

电力变压器继电保护研究

隋树彬 张文彬 赵庆祥

临沂市阳光热力有限公司 山东 临沂 276000

摘要: 电力变压器作为电力系统中的核心设备,其安全稳定运行对于保障整个电力网络的可靠性至关重要。本文聚焦电力变压器继电保护这一关键领域展开深入研究。先是概述了电力变压器继电保护的定义、功能及工作原理,让读者明晰其基本情况。接着详细剖析了变压器的各类故障类型,涵盖内部、外部以及非电量故障,全面呈现故障特征。随后着重阐述了瓦斯保护、差动保护、后备保护等主要继电保护原理,展示其应对故障的机制。旨在通过对这些方面的探讨,为提升电力变压器继电保护的有效性与精准性提供参考,保障电力变压器安全稳定运行。

关键词: 电力变压器; 继电保护; 研究

引言: 在电力系统的运行中,电力变压器起着至关重要的作用,它的安全与否直接关系到整个电力系统能否稳定供电。然而,电力变压器在运行过程中面临着诸多故障风险,如内部绕组、铁芯故障,外部套管、引出线故障以及各类非电量故障等。为了能及时察觉并妥善处理这些故障,继电保护不可或缺。对电力变压器继电保护进行研究,有助于深入了解其如何准确检测故障、快速做出响应,进而确保电力变压器乃至整个电力系统的可靠运行,有着重要的现实意义。

1 电力变压器继电保护概述

1.1 电力变压器继电保护的定义与功能

电力变压器继电保护是指当电力变压器在运行过程中发生故障或出现不正常运行状态时,能自动、迅速、有选择性地将被故障设备从电力系统中切除,或发出信号以便值班人员及时处理,从而保障电力变压器安全运行以及电力系统连续稳定供电的一种保护装置。其主要功能包括:对变压器内部绕组的匝间短路、相间短路等故障进行快速检测与隔离;对铁芯多点接地等故障进行识别与处理;在变压器过负荷、油温过高、瓦斯超标等异常情况时发出报警信号,确保变压器运行参数处于正常范围。

1.2 电力变压器继电保护的工作原理

电力变压器继电保护基于对变压器电气量和非电气量的监测来工作。通过电流互感器、电压互感器采集变压器各侧的电流、电压等电气量信号,利用电磁感应原理将大电流、高电压转换为小电流、低电压信号输入到继电保护装置中。当这些信号的幅值、相位、频率等特征量发生异常变化且满足预先设定的动作条件时,保护装置就会按照设定的逻辑动作。例如,差动保护比较变压器各侧电流的差值,当差值超过整定值时判断为内部故障并动作;瓦斯保护则是根据变压器内部气体的产生

和积聚情况,利用瓦斯继电器检测气体压力、流速等参数来判断故障并动作。

2 电力变压器故障类型与特征分析

2.1 内部故障

2.1.1 绕组故障

电力变压器绕组故障是较为常见的内部故障类型。它主要包括匝间短路、相间短路以及绕组对地绝缘击穿等情况。匝间短路通常是由于绕组绝缘老化、长期过负荷运行使绕组过热,导致匝间绝缘损坏,电流在匝间形成短路回路,引起局部过热并可能使油温急剧上升。相间短路往往是因为绝缘距离不足、遭受外力冲击或绝缘受潮等因素,致使不同相绕组之间发生短路连接,短路电流极大,会对变压器造成严重损坏,甚至引发火灾等严重后果,严重影响电力系统的安全稳定运行。

2.1.2 铁芯故障

铁芯故障主要有铁芯多点接地和铁芯局部过热。铁芯多点接地可能是由于铁芯夹件绝缘损坏、铁芯与外壳间有金属异物连接等原因造成。多点接地会形成环流,使铁芯局部温度升高,加速铁芯绝缘老化,进而影响变压器的正常运行。铁芯局部过热则可能是因为铁芯硅钢片间绝缘不良,导致铁芯内部的涡流损耗增大,或者是铁芯穿心螺栓绝缘损坏,使螺栓成为短路通路产生热量,长时间的局部过热会降低铁芯的磁导率,增加励磁电流,最终影响变压器的性能和使用寿命,对电力传输产生不利影响。

2.2 外部故障

2.2.1 套管故障

电力变压器套管故障对变压器运行影响显著。套管表面可能因长期暴露在大气环境中,受到灰尘、污垢及各种化学物质污染,在潮湿天气时发生闪络放电现象,

这会破坏套管绝缘并可能导致短路。套管内部绝缘材料在运行过程中可能因制造工艺缺陷、长期承受高电压或温度应力等因素而逐渐老化、劣化,致使绝缘性能下降,最终引发绝缘击穿故障。此外,套管密封不严会使水分侵入内部,降低绝缘强度,同时也可能造成套管内部的导电部分腐蚀,影响其导电性能,进而威胁变压器的安全稳定运行。

