

电力系统继电保护的故障分析及处理方法探讨

秦旭

陕西送变电工程有限公司

摘要: 本文围绕电力系统继电保护的故障分析与处理进行探讨。首先论述了电力系统继电保护的重要性;接着详细分析了主要的几类保护故障,包括感应元件故障、电气接触故障、调整故障等;最后提出了针对应对这些典型故障的检修与处理方法,如更换相关部件、清洁接触面、校准参数等。本文通过案例分析与解决策略探讨,旨在为电力系统故障分析与维护提供参考借鉴。

关键词: 继电保护; 故障分析; 处理方法

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-627X.2022.07.062

引言

随着社会经济的快速发展,电力系统规模不断扩大,对其安全稳定运行提出了更高要求。继电保护作为电网的“警报器”和“断路器”,在事故发生时起到快速隔离、限制事故扩展的关键作用。我国正加快电力体制改革和智能电网建设,继电保护显得尤为重要。本文在分析常见保护故障的基础上,探讨针对性地检修与处理方法,为提高电网运行可靠性提供决策支持。

一、继电保护的重要性

(一) 保障系统安全运行

继电保护设备通过其快速、选择性的断路操作,能够在电力系统发生故障时隔离问题区域,避免事故进一步扩展,因而可保障电网的安全稳定运行。例如,当线路发生短路时,相应的保护装置迅速感知并送出保护动作信号,从而使故障断路器及时跳闸,隔离故障区段,防止故障点附近设备过载而扩大事故的危害程度。这种快速的故障隔离功能,确保了电网的整体运行在安全稳定的状态下。可以说,继电保护设备是电力系统安全运行的最后屏障,它的可靠和灵敏,关系到系统的安全稳定。

(二) 降低事故损失

继电保护设备的快速、选择性动作可以有效控制事故损失的扩大。一方面,它可以迅速清除故障,最大限度地缩短系统受故障的影响时间,减少停电时间和范围,以降低生产经营和用户的损失。另一方面,其选择性功能还可确保只有故障所在区段被隔离,而保留最大限度的正常供电区域,这同样可大幅度减少事故损失。总体而言,继电保护设备响应灵敏,在事故发生后的极短时间内采取有效的隔离措施,这对控制和降低故障的危害程度,维护电网安全稳定运营至关重要。

(三) 提高供电可靠性

继电保护可确保电网在故障发生的情况下仍可实现有选择、有层次的供电,大大提高了供电的可靠性。具体来说,随着社会经济和电网规模的不断扩大,供电中

断所造成的损失也越来越大。而继电保护可迅速将故障区域局限隔离,避免全网瘫痪,保证非事故区有电可用。此外,现代电网体系复杂,不同电压等级之间相互备份,继电保护的选择性分段与有序重合功能,可在低压等级发生故障时快速中断,并通过更高电压等级实现重要负荷的有保障供电,进一步提升电力供给的安全可靠性。

二、主要故障

(一) 感应元件故障

感应元件是继电保护的信息采集单元,其故障会严重影响保护判断,可能导致保护误动或不动。比较典型的故障情况包括:电流互感器的绝缘问题,可能造成相间短路或绕组接地,从而产生错差保护;电压互感器发生断路或短路,造成电压采样失效;这些感应元件故障,会误导保护装置对系统状况的判断,威胁保护系统的可靠性。因此,必须定期对感应元件进行检测,一旦发现问题,应及时更换,以确保采样信息的准确性。

(二) 电气接触故障

继电保护系统由大量接触器、开关等电气接触装置组成。长期运行过程中,接触面损坏、污秽堆积以及机械磨损等都会使接触质量下降,增大接触电阻,这很可能导致重要的保护控制信号在传递过程中衰减变形乃至完全中断,影响保护动作的可靠性。此外,接触不良还可能产生串扰,干扰正常的保护采样电路,造成误动。因此,电气接触故障是较为常见和致命的隐患。必须定期检查接触质量,及时清洗、调整或更换故障接触器,确保信号有效传递。

(三) 虚假动作故障

这里所说的虚假动作,是指在系统并未发生实际故障时,继电保护设备错误地判定出有故障并执行相应动作的情况。典型的原因有外部强电磁干扰、雷击引起的串扰、参数设置不当等。虚假动作会导致重要负荷或重要线路的无故中断,影响供电安全稳定。此类故障难以避免,需要从增强抗干扰性、优化参数设计、添加自

检逻辑等方面入手，尽量减少虚假动作的发生概率。

（四）调整参数故障

继电保护的参数直接影响其对故障判断和动作的正确性。然而，由于负荷变化、线路长度调整、新设备接入等原因，保护设备的参数容易偏差。如过电流保护的定值失调，可能导致误动或不动；距离保护区段设置偏差，影响选择性。这些参数偏差很难完全避免，必须通过定期检测和标准化测试，配合参数自适应技术来及时调整、校正，从而确保动作正确。

