

继电保护技术在电力系统故障处理中的关键作用

刘育廷, 王 鹏

(深能库尔勒发电有限公司, 新疆 库尔勒 841000)

摘 要 继电保护技术在现代电力系统中起着至关重要的作用。它通过实时监测电力系统的运行状态, 能够在故障发生时迅速、准确地检测并切除故障部分, 保证电力系统的安全、可靠运行。本文首先详细阐述了继电保护技术在电力系统故障处理中的关键作用, 包括快速检测故障、准确判断故障类型和位置以及有效限制故障扩大等方面; 其次分析了各种继电保护装置的工作原理及应用, 如电流保护、电压保护、差动保护、距离保护等, 并对其在输电线路保护、变压器保护、发电机保护等方面的应用进行了详细介绍; 最后对继电保护技术的发展趋势进行了展望, 包括智能化、集成化和高可靠性等方面。本文旨在为相关人员提供借鉴。

关键词 继电保护技术; 电力系统; 故障处理

中图分类号: TM77

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)09-0043-03

电力系统是现代社会的基础设施, 其安全、可靠运行对经济发展和社会稳定具有重要意义。继电保护技术作为电力系统故障处理的关键技术, 能够及时、准确地检测出电力系统中的故障, 并迅速采取措施切除故障部分, 保证非故障部分的正常运行。本文将详细分析继电保护技术在电力系统故障处理中的关键作用。

1 继电保护技术在电力系统故障处理中的作用

在电力系统中, 故障处理是确保系统稳定运行、保障供电质量的关键环节^[1]。继电保护技术作为电力系统中的重要组成部分, 在故障处理中发挥着至关重要的作用。其工作流程为: 电力系统→故障检测→继电保护装置→故障判断→保护动作→故障隔离→系统恢复。下面将详细阐述继电保护技术在电力系统故障处理中的作用。

1.1 快速检测故障, 保障系统安全

继电保护装置是电力系统中的“安全卫士”, 它们能够实时监测电力系统的运行状态, 对系统中的各种故障进行快速检测^[2]。一旦检测到故障, 继电保护装置会立即启动保护动作, 通过切断故障部分或采取其他措施, 迅速隔离故障, 防止故障对电力系统的进一步影响。这种快速响应能力, 使得继电保护技术在保障电力系统安全稳定运行方面具有不可替代的作用。具体来说, 继电保护装置通过实时监测电力系统中的电流、电压、功率等参数, 当这些参数超出正常范围时, 即可判断为发生故障。然后, 根据故障的类型和严重

程度, 继电保护装置会采取相应的动作, 如切断故障线路、投入备用电源等, 确保故障得到及时有效的处理。这种快速响应的能力, 能够最大限度地减少故障对电力系统的影响, 保障系统的安全稳定运行。

1.2 准确判断故障类型, 提供可靠数据支持

继电保护装置不仅能够快速检测故障, 还能够根据故障的特征参数, 如电流、电压、功率等, 准确判断故障的类型和位置^[3]。这种准确判断故障类型的的能力, 为故障处理提供了可靠的数据支持。在电力系统中, 不同类型的故障需要采取不同的处理措施。例如, 短路故障需要切断故障线路, 而接地故障则需要采取接地保护措施。继电保护装置能够根据故障的特征参数, 准确判断故障类型, 为故障处理提供准确的指导。同时, 继电保护装置还能够记录故障发生时的各种参数, 为故障分析提供宝贵的数据支持。这些数据对于分析故障原因、制定防范措施等具有重要意义。

1.3 有效限制故障扩大, 降低系统损失

在电力系统中, 故障如果不能得到及时有效的处理, 往往会扩大影响范围, 导致更严重的后果。继电保护技术通过切除故障部分或采取其他措施, 能够有效限制故障的扩大, 降低系统损失^[4]。此外, 继电保护技术还具有自我诊断和自我修复的能力。当继电保护装置本身出现故障时, 它能够进行自我诊断, 并发出报警信号。同时, 一些先进的继电保护装置还具有自我修复的能力, 能够在一定程度上恢复功能, 确保

电力系统的正常运行。

2 继电保护装置及其应用

2.1 继电保护装置的分类

继电保护装置在电力系统中扮演着至关重要的角色，它们通过监测电力系统的各种参数，如电流、电压、频率等，以及设备的运行状态，来确保电力系统的安全稳定运行。根据不同的工作原理和应用范围，继电保护装置可以分为多种类型。

