

电力工程继电保护故障分析与排查技巧

王 龙 李育凡

国网甘肃省电力公司刘家峡水电厂 甘肃 临夏 731600

摘 要：电力工程中，继电保护系统常面临电压互感器二次回路故障、电流互感器饱和问题及开关保护设备选择不当等常见故障。这些故障若不及时处理，将影响电力系统的稳定运行。为有效排查这些故障，可采用回路拆除法、短接法、替换法和对比参照法等多种技巧。这些方法通过隔离、替换、对比等手段，快速定位故障点，为故障修复提供有力支持，确保电力系统安全可靠运行。

关键词：电力工程；继电保护故障；排查技巧

引言：在电力工程中，继电保护系统扮演着至关重要的角色，它是确保电力系统安全、稳定运行的一道坚实防线。继电保护的可靠性直接关系到电力系统的整体稳定性和安全性，一旦出现故障，可能会引发连锁反应，导致大面积停电等严重后果。因此，对于电力工程技术人员而言，熟练掌握继电保护故障的分析与排查技巧显得尤为重要。这不仅要求他们具备扎实的专业知识，还需要丰富的实践经验和敏锐的故障洞察力，以便迅速准确地定位并解决继电保护系统中的问题，保障电力系统的持续稳定运行。

1 电力工程继电保护概述

在电力系统中，继电保护是一项至关重要的技术，它扮演着守护者的角色，确保电力系统的安全稳定运行。继电保护是一种自动装置，能够在电力系统发生故障或异常运行状态时，迅速、准确地切除故障元件，防止故障扩大，保证其他无故障部分继续正常运行。继电保护的核心功能在于对电力系统故障的快速响应和准确判断。它利用电力系统中元件发生短路或异常情况时的电气量（如电流、电压、功率、频率等）的变化，作为继电保护动作的依据。当检测到这些电气量的变化超出正常范围时，继电保护装置会立即发出信号或动作于断路器，将故障元件从系统中隔离出来。继电保护装置的设计需要满足选择性、速动性、灵敏性和可靠性等基本要求。选择性要求保护装置在动作时仅切除故障元件，避免误切健康设备；速动性要求保护装置能够尽快切除故障，减少设备和用户的损害；灵敏性要求保护装置对故障的反应能力强，能够在各种故障情况下可靠动作；可靠性则要求保护装置在需要动作时能够确保正确动作，而在不需要动作时能够可靠地避免误动^[1]。随着电力技术的不断发展，继电保护技术也在不断进步和完善。从最初的电磁式继电器到现代的微机保护装置，继电保

护的性能和可靠性得到了极大的提升。微机保护装置不仅具有更高的灵敏度和准确性，还可以通过网络通信实现远程监控和故障诊断，大大提高了电力系统的运行效率 and 安全性。在电力工程中，继电保护的应用范围广泛，涵盖了发电、变电、配电等各个环节。它对于保障电力系统的安全稳定运行、减少停电损失、提高供电质量具有重要意义。因此，加强继电保护技术的研究和应用，对于推动电力事业的发展具有重要意义。

2 电力工程继电保护常见故障分析

2.1 电压互感器二次回路故障

2.1.1 二次回路中性点接地问题

电压互感器二次回路中性点接地是确保继电保护正确动作的重要环节。然而，在实际工程中，常出现二次回路中性点未接地或多点接地的情况。二次回路未接地，即二次虚接地，可能导致电压信号失真，影响保护装置对故障的判断。而多点接地则可能引入额外的电流回路，导致保护装置误动或拒动。这些问题主要源于接线工艺不当或变电站接地网设计缺陷，给电力系统的稳定运行带来潜在威胁。

2.1.2 PT开口三角电压回路断线故障

PT开口三角电压回路断线是一种常见的故障现象。其原因可能包括机械损伤、接线松动或电工操作不当等。当开口三角电压回路断线时，保护装置无法正确检测到零序电压，从而可能无法及时触发故障切除机制。这种故障不仅会影响保护装置的灵敏性，还可能导致故障范围扩大，对电力系统的安全构成严重威胁。

2.1.3 PT二次失压故障

PT二次失压是电压保护系统中经常出现的经典问题。其原因可能涉及开断设备性能不完善、二次回路设计缺陷或设备老化等。PT二次失压会导致保护装置失去电压信号，从而无法正确判断系统状态。在故障情况

