

发电机变压器继电保护及应用

司 琛

甘肃电投河西水电开发有限责任公司 甘肃 张掖 734000

摘 要：本文分析了水电机组发电机变压器的常见故障类型及其原因，并探讨了这些故障对电力系统的影响。接着，文章详细介绍了继电保护的原理与配置，包括纵联差动保护、后备保护及其他保护，并强调了保护配置的协调性与选择性。最后，讨论了继电保护装置的应用与维护，包括装置选型、安装、调试、整定和运行维护，旨在保障电力系统的安全稳定运行。

关键词：水电机组；发电机变压器；继电保护；应用

引言

水电机组发电机变压器是电力系统的核心设备，其稳定性直接关系到电力供应的可靠性。然而，由于多种原因，这些设备可能会发生故障，从而影响整个系统的稳定运行。因此，对发电机变压器的常见故障进行分析，并采取有效的继电保护措施至关重要。本文旨在探讨这些故障类型、影响以及继电保护的原理和配置，以期提高电力系统的稳定性和安全性。

1 水电机组发电机变压器常见故障分析

1.1 发电机故障类型及原因

定子绕组作为发电机核心部件，故障类型多样。绕组短路故障多因绝缘老化、受潮、机械损伤致使绕组绝缘损坏，进而引发不同相绕组间或同一相绕组不同线圈间短路；接地故障是绕组绝缘击穿，让绕组与铁芯或外壳形成导电通路；断路故障由绕组连接线松动、焊接不良或受外力破坏导致。转子绕组故障主要有接地与匝间短路。转子绕组接地多因绝缘损坏、滑环表面脏污或电刷磨损；匝间短路会使转子电流增大，产生不平衡磁场，引发发电机振动与发热，严重时损坏转子。励磁系统为发电机提供励磁电流，其故障对发电机运行影响显著。常见故障包含励磁回路短路、断路以及励磁调节器故障。励磁回路短路或断路会使励磁电流异常，导致发电机电压和无功功率输出不稳定。励磁调节器负责调节励磁电流，若其出现故障，无法准确执行调节功能，会改变发电机运行特性，影响发电机正常运行。

1.2 变压器故障类型及原因

（1）绕组故障涵盖匝间短路、相间短路与绕组接地，匝间短路常因绕组绝缘老化、受潮或者过电压作用引发，绝缘性能下降致使相邻匝间绝缘击穿形成短路。相间短路多由绝缘损坏、外部短路冲击造成，强大的短路电流冲击破坏绕组间绝缘，使不同相绕组导通。绕组

接地故障会让变压器铁芯带电，威胁人身安全，同时干扰变压器正常运行，一般是绕组绝缘出现问题与铁芯或外壳形成导电连接。（2）铁芯故障主要有铁芯多点接地和铁芯过热，铁芯多点接地时，会在铁芯中形成环流，该电流产生热量使铁芯局部温度升高，损坏绝缘材料，严重时可能引发火灾，多因铁芯绝缘损坏或存在导电杂质导致。铁芯过热或许由铁芯硅钢片绝缘损坏、铁芯夹件松动造成，硅钢片绝缘损坏会增加涡流损耗，夹件松动会使铁芯磁路不畅，导致铁芯损耗增大、温度上升^[1]。

（3）油故障方面，变压器油承担绝缘和冷却功能，油故障影响变压器性能与寿命。常见油故障有油质劣化、油位异常和油渗漏。油质劣化可能因变压器运行温度过高、油中混入水分和杂质，破坏油的化学稳定性。油位异常可能由油温变化、油管堵塞或漏油引起，影响变压器散热和绝缘。油渗漏会造成油量减少，降低绝缘性能，还可能使外界水分和杂质进入变压器内部，引发故障。

1.3 故障对系统的影响

一是从发电容量角度看，故障可能致使发电机或变压器停止运行。发电机停运意味着其原本承担的发电任务无法完成，变压器停运则会影响电力传输与分配环节，进而减少电力系统的整体发电容量。发电容量降低会直接冲击电力供应的可靠性，可能导致部分区域出现供电不足甚至停电的情况，影响居民生活和工业生产等正常用电。二是在设备安全方面，故障发生时会产生过电压、过电流和不平衡电流等异常电气量。过电压可能击穿电气设备的绝缘，过电流会使设备发热加剧，不平衡电流会引发设备振动等问题，这些异常电气量都可能对电力系统中的其他设备造成损坏，导致故障范围从最初的发电机或变压器扩大到周边相关设备，增加故障处理的难度和成本。三是从系统稳定运行层面讲，故障可能引发电力系统的振荡和失步。振荡会使系统中各节点