2.1.1 电流保护

电流保护是继电保护系统中最为基础且普遍应用的一种保护类型。其核心原理是通过监测电力系统中电流的变化来识别潜在的故障。在电力系统运行过程中，如发生短路、过载等异常情况，系统中的电流会急剧上升，超出正常工作电流的范畴。

当电流超过设定阈值时，电流保护装置将立即启动保护动作，切断电路，从而避免故障进一步扩大和对系统设备的损害。电流保护装置根据不同的保护需求，可以细分为多种类型，具体类型见表1。

2.1.2 电压保护

电压保护基于电力系统中电压的变化来检测故障或异常运行状态。在正常运行条件下，系统的电压维持在一定的额定范围内。一旦电压偏离此范围，可能是由于负载变化、设备故障或外部干扰等原因，电压保护装置将发挥作用，电压保护类型及目的见表2。

2.1.3 差动保护

差动保护是继电保护系统中用于保护大型电力设备如变压器、发电机等的关键技术。它通过比较设备两端或多个位置的电流互感器（CT）的电流值，来检

测设备内部是否存在故障。差动保护的核心是电流比较原理。在正常运行条件下，流入和流出被保护设备的电流是平衡的，因此差动电流接近于零。然而，一旦设备内部发生故障，如相间短路、接地故障等，流入和流出设备的电流将不再平衡，导致差动电流显著增大。差动保护装置监测这种电流差值，当差动电流超过预设的阈值时，保护装置将触发保护动作，迅速切断故障设备与系统的连接，从而限制故障的影响并保护设备不受进一步损坏。

2.1.4 距离保护

距离保护是针对输电线路设计的一种继电保护方式，它通过测量故障点到保护装置安装位置之间的电气距离来判断和隔离故障点，确保故障点附近的线路得到及时隔离，防止故障扩大对整个输电线路造成更严重的影响。距离保护的核心在于电气距离的测量。它利用故障点与保护装置之间的阻抗变化来实现对故障点的定位。当输电线路发生故障时，如相间短路、单相接地等，故障点的电气阻抗会显著不同于正常运行状态下的线路阻抗。距离保护装置通过测量故障点引起的电压和电流的变化，计算出故障点与保护装置之间的电气距离，并据此判断故障点的位置。一旦确定故障点位置，距离保护装置将根据预设的保护范围和动作逻辑，启动相应的保护动作，如瞬时跳闸或延时跳闸等。这样，只有故障点附近的线路会被隔离，而远离故障点的线路可以继续正常运行。

2.2 继电保护装置的应用

继电保护装置在电力系统中得到广泛的应用，几乎覆盖了电力系统的各个环节^[5]。主要应用领域如下。

表1 电流保护类型及目的

保护类型	电流条件	动作结果	目的
过流保护	电流超过设备额定电流的一定倍数（如1.2倍）	保护装置动作，切断电路	防止设备在过电流的情况下运行，避免设备损坏
速断保护	电流短时间内的剧烈增加，超过速断电流设定值	保护装置迅速动作，实现快速切断电路	快速切断电路，防止设备因电流瞬间过大而受损
零序电流保护	主要用于检测系统中的零序电流，以识别和保护系统免受接地故障的影响	保护装置动作，切断电路	保护系统免受接地故障的影响，确保系统的安全稳定运行

表2 电压保护类型及目的

保护类型	电压条件	动作结果	目的
欠压保护	电压降至设定的欠压阈值以下	保护装置动作，切断电路	防止设备在电压过低的情况下运行，造成设备损坏或性能下降
过压保护	电压升至设定的过压阈值以上	保护装置动作，切断电路	避免设备在电压过高的情况下工作，防止绝缘击穿或其他故障

2.2.1 输电线路保护

在输电线路中, 继电保护装置主要用于监测线路的电流、电压等参数, 以及线路的运行状态。当线路发生短路、接地等故障时, 继电保护装置会迅速动作, 切断故障线路, 防止故障扩大。同时, 它还可以根据故障点的位置, 准确隔离故障段, 确保非故障段继续供电。

