

# 工厂供电中的系统接地故障与保护策略

刘志伟

山西中煤平朔能源化工有限公司 山西 朔州 036002

**摘要:** 本文聚焦工厂供电系统的接地故障, 阐述其概念、特征、类型、成因、危害及防护策略, 旨在为系统安全运行提供理论依据与实用指导。接地故障指带电导体与大地间的非正常导通, 常见于单相及两相接地。其发生具有随机性和隐蔽性, 易破坏系统稳定, 引发电压波动、设备跳闸甚至供电中断。从成因看, 单相接地多由绝缘老化、受潮或外力损伤引起; 两相接地常伴随短路, 危害更剧。此外, 故障电流会在接地体周围产生跨步电压与接触电压, 直接威胁人员安全。在危害方面, 接地故障加速设备绝缘劣化、烧毁元器件, 可能导致保护误动或拒动, 扩大停电范围, 甚至引发火灾与触电事故。为有效防护, 应科学配置接地保护装置, 遵循选择性、灵敏性与速动性原则。单相接地可采用零序电流保护或小电流接地选线; 两相接地需配合过电流保护或距离保护。同时, 通过优化接地网、均衡电位及等电位联结, 控制跨步与接触电压风险。保护装置需定期校验、维护与升级, 结合工厂实际运行环境优化策略, 确保长期可靠工作。本文系统梳理上述要点, 为工厂供电系统接地故障防护提供参考。

**关键词:** 工厂供电; 接地故障; 保护策略; 故障类型; 保护装置

引言: 工厂供电系统作为工厂生产的核心支撑, 其安全稳定长周期运行至关重要。然而, 接地故障作为影响供电系统安全的关键问题, 时刻威胁着工厂的正常生产。接地故障不仅会损坏电气设备、导致供电中断, 还可能引发严重的安全隐患, 给工厂带来巨大的经济损失和人员伤亡风险。不同类型的接地故障有着各自的形成原因和特点, 针对这些故障需要采取科学有效的保护策略。深入探讨工厂供电系统接地故障的相关问题, 包括故障类型、危害以及保护策略等, 对于提高工厂供电系统的可靠性、保障工厂生产的安全有序进行具有重要的现实意义。

## 1 工厂供电系统接地故障概述

工厂供电系统接地故障是影响供电安全与稳定的关键问题。它具体指在工厂供电系统里, 带电导体与大地之间, 或是带电导体与已接地的设备外壳之间, 出现了不符合正常电气连接规范的情况, 进而使故障电流经接地路径形成闭合回路的一种电气故障。当接地故障发生时, 会严重破坏供电系统原本稳定的运行状态。一方面, 会导致系统电压出现偏移, 原本平衡的电压分布被打破, 使得部分设备所承受的电压超出或低于其正常工作范围, 影响设备的正常运行, 甚至可能损坏设备<sup>[1]</sup>。另一方面, 会造成电流异常, 故障电流可能远超正常工作电流, 这不仅会增加线路的损耗, 还可能使线路发热, 加速绝缘材料的老化, 降低线路的使用寿命。若接地故障未能得到及时处理, 持续发展下去, 故障范围会进一步扩大, 可能引发更严重的电气事故, 如电气火灾、设

备爆炸等, 给工厂带来巨大的经济损失和人员伤亡风险。接地故障的发生具有随机性和隐蔽性。其随机性体现在故障可能出现在供电系统的任何位置、任何时间, 难以提前准确预测。隐蔽性则是指部分接地故障在初期可能没有明显的外在表现, 不易被及时发现。而且, 接地故障的形成与供电系统的接线方式是否合理、设备质量是否达标、运行环境是否恶劣等多种因素密切相关。

## 2 工厂供电系统接地故障的类型及形成原因

### 2.1 单相接地故障

在工厂供电系统里, 单相接地故障是极为常见的一类接地故障, 它特指在三相供电系统中, 其中某一相的相线与大地或者接地体之间出现了非正常的导通情况。

这种故障的形成原因较为多样。线路方面, 随着使用时间的增长, 线路绝缘层会逐渐老化、破损, 进而使相线裸露, 一旦与接地体接触, 就会引发单相接地故障。设备内部也存在隐患, 像变压器、电机等设备, 其绕组绝缘可能因各种原因击穿, 导致相线与已接地的设备外壳导通。接线环节若出现问题, 例如相线与接地线误接, 或者接线端子松动造成接触不良, 都可能形成间歇性接地。此外, 环境因素也不容忽视, 潮湿的空气、弥漫的粉尘以及腐蚀性气体等, 会不断侵蚀线路和设备, 降低它们的绝缘性能, 最终引发接地故障。单相接地故障发生后, 故障相电压会降低, 非故障相电压则会升高, 若不及时处理, 极有可能进一步发展为相间短路故障<sup>[2]</sup>。

