

探讨变电站直流系统接地对继电保护的影响作用

张硕

国网河北超高压公司

摘要: 变电站直流系统接地故障对继电保护的影响已成为电力系统安全稳定运行的关键因素。本文首先概述了继电保护系统的基本概念和作用,然后分析了直流系统接地对继电保护的影响进行了详细分析,针对直流系统接地故障,提出了一系列应对的安全措施。包括提高电缆质量、加强设备维护、优化绝缘监测装置、建立健全故障应急预案以及提高继电保护装置的抗干扰能力等。通过对直流系统接地故障的深入研究,有助于提高继电保护的可靠性,确保电力系统的安全稳定运行。

关键词: 变电站直流系统; 接地故障; 继电保护; 安全稳定运行

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2022.11.235

引言

随着电力系统的不断发展和扩大,变电站直流系统在电力传输中起到了重要的作用。然而,直流系统接地故障会对继电保护系统产生一定的影响,可能导致保护系统的失效或误动作。因此,深入研究直流系统接地对继电保护的影响作用,对于确保电力系统的可靠运行具有重要意义。

一、继电保护系统概述

(一) 继电保护基本原理

继电保护系统是电力系统中最重要、最安全自动装置,其主要任务是在发生故障时及时切除故障部分,保护电力系统其他部分正常运行。继电保护系统根据故障类型、故障位置以及系统特性等因素,通过判断电流、电压、功率等物理量的变化来实现故障检测和动作。

(二) 直流系统接地故障类型及影响

直流系统接地故障可分为直流正极接地故障、直流负极接地故障和直流双极接地故障。不同类型的接地故障对继电保护的影响各异。例如,直流正极接地故障可能导致保护装置误动,而直流负极接地故障可能引发系统过电压,进而影响继电保护的可靠性。

二、直流系统接地对继电保护影响分析

(一) 点接地影响

点接地是指直流系统中某一点与地之间的电气连接,通常由于设备绝缘破损或故障引起。点接地将导致直流系统中的电流通过接地路径流回变电站,形成电路的闭环。这种闭环会对继电保护系统产生影响,可能导致保护系统的误动作或失效。主要表现在以下几个方面:一是,点接地会引起绝缘电阻值的下降,从而使得控制电路中的电流增大,导致继电保护装置误动作或失效。二是,点接地还会导致保护设备和保护电缆等元件的电压升高,可能引起元件的过电压损坏或烧毁,影响保护系统的正常运行。三是,由于点接地电流的存

在,还会使得被保护设备的电流变大,可能导致保护系统的失效。

(二) 正接地影响

正接地是指直流系统正极与地之间的电气连接。正接地对继电保护的影响主要表现在以下几个方面:一是,影响继电保护的動作特性。正接地会导致系统中电流分布不均,使得保护装置检测到的电流发生变化,可能导致保护动作时间延长或误动作。二是,增加系统故障风险。正接地可能导致系统出现过电压、过电流等现象,对设备的运行造成影响,甚至引发设备损坏、系统崩溃等严重后果。三是,影响通信系统的稳定性。正接地产生的电磁干扰可能对通信系统产生影响,导致通信信号衰减、失真等问题。

(三) 双极接地影响

双极接地是指直流系统正负极同时与地之间的电气连接。双极接地对继电保护的影响主要表现在以下几个方面:一是,影响继电保护的准确性。双极接地会导致系统中的电流、电压等物理量发生变化,可能使继电保护装置发生误动或漏动,进而影响保护的准确性。二是,增加系统故障风险。双极接地可能导致系统出现过电压、过电流等现象,对设备的运行造成影响,甚至引发设备损坏、系统崩溃等严重后果。三是,干扰通信系统。双极接地产生的电磁干扰可能对通信系统产生影响,导致通信信号衰减、失真等问题。四是,影响人身安全。双极接地可能导致触电事故,对人身安全构成威胁。

(四) 对地电压影响

对地电压影响是直流系统接地故障的另一个重要方面。当直流系统中发生接地故障时,对地电压会发生变化,这种变化可能对继电保护产生影响。主要表现在以下几个方面:一是,影响继电保护的動作特性。接地故障会导致系统中的电流分布不均,从而使得保护装置检测到的电流发生变化,可能导致保护动作时间延长或

误动作。二是，增加系统故障风险。接地故障可能导致系统出现过电压、过电流等现象，对设备的运行造成影响，甚至引发设备损坏、系统崩溃等严重后果。三是，影响通信系统的稳定性。接地故障产生的电磁干扰可能对通信系统产生影响，导致通信信号衰减、失真等问题。四是，影响人身安全。接地故障可能导致触电事故，对人身安全构成威胁。