2.2.2 变压器保护

变压器是电力系统中重要的电气设备之一。继电保护装置在变压器保护中起着至关重要的作用。它可以监测变压器的电流、电压、温度等参数, 以及变压器的运行状态。当变压器发生内部故障时, 如绕组短路、铁芯过热等, 继电保护装置会迅速动作, 切断故障变压器, 防止故障扩大, 保护其他设备免受损坏。

2.2.3 发电机保护

发电机是电力系统的核心设备之一。继电保护装置在发电机保护中同样发挥着重要作用。它可以监测发电机的电流、电压、频率等参数, 以及发电机的运行状态。当发电机发生内部故障时, 如定子绕组短路、转子回路开路等, 继电保护装置会迅速动作, 切断故障发电机, 防止故障扩大, 确保电力系统的稳定运行。

3 继电保护技术的发展趋势

在电力系统不断发展和完善的背景下, 继电保护技术也在不断进步和创新, 以满足日益增长的系统安全稳定运行需求。以下是继电保护技术未来可能的发展趋势。

3.1 智能化

随着人工智能技术的飞速发展, 继电保护装置的智能化水平将不断提高。未来的继电保护装置将能够利用大数据、机器学习等技术, 对电力系统的运行状态进行深度学习和分析, 实现对故障的自动识别和预测。当系统出现故障时, 智能继电保护装置将能够迅速判断故障类型和位置, 并自动采取最优的保护措施, 最大限度地减少故障对电力系统的影响。智能化的发展将使继电保护装置更加灵活、高效和准确, 能够适应各种复杂的电力系统环境和运行工况。同时, 智能化的继电保护装置还将具备自学习和自优化的能力, 能够不断学习和积累故障处理经验, 提高故障处理的效率和准确性。

3.2 集成化

随着电力系统规模的不断扩大和复杂性的增加, 继电保护装置与其他系统设备的集成化趋势将更加明

显。未来的继电保护装置将不仅仅是一个独立的设备, 而是将与其他系统设备(如监控系统、通信系统等)紧密集成在一起, 形成一个统一的故障处理系统。集成化的故障处理系统将能够实现信息的共享和协同工作, 提高故障处理的效率和准确性。当系统出现故障时, 集成化的故障处理系统将能够迅速定位故障点, 并协调各个系统设备共同采取保护措施, 确保电力系统的安全稳定运行。

3.3 高可靠性

可靠性是继电保护技术的核心要求之一。未来的继电保护装置将采用更加先进的人民币技术(如双套系统、冗余设计等), 以提高其可靠性和稳定性。这些技术将确保继电保护装置在故障发生时能够正常工作, 并准确可靠地执行保护动作。此外, 未来的继电保护装置还将具备自诊断和自恢复的能力。当自身出现故障时, 继电保护装置能够自动检测和诊断故障, 并采取相应的修复措施, 以恢复其正常工作状态。这种自诊断和自恢复的能力将进一步提高继电保护装置的可靠性和稳定性。

4 结束语

在电力系统中, 故障处理是确保系统安全、稳定运行的重要环节。在这一过程中, 继电保护技术发挥着无可替代的关键作用。继电保护技术不仅能够迅速响应系统故障, 还能够准确判断故障类型, 有效隔离故障区域, 从而最大程度地降低故障对系统整体运行的影响。未来, 随着技术的不断进步和创新, 继电保护技术将会朝着智能化、数字化和通信技术集成化的方向发展, 继续为电力系统的安全稳定运行提供坚实的保障。

参考文献:

- [1] 陈明泉. 电力系统继电保护常见故障分析与检修技术探讨[J]. 江西电力职业技术学院学报, 2021, 34(07): 10-12.
- [2] 刘一民. 智能变电站继电保护在线监测系统的设计与实现[D]. 广州: 华南理工大学, 2022.
- [3] 赵永明, 贾剑锋, 刘欢. 电力系统继电保护故障原因及处理技术分析[J]. 内蒙古科技与经济, 2021(06): 112, 114.
- [4] 隋佳蓉. 电力系统继电保护故障分析与技术处理措施[J]. 光源与照明, 2023(08): 168-170.
- [5] 方易卉, 金祎婧, 张筠清. 基于继电保护的电力系统故障检测与定位技术研究[J]. 家电维修, 2024(02): 80-82.