

变电运行中电流互感器的运用

李延博

内蒙古超高压供电公司 内蒙古 呼和浩特 010000

摘要: 在电力设备的运行状况,直接影响着整个电力系统的安全运行。为了对电力设备的运行进行实施监控和检测,我们就需要电流互感器把一次系统的大电流经过转化,成为小电流,以供保护装置以及测量仪表的使用。介绍了电流互感器的构造、工作原理、饱和问题等等,说明变电运行中电流互感器的运用。在变电运行中,线路电流变化很大,线路电压过高,测量或保护装置难以与一次设备直接连接,开展测量工作需先对电流进行转换,电流互感器则负责将一次大电流转换为二次小电流,在变电运行中发挥着重要作用。

关键词: 变电运行; 电流互感器; 电流保护

随着社会的不断进步发展,人们生活水平的不断提高,人们对于电网运行的安全性也愈发关注。变电运行时电网安全的前提,变电运行的状态直接影响着整个电网的稳定和安全。

1 电流互感器基本介绍

1.1 基本概念与工作原理。电流互感器(CT)是一种基于电磁感应原理设计的电力设备,用于将一次侧大电流按比例转换为二次侧小电流(通常为5A或1A),实现高压系统与低压测量/保护设备的电气隔离。其核心结构包含闭合铁芯、一次绕组(串联于被测电路,匝数少)和二次绕组(连接仪表,匝数多),通过变比(如500/5)实现电流变换。运行时二次侧需保持近似短路状态,避免开路导致高压危险。

1.2 结构组成。铁芯:由硅钢片叠压而成,用于传导磁通。一次绕组:串联于被测线路,通常为单匝或母线式结构。二次绕组:匝数多,与测量仪表、继电保护装置连接。辅助部件:包括绝缘材料(如环氧树脂浇注)、安装支架(如导轨夹持机构)等。

1.3 主要分类。按用途:测量用CT:精度等级高(如0.2级),用于电能计量。保护用CT:抗饱和能力强,用于过流、差动、零序等保护。按安装方式:贯穿式:适用于母线或电缆穿芯安装。支柱式:独立安装于设备出线侧,减少母线故障风险。特殊类型:如零序CT,通过监测三相电流矢量和实现接地保护。

1.4 核心功能与应用。电能计量:为电表提供标准信号,支撑用户计费与电网交易。继电保护:过流保护:电流超阈值时触发断路器跳闸。差动保护:比较设备两端电流差异,定位内部故障。零序保护:检测接地故障电流(如三相矢量和非零)。状态监测:分析负荷、谐波等数据,优化电网运行。

1.5 关键技术参数。变比:决定一次与二次电流的转换比例(如1000:5)。精度等级:测量用CT可达0.1级,保护用CT侧重误差限值(如5P级)。额定容量:表征二次侧最大负载能力(单位VA)。

1.6 使用注意事项。严禁二次侧开路:开路时感应高压可达上万伏,需单端接地确保安全。防磁饱和:过载或短路时铁芯饱和可能导致保护误动,需选择抗饱和型CT。安装规范:需匹配导轨尺寸,部分新型设计支持免工具调节(如专利夹持机构)。

1.7 技术发展动态。集成化设计:采用一体式双CT模块,减少线束并提升内部走线整洁度。智能化升级:数字化CT直接输出信号至SCADA系统,支持状态检修。安装优化:新型导轨锁紧结构简化安装流程,提升兼容性。电流互感器作为电力系统的核心元件,其设计创新与规范应用对电网安全、高效运行至关重要。

2 变电运行中电流互感器的综合应用

2.1 核心功能与运行原理。电流互感器(CT)基于电磁感应原理,将一次侧大电流按比例转换为二次侧小电流(1A或5A),实现高压系统与低压测量/保护设备的电气隔离³⁶。其一次绕组串联于主电路(1-2匝),二次绕组连接仪表(如变比1250/5时,二次绕组达250匝)。运行时需保持二次侧近似短路状态,避免开路导致铁芯磁饱和及高压危险。

2.2 主要应用场景。电能计量。将高压线路电流转换为标准信号(如0.2级精度),支撑用户电费结算及电网交易。继电保护。过流保护:监测线路电流,超阈值时触发断路器跳闸。差动保护:比较设备两侧电流差异(如变压器、母线),定位内部故障并隔离¹¹。距离保护:结合电压互感器数据计算阻抗,精准定位线路故障位置。设备状态监测。实时分析负荷率、谐波含量,优