2.2.2 引出线故障

变压器引出线故障主要表现为多种形式。引出线可能因机械外力作用,如遭受大风、地震等自然灾害或在安装检修过程中受到碰撞、拉扯,导致其连接部位松动、断裂,使电路开路,中断电力传输。长期运行过程中,引出线的接头处因接触电阻过大,在电流通过时产生大量热量,引起接头过热氧化,进一步增大接触电阻,形成恶性循环,最终可能造成接头烧毁,引发短路故障,不仅影响变压器正常供电,还可能对周边电气设备造成冲击和损坏,破坏电力系统的局部稳定性。

2.3 非电量故障

2.3.1 瓦斯保护故障

瓦斯保护故障主要涉及瓦斯继电器及其相关回路。瓦斯继电器可能因自身质量问题,如密封不严、触点接触不良等,导致误动作或拒动作。密封不严会使外界空气进入继电器内部,改变气体压力和成分,造成误发信号或不能正确反映变压器内部真实的气体产生情况。触点接触不良则可能在应该动作时无法及时闭合或断开,使保护失效。此外,瓦斯继电器的安装位置不当或连接管路不畅,如管路存在堵塞、弯折,会影响气体的正常流动和积聚,致使瓦斯保护不能准确检测到变压器内部故障产生的气体,从而无法正常发挥保护功能,危及变压器安全。

2.3.2 油温过高故障

油温过高故障常由多种因素引发。变压器长时间过负荷运行,绕组和铁芯会产生过多热量,超过散热系统的散热能力,致使油温持续上升。冷却系统故障是另一关键原因,例如冷却风扇损坏、油泵故障、散热片堵塞等,都会降低散热效率,热量无法及时散发出去,油温必然升高。另外,变压器内部的绝缘材料老化、受潮等也会增加损耗,产生额外热量,导致油温过高。油温过高不仅会加速绝缘材料的老化,降低其绝缘性能,还可能引发其他故障,如油质劣化产生气泡,气泡在高电场下可能发生局部放电,进一步威胁变压器的安全稳定运行。

3 电力变压器继电保护原理

3.1 瓦斯保护原理

3.1.1 瓦斯继电器的结构与工作原理

瓦斯继电器主要由浮筒、挡板、干簧触点及外壳等部件组成。浮筒位于继电器顶部,其内部有可活动的磁铁。正常运行时,变压器油充满继电器,浮筒上浮,带动内部磁铁远离干簧触点,触点处于断开状态。当变压器内部发生轻微故障,如局部放电或轻微过热,会产生少量气体聚集在继电器上部空间,使油面下降,浮筒随之下降,其内部磁铁靠近干簧触点,使轻瓦斯触点闭合,发出报警信号。若发生严重故障,如绕组短路等,会产生大量气体和强烈的油流冲击,推动挡板快速动作,带动另一组干簧触点闭合,这组触点用于启动跳闸回路,迅速切断变压器电源,防止故障扩大。这种结构设计能够通过检测变压器内部气体的产生和油流的变化,灵敏地反映变压器的运行状态,从而起到保护作用。

3.1.2 瓦斯保护的逻辑与整定

瓦斯保护逻辑具有明确的层次。轻瓦斯主要负责监测变压器内部的轻微故障或异常产气情况,当检测到气体体积聚达到一定程度时,仅发出信号通知运行人员进行检查和处理,不立即切断电源,以便在不影响系统运行的前提下对潜在问题进行排查。而重瓦斯则针对严重故障,一旦检测到强烈的油流涌动或大量气体产生,表明变压器内部存在严重短路等紧急情况,立即触发跳闸逻辑,将变压器从电力系统中隔离。

在整定方面,轻瓦斯的气体容积整定值取决于变压器的容量大小、电压等级、绝缘材料等多种因素。对于较小容量和较低电压等级的变压器,其整定值相对较低,一般在200 - 300立方厘米左右;而对于大容量、高电压等级的变压器,整定值可能会提高到350 - 400立方厘米。重瓦斯的油流速度整定值则需综合考虑变压器的冷却方式、内部油路结构以及故障时可能产生的最大油流速度等。例如,对于自然油循环冷却的变压器,油流速度整定值通常在0.6 - 1.0米/秒;对于强迫油循环冷却的变压器,由于其油流速度相对较快,整定值可能会提高到1.0 - 1.5米/秒。合理的整定能够确保瓦斯保护在不同工况和故障类型下准确动作,有效保障电力变压器的安全稳定运行。

