

# 发电厂电力系统接地故障的常见故障及处理

高 齐 胡晓洋

临沂市阳光热力有限公司 山东 临沂 273400

**摘要：**随着电力需求攀升，发电厂电力系统接地故障频发。本文聚焦发电厂电力系统接地故障，详细阐述了常见故障类型及其形成机理，涵盖电阻性单点接地、多点经高阻接地、多分支接地、非线性以及直流系统接地故障等。同时，介绍了多种接地故障诊断方法，包括拉路法、便携式仪器定位法、母线电桥法、信号注入法和选线监测法。此外，针对接地故障提出一系列处理措施，如加强设备维护与管理、优化接地设计、采用先进监测技术以及完善管理制度等，旨在为发电厂电力系统安全稳定运行提供参考与指导。

**关键词：**发电厂；电力系统；接地故障；诊断方法；处理措施

引言：发电厂作为电力能源的核心生产源头，其电力系统稳定运行至关重要。接地故障是发电厂电力系统中较为常见且影响较大的故障类型，一旦发生，可能引发设备损坏、停电事故，甚至危及人员安全，给发电厂带来巨大损失。随着发电厂规模不断扩大、设备日益复杂，接地故障的表现形式和成因也愈发多样化，准确诊断与有效处理接地故障成为保障发电厂安全运行的关键环节。本文深入探讨发电厂电力系统接地故障的常见类型、诊断方法及处理措施，以提升应对接地故障的能力，确保发电厂电力系统的可靠运行。

## 1 发电厂电力系统接地故障的常见类型及形成机理

### 1.1 电阻性单点接地故障

电阻性单点接地故障在发电厂电力系统中较为常见。其形成机理主要是系统中某一处的绝缘材料因长期运行老化、受潮、机械损伤等因素，导致绝缘性能下降，使得导体与大地之间通过一定的电阻形成连接。这种故障发生时，故障电流相对较小，不会立即引发系统的保护装置动作，但会逐渐对设备造成损害，影响系统的正常运行。例如，电缆的绝缘层破损，与周围土壤等介质接触，就会形成电阻性单点接地，若不及时处理，故障可能进一步发展，引发更严重的短路故障，威胁整个电力系统的安全稳定。

### 1.2 多点经高阻接地故障

多点经高阻接地故障是指发电厂电力系统中两个或两个以上的点，通过高阻值元件与大地相连。形成这种故障的原因通常是在不同的绝缘薄弱部位，因长期受环境因素影响，如高温、高湿度、化学腐蚀等，绝缘性能逐渐劣化，使得多个点与大地之间形成高阻抗通路。由于高阻的存在，故障电流较小，传统的过流保护装置难以检测到，容易造成故障的隐蔽性。而且多个故障点相

互影响，会使系统的接地电流分布复杂，增加故障排查和处理的难度，影响系统的可靠性和稳定性。

### 1.3 多分支接地故障

多分支接地故障常见于发电厂复杂的电力网络中。其形成机理是在电力系统的某个节点处，有多条分支线路与大地形成连接。这可能是由于线路设计不合理，在安装过程中接地引下线连接不规范，或者后期运行中因外力破坏、自然灾害等原因，导致多条分支线路同时与大地导通。多分支接地故障会使接地电流分散到各个分支中，使得故障电流的特征不明显，给故障定位带来困难。同时，不同分支的接地情况相互影响，可能导致系统电压不稳定，影响设备的正常运行，甚至引发更严重的电气事故<sup>[1]</sup>。

### 1.4 非线性故障

非线性故障在发电厂电力系统中是一种较为特殊的接地故障类型。其形成主要与系统中存在的非线性元件有关，如电力电子设备、铁磁元件等。这些元件在运行过程中，其伏安特性呈现非线性关系，当系统发生接地时，会产生谐波电流。非线性故障的电流波形会发生畸变，不再是正弦波，含有丰富的谐波成分。这些谐波电流会在系统中传播，干扰其他设备的正常运行，导致设备误动作、发热增加等问题。而且非线性故障的故障特征不明显，传统的故障检测方法难以准确识别，增加了故障诊断和处理的难度。

### 1.5 直流系统接地故障

直流系统在发电厂中为控制、保护、信号等重要设备提供电源，直流系统接地故障会严重影响这些设备的正常运行。其形成机理主要有两方面，一是直流系统中的设备绝缘损坏，如电缆绝缘老化、蓄电池外壳破裂等，导致直流正极或负极与大地之间形成导电通路；二

