

浅谈电力变压器的电气试验与继电保护

代蒙 李松峰 刘斌 丛洋铭

特变电工沈阳变压器集团有限公司, 辽宁 沈阳 110000

[摘要] 现阶段, 我国社会对电的需求越来越大, 确保电力网的运行安全变得至关重要。因为电网运行比较复杂, 在此环节中要随时保证变压器的平稳运作。变压器肩负着输配电任务, 是电力网系统运行的根本保障, 本篇文章就变压器电气试验和继电保护的主要措施展开了论述与分析。这些措施的论述和分析有助于深入理解变压器在电力系统中的重要作用, 为确保电力系统安全运行提供了重要参考。

[关键词] 电力变压器; 电气试验; 继电保护

DOI: 10.33142/ucp.v1i1.12927

中图分类号: TM41

文献标识码: A

Brief Discussion on Electrical Testing and Relay Protection of Power Transformers

DAI Meng, LI Songfeng, LIU Bin, CONG Yangming

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

Abstract: At present, the demand for electricity in Chinese society is increasing, and ensuring the safe operation of the power grid has become crucial. Due to the complexity of power grid operation, it is necessary to ensure the smooth operation of transformers at all times. Transformers shoulder the task of transmission and distribution, and are the fundamental guarantee of power grid system operation. This article discusses and analyzes the main measures of transformers electrical testing and relay protection. The discussion and analysis of these measures help to deeply understand the important role of transformers in the power system and provide important references for ensuring the safe operation of the power system.

Keywords: power transformers; electrical testing; relay protection

引言

在电力系统中, 电力变压器是起到电压变换和功率传输的关键设备之一。为确保电力变压器的安全可靠运行, 电气试验和继电保护是至关重要的环节。电气试验旨在评估变压器的绝缘性能、负载能力和稳定性等关键指标, 从而保障其在电力系统中的可靠性和安全性。而继电保护则是通过在电力系统中设置各种保护装置, 监测和识别电力系统中的故障和异常情况, 并采取相应措施, 及时切断故障部分, 以保护设备和系统的安全运行。本文将就电力变压器的电气试验与继电保护展开讨论, 探讨其在电力系统中的重要性、基本原理和应用实践, 以及未来发展趋势和挑战。

1 电力变压器的重要性

电力变压器作为电力系统的核心组成部分, 扮演着至关重要的角色。它们承担着将电能从发电站输送到各个终端用户的关键任务, 实现了电能的传输、分配和变换。电力变压器的性能和可靠性直接影响着电力系统的稳定运行和供电质量。无论是工业生产、商业用电还是家庭生活, 都离不开电力变压器的支持。在现代社会中, 随着电力需求的不断增长和电网的不断扩建, 电力变压器的重要性日益凸显。因此, 确保电力变压器的正常运行, 保障电力系统的安全稳定供电, 对于社会经济的发展 and 人民生活改善具有重要意义。

2 电力变压器的电气试验

2.1 高压试验

2.1.1 高压试验的意义与作用

高压试验是电力变压器电气试验中的关键环节, 其意义和作用不言而喻。首先, 高压试验是确保电力变压器绝缘性能的重要手段。通过施加高电压, 可以检验变压器的绝缘结构和材料是否符合设计要求, 以保证其在高电压下的安全运行。其次, 高压试验是发现潜在缺陷和隐患的有效手段。在高压下, 如果变压器存在绝缘缺陷或者局部放电现象, 往往会导致绝缘击穿, 从而暴露出可能存在的安全隐患。通过高压试验, 可以及时发现并排除这些潜在故障, 提高变压器的可靠性和安全性^[1]。另外, 高压试验也是对电力变压器整体质量的检验和验证。只有通过了高压试验, 才能确保电力变压器在实际运行中能够稳定可靠地工作, 从而保障电网的安全稳定运行。