3.2 差动保护原理

3.2.1 差动保护的基本原理

差动保护基于基尔霍夫电流定律,通过比较变压器各侧电流的大小和相位来判断故障。正常运行或外部故障时,流入变压器的电流等于流出的电流,差动继电器中流入的差流为零或近似为零,保护不动作。而当变压器内部发生故障时,故障点会产生额外的短路电流,破

坏了原有的电流平衡关系,使得流入差动继电器的差流增大。一旦差流超过预先设定的动作阈值,差动保护便会迅速动作,跳开变压器各侧的断路器,将故障变压器从电力系统中切除,从而限制故障范围的扩大,保障电力系统的安全稳定运行。差动保护能够快速、灵敏地检测到变压器内部故障,具有较高的可靠性和选择性,是电力变压器继电保护的重要组成部分。

3.2.2 差动保护的不平衡电流分析与补偿

差动保护在实际运行中会受到不平衡电流的影响。不平衡电流产生的原因主要包括变压器各侧绕组的接线方式不同、电流互感器的变比误差、励磁涌流以及变压器带负荷调整分接头等。由于变压器绕组接线方式不同,如Y,d接线变压器两侧电流相位存在30度差异,会产生不平衡电流。电流互感器的变比不能完全匹配变压器各侧额定电流,也会导致差流。励磁涌流是在变压器空载合闸或外部故障切除后电压恢复时出现的暂态电流,其数值可能很大且含有大量谐波,会干扰差动保护的正确判断。针对这些不平衡电流,需采取相应补偿措施。对于变压器各侧电流相位差,可通过改变电流互感器的接线组别或采用相位校正算法进行补偿。电流互感器变比误差可通过选用合适的平衡线圈或软件算法进行校正。对于励磁涌流,可采用二次谐波制动原理或间断角原理来鉴别,当检测到二次谐波含量较高或间断角较大时,闭锁差动保护,防止其误动作,从而提高差动保护的准确性和可靠性。

3.3 后备保护原理

3.3.1 过电流保护原理

过电流保护是变压器继电保护的重要后备保护之一。其原理基于当变压器发生外部短路故障且故障未被主保护快速切除时,故障电流会增大。过电流保护装置通过电流互感器采集变压器某侧的电流信号,当检测到该电流超过预先设定的动作电流值且持续时间达到动作时限,保护动作。动作电流的整定需考虑躲过变压器可能出现的最大负荷电流,以防止在正常运行或过负荷时误动作。动作时限则按照阶梯原则进行整定,即靠近电源侧的保护动作时限比靠近负荷侧的保护动作时限长,这样可以保证在发生故障时,靠近故障点的保护先动作,切除故障,只有当靠近故障点的保护拒动时,才

由上一级后备保护动作,从而有选择性地切除故障,保障电力系统的安全稳定运行,避免故障范围的扩大对整个系统造成严重影响。

3.3.2 零序电流保护原理

零序电流保护主要针对变压器中性点接地系统中的接地故障。在正常运行情况下,三相电流矢量和为零,不存在零序电流。当变压器或其供电系统发生单相接地故障时,会产生零序电流。零序电流保护通过零序电流互感器采集零序电流信号,当零序电流超过整定值且持续一定时间后,保护动作。零序电流整定值的确定需考虑躲过正常运行时可能出现的不平衡零序电流以及系统振荡等因素产生的零序电流。其动作时限同样遵循阶梯原则,从故障点向电源侧逐级递增。该保护能快速检测到接地故障,并及时将故障部分从系统中切除,有效防止因接地故障引发的过电压对变压器及其他电气设备造成损坏,维持电力系统的安全运行,尤其是在接地故障较为常见的电力系统中,零序电流保护起着至关重要的作用。

结束语

随着电力系统的持续发展与变革,电力变压器继电保护的重要性愈发凸显。通过对其深入探究,我们明晰了各类故障特征与对应的保护原理。在未来,应持续关注智能化技术在继电保护中的深度融合与创新应用,利用大数据分析提升故障预测的精准度,借助智能算法优化保护逻辑。同时,加强对新型故障检测方法与保护装置的研发,不断完善保护标准与规范。只有如此,才能确保电力变压器继电保护在面对日益复杂的运行环境时,高效、可靠地发挥作用,为电力系统的稳定运行筑牢坚实防线。

参考文献

- [1]赵亚鑫.电力变压器的继电保护思路构建[J].山东工业技术,2019(14):183-185
- [2]武侠.关于电力变压器继电保护设计的思考[J].山东工业技术,2018,(2):159-162
- [3]周宝忠.电力变压器继电保护技术的应用实践[J].科技经济市场,2014,(11):173-174
- [4]曾辉.浅谈供电系统中电力变压器的继电保护方法[J].机电信息,2012,息,2012(33):98-99.