

# 继电保护技术在变压器故障解决中的应用分析

王卫卫

国网河南省电力公司延津县供电公司 河南 延津 453200

**摘要：**随着电力需求的日益增长和电网规模的不断扩大，变压器作为电力系统中至关重要的设备，其运行安全性和可靠性日益受到关注。然而，变压器在运行过程中难免会遇到各种故障，如不及时处理，将严重威胁电力系统的稳定运行。因此，继电保护技术作为保障变压器及电网安全的重要手段，其应用与发展具有重要意义。本文旨在探讨继电保护技术在变压器故障解决中的应用及其未来发展趋势，以期对相关领域的研究与实践提供参考。

**关键词：**继电保护技术；变压器；故障解决；应用分析

引言：变压器在实际运行中会存在很多干扰，要想提高其稳定性和高效性，就要有效协调变压器和继电保护技术的关系，从而使得变压器能够朝着自动化方向发展。在此期间，需要针对变压器运行存在的问题进行及时的完善，研究继电保护技术在变压器故障解决中的应用，以便电力企业能够获得可持续发展以及为社会各界提供安全性、智能性电力支持。

## 1 继电保护的作用

### 1.1 确保系统稳定

电力系统的稳定运行是供电质量和可靠性的基石。当系统中发生短路、过载等故障时，如果不及时采取措施，故障可能会迅速扩大，甚至引发系统崩溃。继电保护系统通过实时监测电网状态，一旦检测到故障信号，便能迅速而准确地切除故障设备或区域，从而有效遏制故障的蔓延，确保整个电力系统的稳定运行。这种快速的故障响应机制，对于防止大规模停电、保护重要负荷具有重要意义。

### 1.2 保护设备安全

电力设备是电力系统的重要组成部分，其运行状态直接关系到供电的可靠性和安全性。在故障发生时，设备往往会承受巨大的电流冲击和机械应力，如果长时间得不到有效保护，将造成设备严重损坏，甚至报废。继电保护通过及时切除故障，减少了设备在故障状态下的运行时间，从而大大降低了设备损坏的程度，延长了设备的使用寿命。这不仅有助于降低电力企业的运维成本，也提高了设备的可靠性和可用性。

### 1.3 减少停电范围

停电对于用户来说，意味着生产中断、生活不便和经济损失。因此，减少停电范围、缩短停电时间一直是电力系统追求的目标之一。继电保护系统通过精确判断故障位置和类型，实现了对故障区域的快速隔离。这

样，只有故障区域及其附近的用户会受到影响，而系统其他部分则可以继续正常运行<sup>[1]</sup>。这种有针对性的故障隔离策略，有效缩小了停电范围，降低了停电对用户的影响。

## 1.4 提供故障信息

在电力系统运行中，故障分析是提升系统可靠性、预防类似故障再次发生的重要手段。继电保护系统不仅具有快速切除故障的功能，还能够记录故障发生时的相关信息，如故障类型、故障位置、故障时间等。这些数据为后续的故障分析提供了宝贵的资料支持，使得技术人员能够迅速定位故障原因、制定修复方案，并采取相应的预防措施，以避免类似故障的再次发生。

## 2 变压器故障类型及危害

### 2.1 变压器内部故障

变压器内部故障是指发生在变压器油箱内部的故障，一旦发生，将迅速产生高温电弧，其危害不容忽视。（1）绕组相间短路：这是变压器内部最为严重的故障之一。当绕组之间发生短路时，短路电流极大，会在极短的时间内产生大量热量，导致绕组绝缘材料迅速老化、烧毁，甚至引发火灾。高温还会使变压器油分解，产生大量气体，增加油箱内部压力，有可能导致油箱局部变形、破裂，甚至引发油箱爆炸事故，对周围环境和设备造成巨大破坏。（2）绕组匝间短路：虽然匝间短路产生的电流相对较小，但其长期存在会导致绕组局部过热，加速绝缘老化，进而可能发展为相间短路，造成更严重的后果。此外，匝间短路还会引起电磁力的不平衡，导致变压器振动加剧，影响设备的稳定运行。（3）中性点接地系统绕组接地短路：在中性点接地系统中，如果绕组发生接地短路，将产生较大的接地电流，对变压器造成冲击。这种故障不仅会导致绕组绝缘损坏，还可能引起系统电压波动，影响其他设备的正常运行。

### 2.2 变压器外部故障

变压器外部故障主要发生在变压器套管和引出线上,包括相间短路和接地短路。(1)相间短路:当变压器套管或引出线发生相间短路时,短路电流会迅速增大,对变压器造成巨大的冲击。这种冲击可能导致变压器绕组变形、绝缘损坏,甚至引发内部故障。短路电流还可能引起系统电压骤降,影响其他设备的正常运行。