（五）对地电容影响

对地电容影响是直流系统接地故障的另一个重要方面。直流系统中，设备、电缆等元器件都存在对地电容，当系统发生接地故障时，对地电容会对电流、电压等物理量产生影响，进而可能对继电保护产生影响。以下分析了对地电容影响的几方面：一是，影响继电保护的動作特性。接地故障会导致系统中的电流分布不均，从而使得保护装置检测到的电流发生变化，可能导致保护动作时间延长或误动作。此外，对地电容的存在还可能影响保护装置的灵敏度，降低故障检测能力。二是，增加系统故障风险。接地故障可能导致系统出现过电压、过电流等现象，对设备的运行造成影响，甚至引发设备损坏、系统崩溃等严重后果。对地电容的影响可能使得这些现象更加严重，加剧系统故障风险。三是，影响通信系统的稳定性。接地故障产生的电磁干扰可能对通信系统产生影响，导致通信信号衰减、失真等问题。对地电容的影响可能使得电磁干扰强度增大，进一步影响通信系统的稳定性。四是，影响人身安全。接地故障可能导致触电事故，对人身安全构成威胁。对地电容的影响可能使得触电风险增加，加大人身安全风险。

三、应对直流系统接地故障的安全措施

（一）提高电缆质量

电缆作为直流系统中重要的输电线路，其质量直接关系到系统的安全运行和故障率。以下是几个方面可以采取的措施来提高电缆质量：一是选用优质材料：选择合适的电缆材料，如高品质的绝缘材料和导体材料，以确保电缆的绝缘性能和导电性能。优质材料具有较高的耐热、耐磨损和耐老化能力，能够更好地抵御外界环境的影响。二是严格执行标准：在电缆的生产、安装和维护过程中，严格执行相关的标准和规范，如国家标准、行业标准等，确保电缆的生产和使用符合规范要求。这包括电缆的制造工艺、材料选择、质量检测等方面。三是加强质量监控：建立完善的电缆质量监控体系，包括原材料的入厂检验、生产过程的质量控制和成品的出厂检验等。通过对电缆质量的监控，及时发现潜在问题，并采取相应的纠正措施。四是定期检测和维护：对于已安装的电缆线路，定期进行检测和维护工作。包括检查电缆的绝缘状态、连接头的紧固情况、保护层的完整性

等。

（二）加强设备维护

通过加强设备维护，可以及时发现和处理潜在的接地故障风险，确保系统的安全稳定运行。以下是几个方面可以采取的措施来加强设备维护：一是定期检查和测试：制定详细的设备维护计划，包括对关键设备如变流器、电缆、绝缘子等进行定期的检查和测试。通过测量绝缘电阻、局部放电检测、高压试验等手段，及时了解设备的运行状态，发现潜在故障隐患。二是，清洁和防护：定期对设备进行清洁和防护工作，保持设备表面的干净和干燥，防止灰尘和潮气等外界因素对设备绝缘性能造成影响。三是，维护记录和分析：建立设备维护记录，对每次维护的情况进行详细记录，并定期进行统计分析。通过维护记录和分析，可以及时发现设备的异常运行情况，预防可能导致接地故障的问题。四是，培训和管理：加强设备操作和维护人员的培训，提高其对设备运行状态的监测和判断能力。同时加强对设备维护工作的管理，确保维护工作按照规程和要求进行。

（三）优化绝缘监测装置

通过采用先进的绝缘监测装置，可以实时监测系统的绝缘状况，及早发现潜在的接地故障风险，提高系统的安全性和可靠性。以下是几个方面可以采取的措施来优化绝缘监测装置：一是安装在线绝缘监测装置：在线绝缘监测装置可以实时监测系统的绝缘电阻值、局部放电情况等指标，通过数据传输和处理，及时发现绝缘异常和潜在的接地故障隐患。可以选择高精度、高灵敏度的在线绝缘监测装置，并合理布置在系统关键部位。二是使用红外热像仪进行检测：红外热像仪可以检测设备表面的温度分布情况，通过观察热图，可以判断设备是否存在局部过热现象，从而发现可能导致接地故障的热点问题。定期使用红外热像仪对关键设备进行检测，有助于发现潜在的故障隐患。三是配备绝缘故障指示器：绝缘故障指示器可以安装在设备上，用于指示绝缘状态是否正常。当发生绝缘故障时，指示器会发出警报或显示异常信号，提醒操作人员及时采取措施。合理选择和配置绝缘故障指示器，可以提高对绝缘状况的监测和判断能力。四是建立绝缘监测系统：建立绝缘监测系统，将各种绝缘监测装置和设备连接起来，形成一个完整的监测网络。通过数据采集、传输和分析，可以实现对系统绝缘状况的全面监测和评估，并提供及时的报警和处理建议。