是外界因素,如潮湿环境、小动物啃咬等,使直流系统的带电部分与大地接触。直流系统接地分为正接地和负接地,正接地可能导致保护装置误动作,负接地则可能使保护装置拒动,都会给发电厂的安全运行带来严重威胁,因此需要及时准确地检测和处理直流系统接地故障。

## 2 发电厂电力系统接地故障的诊断方法

### 2.1 拉路法

拉路法是发电厂电力系统接地故障诊断中一种传统且常用的方法。其基本原理是基于直流系统或交流系统,在发生接地故障时,通过依次断开各条支路的电源,观察系统接地信号的变化情况,以此来判断故障所在支路。在直流系统中,当怀疑某一条支路存在接地故障时,按照一定的顺序逐个拉开该支路的直流熔断器或空气开关。若在拉开某一支路时,系统的接地信号消失,同时绝缘监测装置显示的接地电阻值恢复正常,那么就可以初步判定该支路存在接地故障。在交流系统中,拉路法同样适用。不过由于交流系统的复杂性,操作时需要更加谨慎。在拉开支路前,要考虑对系统运行的影响,避免因拉路操作导致重要设备停电或系统不稳定。拉路法操作相对简单,不需要复杂的仪器设备,但对于一些隐蔽性较强的故障,可能需要多次拉路尝试才能准确判断故障位置,且在拉路过程中可能会对系统的正常运行产生一定干扰。

### 2.2 便携式仪器定位法

便携式仪器定位法是借助专门的便携式检测设备,对发电厂电力系统接地故障进行精准定位的有效手段。这类仪器通常具备高灵敏度和高精度,能快速捕捉故障特征信号。其工作原理基于不同的物理特性,如电磁感应、信号注入与接收等。以电磁感应原理的仪器为例,它通过向系统中注入特定频率的信号,当信号遇到接地故障点时,会产生电磁场的变化,仪器接收并分析这些变化,依据信号强度、相位等参数,确定故障点的大致位置。便携式仪器定位法优势明显,它不受系统运行方式的限制,可在不停电状态下进行检测,减少了对发电厂正常生产的影响。而且操作相对简便,检测人员经过简单培训即可上手。不过,该方法也存在一定局限性,对于一些复杂的系统结构或多故障并存的情况,定位精度可能会受到影响,需要结合其他诊断方法综合判断,以提高故障定位的准确性和可靠性<sup>[2]</sup>。

### 2.3 母线电桥法

母线电桥法是发电厂电力系统接地故障诊断中针对直流系统接地故障的一种实用方法。其核心原理是构建一个电桥电路,利用电桥平衡的原理来确定接地故障的

位置。在直流系统中,将电阻接入母线形成电桥结构。当系统发生接地故障时,调节电桥中的可变电阻,使电桥达到平衡状态。此时,根据电桥平衡时各电阻之间的关系以及已知的电阻参数,能够计算出接地故障点与测量点之间的距离。母线电桥法的优点在于操作相对简便,对于单端供电的直流系统,能较为快速地定位接地故障。而且它不需要复杂的设备,成本较低。然而,该方法也存在一些局限性。它主要适用于单端供电且结构相对简单的直流系统,对于双端供电或者结构复杂的系统,电桥平衡条件难以满足,定位效果不佳。此外,在测量过程中,外界环境的干扰,如电磁干扰等,可能会影响电桥的平衡状态,进而影响故障定位的准确性,需要检测人员具备一定的经验来排除干扰因素。

### 2.4 信号注入法

信号注入法是发电厂电力系统接地故障诊断中较为常用且有效的方法之一。其基本原理是向待检测的电力系统中注入特定频率和特性的信号,通过检测该信号在系统中的传播、反射及分布情况,来确定接地故障的位置和性质。在实际操作中,利用信号注入装置将信号注入系统,信号会沿着线路传播,当遇到接地故障点时,部分信号会被反射回来。通过专业的检测设备,如信号接收器等,捕捉反射信号,并分析其与注入信号的时间差、幅度变化等参数。根据这些参数,结合线路的已知参数,如长度、波阻抗等,就能精确计算出故障点与注入点的距离。信号注入法具有诸多优势,它不受系统运行状态的影响,可在不停电的情况下进行检测,保障了发电厂的正常生产。而且对于不同类型的接地故障,如高阻接地等,都有较好的检测效果。不过,该方法对检测设备的精度要求较高,且在复杂的多分支系统中,信号的传播和反射情况更为复杂,需要专业的技术人员进行分析和判断。