(2)接地短路:接地短路虽然产生的电流相对较小,但长期存在会导致变压器中性点电位偏移,影响系统的电压分布。接地短路还可能引起系统谐振,加剧设备的振动和噪声,降低设备的使用寿命。

### 3 继电保护技术在变压器故障解决中的具体应用

#### 3.1 过电流保护在变压器故障解决中的应用

##### 3.1.1 定时限过电流保护

定时限过电流保护动作时间是预设且固定的,不随故障电流的大小而变化。这一特性使得保护动作具有明确的时间预期,便于系统调度与故障分析。在实际应用中,通过精确计算变压器承受短路电流的能力及系统允许的停电时间,设定合理的保护动作时间,确保在故障发生时既能迅速隔离故障点,又不过度影响系统稳定性。定时限过电流保护常与其他保护方式配合使用,形成多重保护屏障,提高保护的可靠性。

##### 3.1.2 反时限过电流保护

反时限过电流保护的動作时间随故障电流的增加而缩短,体现了“电流越大,动作越快”的原则。这种保护方式在应对极端短路故障时尤为有效,能够迅速切除故障,减少故障电流对变压器的冲击时间,降低设备损坏风险。反时限特性通过继电器内部的热元件或电磁元件实现,这些元件在电流通过时会发热或产生磁通,进而触发保护动作<sup>[2]</sup>。其设计需综合考虑变压器的热稳定性、短路电流水平及系统保护协调等因素,确保保护动作既迅速又准确。

#### 3.2 差动保护在变压器故障解决中的应用

差动保护以其高灵敏度和高可靠性,在变压器内部故障检测中占据重要地位。其工作原理基于基尔霍夫电流定律,通过比较变压器两侧(通常是高压侧和低压侧)电流的差异来判断是否发生内部故障。

##### 3.2.1 比率制动差动保护

比率制动差动保护通过引入制动电流的概念,有效提高了保护的抗干扰能力和选择性。在正常运行或外部故障时,变压器两侧电流基本相等,差流接近于零;而在内部故障时,差流显著增大。比率制动差动保护根据差流与制动电流的比值(即比率)来判断是否动作,当比值超过预设的整定值时,保护动作。该保护方式能够有效防止

因外部故障引起的差流误动,提高保护的可靠性。

##### 3.2.2 二次谐波制动差动保护

变压器空载合闸或外部故障切除时,可能产生较大的励磁涌流,该涌流中包含丰富的二次谐波成分。二次谐波制动差动保护正是利用这一特性,通过检测差流中的二次谐波含量来判断是否为励磁涌流引起的差流增大,从而避免保护误动。当差流中二次谐波含量超过一定阈值时,保护装置将暂时闭锁,待谐波衰减后再恢复正常工作。这种保护方式对于提高变压器空载投入时的保护可靠性具有重要意义。

#### 3.3 瓦斯保护在变压器故障解决中的应用

##### 3.3.1 瓦斯保护原理与实现

变压器内部发生故障时,如绕组短路、绝缘击穿等,会产生大量的热和气体。这些气体会通过变压器油箱的排气管道进入瓦斯继电器。瓦斯继电器内部设有浮子和干簧管等敏感元件,当气体积累到一定程度时,会推动浮子上升或使干簧管触点闭合,从而发出报警或跳闸信号<sup>[3]</sup>。瓦斯保护能够迅速响应变压器内部的轻微至严重故障,是变压器内部故障检测的重要手段。

##### 3.3.2 应用场景与优势

瓦斯保护特别适用于检测变压器内部绕组的匝间短路、层间短路及铁芯故障等难以通过电气量直接反映的故障。其优势在于反应速度快、灵敏度高且能直接反映故障位置,为故障的快速定位与处理提供了有力支持。然而,瓦斯保护也存在一定的局限性,如易受外部因素(如油位波动、气温变化等)影响导致误报,因此在实际应用中需结合其他保护方式综合判断。

#### 3.4 温度保护在变压器故障解决中的全面监控

温度是变压器运行状态的重要指示之一,过高的温度会加速绝缘老化、影响设备寿命甚至引发故障。温度保护通过实时监测变压器温度并采取相应措施,确保变压器在允许的温度范围内运行。

##### 3.4.1 温度监测技术

温度保护的实现依赖于先进的温度监测技术,包括热敏电阻、热电偶、红外测温等。这些传感器能够准确测量变压器绕组、铁芯及油温等关键部位的温度,并将数据传输至监控系统。监控系统根据预设的温度阈值进行判断,一旦温度超过允许范围,即触发报警或保护动作。

##### 3.4.2 预警与保护措施

温度保护不仅限于简单的超温跳闸,还包括温度预警、负荷调整、冷却系统启动等多种保护措施。当变压器温度接近或略超允许范围时,监控系统首先发出预警信号,提醒运行人员注意;可根据实际情况调整变压器