的电压和频率出现波动,失步则会导致发电机与系统之间失去同步运行状态,严重影响电力系统的稳定运行,甚至可能引发大面积停电事故,对电力系统的安全运行构成严重威胁。

2 水电机组发电机变压器继电保护原理与配置

2.1 纵联差动保护

纵联差动保护的原理是基于基尔霍夫电流定律,通过对比发电机变压器各侧电流的大小与相位开展保护工作。在正常运行或保护区外故障时,流入和流出保护区的电流相等,差动继电器不动作;而当保护区内出现故障,如发电机变压器内部短路,流入和流出电流不再相等,差动继电器动作,进而切除故障。该保护方式具备灵敏度高、选择性好、动作迅速的显著优点,能快速精准地切除发电机变压器内部短路故障,有效限制故障影响范围,保障设备安全。在配置要求方面,针对水电机组的发电机变压器,纵联差动保护需采用三相式接线方式,此方式可提高保护的灵敏度与可靠性,更全面地监测设备各相电流情况。保护装置要具备完善的制动特性,防止在外部短路时,因电流互感器饱和等因素造成保护误动作,确保保护动作的准确性。同时,保护装置还应具备电流互感器断线判别功能,一旦电流互感器断线,能及时发出报警信号并闭锁保护,避免因断线引发保护误动,保证电力系统的稳定运行。

2.2 后备保护

(1) 过电流保护,过电流保护作为纵联差动保护的后备,用于切除外部短路引发的过电流故障,依据保护范围和动作时间差异,分为定时限和反时限过电流保护。定时限过电流保护动作时间固定,不受短路电流变化影响,能按预先设定时间动作切除故障;反时限过电流保护动作时间与短路电流大小成反比,短路电流越大,动作时间越短,可更快速切除近处故障。(2) 零序电流保护,当发生接地故障时会产生零序电流,该保护利用零序电流的大小和相位检测故障。通常分为零序电流速断保护和零序电流过流保护,前者能快速切除严重接地故障,后者则在故障电流较小时,经一定延时后动作,可快速、准确切除各类接地故障,减少故障对设备损害^[2]。(3) 过电压保护,过电压可能由外部故障、操作失误或雷击等因素引发。过电压保护装置实时监测电压,当电压超过设定值时动作,通过切除故障、投入过电压保护装置、调整发电机励磁等措施,将电压限制在安全范围,保障设备绝缘和正常运行,避免因过电压导致设备损坏和电力系统故障。

2.3 其他保护

发电机定子接地保护用于检测定子绕组单相接地故障,因发电机中性点接地方式不同,保护原理和配置有别。中性点不接地或经消弧线圈接地时,采用基波零序电压保护与三次谐波电压保护结合的方式,能准确检测接地故障;中性点直接接地时,则用零序电流保护,通过检测零序电流判断是否接地。发电机失磁保护针对发电机运行中失去励磁电流的情况,失磁会使发电机从同步转异步运行,此保护可检测失磁故障,故障发生后采取发出报警信号、切换厂用电、减负荷等措施,防止设备和系统受损。变压器瓦斯保护利用变压器油箱内故障产生的气体和油流动作,内部轻微故障产生少量气体,瓦斯继电器轻瓦斯动作发报警信号;严重故障产生大量气体和油流,重瓦斯动作跳开变压器各侧断路器切除故障,及时保障变压器安全,避免故障扩大影响电力系统稳定运行。

2.4 保护配置的协调性与选择性

一方面,各保护装置的保护范围需紧密衔接、相互配合,构建起无缝覆盖的防护网络,坚决杜绝保护死区的存在。因为一旦出现保护死区,故障若恰好发生于此,相关保护装置将无法启动动作,故障便会持续发展,不仅会损坏发电机变压器等关键设备,还会对电力系统的稳定运行造成严重影响。另一方面,要科学合理地设置各保护装置的动作时间,依据故障点与保护装置的距离远近,确保距离故障点最近的保护装置能够优先动作,迅速切除故障,把故障影响控制在最低程度;同时,其他保护装置应保持不动作状态,防止因误动作而扩大停电范围,干扰电力系统的正常供电秩序。为实现这一目标,必须开展细致的保护配置工作,并进行精确的整定计算,通过科学分析设备的运行特性、可能出现的故障类型以及故障的影响范围,精准确定各保护装置的参数和动作逻辑,从而构建一个可靠、有效的继电保护系统,在故障发生时能够迅速且准确地动作,保障水电机组发电机变压器的安全稳定运行,维护电力系统的整体可靠性。