（五）信号传输故障

随着数字化和网络化程度提高，继电保护也日益依赖过程总线、以太网等通信信道。这使其面临网络传输质量不稳定、数据丢失、时间同步偏差等新的故障模式。信号传输故障会直接导致重要保护信号无法可靠交换，影响区域联动的实现。解决方法是应用可靠的工业以太网设备，设置冗余传输路径，并使用高精度的网络时间协议，提升总体可靠性。

三、处理方法

（一）更换相关受损部件

更具体地说，电源模块主要包括电源变压器、整流滤波电路、稳压及断流保护电路等，它为继电保护设备的各个模块提供稳定的工作电压。如果电源模块发生故障，首先需要用表计仪器检查电源输出电压、涟波率等参数是否正常，然后测量电路板上各电压采样点的电压值，判断问题出在哪个部分。如果是电容老化，出现大涟波或不能输出稳定电压，就需要更换相应的滤波电容；如果是电阻烧坏引起电压不稳或短路，则需要更换保护电阻。也可能是电源变压器绕组出现故障，这时就需要更换整个电源变压器。信号采集和传输模块负责采集电流、电压、开关位置等模拟和数字量信号，并传送给信息处理与控制模块。如果采集线路损坏会导致信号失真或中断，这时必须检查信号接线是否松动，确定损坏位置后重新焊接或更换信号线。如果是电流互感器或电压互感器故障，导致输出不准确或失效，必须更换互感器。也可能是数据采集卡或通信接口卡故障，需要更换电路板。信息处理与控制模块在检测到故障信号后，需迅速作出保护动作判断并发出三相或单相信号。如果该模块硬件故障，需要检测主处理器、存储器、信息交换电路等电路板和元件，判断确定故障位置后更换损坏部件。控制逻辑也可能出现问题，这时需要检查控制参数的设置是否正确。执行模块接收到控制模块的动作信号后，会驱动断路器或者接触器断开故障电路。执行模块的典型故障有线圈烧坏、接触器卡阻、联锁动作失效等。遇到这些故障需要检测线圈是否正常工作，检查接触器的接触状况及机械动作是否灵活，必要时更换损坏

的线圈或接触器。通过以上对各功能模块的逐一检查和测试，可以确定继电保护设备的具体故障原因，并采取更换受损部件的方式进行维修，使保护装置恢复正常运行，继续发挥其重要的保护作用。

（二）清洗接触面、增强接触效果

继电保护设备中的接触面可以分为固定接触面和活动接触面两大类。固定接触面主要包括电源连接端子、信号接口的插座引脚、电路板上的各种接插件等。这些接触面如果长时间暴露在空气中，表面会逐渐氧化变黑，附着灰尘粉末，严重影响电流的传导。因此要定期打开设备外壳，使用细毛刷或压缩气体对接触面进行吹扫清洁，必要时可以涂抹专用的电接触清洁剂去除表面污渍，恢复接触面光洁，确保电流可靠地在各个部件间传导。活动接触面主要出现在断路器、接触器、刀闸等执行机构的金属接触件上，这些动作比较频繁，很容易产生氧化物、碳化物等污染层，增加接触电阻。应定期清洗活动接点，同时检查是否出现严重磨损和过热现象，如果面积过小会使接触件烧损。此时必须及时修整或更换接触件，确保其接触面积和压力，保证电流可靠断开。另外，继电保护设备与外部电源或信号的连接点，如显示屏接口、外部通信端口等，也要重点检查清洗，防止接触不良造成信号中断或错误。若发现有螺丝松动、插头老化等情况，要及时更换或加固，保证接口可靠性。通过定期开展以上接触面和接触点的清洗、检查、维护等工作，可以大大减少接触效果差造成的故障，提高继电保护设备的可靠性，使其在复杂环境下持续稳定地发挥保护作用。这对电力系统安全运行也具有重要意义。

（三）重新设定继电保护参数

继电保护设备在实际运行中，其参数的设定需要与电力系统及被保护设备的实际情况相适应，才能确保发挥正常的保护作用。当系统或保护对象发生改变时，如果原来的参数不作修改，很可能导致误动作或漏动作的后果。这时候就有必要对继电保护装置的参数进行重新设定。举个例子，如果电力负荷持续增长，变压器容量也随之扩大，而其过流保护设定值没有做调整，当负荷达到一定程度，可能会引起过流保护误动作。针对这种情况，继电保护人员需要根据变压器新增的容量，重新计算其过载能力，相应地提高过流保护的定值，这样就可以避免误动作的发生。除了过载容量和过流保护参数需要调整外，变压器容量扩大后，配套的其他保护功能如差动保护、气体保护、温度保护等的一些参数和标准值也需要重新考量和设定。例如，增大容量的变压器其定值电流会相应提高，这时必须相应提高差动保护的操作定值，才能避免正常负荷电流导致的误动作。温

