥厂电气节能设计与分析[J].水泥,2024,(09):54-56.
- [4] 孙霖.水泥厂袋收尘电气控制系统优化经验[J].水泥工程,2023,(01):66-67.