3 水电机组发电机变压器继电保护装置的应用与维护

3.1 装置选型与安装

选型方面,要秉持技术先进、性能可靠、功能完善且符合标准的原则。保护装置需配备高精度测量元件,确保能精准获取电气参数;具备快速动作速度,在故障发生时迅速切除故障,减少设备损坏和缩小影响范围;拥有良好抗干扰能力,以适应水电机组复杂特殊的运行环境与工况。在安装环节,要严格按照相关标准和规范执行。安装位置应选在干燥、通风且无强电磁干扰之

处,防止阳光直射和雨淋,避免外界环境因素对装置造成损害^[3]。装置接线必须正确、牢固,杜绝出现松动和接触不良等情况,保障信号传输稳定可靠,同时要做好装置的接地和屏蔽措施,接地可确保装置安全运行,屏蔽能有效降低外界电磁干扰,进一步提高装置的抗干扰能力,保证继电保护装置在复杂环境下稳定可靠工作。

3.2 调试与整定

调试内容涵盖多个关键方面,首先要进行硬件检查,查看装置的各个硬件部件是否安装正确、有无损坏,确保硬件能稳定运行;接着开展软件功能测试,检验保护装置的软件程序是否能正常实现各项设定功能;对模拟量输入输出进行测试,保证装置能准确采集和输出模拟信号;进行开关量输入输出测试,确认开关量信号的传输和处理无误;最后验证保护逻辑,检查保护装置在不同故障场景下的逻辑判断和动作是否符合预期。通过这些调试工作,保证保护装置各项功能正常,性能指标达到要求。整定工作需依据严谨的原则开展,整定计算要综合考虑电力系统的运行方式、设备的具体参数以及保护配置要求。整定值的选择至关重要,要确保在故障出现时,保护装置能够可靠动作,及时切除故障;还要避免在正常运行和外部短路等非故障情况下保护装置误动作,以免造成不必要的停电和设备损伤,此外还需考虑各保护装置之间的配合关系,保证整个继电保护系统具备良好的协调性和选择性,提升电力系统运行的稳定性和安全性。

3.3 运行维护与管理

运行人员需按固定周期开展巡检,全面且细致地查看装置运行状态,着重留意指示灯显示是否正常、有无报警信号发出,以此初步判断装置是否存在异常。同时,认真检查装置接线,查看是否有松动情况,通过嗅闻判断有无异味,触摸感知是否存在异常发热现象,这些细节都可能反映出装置潜在的问题。一旦发现问题,

必须立即处理,从而保障保护装置能够持续正常运行。定期检验则是确保继电保护装置性能可靠的关键手段,其检验内容丰富多样,包括对装置外观进行检查,查看是否有破损、变形等情况;进行绝缘电阻测量,准确判断装置绝缘性能是否良好;开展交流采样精度测试,保证装置数据采集的准确性;实施保护功能校验,验证保护动作的精准性。而定期检验周期需依据装置类型、运行环境以及重要性等多方面因素综合确定,通常情况下,每年至少要开展一次全面检验。倘若继电保护装置出现故障,运行人员要迅速且精准地判断故障原因,并采取对应的处理措施^[4]。对于简单故障,在确保安全的前提下可尝试自行处理;面对复杂故障,则应及时通知专业维修人员进行检修,并且在故障处理的全过程,都要严格做好安全措施,防止发生人身触电、设备损坏等事故,切实保障人员与设备的安全。

结束语

综上所述,通过对水电机组发电机变压器常见故障的深入分析和继电保护原理与配置的探讨,我们可以更好地理解这些关键设备的保护需求。合理的继电保护配置和有效的装置维护管理对于快速响应故障、限制故障影响范围、保障设备和系统安全至关重要。因此,电力系统运营商必须重视继电保护技术的应用和发展,以提高电力系统的可靠性和稳定性。

参考文献

- [1]王媛波.发电机变压器继电保护及应用[J].IT经理世界,2020,23(4):48.
- [2]张越鹏.发电机变压器继电保护及应用研究[J].百科论坛电子杂志,2021(11):3469.
- [3]肖胜吉,陈少廷.探讨水电站发电机变压器继电保护[J].汽车博览,2023(32):61-63.
- [4]刘晓庆.探讨水电站发电机变压器继电保护[J].科技风,2020(6):182.