下,这可能导致保护装置拒动,延长故障持续时间,增加设备和用户的损害。

2.2 电流互感器饱和问题

在电力工程继电保护中,电流互感器作为重要的测量元件,其性能直接影响着保护装置的准确性和可靠性,然而电流互感器饱和问题是继电保护中常见的故障之一。电流互感器饱和主要发生在系统发生短路故障时,当短路电流超过电流互感器的额定电流数倍时,其铁芯会迅速饱和,导致二次电流波形失真,无法准确反映一次电流的大小和波形。这种失真不仅会影响保护装置的测量精度,还可能导致保护装置误动或拒动^[2]。电流互感器饱和问题的产生原因主要有两方面:一是电流互感器本身的设计或制造缺陷,如铁芯材料选择不当、绕组匝数设置不合理等;二是系统运行条件的变化,如系统短路容量增大、电流互感器一次侧电流过大等。电流互感器饱和问题对电力系统的影响是严重的,它可能导致保护装置无法正确判断故障类型和位置,从而延长故障切除时间,增加设备和线路的损坏程度。同时,饱和问题还可能引起保护装置的误动,对电力系统的稳定运行构成威胁。

2.3 开关保护设备选择不当

在电力工程继电保护中,开关保护设备的选择对于系统的安全稳定运行至关重要,实际工程中常因选择不当而引发一系列故障。(1)设备类型不匹配:开关保护设备类型众多,每种类型都有其特定的应用场景。若在选择时未充分考虑系统需求,选用了不适合的设备类型,将导致保护装置无法准确响应故障,甚至可能引发误动作。(2)参数设置不合理:开关保护设备的额定电流、额定电压等参数需与实际运行条件相匹配。若参数设置过高或过低,都将影响设备的正常运行,甚至导致设备损坏或保护失效。(3)动作特性不符合要求:开关保护设备的动作特性,如动作时间、灵敏度等,需满足系统对保护的要求。若动作特性设置不当,将可能导致保护装置在故障时无法及时动作,或误动作于正常运行状态。(4)设备质量不可靠:开关保护设备的质量直接影响其可靠性和使用寿命。若选择了质量不可靠的设备,将增加故障发生的可能性,给系统带来安全隐患。(5)缺乏兼容性考虑:在选择开关保护设备时,还需考虑其与其他设备的兼容性。若设备间存在不兼容问题,将可能影响系统的整体性能和稳定性。

3 继电保护故障排查技巧

3.1 回路拆除法

3.1.1 回路拆除法的基本原理

回路拆除法,作为一种直观的继电保护故障排查手段,其核心在于通过有序地拆除电路中的各个回路,来观察并分析故障现象的变化。这一方法基于电路原理,通过逐一隔离回路,可以逐步缩小故障范围,直至准确定位故障点。在实施时,需确保每次仅拆除一个回路,以避免对其他正常回路造成干扰,从而准确判断故障所在。此方法特别适用于复杂电路或故障点隐蔽的情况,是提高故障排查效率的有效途径。

3.1.2 回路拆除法的实施步骤

在采用回路拆除法进行继电保护故障排查时,首先需要对电路的整体连接方式和各个回路的具体功能有一个全面的了解。这是确保准确、高效排查故障的基础。接下来,根据电路的逻辑关系或者是故障发生的可能性大小,有计划、有序地拆除各个回路。在拆除每个回路后,都要仔细观察故障现象是否有所变化,比如指示灯的亮灭状态、仪表的读数变化等。如果发现故障现象在拆除某个回路后消失,那么就可以初步判断故障可能就位于这个回路中。随后,就可以对这个回路内的元件进行逐一检查,通过细致排查,确定具体的故障元件,为故障修复提供准确依据。

3.1.3 回路拆除法的注意事项

在执行回路拆除法排查继电保护故障时,安全是首要原则。务必在确认电源已完全断开的情况下进行操作,确保操作人员的安全。拆除过程中,要轻柔细致,避免对电路元件或线路造成不必要的损伤。同时,要密切观察拆除后电路的变化,及时记录故障现象的任何细微变化,为后续的故障分析提供准确依据。故障修复后,需按照原样逐一恢复拆除的回路,并进行严格的验证测试,确保电路恢复正常工作。通过这样细致、有序的操作,可以大大提高故障排查的准确性和可靠性。