控保护和气体保护也须根据变压器新增部分的正常温升和气体逸出标准修正和设定参数。除了被保护对象参数改变需要重新设定外，系统运行状况的改变也会对继电保护参数提出调整需求。例如线路长度延伸后其阻抗改变，距离保护的启动和判决标准需要修正；系统短路电流增大后，必须提高过流保护的動作值避免误动作。针对新投运设备，必须建立匹配的保护方案并设定相应参数。可见，继电保护参数的设定和修正是一项复杂精细的工作，既需要对被保护设备特性了然于胸，又必须对系统实际运行状况了如指掌，才能找到最佳匹配点。因此保护装置的使用单位必须建立健全科学的保护参数管理机制，加强对电力系统及其设备运行特性的监测，随时准确掌握参数变化情况，及时更新和调整保护装置的参数，使其能够适应系统的发展变化，确保继电保护的可靠性。

（四）检查和校准继电保护设备

长时间运行的继电保护设备，其性能和精度很容易出现下降的情况，这时候必须对其进行全面检查和校准，以保证设备仍能正常发挥保护作用。检查要着重看一下那些可能直接影响或引起误动漏洞的关键部件和参数。比如，必须检查电流、电压互感器在长时间运行后，其精度和灵敏度是否仍然合格；判断继电器和控制线路是否出现松动，接触不良；测试動作时间是否已超出技术指标许可的范围等等。对检查发现问题的继电保护设备，必须立即进行维修校准。校准中最常用的有样机互换校准法，即用合格的标准互感器或标准继电器替换有偏差的原有互感器或继电器，重新调整参数，使其恢复到技术标准规定的正确状况，以保证能够正确实现保护功能。具体来说，对于精度下降的电流互感器和电压互感器，可以使用样机互换法，即先测量其二次侧输出电流（电压）与标准互感器的比差，然后根据误差情况通过调整互感器二次绕组的抱合点来修正和补偿其测量误差，使输出值恢复标准状态。对于灵敏度降低的互感器，则要检查其磁路是否存在问题，影响磁感应灵敏度，这时必须拆卸检修并调整间隙或更换磁芯，重新达标。对二次线路的检查要重点看绝缘是否损坏、是否有松动脱落的连接点或糟蹋严重影响电流通路。这时要重新安装线路，更换绝缘层，保证良好的绝缘与导通特性。同时要仔细检查线路接插端子是否氧化，必要时更换新端子，确保接触良好。

通过以上电气量互感器、继电器以及二次线路的全面的检查与必要的校准、维修、更换等措施，能够保证继电保护的检测精度与動作灵敏性符合技术标准要求，从而实现其重要的保护功能。

（五）优化和更新信号传输网络

随着电力系统的发展，继电保护也朝着数字化、智能化、网络化的方向快速演进。这就对保护信号的传输系统提出了更高的要求。原来简单的铜线或光纤可能无法满足大量数据高速传输的需要，这时就必须对信号传输网络进行技术改造或更新。比如，可以采用更大容量的光纤替代原来的铜缆，大大提高信号传输速率；使用先进的数字传输设备与协议，形成数据速度快、抗干扰能力强的数字化保护通信网络；设置冗余备用的传输通道，一旦主通道出现故障，可以快速切换，保证信号不中断。还可以建立基于互联网技术的广域保护通信系统，使各区域的继电保护实现互联互通、资源共享和联合動作。通过这些方式，可以让继电保护的信号采集、传输、处理实现更大范围、更深层次的协同配合，从而提高对电力系统故障的清除能力，真正发挥出“多能手”的作用，保护电力系统安全稳定运行。

（六）加强电力系统综合检修

要保证继电保护装置的正常可靠，必须从整体上加强对电力系统各部分的日常运行监视和定期检修。比如，重要的发变电设备要建立自动监测预警系统，一旦机械电气参数异常，立即报警提示维护人员处理，避免故障影响继电保护動作；要定期对电力系统中的信号采集设备、传感器、互感器等进行检测校准，保证其测量参数准确，为继电保护提供可靠依据；还要统筹协调系统内各保护环节，形成高效、快速的联动配合，以提高对故障的清除能力。

此外，充分利用信息技术建立数字化的电力系统维护管理平台，快速判断故障信息、确定事故点，指挥现场操作处理。还要加强运行维护人员的业务培训和演练，提高应对故障和事故的能力。只有这样，才能保证继电保护与整个电力系统的协调配合，确保系统安全可靠运行。

结束语

本文通过典型案例分析，提出了改进继电保护、确保系统安全可靠运行的对策建议。但是，随着智能电网和新技术应用不断推进，继电保护也将面临新的挑战。笔者认为，要加强对新技术的跟踪研究，不断优化继电保护装置，才能在现代电网运行中发挥更大作用，真正实现电力系统的安全、经济、环保运行。

参考文献

- [1] 王萍. 电力系统继电保护故障原因分析及处理技术[J]. 中国新技术新产品, 2019(21): 39-40.
- [2] 刘宏强. 电力系统继电保护装置故障分析与处理研究[J]. 科学技术创新, 2019(27): 168-169.
- [3] 吴金珠. 电力系统继电保护故障分析与处理措施探究[J]. 现代信息技术, 2019, 3(12): 42-43.