

继电保护技术在变压器故障解决中的应用分析

王树柏 罗宏平

国网甘肃刘家峡水电厂 甘肃 永靖 731600

摘要：继电保护技术是确保电力系统稳定运行的关键手段。针对变压器故障，继电保护技术通过主保护（如过电流保护、过负荷保护和纵联差动保护）和后备保护机制快速切除故障，防止故障扩大。该技术结合方法库与数据仓库的应用，提升系统可靠性。随着5G和大数据技术的发展，继电保护故障信息系统实现了数据的实时传输与智能分析，为变压器的故障预警与快速处理提供了有力支持。

关键词：继电保护技术；变压器故障解决；应用

引言：变压器作为电力系统的核心组件，其可靠性和稳定性直接关系到整个电网的安全运行。然而，在实际运行中，变压器可能因多种原因发生故障，严重影响电力系统的正常运行。继电保护技术作为保障电力设备安全的关键措施，对于快速识别、定位和切除变压器故障具有重要意义。本文将深入探讨继电保护技术在变压器故障解决中的应用，旨在为提高电力系统的故障处理能力和保障电网安全稳定运行提供理论依据和实践指导。

1 变压器故障类型及原因

1.1 内部故障

（1）绕组短路：绕组短路是变压器内部故障中最常见的一种。它可能由于绕组制造或检修时的局部绝缘损坏、运行中的散热不良或过载、绕组受潮以及绝缘油劣化等原因导致。绕组短路可能表现为匝间短路、相间短路等形式，一旦发生，将产生巨大的短路电流，对变压器造成严重的热和机械冲击。（2）接地故障：引出线或绕组通过外壳发生的接地故障也是变压器内部故障的一种。这类故障可能由于绝缘材料老化、损坏或者设计、安装不当导致。接地故障一旦发生，将引发严重的电流冲击，可能导致变压器绕组烧毁或油箱爆炸等严重后果。（3）电故障与热故障：电故障通常指因绝缘损坏而引发的放电、短路等问题，而热故障则是由于过热导致的绝缘材料老化、损坏等。这两类故障往往相互关联，共同影响变压器的安全运行。例如，绕组过热可能导致绝缘材料老化，进而引发电故障。

1.2 外部故障

（1）引出线及绝缘套管故障：引出线是变压器与外部电路连接的重要部件，而绝缘套管则是保护引出线免受外界环境影响的关键部件。这两类部件的故障可能由于密封不良、呼吸器配置不当、瓷质问题以及积垢严重等原因导致。故障一旦发生，可能引发接地短路或相间

短路等问题。（2）绝缘套管破碎导致的接地短路：绝缘套管破碎可能由于外力冲击、材料老化等原因导致。一旦绝缘套管破碎，将直接暴露引出线于外界环境，从而引发接地短路故障。（3）引出线故障导致的绕组变形：引出线故障，如连接螺丝松动、带负荷调整装置不良等，可能引发绕组受力不均，进而导致绕组变形。绕组变形不仅影响变压器的性能，还可能引发更严重的内部故障。

2 继电保护技术概述

2.1 继电保护的基本原理

继电保护的基本原理是基于电力系统故障或异常时电气物理量的显著变化。这些变化包括电流、电压、功率因数、频率等的异常增大或减小。通过监测这些电气量的变化，继电保护装置能够判断故障的类型、位置及其严重程度，从而采取相应的保护措施。（1）继电保护装置的核心特性包括选择性、灵敏性、快速性和可靠性。选择性要求保护装置仅切除故障部分，而不影响其他正常运行的设备；灵敏性是指保护装置对故障或异常现象的敏感程度，能够迅速响应并正确动作；快速性则要求保护装置尽快切除故障，减少设备损坏和系统失稳的风险；可靠性是保护装置最基本的要求，包括安全性和信赖性，即在不该动作时不动作，在需要动作时可靠动作。（2）不同类型的继电器在继电保护中发挥着不同的作用。例如，过电压继电器用于保护系统免受过高的电压冲击，当电压超过设定阈值时，继电器会触发保护动作；而欠电压继电器则用于监测系统电压的降低，当电压低于设定值时，继电器会采取相应的保护措施。