### 2.2 两相接地故障

在工厂三相供电系统里，两相接地故障是一种严重程度较高的接地故障类型，它指的是三相供电系统中，有两相相线同时与大地或者接地体出现了非正常的导通状况。这种故障的形成原因主要有以下几种。当单相接地故障出现后，若没有及时采取有效的处理措施，故障的影响范围会逐渐扩大，使得另一相相线也发生接地，进而形成两相接地故障。线路和设备在长期运行过程中，可能存在多处绝缘破损的情况，当这些破损点同时发挥作用时，就会导致两相相线同时接触到接地体，引发故障。在线路短路故障的发展进程中，由于短路时电流急剧增大、电弧产生等因素，也可能伴随出现两相接地故障。两相接地故障一旦发生，会产生较大的故障电流，强大的电流冲击容易损坏供电设备，严重时甚至会导致整个供电系统瘫痪，影响工厂的正常生产运营。

### 2.3 跨步电压与接触电压故障

在工厂供电系统里，跨步电压与接触电压故障属于接地故障所引发的衍生故障类型，主要出现在接地体周边区域。当供电系统出现接地故障时，故障电流会经由接地体向大地进行扩散。在此过程中，会在接地体周围形成电位梯度。当人体在接地体附近行走时，由于两脚所处的位置存在电位差，这个电位差就是跨步电压。一旦跨步电压超出安全限值，电流就会通过人体，导致人员触电，对生命安全造成威胁。而当人体接触到发生接地故障的设备外壳时，设备外壳与大地之间也会存在电位差，此即为接触电压。若接触电压过高，同样会引发人员触电事故。此类故障的形成和接地体的布置方式、接地电阻的大小以及故障电流的强度紧密相关。若接地电阻过大，或者接地体布置不合理，会使得接地体周围的电位梯度增大，进而显著增加跨步电压与接触电压故障的发生风险。

## 3 工厂供电系统接地故障的危害

### 3.1 损坏电气设备

在工厂供电系统运行过程中，接地故障一旦发生，会引发一系列严重危害，其中对电气设备的损坏尤为显著。当接地故障出现时，系统中会产生异常的故障电流和过电压。以单相接地故障为例，故障发生后，故障相电压降低，非故障相电压则会升高。这种升高的电压超出了变压器、电容器等设备绝缘层的耐受范围，极易击穿绝缘层。一旦绝缘层被击穿，设备内部的电气元件就会暴露在异常电压下，导致设备性能下降，使用寿命大幅缩短，严重时甚至会使设备直接损坏，无法正常运行。而两相接地故障更为严重，其产生的大电流具有强大的破坏力。过大的电流会使线路发热，加速绝缘材料

的老化，甚至引发线路起火。同时，大电流还会烧毁开关设备、电机等关键电气设备，造成设备报废。这不仅会影响工厂的正常生产，还会增加设备维护和更换的成本，给工厂带来较大的经济损失<sup>[1]</sup>。

### 3.2 导致供电中断

在工厂供电系统里，接地故障犹如一颗“定时炸弹”，会严重破坏系统原本稳定的运行平衡。一旦发生接地故障，故障电流会迅速增大，当其数值达到保护装置预先设定的动作阈值时，保护装置便会立即启动跳闸机制，果断切断故障线路的供电。这种供电中断的影响范围取决于故障发生的位置和严重程度，可能致使工厂部分区域陷入停电状态，严重时甚至会导致整个工厂全部区域供电中断。对于工厂而言，生产设备的正常运行高度依赖稳定的电力供应。供电中断会直接打断生产流程，使生产设备停止运转，造成生产停滞。特别是对于那些实行连续性生产的工厂，如化工、钢铁等行业，生产过程中的各个环节紧密相连，一旦供电中断，不仅会导致当前生产的产品报废，还可能引发一系列连锁反应，造成设备损坏、原材料浪费等，进而给工厂带来极其严重的经济损失。

### 3.3 引发安全隐患

在工厂供电系统中，接地故障堪称电气安全的重大威胁，是引发电气安全事故的关键因素之一。当接地故障出现，故障电流经接地体向大地扩散，会在接地体周围形成电位梯度。此时，现场作业人员若在附近行走，两脚间会产生跨步电压；若接触发生接地故障的设备外壳，则会面临接触电压。一旦跨步电压或接触电压超过安全限值，电流将通过人体，严重威胁作业人员的生命安全。接地故障还可能产生电弧。电弧具有极高的温度，周围若存在易燃易爆物品，极易被引燃，进而引发火灾甚至爆炸事故，给工厂带来毁灭性的灾难。（3）若设备未采取有效的接地保护，接地故障会导致设备外壳带电。这种情况下，人员接触设备外壳就会触电，而且故障范围可能进一步扩大，使更多人员暴露在触电危险之中，极大地增加了触电事故发生的概率和危害程度。