2.1.2 高压试验的方法与流程

高压试验是电力变压器电气试验中的重要环节, 其方法与流程经过精心设计, 旨在确保变压器的安全性和可靠性。一般而言, 高压试验的方法主要包括以下几个步骤。首先, 准备工作, 包括对高压试验设备的检查和校准, 确保设备的正常运行; 其次, 对变压器进行预处理, 包括清洁表面、检查绝缘表面是否完好等; 接着, 将高压试验设备连接到变压

器的绝缘部分,确保连接稳固可靠;然后,按照预定的测试电压和时间参数进行高压施加,监测变压器的绝缘电阻、泄漏电流等关键参数;最后,根据测试结果进行评估,判断变压器是否通过高压试验,如果发现异常,及时进行故障排查和修复。整个高压试验过程需要严格按照规定的操作流程和安全标准进行,确保测试的准确性和可靠性。

2.2 绝缘电阻测试

2.2.1 绝缘电阻测试的原理

绝缘电阻测试是电力变压器电气试验中的重要内容,其原理基于绝缘材料的电阻特性。在绝缘电阻测试中,通过施加直流电压,通常为 500V 或 1000V,将测试电压施加在待测绝缘部分上,然后通过测量测试电流来计算绝缘电阻值。绝缘电阻的大小反映了绝缘材料对电流的阻碍能力,即绝缘的质量和绝缘性能。其基本原理是利用欧姆定律,即电流与电压之比等于电阻值,即 $I=V/R$,其中 I 为电流, V 为电压, R 为电阻值。当绝缘材料完好时,电流极小,电阻值较大;而当绝缘材料存在缺陷或损坏时,电流会增大,电阻值减小。因此,通过测量绝缘电阻值,可以评估绝缘的健康状况,及时发现潜在的故障隐患,从而保障电力设备的安全运行。

2.2.2 绝缘电阻测试的实施步骤

绝缘电阻测试的实施步骤需要经过仔细的计划和操作,以确保测试的准确性和可靠性。首先,进行准备工作,包括确认测试仪器的准备情况和状态是否良好,检查测试电压是否符合规定,确保测试环境干燥通风,避免外部因素对测试结果的影响。接着,清洁被测试设备的绝缘表面,确保表面干净无尘,以保证测试的准确性。然后,将测试电极正确连接到被测设备的绝缘表面,并确保连接牢固可靠,避免因接触不良导致测试结果不准确。接下来,设置测试仪器的参数,包括测试电压、测试时间等,根据被测设备的规格和要求进行调整。进行测试时,应注意监测测试过程中的电流变化,确保测试过程中的数据稳定。最后,根据测试仪器显示的测试结果进行记录和分析,评估绝缘电阻的情况,并根据需要采取相应的措施。

2.3 负载试验

2.3.1 负载试验的目的与意义

负载试验作为电力变压器电气试验中的重要环节,其目的与意义不言而喻。首先,负载试验旨在评估电力变压器在实际负载条件下的性能表现。通过模拟实际工作负载,对变压器进行负载试验可以检验其在负载变化、负载波动等情况下的稳定性和可靠性,验证其是否能够满足实际工作要求。其次,负载试验有助于发现潜在的性能问题和故障隐患^[2]。在负载试验过程中,如果发现变压器在承载负载时出现异常现象,如温升过高、电压波动等,往往表明存在负载能力不足、绝缘材料老化等问题,需要及时调整和修复,以确保其安全稳定运行。此外,负载试验也可以为变压器的性能评价提供重要参考依据。通过负载试验,可以获

取变压器在不同负载条件下的性能数据,如负载损耗、效率、温升等,为后续的运行管理和维护提供数据支持。

2.3.2 负载试验的实施方法

负载试验的实施方法需要经过精心设计和严格执行,以确保测试的准确性和可靠性。首先,确定负载试验的具体方案,包括负载大小、持续时间等参数。根据变压器的额定容量和设计要 求,确定负载试验的负载水平,通常可以选择额定负载、过载或部分负载等不同条件。其次,准备负载试验设备和工具,包括负载箱、电表、温度计等测试仪器,确保其工作状态良好,并进行必要的校准和检查。然后,将负载箱正确连接到变压器的负载端口,确保连接牢固可靠,避免因接触不良导致测试结果不准确。接下来,设置负载箱的负载参数,如负载大小、功率因数等,根据实际情况进行调整。进行测试时,应注意监测变压器的运行状态,包括电压、电流、温度等参数,及时发现异常情况并采取相应的措施。最后,根据测试结果进行记录和分析,评估变压器在不同负载条件下的性能表现,发现问题并及时处理。