化无功补偿装置（如SVG）配置。接地故障检测。零序CT监测三相电流矢量和，非零时触发接地告警（如小电流系统单相接地）。母线保护。汇总进出母线电流，矢量和非零时判定母线故障并跳闸。

2.3 关键技术参数与选型。变比选择：根据被测电流范围匹配（如500/5），避免量程不当导致误差。精度等级：测量用CT需0.2级及以上，保护用CT侧重抗饱和能力（如5P级）。额定容量：表征二次侧最大负载能力（单位VA），需匹配仪表总阻抗。

2.4 安全规范与操作要求。二次侧严禁开路：开路时感应高压可达上万伏，需单端接地并确保接线牢固。防磁饱和设计：选择抗饱和铁芯材料（如纳米晶合金），降低短路电流下的测量失真。安装位置优化：支柱式CT优先安装在断路器出线侧，降低母线故障风险。

2.5 技术发展动态。集成化设计：采用一体式双CT模块，减少线束并提升内部走线整洁度。数字化升级：电子式CT直接输出数字信号至SCADA系统，支持状态监测与智能诊断。电流互感器作为变电运行的核心元件，其精确测量、可靠保护及智能化升级对电网安全与经济运行至关重要。

3 电流互感器接线使用方法

3.1 基础接线原则。二次侧必须接地。电流互感器（CT）二次绕组需单端接地（通常为S2端），防止高压窜入低压侧引发设备损坏或人身安全事故。严禁二次侧开路。运行中若二次侧开路，铁芯磁通饱和会感应上万伏高压，需确保端子连接牢固，必要时通过短接片临时短接。

3.2 典型接线方式与适用场景。单相接线方式。结构：单台CT串联于单相线路（一次侧P1接电源侧，P2接负载侧），二次侧S1→仪表→S2接地。适用场景：单相回路电流测量或保护（如单相设备监控），无法检测相间短路故障。两相不完全星形接线（V形接线）。结构：A、C相各装一台CT，二次侧S1分别接入仪表，S2并联后接地，通过矢量和推算B相电流。适用场景：三相三线制系统（如10kV配电网），用于过流保护及电能计量，节省一台CT但无法检测B相接地故障。三相完全星形接线。结构：三相各装一台CT，二次侧S1分别接入仪表，S2并联接地并形成中性点。适用场景：三相四线制系统（如400V低压电网），可检测所有相间短路及接地故障，精度高但成本较高。两相差动接线。结构：A、C相CT二次侧交叉连接（A相S1接C相S2，C相S1接A相S2），输出差流信号。适用场景：电机、电容器等设备的继电保护，灵敏度高但无法识别接地故障。零序保护

接线。结构：三相导线共同穿过零序CT铁芯，二次侧输出三相电流矢量和（零序电流）。适用场景：小电流接地系统（如中性点不接地系统）的单相接地故障检测。

3.3 接线优化与新技术。双CT模块集成化设计。通过内置计量线路板整合计量与保护CT，减少外部线束数量，提升设备紧凑性。数字化接线升级。电子式CT直接输出数字信号至SCADA系统，避免传统二次侧长距离传输的干扰问题。

3.4 常见错误与排查。相位反接。二次侧S1/S2反接导致电流反向，引发电能表计量误差或保护误动，需核对接线标识。二次负载超限。仪表总阻抗超过CT额定容量（如10VA）时，导致测量误差增大甚至磁饱和。通过规范接线方法，电流互感器可精准支撑电能计量、故障保护及智能运维，保障电力系统安全经济运行^[2]。

4 电流互感器接线与使用方法

4.1 基础接线规范。二次侧必须单端接地。电流互感器（CT）二次绕组需单端接地（通常选择S2端），通过接地消除高压侧意外窜入的感应电压，保障设备和人身安全。严防二次侧开路。运行时二次侧开路会导致铁芯磁饱和，产生数千伏至万伏高压，引发绝缘击穿或触电风险。操作前需检查端子紧固，必要时使用短接片临时短接。

4.2 典型接线方式与操作步骤。单相接线法。结构：单台CT串联于单相线路（一次侧P1接电源，P2接负载），二次侧S1→仪表→S2接地。适用场景：单相设备电流监测（如照明回路），无法检测相间短路或接地故障。两相不完全星形（V形接线）。接线步骤：A、C相各装一台CT，二次侧S1分别接仪表输入端；S2端并联后接地，通过电流矢量和计算B相电流。适用场景：三相三线制系统（如10kV配电线路），节省一台CT，但无法检测B相接地故障。三相完全星形接线。操作要点：三相各装一台CT，二次侧S1分别接入仪表；S2并联后接地并形成中性点，确保零序电流通路。适用场景：三相四线制低压系统（如400V电网），可检测所有相间短路及单相接地故障。两相差动接线。连接方法：A相CT的S1接C相S2，C相S1接A相S2，输出差流信号至继电器。适用场景：电动机、电容器等设备的差动保护，灵敏度高但无法识别接地故障。零序保护接线。安装规范：三相导线共同穿过零序CT铁芯，二次侧输出三相电流矢量和（零序电流）。适用场景：中性点不接地系统的单相接地故障检测（如小电流接地系统）。

