

电力变压器保护现状及未来发展趋势

丛洋铭 刘斌 代蒙 李松峰

特变电工沈阳变压器集团有限公司, 辽宁 沈阳 110000

[摘要] 电力系统作为现代社会的重要基础设施, 对电能的输送和分配需要高度稳定性和可靠性。而电力变压器作为电力系统中的核心设备之一, 承担着电能的转换和分配任务。为了保障电力系统的安全运行, 必须对电力变压器进行有效的保护。传统的保护装置已经不能满足电力系统日益增长的需求, 因此, 我们需要不断探索和创新, 引入先进的技术手段, 提高保护系统的性能和效率, 以应对电力系统运行中可能出现的各种挑战。

[关键词] 电力变压器; 保护技术; 发展趋势

DOI: 10.33142/ucp.v1i1.12928

中图分类号: TM7

文献标识码: A

Current Status and Future Development Trends of Power Transformers Protection

CONG Yangming, LIU Bin, DAI Meng, LI Songfeng

TBEA Shenyang Transformer Group Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110000, China

Abstract: As an important infrastructure in modern society, the power system requires high stability and reliability in the transmission and distribution of electricity. As one of the core equipment in the power system, power transformers undertake the task of energy conversion and distribution. In order to ensure the safe operation of the power system, effective protection of power transformers is necessary. Traditional protection devices can no longer meet the growing needs of the power system. Therefore, we need to constantly explore and innovate, introduce advanced technological means, improve the performance and efficiency of the protection system, and respond to various challenges that may arise in the operation of the power system.

Keywords: power transformers; protection technology; development trends

引言

电力变压器作为电力系统中的重要组成部分, 在输配电过程中扮演着至关重要的角色。保护变压器免受损坏或过载的影响是确保电力系统安全稳定运行的关键之一。随着电力系统规模的不断扩大和技术的不断发展, 电力变压器保护技术也在不断演进和完善。探讨电力变压器保护技术的现状、面临的挑战以及未来的发展趋势, 为电力系统的安全运行提供更有效的保障。

1 电力变压器保护的概述

电力变压器保护是保障电力系统安全稳定运行的关键环节之一, 及时检测和隔离变压器可能出现的故障, 防止故障扩大损坏设备和系统, 确保电力供应的连续性和可靠性。通过应用一系列保护装置和技术, 电力变压器保护系统能够对各种故障情况作出快速响应, 包括过载、短路、接地故障等。这些保护装置和技术在电力系统中扮演着守护者的角色, 为变压器提供了全方位的保护, 确保其在各种工作条件下都能够安全可靠地运行。

2 电力变压器保护的现状

2.1 传统保护装置的应用与限制

传统的电力变压器保护装置在电力系统中起着至关重要的作用, 它们通过简单、可靠的原理来保护变压器免受各种故障的影响。其中包括过流保护、过压保护、欠压

保护、短路保护等^[1]。这些传统保护装置主要依靠电磁原理或电阻原理进行故障检测和判断, 具有响应速度快、操作简单、成本较低等优点。传统保护装置也存在一些局限性, 如对特定故障类型的识别能力有限、难以适应复杂多变的电力系统运行环境、在灵活性和智能化方面存在局限等。随着电力系统的发展和变压器技术的进步, 传统保护装置已经不能满足对电力变压器高效、智能保护的需求, 因此, 迫切需要引入更先进的现代保护技术来应对日益复杂的电力系统运行环境。

2.2 现代保护技术的应用情况

2.2.1 瓦斯保护

瓦斯保护是现代电力变压器保护中的重要技术之一, 主要应用于油浸式变压器, 原理是利用气体绝缘的特性, 通过监测变压器油箱中的气体浓度来判断变压器内部的情况。当变压器内部出现异常情况, 例如局部放电或发生故障时, 会产生气体, 使油箱内的气体浓度发生变化。瓦斯保护装置能够及时感知这些气体的变化, 并发出警报或触发保护动作, 以防止故障进一步扩大。相比传统保护装置, 瓦斯保护技术具有响应速度快、灵敏度高、对变压器内部情况的监测能力强等优势。因此, 在现代电力系统中, 瓦斯保护技术得到了广泛的应用, 为变压器的安全稳定运行提供了可靠保障。

2.2.2 差动保护

差动保护是一种现代电力变压器保护技术,原理是通过比较变压器不同侧(通常是高压侧和低压侧)的电流值,来判断变压器内部是否存在故障。在正常运行状态下,变压器的高低电压侧电流应该是相等的,如果存在故障,如短路或接地故障,将导致两侧电流不相等。差动保护装置会监测并对这种差异进行检测,一旦检测到异常,就会触发保护动作,以隔离故障并保护变压器免受损坏。差动保护技术具有响应速度快、精确度高、适用于各种类型的变压器等优点,因此在现代电力系统中得到了广泛的应用。它不仅保护变压器本身,还可以保护电力系统中其他设备和线路,提高了系统的安全性和稳定性。