## 4 工厂供电系统接地故障的保护策略

### 4.1 接地保护装置的配置原则

在工厂供电系统中，科学合理地配置接地保护装置是保障系统安全稳定运行的关键环节。其配置需严格遵循“快速检测、及时切断、可靠保护”的核心原则。在实际操作中，要充分考虑供电系统的接线方式，不同的接线方式对接地故障的特征和影响不同，保护装置的配置需与之相适应。运行负荷也是重要考量因素，负荷的

大小和特性会影响故障电流的大小和分布,进而决定保护装置的参数设置。同时,针对不同的故障类型,如单相接地故障、两相接地故障等,保护装置应具备相应的检测和切断能力。保护装置必须具备高灵敏度,能够在接地故障刚刚发生、尚未造成严重后果时,就迅速检测到故障信号。同时要有高可靠性,确保在需要动作时准确无误地切断故障线路,防止故障进一步扩大。此外,保护装置要与供电系统的运行方式紧密适配,避免因不匹配而出现误动作,导致不必要的停电,或出现拒动作,使故障得不到及时处理,切实保障保护策略的有效实施<sup>[4]</sup>。

#### 4.2 针对不同接地故障的保护方式

针对单相接地故障,可采用零序电流保护方式。零序电流保护通过检测供电系统中的零序电流,判断是否发生单相接地故障,当零序电流超过设定阈值时,保护装置启动跳闸,切断故障线路。对于中性点不接地系统,可采用绝缘监视装置,通过检测系统对地绝缘电阻的变化,发出接地故障报警信号,提醒工作人员及时排查故障;对于中性点经消弧线圈接地系统,可结合消弧线圈的补偿作用,降低故障电流,同时配置零序电流保护装置,实现故障的快速切除。针对两相接地故障,由于其故障电流较大,可采用相间短路保护与接地保护配合的方式。利用电流速断保护、过电流保护检测相间短路电流,同时结合零序电流保护检测接地故障电流,当检测到两相接地故障时,保护装置快速动作,切断故障线路,避免故障扩大。针对跨步电压与接触电压故障,核心是降低接地电阻、合理布置接地体。通过优化接地网设计,采用多根接地体并联布置,减小接地电阻,降低接地故障时接地体周围的电位梯度;同时,在接地体附近设置警示标识,限制人员进入危险区域,避免跨步电压触电;对于电气设备,确保设备外壳可靠接地,降低接触电压,防止人员接触设备时发生触电事故。

#### 4.3 保护装置的维护与优化

在工厂供电系统里,接地保护装置的可靠运行是达成接地故障有效保护的核心要素,必须高度重视其维护与优化工作。日常维护方面,要建立定期检查机制。仔

细查看保护装置的接线情况,保证接线牢固可靠,防止因接触不良引发故障;认真核对参数设置,确保其合理准确,以适应供电系统的实际需求。同时,及时清理装置表面的灰尘、杂物等,避免这些因素影响装置的散热和电气性能,保障装置在良好的环境中运行。定期校验工作也不容忽视。通过专业的校验设备和流程,确保保护装置的灵敏度、动作时间等关键参数符合设计要求。一旦发现参数偏差,要及时调整,防止装置出现误动作,造成不必要的停电,或出现拒动作,使故障得不到及时处理。还需结合供电系统的实际运行状态,动态优化保护策略。根据负荷的变化、设备的更新等情况,精准调整保护装置的参数,提升保护策略与供电系统的适配性,从而增强其有效性,为工厂供电系统的安全稳定运行提供坚实保障。

#### 结束语

工厂供电系统接地故障的防范与处理是一项长期且艰巨的任务。通过全面了解接地故障的类型、形成原因及危害,我们能够更加有针对性地制定保护策略。科学合理地配置接地保护装置,依据不同故障特点采取有效的保护方式,并加强保护装置的日常维护与定期校验,结合系统运行状态动态优化保护策略,这些措施环环相扣、缺一不可。只有将这些工作落到实处,才能切实提高工厂供电系统应对接地故障的能力,保障供电系统的安全稳定运行,为工厂的持续生产和发展提供坚实的电力保障,避免因接地故障引发的各类损失,促进工厂实现高效、安全的生产目标。

#### 参考文献

- [1]蔡恒,蔡佳焯.电厂直流系统接地故障对继电保护的影响及防护研究[J].中国设备工程,2025,(21):208-210.
- [2]申晓波.工厂供电系统中的故障检测与自动恢复机制研究[J].产业科技创新,2023(12):15-16.
- [3]杨妍晔.工厂供电系统存在问题及改进措施的探讨[J].中国设备工程,2021(09):17-18.
- [4]申晓波.工厂供电系统中的故障检测与自动恢复机制研究[J].产业科技创新,2023,5(06):57-59.