（四）建立健全故障应急预案

在直流系统运行过程中，如果发生接地故障，及时有效地应对和处理是保障系统安全的重要环节。以下是几个方面可以采取的措施来建立健全故障应急预案：一

是确定责任和指挥体系：建立一个明确的责任和指挥体系，明确各级管理人员和操作人员故障应急响应中的责任和权限。确定应急指挥部门和负责人，并明确各成员的职责和任务。二是制定详细的故障应急程序：制定详细的故障应急程序，包括故障报告、应急响应、处置措施等各个环节。明确各个步骤的操作流程、时间要求和协作要求，确保应急工作的高效进行。三是配备必要的故障应急设备和工具：根据实际情况，配备必要的故障应急设备和工具，如应急通信设备、维修工具、安全防护装备等。确保在故障应急过程中能够及时获得所需资源，提高应急处理效率。四是进行应急演练和培训：定期组织应急演练和培训，让参与故障应急工作的人员熟悉应急预案和相应的操作流程。通过模拟实际故障场景，提高应急响应能力和处置能力。五是定期评估和优化故障应急预案：定期评估现有的故障应急预案，并根据实际情况进行优化和更新。考虑到系统运行的变化和技术的发展，及时修订和完善应急预案，确保其适应性和有效性。

（五）提高继电保护装置的抗干扰能力

由于直流系统中存在直流电源和变流器等设备，这些设备可能会产生电磁干扰，影响继电保护装置的准确性和可靠性。为提高继电保护装置的抗干扰能力，以下是几个方面可以采取的措施：一是选择高精度、高灵敏度的继电保护装置：在选用继电保护装置时，应优先选择具有高精度和高灵敏度的装置。这些装置可以更准确地检测电气量值，提高继电保护装置的判断能力和抗干扰能力。二是采用数字化继电保护装置：数字化继电保护装置具有良好的抗干扰能力和自适应能力，可以有效地避免电磁干扰对继电保护装置的影响。数字化继电保护装置还可以通过软件升级等方式不断完善功能，提升设备的使用寿命和可靠性。三是采用专用屏蔽措施：在设备设计和安装过程中，可以采用专用的屏蔽措施来降低电磁干扰对继电保护装置的影响。例如，采用防电磁辐射的屏蔽材料、布置设备的位置等方式。

（六）加强接地系统监测和诊断

通过加强接地系统的监测和诊断，可以及时发现接地系统中存在的问题，从而确保接地系统的安全稳定运行。以下是几个方面可以采取的措施：一是增加接地电阻监测：定期对接地电阻进行监测，以评估接地系统的性能。通过测量接地电阻值，可以了解接地系统的接地效果，发现接地电阻异常时，及时采取措施进行处理。二是开展接地系统诊断：针对接地系统中可能出现的问题，如接地线腐蚀、接地网破损等，定期开展诊断工作。通过诊断，找出问题所在，制定相应的整改措施。

三是监测接地电位差：通过监测接地电位差，可以了解接地系统在不同条件下（如不同天气、不同负荷）的运行状态，及时发现潜在的安全隐患。四是采用现代检测技术：利用现代检测技术，如地网电阻测量仪、接地故障检测仪等，对接地系统进行详细检测，确保接地系统的安全稳定运行。五是建立接地系统数据库：收集和整理接地系统的监测数据，建立数据库。通过数据库，可以对接地系统的运行情况进行长期跟踪和分析，为接地系统的优化和管理提供依据。六是加强监测数据的分析与处理：对监测数据进行定期分析，发现数据中的异常趋势，及时采取措施进行处理。同时，通过数据处理，可以为接地系统的运行提供参考依据，提高接地系统的安全性。

结语

综上所述，加强直流系统接地故障防范措施，需要从多个方面进行改进和优化。通过提高设备的维护质量，安装先进的绝缘监测装置，建立健全故障应急预案，以及提高继电保护装置的抗干扰能力等手段，可以有效地降低接地故障的发生概率，确保直流系统的安全稳定运行。

参考文献

- [1] 邢拴龙. 110kV变电站直流系统接地故障查找及预防[J]. 中国科技期刊数据库 工业A, 2021(8): 2.
- [2] 保英萍, 刘瑜, 汪鹏飞. 变电站直流系统常见故障处理技术分析[J]. 电子乐园, 2021(012): 000.
- [3] 陈亮. 变电站直流系统中交流侵入问题分析[J]. 通信电源技术, 2020, 37(1): 2.
- [4] 林琪钊. 变电站直流系统蓄电池的运维方案研究[J]. 电力系统装备, 2019(23): 2.
- [5] 庞超. 电网多端柔直系统直流线路保护方法研究[D]. 西南交通大学, 2021.
- [6] 张志宏. 高压直流输电线路继电保护技术研究[J]. 通信电源技术, 2019, v. 36; No. 190(10): 178-179.
- [7] 李强. 变电站直流系统存在问题研究及其对策[J]. 装饰装修天地, 2019, 000(011): 246.
- [8] 王琦. 某省500kV及以上变电站近四年直流系统接地缺陷概述[J]. IT经理世界, 2021(012): 024.
- [9] 张浩, 张金堂. 浅析变电站直流系统接地故障的查找和处理[J]. 中国电业, 2020(3): 2.
- [10] 杨铁峰, 刘立华, 孙桂军, 等. 电厂/变电站分段组合式直流电源系统设计[J]. 河南科技, 2020(11): 4.