2.2 变压器继电保护装置

变压器是电力系统中的核心设备之一，其运行状态直接影响到整个系统的稳定性和安全性。因此，对变压器实施有效的继电保护至关重要。（1）电流速断保护：

这是一种简单的电流保护方式,用于快速切除变压器近端的短路故障。当流过保护装置的电流超过设定值时,保护装置会迅速跳闸,从而切断故障电流。(2)瓦斯保护:瓦斯保护是变压器内部故障的主要保护方式。轻瓦斯保护在变压器油分解产生少量气体时发出报警信号,提醒运维人员及时处理;而重瓦斯保护则在变压器内部发生严重故障时迅速跳闸,防止故障扩大。(3)差动保护:差动保护利用变压器两侧电流的平衡原理来检测故障。横联差动保护用于保护变压器的相间短路故障,而纵联差动保护则用于保护变压器的单相短路故障。当变压器内部发生故障时,差动保护装置能够迅速识别并切除故障^[1]。(4)过电流保护:过电流保护用于切除变压器外部短路引起的过电流。带低电压启动的过电流保护在检测到过电流的同时,还需要满足低电压条件才会跳闸;而复合电压启动的过电流保护则结合了电压和电流的双重判据,提高了保护的可靠性和选择性。(5)中性点接地保护(变压器零序保护):当变压器中性点直接接地时,零序保护用于检测单相接地故障。当系统发生单相接地故障时,零序电流会增加,保护装置会迅速跳闸切除故障点,防止故障扩大。

3 继电保护技术在变压器故障解决中的应用

3.1 故障检测与诊断

(1)利用继电保护装置快速检测变压器故障。继电保护装置是电力系统中的重要组成部分,其主要功能是监测电力系统的运行状态,并在发生故障时迅速采取措施切除故障部分,防止故障扩大。对于变压器故障的检测,继电保护装置通常通过监测电流、电压等电气量的变化来判断故障是否发生。在变压器故障检测中,差动保护是最常用的方法之一。差动保护通过比较变压器各侧电流的相量和,当检测到电流不平衡时,即判断为变压器内部发生故障,并立即发出跳闸信号。此外,瓦斯保护也是变压器故障检测的重要手段。瓦斯保护通过监测变压器油中溶解气体的含量和种类变化来判断变压器是否存在过热、放电等故障。当检测到气体含量异常时,瓦斯保护也会发出跳闸信号。(2)通过数据分析和算法优化提高故障诊断的准确性。随着大数据和人工智能技术的不断发展,数据分析和算法优化在变压器故障诊断中的应用越来越广泛。通过收集变压器运行过程中的大量数据,如电流、电压波形、油温、油位、振动等,结合历史故障记录,可以建立变压器故障预测和诊断模型。在数据分析过程中,常用的方法包括统计分析、机器学习、深度学习等。统计分析可以揭示数据的分布规律和异常值,为故障诊断提供线索。机器学习和

深度学习则可以通过训练模型,自动提取数据中的特征信息,实现对故障的精准诊断^[2]。此外,结合专家经验和领域知识,还可以对模型进行进一步优化,提高故障诊断的准确性和可靠性。

3.2 故障切除与隔离

(1)继电保护装置快速切除故障,防止故障扩大。当检测到变压器发生故障时,继电保护装置需要迅速切除故障部分,防止故障电流继续流动,避免对电网造成更大的损害。在变压器故障切除中,差动保护和瓦斯保护再次发挥了关键作用。它们能够实时监测变压器内部的电气量和气体含量变化,一旦检测到异常,立即发出跳闸信号,切除故障变压器。此外,过电流保护也是变压器故障切除中常用的方法之一。当变压器或电网发生过载或短路时,过电流保护装置能够检测到电流的异常增大,并触发跳闸动作,切除故障部分。这些保护措施共同构成了变压器故障切除的第一道防线,确保了电网的安全稳定运行^[3]。(2)不同类型的故障切除方式及其效果分析。在实际应用中,根据故障类型和严重程度的不同,可以选择不同的故障切除方式。除了上述的跳闸方式外,还有闭锁、重合闸等方式。闭锁方式通常用于防止故障进一步扩大或重复发生。当检测到故障时,闭锁装置会锁定相关设备,防止其继续运行或投入使用。这种方式适用于需要长时间停机检修的故障情况。重合闸方式则适用于一些瞬时性故障。当故障被切除后,如果电网条件允许,重合闸装置可以尝试重新闭合断路器,恢复电力供应。这种方式可以减少停电时间,提高供电可靠性。然而,需要注意的是,如果故障仍然存在,重合闸可能会导致设备损坏或电网不稳定。因此,在重合闸前需要确保故障已被彻底排除。