3.2 短接法

在电力系统继电保护故障排查过程中,短接法是一种常用的诊断技巧,它通过临时短接某些回路或元件,来判断故障的具体位置和原因。以下是短接法在继电保护故障排查中的具体应用及其注意事项。(1)确定短接范围:在使用短接法之前,首先需要确定短接的范围。这通常涉及到对故障现象的分析,以及对保护装置和回路的了解。短接范围可以是单个元件、一段电路或整个回路,关键是要确保不会对设备和人员安全造成影响。(2)选择适当的短接工具:短接工具的选择至关重要,应根据需要短接的回路或元件的电压、电流等级来选取。短接工具应具有良好的导电性能,同时要确保在短接过程中不会造成短路或过载。(3)注意短接顺序:短

接时应遵循一定的顺序,通常从可能的故障点开始,逐步向两侧扩展。这样可以有效地缩小故障排查范围,提高排查效率。同时,要注意观察短接后的现象,如保护装置的动作情况、信号灯的变化等。(4)确保安全操作:在进行短接操作时,必须确保人员安全。操作人员应佩戴绝缘手套、使用绝缘棒,并在可能的情况下断开相关电源。同时,应确保短接操作不会影响到其他正常运行的保护装置或设备。(5)分析短接结果:短接后根据保护装置的反应和电路的变化来分析故障原因。如果短接某一部分后故障消失,说明故障点可能就在该部分;如果故障依然存在,则需继续排查其他部分。

3.3 替换法

替换法是一种简单而有效的继电保护故障排查技巧,它通过替换疑似故障的元件或模块,来快速确定故障点并恢复系统正常运行。在使用替换法时,首先需要对故障现象进行仔细分析,结合电路原理和以往经验,初步判断可能存在故障的元件或模块。然后,准备一个与故障元件相同规格、性能良好的替换品。在替换之前,务必确保电源已断开,以避免触电风险,并仔细核对替换品的型号、规格和接线方式,确保与原元件完全一致。接下来,将疑似故障的元件从电路中拆除,并小心谨慎地装上替换品。替换过程中要注意接线正确、连接可靠,避免引入新的故障。替换完成后,合上电源,观察故障现象是否消失^[3]。如果故障现象消失,说明原元件确实存在故障,替换成功。替换法的优点在于它能够直接、快速地定位并解决故障问题,无需复杂的测试和分析过程。但是,替换法也要求技术人员具备一定的专业知识和实践经验,以便准确判断疑似故障元件,并选择合适的替换品。

3.4 对比参照法

对比参照法是一种在继电保护故障排查中常用的技巧,它通过对比正常设备与故障设备的差异,或者对比历史数据与当前数据的差异,来快速定位故障点。在使

用对比参照法时,需要选择一个合适的参照对象。这个参照对象可以是同一类型的正常设备,也可以是设备在正常运行时的历史数据。仔细观察并记录故障设备的各种参数和状态,如电压、电流、指示灯状态等。将故障设备的参数和状态与参照对象进行对比,如果发现某些参数或状态与参照对象存在明显差异,那么这些差异就可能是导致故障的原因。例如,如果故障设备的某个电压值明显低于正常设备的电压值,那么就可以怀疑是该电压回路存在问题。对比参照法的优点在于它能够直观地显示出故障设备与正常设备之间的差异,帮助技术人员快速定位故障点。同时,这种方法也不需要复杂的仪器设备,只需要基本的测量工具和观察能力。在实际应用中,对比参照法常常与其他故障排查技巧结合使用,如替换法、短接法等。通过综合运用多种技巧,可以更加准确、快速地排查和解决继电保护故障,确保电力系统的安全稳定运行。

结语

未来,继电保护故障的研究与排查工作仍任重道远。我们应继续深化对继电保护系统故障机理的理解,不断探索和创新故障排查的新方法、新技术。随着电力行业的快速发展和技术的不断进步,我们需要紧跟时代步伐,积极引入和应用新技术、新设备,提高故障排查的效率和精准度。我们坚信,通过不懈努力和持续创新,我们能够为电力行业的持续发展贡献更多智慧和力量,共同守护电力系统的安全稳定运行。

参考文献

- [1]冷汀汀,张彬,先木思叶·乌买尔江.电力系统中继电保护的常见故障检修技巧及实用方法探究[J].电工技术,2024(S01):278-280.
- [2]刘旭伟.电力系统的继电保护隐性故障分析[J].电子技术与软件工程,2021(22):220-221.
- [3]王森,郑龙,张佳宾,杨舒婷.电力系统继电保护常见故障与对策分析[J].电子乐园,2021(5):386-386.