4.3 特殊场景接线指南。三相四线电能表接线。步骤：三台CT的S1分别接入电能表1/4/7端子；S2端统一接

3/6/9端子并接地；电能表2/5/8端子接入相电压，10/11端子连接零线。注意事项：CT安装方向需一致（P1朝向电源侧），零线端子不可省略。穿心式CT安装。操作：一次导体（母线或电缆）垂直穿过CT中心孔，无需断开主电路；二次侧接线与常规CT相同。优化点：导体需居中穿入，避免偏心导致测量误差。

4.4 新技术与优化方案。集成化双CT模块。通过内置计量线路板整合计量与保护CT，减少外部线束数量，提升设备紧凑性。数字化升级。电子式CT直接输出数字信号至SCADA系统，避免长距离模拟信号传输的干扰问题。

4.5 常见错误与排查。相位反接。S1/S2反接导致电流反向，引发电能表反转或保护误动，需核对接线标识。二次负载超限。仪表总阻抗超过CT额定容量（如10VA）时，导致测量误差或磁饱和，需校验负载匹配性。通过规范接线与合理选型，电流互感器可精准支撑电能计量、故障保护及智能化运维，保障电力系统安全稳定运行。

5 电流互感器维护与故障处理

5.1 日常维护要点。定期检查与清洁。检查接线端子是否紧固，清除积尘、油污，避免因接触不良导致发热或开路。使用红外测温仪监测运行温度，异常发热时需排查过载或绝缘老化问题。绝缘性能监测。每年至少进行一次绝缘电阻测试（一次侧对地 $\geq 1000\text{M}\Omega$ ，二次侧 $\geq 10\text{M}\Omega$ ）。检查外壳密封性，防止潮气侵入引发绝缘击穿。二次回路管理。确保二次侧单端可靠接地（S2端），避免高压窜入低压侧。定期校验二次负载阻抗，防止因仪表超限导致误差或磁饱和。

5.2 常见故障诊断与处理。二次回路开路。现象：仪表指示归零、铁芯异响、端子放电火花。处理步骤：①停用相关保护装置，降低一次侧负荷电流；②使用绝缘工具在就近试验端子短接开路点（优先短接S1/S2）；

③若开路点在CT本体，需停电更换或维修。二次回路短路。现象：测量值异常偏低、铁芯过热。处理：①断开短路点，检查绕组绝缘（重点排查接线盒潮湿或异物短路）；②更换受损导线或端子，恢复后重测阻抗。铁芯过热或异响原因：过载运行、磁路松动、绝缘老化。措施：①调整负荷至额定值以下，观察温升变化68；②加固松动部件，更换劣化绝缘材料。计量误差增大。排查方向：二次负载超限：校验仪表总阻抗是否匹配CT容量（如10VA）；剩磁影响：对CT进行退磁处理（如大电流冲击法）。

5.3 预防性维护措施。过载保护。长期运行电流不超过1.1倍额定值，过载时需更换高容量CT。预防性试验每2年开展一次伏安特性试验，验证铁芯饱和特性。周期性校验变比误差（0.2级CT误差需 $\leq \pm 0.5\%$ ）。更换标准绝缘电阻低于标准值、铁芯严重变形或绕组烧损时强制更换。

5.4 特殊场景应对。中性点不接地系统：优先采用零序CT检测单相接地故障，避免直接短接导致保护误动。高湿度环境：加装防潮加热装置，定期更换硅胶干燥剂。通过规范维护流程与快速故障响应，可显著提升电流互感器运行可靠性，保障电力系统安全稳定。

总之，充分考虑到电流互感器绕组配置过程中可能出现的较差以及保护范围的死区现象，对互感器接地现象应该做好相应的预防工作，从而充分的做好电流互感器的实施应用工作，保证电流互感器在变电运行过程中保护以及测量等功能效用的充分发挥。

参考文献

- [1]陈俊.电流互感器现场测试技术分析.2022.
- [2]刘亚刚.关于变电运行中电流互感器的运用探讨.2023.