2.2.3 过电流保护

过电流保护是一种常见的现代电力变压器保护技术,基本原理是监测变压器内部或周围的电流情况,一旦检测到电流超过设定的阈值,就会触发保护动作。这种保护装置可以快速、可靠地响应各种电流异常情况,如过载、短路等,从而有效地保护变压器不受损坏。过电流保护技术通常具有灵活性高、操作简便、成本较低等特点,在电力系统中得到了广泛应用。它不仅保护变压器本身,还可以保护整个电力系统免受过电流造成的影响,确保系统的安全稳定运行。

3 现阶段电力变压器保护技术的挑战

3.1 针对瞬时故障的响应速度

电力变压器保护技术在面对瞬时故障时存在响应速度不足的挑战。瞬时故障是一种持续时间极短的故障,通常在几毫秒内发生并消失。传统的保护装置可能无法在如此短的时间内准确地检测到瞬时故障的发生,导致延迟的故障识别和保护动作。这可能会使故障得不到及时隔离和处理,导致设备受损或系统运行异常。同时,瞬时故障往往具有瞬时性和间歇性,可能会在一段时间内反复出现,增加了保护系统对瞬时故障响应速度的要求。另外,随着电力系统的发展和变压器技术的进步,电力变压器的运行环境变得越来越复杂,瞬时故障的发生频率和复杂程度也在不断增加。传统的保护装置可能无法满足对这些复杂多变的瞬时故障的快速准确响应的需求,需要引入更先进的保护技术和装置来提高保护系统的响应速度和精度。因此,电力变压器保护技术在现阶段面临着针对瞬时故障响应速度不足的挑战,需要采取有效的措施来提高保护系统对瞬时故障的检测能力和响应速度,以确保电力系统的安全稳定运行。

3.2 对低压侧故障的敏感度

电力变压器保护技术在当前面临的挑战之一是对低压侧故障的敏感度不足。低压侧故障是指在变压器的低压侧或次级侧发生的故障,如接地故障或短路故障。由于低压侧故障导致的电流变化相对较小,因此传统的保护装置

可能无法准确地检测到低压侧故障的发生,或者对其响应不够灵敏。这可能导致保护系统延迟故障的检测时间,使得故障得不到及时处理,从而可能引发设备损坏或系统运行异常的问题。另外,低压侧故障的特征信号往往与正常工作状态之间的差异较小,容易与噪声或其他干扰信号混淆,导致误报或误判的问题。这会增加保护系统的误报率,降低系统的可靠性和稳定性。因此,电力变压器保护技术在现阶段面临着对低压侧故障的敏感度不足的挑战。解决这个问题需要采取有效的措施来提高保护系统对低压侧故障的检测能力和响应速度,以确保电力系统的安全稳定运行。

3.3 保护系统的复杂性与成本

电力变压器保护系统的复杂性与成本是当前面临的一个重要挑战。随着电力系统规模的不断扩大和技术的不断发展,保护系统需要涵盖更广泛的区域和更多的设备,同时需要应对多种复杂的故障情况,如短路、接地故障、过载等。因此,保护系统不可避免地变得越来越复杂。保护系统的复杂性增加带来了多方面的问题。首先,复杂的保护系统需要更多的配置和调试工作,增加了系统的设计和部署成本。其次,复杂的保护系统容易引入错误和故障,例如误报或误判,从而影响系统的可靠性和稳定性。此外,复杂的保护系统需要更多的维护和管理工作,增加了系统的运维成本和人力投入。因此,电力变压器保护技术在现阶段面临着保护系统复杂性与成本的双重挑战。解决这些问题需要采取有效的措施来简化保护系统的设计和部署过程,降低系统的配置和调试成本;优化保护系统的结构和功能,减少冗余的保护功能,提高系统的效率和可靠性;采用集成化和模块化设计,降低系统的维护成本和管理难度。

4 电力变压器保护技术未来的发展趋势

4.1 数字化与智能化

电力变压器保护技术未来的发展趋势之一是数字化与智能化。随着信息技术的不断进步,数字化和智能化已经成为电力系统发展的重要方向之一。在电力变压器保护领域,数字化与智能化技术的应用将带来以下几方面的发展趋势。首先,数字化技术的应用将推动保护装置从传统的模拟式发展到数字式。数字式保护装置具有更高的采样率、更灵活的配置、更丰富的功能和更高的精度,能够更准确地检测和响应各种故障情况^[2]。同时,数字式保护装置可以实现远程监控和管理,使得保护系统的运维更加便捷和高效。其次,智能化技术的应用将赋予保护装置更强的自学习和自适应能力。通过引入人工智能、机器学习和大数据分析等技术,保护装置可以根据实时数据和历史数据进行故障诊断和预测,提高故障检测的准确性和速度。同时,智能化技术还可以实现自动化配置和优化调整,降低了保护系统的维护成本和人力投入。此外,数字化与智能化技术的应用还将推动保护系统与电力系统的集成化发展。保护系统可以与其他电力设备和系统进行信息共享