3 电力变压器的继电保护

3.1 继电保护的基本概念

继电保护作为电力系统中重要的安全保护手段,是指通过在电力系统中设置各种保护装置,以便在系统发生故障或异常情况时,迅速采取措施,切断故障部分,保护电力设备和系统的安全稳定运行。其基本概念涵盖了对电力系统各种故障、异常情况的识别和判断,以及对这些情况作出相应反应的能力。继电保护系统依靠各种电气、电子和通信技术,对电力系统进行实时监测和保护,通过检测电流、电压等参数的变化,实现对电力设备和系统的快速保护。其核心目标是保障电力系统的安全稳定运行,防止故障扩大和事故发生,最大限度地减少对系统的影响,保障供电可靠性。

3.2 继电保护的分类

3.2.1 过流保护

过流保护是电力系统中常见的一种继电保护方式,其基本原理是监测电流的大小,并在电流超过设定阈值时,及时切断电路,以防止设备受损或系统发生事故。过流保护通常用于检测系统中的短路故障或过载情况。在短路情况下,电流会突然增大到异常高的水平,此时过流保护会迅速动作,切断电路,防止短路扩大,保护设备和系统的安全运行。而在过载情况下,虽然电流也会增大,但并未达到短路的程度,此时过流保护可以根据设定的时间-电流特性曲线,延时动作或选择性地保护故障部分,保障系统的正常运行。过流保护的特点是简单可靠、响应速度快,能够有效地保护电力系统的设备和线路。在电力变压器中,过流保护通常设置在变压器的高压侧和低压侧,以保护变压器和与之连接的线路不受过流损伤。

3.2.2 过压保护

过压保护是电力系统中重要的继电保护方式之一,其

主要功能是监测系统电压，并在电压超过设定阈值时，采取相应措施，以防止设备受损或系统发生事故。过压保护通常用于防止电力系统中出现过电压情况，如雷电冲击、系统失压、开关操作不当等引起的电压暂降或突变。当系统电压异常升高时，过压保护会快速动作，切断电路，保护设备免受电压损伤。其主要原理是通过检测电压的大小，并与设定的保护阈值进行比较，一旦超过设定值，即触发保护动作。过压保护在电力变压器中具有重要作用，特别是在变压器的高压侧，可以有效保护变压器绝缘系统和绕组不受电压的损害。

3.2.3 欠压保护

欠压保护是电力系统中重要的继电保护方式之一，其主要功能是监测系统电压，并在电压低于设定阈值时，采取相应措施，以防止设备受损或系统发生事故。欠压保护通常用于防止电力系统中出现电压不足的情况，如系统失压、负载过大、线路故障等引起的电压下降或波动^[3]。当系统电压异常下降到设定的保护阈值以下时，欠压保护会迅速动作，切断电路，以保护设备免受欠压损伤。其主要原理是通过检测电压的大小，并与设定的保护阈值进行比较，一旦低于设定值，即触发保护动作。欠压保护在电力变压器中具有重要作用，特别是在变压器的低压侧，可以有效保护变压器绝缘系统和绕组不受欠压的影响。

3.2.4 过载保护

过载保护是电力系统中常见的一种继电保护方式，其主要功能是监测系统中的电流，并在电流超过设定阈值时，采取相应措施，以防止设备受损或系统发生事故。过载保护通常用于防止电力系统中出现过载情况，即电流超过设备或线路的额定容量，可能导致设备过热、损坏或线路故障等问题。当系统电流异常增大到设定的保护阈值以上时，过载保护会迅速动作，切断电路，以保护设备免受过载损伤。其主要原理是通过检测电流的大小，并与设定的保护阈值进行比较，一旦超过设定值，即触发保护动作。过载保护在电力变压器中具有重要作用，特别是在变压器的高压侧和低压侧，可以有效保护变压器绕组不受过载的影响，防止变压器过热损坏。

