

# 电厂220kV主变压器继电保护配置与整定计算

王翊轩 张 超

广西右江水利开发有限责任公司 广西南宁 533000

**摘要:** 220kV主变压器一旦发生故障很容易引发区域性停电,科学开展继电保护配置与整定计算是保障其安全运行的关键。本文以纵联差动保护与瓦斯保护为主保护,高/中/低压侧过电流、零序电流、过负荷保护为后备保护,并补充励磁涌流抑制等特殊工况保护。整定计算中,基于主变额定容量、短路阻抗及系统参数推导差动门槛值、过流动作电流等关键定值,兼顾选择性、速动性与灵敏性。研究更好地完善了220kV主变保护体系,旨在为电厂保护设计、调试及运维提供标准化参考,有效降低故障风险,保障电力系统稳定。

**关键词:** 220kV; 主变压器; 继电保护; 配置方案; 整定计算

## 引言

220kV主变压器在电厂中承担着电压变换与功率分配的核心功能,其运行稳定性与电网供电可靠性密切相关。然而,当前部分电厂主变保护存在励磁涌流误动、整定计算依赖经验、保护与状态监测脱节等问题,难以适配新能源并网下的谐波干扰与复杂工况。继电保护作为故障快速切除的“第一道防线”,其合理配置与精准整定是规避事故扩大的关键。本文围绕220kV主变压器主/后备保护选型、整定计算方法展开研究,旨在完善该等级主变保护理论体系,为现场保护设计与运维提供可落地的技术方案,助力电厂提升主变安全运行水平。

## 一、电厂220kV主变压器继电保护概述

### (一) 电厂220kV主变压器结构与运行特性

电厂220kV主变压器多采用三相三绕组或自耦变压器结构,第三绕组为三角形接线以抑制谐波,主要包括铁芯、绕组、油箱、储油柜、冷却装置和保护装置等零部件。铁芯由硅钢片叠压而成,绕组采用纠结式铜导线绕制以提高绝缘性能。油箱内充满变压器油,兼具绝缘和散热功能,储油柜通过呼吸器调节油位并过滤空气中的水分。冷却装置采用强迫油循环风冷技术,通过油泵和风扇加速热量散发。实际运行中,变压器需实时监测油温、油位、气体产生量等参数,例如瓦斯继电器可检测内部故障产生的气体,当气体积累至250-300cm<sup>3</sup>时触

发轻瓦斯报警,油流速度超过0.6-1.5m/s时启动重瓦斯跳闸。此外,有载调压分接开关可在不中断供电的情况下调节电压,确保系统稳定性。

### (二) 继电保护的基本要求

主变压器继电保护应坚持可靠性、选择性、速动性和灵敏性原则。可靠性要求保护装置在故障时可靠动作(可信赖性),在非故障时不误动(安全性),其实现依赖于高质量元件、简化回路设计及定期维护。选择性强调仅切除故障设备,最小化停电范围,例如通过阶梯式时间整定实现上下级保护配合。速动性要求快速切除故障,以减少设备损坏和系统失稳风险,如高压电网故障切除时间需控制在0.1秒内。灵敏性指保护对故障的响应能力,需通过灵敏系数(通常1.2-2.0)量化评估,确保在短路点位置、类型或过渡电阻变化时仍能可靠动作。三者需统筹协调,例如220kV以上电网更侧重不拒动,而母线保护则优先防止误动。

### (三) 主变压器常用继电保护类型及原理

1. 差动保护。即通过比较变压器高低压侧电流互感器的二次电流差值,检测内部故障(如匝间短路)。正常时差流为零,故障时差流增大至整定值即动作跳闸,具有速动性和高灵敏性。

2. 瓦斯保护。利用故障产生的气体触发动作,轻瓦斯报警(气体量250-300cm<sup>3</sup>),重瓦斯跳闸(油流速度0.6-1.5m/s),专用于油箱内部故障。

3. 后备保护。通常包括过电流保护、零序电流保护和距离保护,多作为主保护失效时的补充。例如,过电流保护按最大负荷电流整定,零序保护监测中性点电流。

4. 特殊工况保护。过励磁保护监测电压与频率比值,

**作者简介:** 王翊轩,1997年1月,男,壮族,广西壮族自治区百色市人,大学本科,主要研究方向:继电保护及安全稳定控制系统。

防止铁芯饱和；低电压保护避免设备在电压波动时损坏。

## 二、电厂 220kV 主变压器继电保护配置方案

### (一) 主保护配置分析

主保护配置是否科学合理对电厂 220kV 主变压器的安全稳定运行具有极大的影响，通常采取纵联差动保护和瓦斯保护两种。

纵联差动保护的核心原理是基于基尔霍夫电流定律，通过精确比较变压器各侧电流的大小和相位关系，能够迅速且精准地检测出变压器绕组及其引出线上的相间短路、接地短路等故障。一旦检测到故障，其能在极短的时间内动作，几乎不存在延时，从而有效限制故障的进一步发展，避免故障电流对变压器绕组造成严重烧毁，极大地减少了设备损坏程度和修复成本。