### 2.5 选线监测法

选线监测法是发电厂电力系统接地故障诊断中针对小电流接地系统的一种有效手段。小电流接地系统在发生单相接地故障时,故障电流微弱,传统方法难以准确选线,而选线监测法可有效解决这一问题。其原理是基于故障时系统中各线路的电气特征差异进行选线。当系统发生单相接地故障,故障线路的零序电流、零序电压等电气量与非故障线路存在明显不同。选线监测装置会实时采集各线路的零序电流、电压等参数,并通过特定的算法,如基于稳态分量的选线算法、基于暂态分量的选线算法等,对这些参数进行分析处理。选线监测法优势显著,它能快速、准确地选出故障线路,减少故障排

查时间,提高系统的供电可靠性。而且装置可实现自动化监测,无需人工逐条线路排查。不过,该方法也存在一定不足,在系统结构复杂、存在干扰因素或故障特征不明显时,选线准确性可能会受到影响,需要不断优化<sup>[3]</sup>。

### 3 发电厂电力系统接地故障的处理措施

#### 3.1 加强设备维护与管理

发电厂电力设备长期运行,其绝缘性能会逐渐下降,增加接地故障发生风险。加强设备维护与管理是预防接地故障的关键。一方面,要制定详细的设备巡检计划,定期对电力设备进行全面检查,重点关注设备的绝缘部分,如电缆接头、绝缘子等,查看是否有破损、老化、受潮等情况,一旦发现问题及时处理。另一方面,做好设备的预防性试验,按照规定周期对设备进行绝缘电阻测试、耐压试验等,提前发现设备潜在的绝缘缺陷。同时,建立设备维护档案,记录设备的运行状况、维护时间、更换部件等信息,为设备的维护和管理提供依据。

#### 3.2 优化接地设计

合理的接地设计是保障发电厂电力系统安全稳定运行的基础。在设计阶段,要根据发电厂的实际情况,如土壤电阻率、设备分布等,科学规划接地网的结构和布局。采用复合接地网形式,增加接地极的数量和长度,降低接地电阻,提高接地系统的可靠性。对于重要设备,应设置独立的接地装置,避免不同设备之间的接地相互影响。同时,要考虑接地系统的防腐措施,选用耐腐蚀的接地材料,如镀锌钢材、铜材等,并在接地极表面进行防腐处理,延长接地系统的使用寿命。

#### 3.3 采用先进的监测技术

随着科技的发展,先进的监测技术为发电厂电力系统接地故障的及时发现和处理提供了有力支持。引入在线监测系统,实时监测电力系统的绝缘状况和接地电流等参数。通过安装在设备上的传感器,将数据传输至监控中心,利用数据分析软件对数据进行实时分析,一旦发现异常及时发出警报。采用智能诊断技术,利用人工智能算法对故障特征进行识别和分析,提高故障诊断的准确性和速度。例如,通过建立故障特征数据库,将实

时采集的数据与数据库中的数据进行比对,快速判断故障类型和位置。

#### 3.4 完善管理制度

完善的管理制度是发电厂电力系统接地故障处理工作有序开展的重要保障。建立健全接地故障应急预案,明确在发生接地故障时的应急处理流程和各部门的职责分工,确保在故障发生时能够迅速、有效地进行处置,减少故障对发电厂生产的影响。加强对运维人员的培训,提高其业务水平和应急处理能力,使其熟悉接地故障的诊断方法和处理措施,能够熟练操作相关的监测设备和工具。建立故障统计和分析制度,对每次接地故障的发生原因、处理过程和结果进行详细记录和分析,总结经验教训,不断改进故障处理方法和预防措施<sup>[4]</sup>。

#### 结束语

发电厂电力系统接地故障犹如隐藏在电力运行中的“暗礁”,常见类型多样,从电阻性单点接地到复杂的非线性故障等,每种故障都可能给发电厂带来严重后果,影响电力供应的稳定性与安全性。针对这些故障,我们通过加强设备维护管理、优化接地设计、采用先进监测技术以及完善管理制度等措施,构建起多道防线。未来,随着科技持续进步,我们需不断探索创新,提升故障诊断与处理能力。唯有如此,才能确保发电厂电力系统在面对接地故障时,能迅速恢复稳定运行,为社会提供源源不断的可靠电力。

#### 参考文献

- [1]刘秋生.发电厂电力系统接地故障的判断与措施研究[J].水电水利,2021,4(11):159-160.
- [2]陈蕾,咸日常,郑春旭,等.系统单相接地故障下接地变压器的运行特性分析[J].电力系统保护与控制,2021,49(12):56-64.
- [3]魏鑫,舒乃秋.基于Hausdorff距离的配电网单相接地故障选线方法[J].电力系统及其自动化学报,2020,32(5):133-142.
- [4]刘健,张志华,李云阁,等.基于故障相接地的配电网单相接地故障自动处理[J].电力系统自动化,2020,44(12):169-177.