3.3 后备保护技术的应用

(1)变压器低压侧与高压侧的后备保护策略。为了确保变压器在各种故障条件下都能得到可靠保护,需要在其低压侧和高压侧分别设置后备保护装置。低压侧的后备保护主要针对低压母线及出线故障。当低压母线或出线发生故障时,后备保护装置能够迅速切除故障部分,防止故障电流通过变压器传递到高压侧。高压侧的后备保护则更注重对变压器本身及其进线故障的保护。它们能够监测高压侧电流的异常变化,并在必要时切除故障变压器或进线。(2)并联开放方式在后备保护中的应用。并联开放方式是一种有效的后备保护策略,它允许多个保护装置在特定条件下同时动作或相互备用。在变压器后备保护中,并联开放方式的应用可以进一步提高保护的可靠性和灵活性。通过并联开放方式,可以将

多个后备保护装置连接起来形成一个保护网络。在这个网络中,任何一个保护装置检测到故障时都可以触发其他保护装置同时动作或相互备用。这样不仅可以确保在单个保护装置出现故障或误动作时仍然能够对变压器进行有效的保护,还可以提高保护的选择性和灵敏度。同时,并联开放方式还支持保护的远程监控和故障诊断,为运维人员提供了更加便捷和高效的故障处理手段^[4]。

4 继电保护技术的优化与创新

4.1 智能诊断技术的应用

智能诊断技术,作为继电保护领域的革新力量,正逐步改变着传统保护方式。其核心在于运用先进的数据分析与算法模型,对电力系统状态进行深度挖掘,从而实现对继电保护装置性能的精准评估与故障预测。(1)提升装置性能。智能诊断技术的应用,显著提高了继电保护装置的准确性和稳定性。通过实时监测电力系统的电气参数,如电流、电压、频率等,结合机器学习算法对数据的深度分析,智能诊断系统能够精确识别故障特征,快速响应,有效避免误动与拒动,确保电网的安全运行。同时,智能诊断还能对装置自身健康状态进行持续监测,预测潜在故障,为运维人员提供预警,进一步提升了系统的可靠性。(2)性能评估体系。为确保智能诊断技术的有效实施,一套完善的性能评估体系必不可少。准确性、实时性、可靠性和稳定性是评估智能诊断技术性能的关键指标。准确性衡量了诊断结果的精确程度;实时性反映了系统对故障的快速响应能力;可靠性确保了诊断结果的一致性与稳定性;稳定性则强调了系统在面对复杂多变故障时的表现。评估方法包括仿真测试、实地应用与对比分析,通过这些方法,可以全面验证智能诊断技术的效果,为持续改进提供科学依据。

4.2 远程监控与信息共享

远程监控与信息共享功能的实现,为电力系统的运维管理带来了极大的便利。(1)微机保护装置的远程

监控。微机保护装置作为电力系统的关键设备,其远程监控功能的实现使得运维人员能够实时监控装置的运行状态,及时发现并处理潜在问题。这不仅提高了运维效率,还降低了人力成本。通过远程监控系统,运维人员可以实时查看保护装置的故障记录、告警信息等,为故障的快速定位与处理提供了有力支持。(2)信息共享在运维中的应用。信息共享机制的建立,使得电力系统的各个环节能够实时获取关键信息,实现资源的优化配置和故障的快速响应。在运维管理中,信息共享有助于运维人员全面了解电力系统的运行状态,及时发现潜在问题,并采取有效措施进行预防和处理。同时,信息共享还促进了不同部门之间的协作与沟通,提高了电力系统的整体运维水平。

结束语

综上所述,继电保护技术在变压器故障解决中扮演着至关重要的角色。通过精确的检测、快速的切除与隔离故障,以及智能化的诊断与优化,继电保护技术有效提升了变压器乃至整个电力系统的稳定性和安全性。随着技术的不断进步,继电保护将更加智能、高效,为电力系统的安全稳定运行提供更加坚实的保障。未来,我们应继续深化继电保护技术的研究与应用,为构建更加安全、可靠的电网贡献力量。

参考文献

- [1]李晓妹,李便霞.电气自动化系统继电保护安全技术的应用研究[J].佛山陶瓷,2022,(05):49-50.
- [2]李子岫.关于电力变压器继电保护技术的应用与实践研究[J].冶金与材料,2021,(13):116-117.
- [3]吕宝献.继电保护技术在变压器故障解决中的应用分析[J].水电水利,2021,(04):40-41.
- [4]周余.继电保护技术在变压器故障解决中的运用[J].电力设备管理,2024,(03):33-34.