相对而言，瓦斯保护则更侧重于变压器油箱内部故障的监测。当变压器油箱内部发生匝间短路、铁芯故障等异常情况时，会产生电弧，使绝缘材料分解并产生大量气体<sup>[1]</sup>。瓦斯保护利用气体继电器来感知这些变化，根据气体产生的速度和油流速度的不同，分为轻瓦斯和重瓦斯保护。轻瓦斯保护会在气体积累到一定程度时发出报警信号，提醒运维人员及时检查设备状态；而重瓦斯保护则在故障较为严重时，直接动作跳闸，迅速切除故障变压器，防止故障扩大引发更严重的后果。纵联差动保护和瓦斯保护相互配合、互为补充，前者主要应对变压器外部及绕组整体故障，后者专注于油箱内部故障，共同构建起一道坚固的主保护防线，确保在各种故障情况下都能快速、可靠地动作，保障电力系统的安全稳定运行。

### (二) 后备保护配置分析

后备保护配置可以为 220kV 主变压器提供多层次、全方位的安全保障，主要包括近后备保护、远后备保护和特殊工况保护三种。

首先，近后备保护是主变自身故障的二次保障机制，当主保护由于装置故障、定值设置错误、二次回路问题等原因而拒动时，近后备保护能够及时发挥作用，动作切除故障。其就像是主保护的“替补队员”，确保在主保护失效的情况下，故障仍能被迅速处理，避免故障进一步恶化，损坏变压器设备，减少停电范围和停电时间，降低经济损失。

其次，远后备保护则主要聚焦于相邻设备故障时的协同防护。电力系统中各类设备之间相互关联，当相邻线路或设备发生故障，而其自身的保护装置拒动时，主变的远后备保护可以动作跳闸，切除故障，防止故障蔓

延至整个电网，引发大面积停电事故，维护电网的稳定运行<sup>[2]</sup>。

此外，特殊工况保护多是针对变压器在过励磁、过负荷等特殊运行条件下可能出现的异常情况而设置。例如，当变压器过励磁时，铁芯会饱和，产生大量谐波和过热现象，特殊工况保护可以实时监测这些参数，当超过设定值时发出报警信号或采取相应的保护动作，如调整变压器分接头、切除部分负荷等，避免设备损坏，提高变压器应对特殊工况的能力，增强整个电力系统的可靠性和稳定性。

### (三) 智能电站下的保护配置优化分析

随着时代的发展，现如今智能电站建设规模持续扩大，只有不断优化 220kV 主变压器保护配置才能更好地适应现代化电力系统发展实际需求，具体可从以下几个方面着手：

首先，数字化保护装置选型是优化的基础环节。选用高性能、高可靠性的数字化保护装置，具备强大的数据处理能力和高速通信接口，能够快速准确地采集、分析和处理变压器的各种运行数据和故障信息。其采用先进的算法和智能技术，可提高保护的灵敏度、选择性和可靠性，减少误动作和拒动作的发生。

其次，冗余配置是提高保护可靠性的重要手段。通过设置双重或多重保护装置，当一套装置出现故障时，另一套装置仍能正常工作，确保保护功能不间断。同时，采用不同的保护原理和实现方式，避免因共同因素导致多套装置同时失效，进一步提高保护的冗余度和容错能力<sup>[3]</sup>。

此外，状态监测与保护联动是智能电站保护配置的亮点。通过实时监测变压器的运行状态，如温度、油位、振动、局部放电等参数，将这些信息与保护装置相连。当设备状态出现异常时，保护装置可以根据预设的策略提前做出反应，调整保护定值或发出预警信号，实现从“事后保护”到“事前预防”的转变。例如，当监测到变压器局部放电异常时，保护装置可以提前加强监视或采取限负荷等措施，避免故障的发生，有效提升变压器的运行安全性和智能化水平，适应智能电网的发展需求。