负荷，减少发热量；若温度持续上升，则启动冷却系统加强散热。这些措施共同构成了变压器温度保护的综合性体系，有效保障了变压器的安全稳定运行。

#### 4 继电保护技术在变压器故障解决中的发展趋势

##### 4.1 智能化

智能化是继电保护技术发展的必然趋势，其核心在于将人工智能、机器学习、大数据分析等先进技术融入保护逻辑中，使保护装置具备自我学习、自我优化和自我决策的能力。（1）故障自动诊断与预测：通过集成智能算法，继电保护装置能够实时分析变压器运行数据，自动识别异常信号，预测潜在故障的发生，实现从“故障后响应”到“故障前预防”的转变。这不仅能够显著减少故障发生的概率，还能在故障初期迅速介入，避免故障扩大化。（2）精准故障定位：智能化技术使得继电保护能够更精确地定位变压器故障点，通过大数据分析故障特征，结合变压器内部结构知识库，快速锁定故障位置，为维修人员提供准确的故障信息，缩短故障排查时间。（3）自适应保护策略：传统的继电保护策略往往基于固定的整定值，难以适应电力系统运行状态的动态变化。而智能化的继电保护技术能够根据系统实际运行情况，自动调整保护参数和策略，实现保护性能的最优化，提高保护的灵活性和适应性。（4）智能化运维管理：通过物联网技术，将变压器及其保护装置接入统一的运维管理平台，实现设备的远程监控、状态评估、故障诊断及维护指导，降低运维成本，提高运维效率。

##### 4.2 数字化

数字化技术的深入应用是提升继电保护装置性能的重要途径：（1）高精度测量：数字化继电保护装置采用高精度传感器和数字化处理技术，能够实现对电气量的高精度测量，减少测量误差，提高保护判据的准确性。这对于识别变压器微弱故障信号、提高保护灵敏度具有重要意义。（2）快速数据处理：数字化继电保护装置内部采用高速数字信号处理器（DSP）或现场可编程门阵列（FPGA）等高性能芯片，能够实现对海量数据的快速处理和分析，缩短保护动作时间，提高保护的响应速度。（3）信息共享与交互：数字化继电保护装置支持标准的通信协议，能够实现与变电站其他智能设备之间的信息共享与交互，为构建全数字化的变电站奠定基础。这有助于实现保护信息的集中处理与智能决策，提高保护系统的整体性能。（4）简化系统结构：数字化技术的应用

使得继电保护系统的结构更加简洁明了，减少了传统模拟信号传输过程中的衰减和干扰问题，提高了系统的稳定性和可靠性。

##### 4.3 网络化

通过网络化技术，可以将变压器保护装置与远程监控中心连接起来，实现保护信息的实时传输与共享，为运行人员提供全面的变压器运行状态监控和管理手段。

（1）远程监控与诊断：运行人员可以通过网络远程监控变压器的运行状态和保护装置的工作情况，及时发现并处理异常情况。借助远程诊断系统，专家可以在线对保护装置的故障进行远程分析和指导，提高故障处理效率。（2）集中控制与调度：网络化继电保护系统支持集中控制与调度功能，可以实现对多个变压器保护装置的统一管理和控制。在紧急情况下，系统能够自动切换保护策略或调整保护定值，确保电网的安全稳定运行。

（3）信息集成与共享：网络化技术使得不同厂家、不同型号的变压器保护装置之间能够实现信息集成与共享，打破了信息孤岛现象。这有助于构建统一的电网保护信息平台，为电力系统的智能化、自动化管理提供有力支持。（4）提高运维效率：通过网络化技术，可以实现对变压器保护装置的远程升级、配置和测试等操作，减少现场工作量和人为错误。利用大数据分析技术可以对保护装置的运行数据进行深入挖掘和分析，为优化保护策略、提高保护性能提供数据支持。

#### 结语

综上所述，继电保护技术在变压器故障解决中发挥着至关重要的作用。通过过电流保护、差动保护、瓦斯保护及温度保护等多种保护方式的综合运用，实现了对变压器故障的快速响应与有效隔离，确保了电力系统的安全稳定运行。展望未来，随着智能化、数字化、网络化技术的不断发展，继电保护技术将不断革新与升级，为变压器及电网提供更加全面、高效、智能的保护方案。

#### 参考文献

- [1] 张晓宇. 电力系统继电保护技术的应用研究[J]. 电力设备管理, 2023(8):47-49.
- [2] 蒙瑞, 曹永宽. 电力变压器的继电保护技术的应用实践[J]. 百科论坛电子杂志, 2020(12):1713.
- [3] 马涛. 变压器故障解决中继电保护技术的应用研究[J]. 文渊(小学版), 2023(8):677-679.