3.2.5 短路保护

短路保护是电力系统中至关重要的一种继电保护方式，其主要作用是在电力系统中发生短路故障时，迅速切断故障部分，以保护设备和系统的安全运行。短路故障是电力系统中常见的故障类型之一，可能由设备故障、外部因素（如雷击）或人为操作等原因引起，一旦发生，可能导致设备损坏、电网中断甚至事故发生。因此，短路保护的及时动作对于防止故障扩大、保障系统稳定运行至关重要。短路保护的原理是通过检测电流的异常增大，并在电流超过设定阈值时，迅速动作，切断故障部分，防止故障扩大。其主要特点是动作速度快、可靠性高，能够有效地保护电力设备和系统不受短路故障的影响。在电力变压器

中，短路保护通常设置在变压器的高压侧和低压侧，以保护变压器和与之连接的线路不受短路损伤。

4 电气自动化系统继电保护安全技术应用对策

电气自动化系统在继电保护中的安全技术应用对策至关重要。随着电力系统规模的不断扩大和复杂性的增加，以及电力设备的更新换代，对继电保护技术提出了更高的要求。为此，需要采取一系列对策来确保电气自动化系统继电保护的安全可靠性。首先，应加强继电保护技术研究和创新，不断提升继电保护装置的智能化水平和故障诊断能力。通过引入先进的数字保护装置、智能化算法和模型辅助决策系统，提高继电保护的响应速度和准确性，降低误动作率，提高系统的稳定性和可靠性^[4]。其次，应加强对继电保护装置的在线监测和维护管理，建立完善的巡检制度和故障诊断机制。及时发现并排除继电保护装置的故障隐患，提高系统的可靠性和安全性。另外，应加强对继电保护人员的培训和技能提升，提高其对继电保护原理和装置操作的理解和熟练程度，确保其能够熟练操作继电保护装置，并能够有效应对各种复杂情况，保障系统的安全稳定运行。此外，还应加强对电气自动化系统的信息安全防护，采取有效措施防范网络攻击和数据泄露等风险，保障系统的安全性和可靠性。

5 结语

电力变压器的电气试验和继电保护是保障电力系统安全稳定运行的重要环节。通过电气试验，可以全面评估变压器的性能和可靠性，为其安全运行提供了重要的保障。而继电保护则作为电力系统中的“安全守护者”，及时监测和响应系统中的故障和异常情况，保障了变压器及整个电力系统的安全运行。本文通过对电力变压器的电气试验和继电保护的探讨，旨在强调其在电力系统中的重要性和必要性。在我国电力需求不断增长的背景下，加强对电力变压器的电气试验和继电保护工作，对于确保电力系统的安全稳定运行，提高供电可靠性，具有重要的现实意义。希望本文能够为相关领域的研究和实践提供一定的参考和启示。

【参考文献】

- [1] 王李. 电力变压器的电气试验与继电保护分析[J]. 电子技术, 2024, 53(2): 242-243.
- [2] 王荣琛. 电力变压器的电气试验与继电保护探讨[Z]// 中国电力技术市场协会. 2023年电力行业技术监督工作交流会暨专业技术论坛论文集(上册). 神华(故城)新能源有限责任公司; 2023: 4.
- [3] 冯澄. 电力变压器电气高压试验技术和关键点分析[J]. 冶金管理, 2021(5): 99-100.
- [4] 陈李林. 浅谈电力变压器高压电气试验的技术要点[J]. 数字通信世界, 2019(10): 88-90.

作者简介：代蒙（1992.12—），男，毕业院校：哈尔滨理工大学，所学专业：电机与电器，当前就职单位：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。