## 三、电厂 220kV 主变压器继电保护整定计算

### (一) 主保护整定计算

主保护整定计算与保护能否快速、准确动作切除故障关系密切。其中纵联差动保护是核心，但整定需综合考虑多方面因素，首先根据主变额定参数计算额定差动电流，公式为：

$$I_{dr} = \frac{Sn}{\sqrt{3}U_n}$$

其中,  $Sn$  为主变额定容量 (如 120MVA),  $U_n$  为高压侧额定电压 (220kV)。

实践中需注意,一方面,启动电流整定要躲过变压器正常运行时的最大不平衡电流,涉及变压器各侧电流互感器的变比、特性差异以及外部短路时的穿越电流等因素。同时,为防止励磁涌流导致误动,要采用合适的励磁涌流鉴别方法并相应整定,如二次谐波制动比,一般取 15%~20%。比率制动特性曲线的整定也十分关键,通过合理设置拐点电流和制动系数,确保在区内故障时有足够的灵敏度,区外故障时可靠不误动<sup>[4]</sup>。另一方面,瓦斯保护整定则主要依据气体继电器的动作特性,轻瓦斯按气体容积整定,一般设定为 250~300cm<sup>3</sup>,用于发出报警信号;重瓦斯按油流速度整定,通常取 0.6~1.0m/s,当达到此速度时动作跳闸。主保护整定需综合考虑变压器参数、系统运行方式等因素,通过精确计算和合理设置,保证在各种故障情况下都能迅速、可靠地切除故障,保障变压器安全。

## (二) 后备保护整定计算

后备保护整定计算为 220kV 主变压器提供了多层次的故障防护,一般分为近后备与远后备分层整定。过电流保护作为近后备保护,其保护动作电流按躲过最大负荷电流计算,公式为:

$$I_{op} = K_{rel}K_{ss} \frac{I_{n,max}}{K_{re}}$$

其中,  $K_{rel}$  (可靠系数 1.2~1.3)、 $K_{ss}$  (自启动系数 1.5~2.0)、 $K_{re}$  (返回系数 0.85~0.9)。动作时间整定按照阶梯原则,与相邻线路保护时间阶梯配合,逐级增大。过负荷保护主要用于监测变压器的过负荷情况,动作电流一般按 1.1~1.3 倍额定电流整定,动作时间较长,通常为 10~15 分钟,只发信号不跳闸,提醒运行人员采取措施。零序电流保护针对接地故障,其整定要考虑变压器的接地方式和中性点运行情况。对于中性点直接接地系统,零序电流保护的电流和时间要与系统零序网络配合;中性点不接地或经消弧线接地系统,则采用零序电压保护等方式。后备保护整定需确保在主保护拒动时,能可靠动作切除故障,同时避免越级跳闸,保障电力系统的稳定运行。

## (三) 整定计算的验证与修正

除主保护整定计算与后备保护整定计算之外,整定

计算的验证与修正是确保 220kV 主变压器继电保护可靠运行的关键环节。验证方法主要包括理论分析和实际试验。理论分析通过建立系统模型,模拟各种故障情况,计算保护的动作为,检查是否满足整定要求。实际试验则是在变压器投运前或定期检修时,进行现场试验,如二次回路检查、保护装置传动试验等,验证保护的实际行动情况。若验证过程中发现保护动作不正确,如灵敏度不足、选择性差或误动等,需及时进行修正。修正时要重新分析系统运行方式和故障情况,调整整定值<sup>[5]</sup>。例如,当系统新增线路或设备参数改变时,可能影响保护的配合关系,需重新计算整定值。同时,随着技术发展和运行经验的积累,不断优化整定原则和方法,提高保护的可靠性和灵敏度。通过严格的验证与修正,确保继电保护在各种运行工况下都能正确动作,保障主变压器和电力系统的安全稳定运行。

## 结束语

总而言之,220kV 主变压器作为电力系统的关键枢纽,继电保护配置与整定计算工作对于整个电厂的安全稳定运行都意义重大。合理配置主保护、后备保护及特殊保护,能全方位守护变压器安全。精准的整定计算,确保保护在故障时迅速、准确动作,避免设备损坏与停电范围扩大。随着电力系统不断发展,我们需持续优化保护方案,紧跟技术前沿,结合实际运行经验,让保护装置始终处于最佳状态,为电厂稳定运行和电网安全可靠供电筑牢坚实防线。

## 参考文献

- [1] 马文恒, 郭丽丽, 王逸超, 赵耀, 许刘峰. (2016). 智能变电站主变压器继电保护检修机制分析. 山东电力技术, 43 (7), 34-37.
- [2] 何梦蜀, 范鹏. (2016). 智能变电站主变压器继电保护检修机制. 中国科技投资, 30, 119.
- [3] 梅桂富, 刘贺洋. (2021). 电力变压器继电保护设计. 现代制造技术与装备, 57 (9), 147-148.
- [4] 张明昊, 何志江. (2021). 变压器继电保护整定分析. 电力系统装备, 5, 64-66.
- [5] 杨松, 季华艳, 张寅. (2023). 面向变压器继电保护的励磁涌流分析及二次谐波制动保护. 环境技术, 41 (1), 115-122.