和交互,实现对整个电力系统的全面监控和管理。通过实时数据传输和分析,可以实现对电力系统运行状态的实时监测和调整,提高了系统的安全性、可靠性和高效性。

4.2 大数据与人工智能应用

未来电力变压器保护技术的发展趋势之一是大数据与人工智能应用。随着电力系统的规模和复杂度不断增加,保护系统需要处理大量的实时数据以及历史数据,以实现电力系统运行状态的准确监测和预测。在这方面,大数据技术和人工智能技术将发挥重要作用。首先,大数据技术可以帮助保护系统实现对海量数据的高效处理和分析。通过采集、存储和处理电力系统各种设备的实时运行数据、环境数据和电力负荷数据等信息,可以实现对电力系统运行状态的全面监测和分析。同时,借助大数据分析技术,可以发现数据中的隐藏模式和规律,提取有价值的信息,为保护系统的故障诊断和预测提供重要支持。其次,人工智能技术可以提高保护系统对数据的智能化处理和利用。通过引入机器学习、深度学习等人工智能技术,保护系统可以从大数据中学习和发现规律,建立故障诊断模型和预测模型。这些模型可以根据实时数据和历史数据进行自适应更新和优化,不断提高故障诊断和预测的准确性和可靠性。同时,人工智能技术还可以实现对保护系统的智能化配置和优化调整,提高系统的自动化程度和运维效率。

4.3 新材料与传感技术的发展

未来电力变压器保护技术的发展趋势之一是新材料与传感技术的发展。随着科学技术的不断进步,新材料和传感技术的发展将为电力变压器保护系统带来更高的性能和更广阔的应用前景。首先,新材料的应用将改善保护装置的性能和可靠性。例如,具有高绝缘性能、耐高温性能和耐腐蚀性能的新型绝缘材料可以提高保护装置在恶劣环境下的稳定性和耐久性。此外,新型导电材料和磁性材料的应用也将改善保护装置的传感器和电磁元件的性能,提高系统的灵敏度和响应速度^[3]。其次,传感技术的发展将使保护系统具有更强的检测能力和智能化水平。随着传感技术的不断创新和突破,新型传感器可以实现对电力系统各种参数的高精度实时监测,如电流、电压、温度等。同时,传感技术的智能化发展使得传感器能够实现自动识别、自动校准和自适应调整,提高了系统的稳定性和可靠性。另外,新材料与传感技术的结合也将推动电力变压器保护系统的创新和升级。例如,利用新型纳米材料和光学传感技术可以实现对微观故障的高灵敏检测,提高了系统的故障诊断能力。同时,利用新型生物传感技术和生物材料也可以实现对环境污染和电力系统健康状态的实

时监测,为保护系统的智能化运维提供了新的思路和方法。

4.4 智能电网与电力系统集成

未来电力变压器保护技术的发展趋势之一是与智能电网和电力系统集成。智能电网是指利用先进的信息和通信技术,实现对电力系统各个环节的智能化监测、控制和管理,从而提高电力系统的运行效率、安全性和可靠性。首先,智能电网的发展将为电力变压器保护技术提供更广阔的应用场景和发展空间。智能电网通过实时监测和调度电力系统的各种设备和资源,可以对电力变压器的运行状态进行全面、实时的监测和管理,及时发现和处理潜在的故障和问题。保护系统可以与智能电网进行信息交互和数据共享,实现对电力系统的智能化保护和调度,提高了系统的整体安全性和稳定性。其次,电力系统集成的发展将促进保护技术与其他电力设备和系统的深度融合。电力系统集成包括对电力系统各个环节的设备和系统进行统一管理和协调控制,以实现电力系统的整体优化和协同运行。在这一过程中,保护系统作为电力系统的重要组成部分,将与其他设备和系统进行紧密的集成和协同工作,共同实现对电力系统的安全稳定运行。另外,智能电网和电力系统集成还将推动保护技术向智能化、自适应化方向发展。通过引入先进的信息和通信技术,保护系统可以实现对电力系统运行状态的实时监测和分析,自动识别和响应各种故障情况,实现对电力系统的智能化保护和调度。同时,保护系统还可以根据电力系统的实时运行情况进行自适应调整和优化,提高了系统的适应性和灵活性。

5 结语

电力变压器保护技术的未来充满挑战与机遇。我们必须不断创新,应用数字化、智能化等技术,以提升保护系统的效率和可靠性。同时,合作与共享也是推动技术发展的关键。相信在技术不断进步的推动下,电力变压器保护技术将发挥更重要的作用,确保电力系统的稳定运行。

[参考文献]

- [1]孟召彬. 电力变压器保护技术现状及未来发展趋势[J]. 化工管理, 2020(6): 136.
 - [2]赵诣,王亮,孙云奇,等. 电力变压器运行维护及故障处理技术探讨[J]. 中国设备工程, 2024(6): 77-79.
 - [3]张勇强. 电力变压器故障智能化诊断技术综述[J]. 电子技术, 2023, 52(12): 288-289.
- 作者简介: 丛洋铭(1988.4—),男,毕业院校:沈阳工业大学;所学专业:电气工程及其自动化,当前工作单位:特变电工沈阳变压器集团有限公司,职务:设计师,职称级别:工程师。