

配电工程中变压器的安装及调试技术探析

郑 密

国网湖北省电力有限公司武汉市蔡甸区供电公司 湖北武汉 430100

摘 要: 本文围绕配电工程中变压器的安装调试全流程展开分析,详细解析设备定位、附件组装、试验检测等关键环节的操作规范。针对施工中常见的设备移位、密封渗漏等问题,提出具体解决方案与质量控制措施。通过建立标准化作业流程与多级验收机制,为保障变压器安全投运提供可操作性指导,对提升配电系统稳定性具有实践意义。

关键词: 配电工程; 变压器安装; 调试技术; 工艺要点; 质量管控

引言

变压器作为电能转换的核心设备,其安装质量直接决定配电网运行效率。当前施工过程中,因基础制作偏差、吊装操作失误引发的设备故障时有发生,部分项目存在试验项目不全、保护功能验证不到位等隐患。本文结合典型工程案例,系统梳理从设备进场验收到带电调试的全流程技术要点,重点探讨安装工艺优化与调试方法改进策略,旨在形成标准化作业指导方案,减少人为操作失误,为同类工程提供技术参考。

一、变压器安装技术要点

1. 施工前期准备

现场勘察需重点确认三项内容。第一检查运输通道是否满足设备进场要求,包括道路承重能力与转弯半径。第二测量基础预埋件位置偏差,要求纵向误差小于3毫米。第三核对土建图纸与电气图纸的一致性,避免预留孔洞位置冲突。设备开箱检查应执行三步骤。首先对照清单清点附件数量,重点检查散热片、油枕等大件完整性。其次查看本体外观有无磕碰变形,密封垫是否完好。最后使用兆欧表测量绕组绝缘电阻,确保数值符合出厂标准^[1]。

2. 主体安装工艺

基础制作采用二次浇注法。在预埋钢板上焊接定位槽钢,通过水平仪调整平整度后灌注混凝土。养护期满后再次校验水平度,偏差控制在2毫米以内。吊装作业

需遵循双确认原则。起重工指挥吊车将变压器缓慢移至基础正上方,下落至距基础50厘米时暂停,施工人员检查中心线对齐情况。确认无误后继续下落,待完全就位后拆除运输固定装置。附件安装按先上后下顺序进行。先安装油枕、防爆管等高位部件,再连接散热器与油管路^[2]。所有法兰连接处使用全新密封垫,螺栓紧固采用对角线交替拧紧法,确保受力均匀。

3. 安全防护措施

设置双重接地系统。变压器本体接地线截面不小于50平方毫米,中性点接地单独敷设并与主接地网可靠连接。接地电阻测试值需小于4欧姆。安装防误操作闭锁装置。在高压侧隔离开关加装电磁锁,与断路器形成电气联锁。低压侧出线柜配置机械程序锁,防止带电挂接地线。

二、调试技术实施流程

1. 空载试验操作

空载试验是检验变压器铁芯性能与绕组完整性的关键步骤,需严格执行标准化操作流程。试验前准备分为三个层次。首先进行电气隔离,使用验电器确认高低压侧母线完全断电,在负荷侧隔离开关处悬挂禁止合闸警示牌。其次检查本体状态,确保油位处于标准刻度线范围内,气体继电器内无积存气体。最后调试测量仪器,对功率分析仪进行零点校准,红外热像仪选择测温模式为发射率0.95,与环境温度补偿设定同步。试验实施过程需重点控制三个环节。合闸操作采用分级加压方式,首次通电施加20%额定电压,观察30秒无异常后升至额定电压。数据采集阶段,功率分析仪同步记录三相电压、电流波形,通过傅里叶变换计算空载电流谐波含量。温度监测采用三点定位法,在变压器油箱顶部、中部及散热器进出口布置测温点,持续监测2小时并生成温升曲

作者简介: 郑密(1996-),女,汉族,湖北武汉人,本科学历,助理工程师,主要从事配电运维方面的研究工作。

线。异常情况处理需遵循特定原则。若空载电流超过额定值3%，立即断电检查分接开关档位是否错位。发现局部温度异常升高时，重点排查对应区域的铁芯夹紧螺栓是否松动。试验结束后，将空载损耗实测值与出厂报告对比，偏差超过15%需进行吊芯检查。

2. 负载试验方法

负载试验用于验证变压器带载运行能力，需模拟实际工况分阶段加载。试验准备阶段落实四项措施。检查冷却系统油泵、风扇的供电回路，确保能按温度设定值自动启停。在低压侧出线端安装可调负载柜，其容量应满足1.2倍额定负载要求。布置振动传感器于油箱四角，设置采样频率为1000赫兹。准备应急通风设备，预防试验过程中温度失控。负载施加采用阶梯式增量法。初始阶段加载25%额定电流，维持30分钟使油温趋于稳定。每阶段增载时同步调节分接开关，保持输出电压波动不超过2%。在75%负载时进行突卸试验，记录电压恢复至稳态值的时间，正常应小于10秒。满载阶段持续运行期间，每小时采集油样进行色谱分析，检测乙炔含量是否超过5 μ L/L的警戒值。数据记录侧重三个维度。电气参数方面，记录各相电压不平衡度、总谐波畸变率等数据。机械性能监测包括振动加速度值、噪声频谱特性，要求基频振动幅值小于50 μ m。热性能指标重点跟踪顶层油温、热点温度与平均温升的关系，计算负载损耗时应根据温度进行系数修正。

3. 保护装置调试

保护系统调试需验证动作逻辑的准确性与时效性，采用分级测试方法。轻瓦斯保护测试采用物理模拟法。打开气体继电器排气阀，注入50mL空气模拟轻微故障，观察监控系统是否在30秒内发出预告信号，同时检查就地指示器的翻牌动作是否灵活。重瓦斯保护验证通过油流冲击试验实现，使用专用测试工具产生1.2m/s油流速度，检验断路器跳闸回路动作时间，要求从信号触发到完全分闸不超过35毫秒。差动保护校验采用电流注入法。在高压侧TA二次回路注入0.5倍额定电流，低压侧同时注入等值反向电流，逐步增大差值直至保护动作。测试时需注意补偿变压器的接线组别差异，设置合理的制动系数。对新安装设备还应进行谐波制动试验，注入二次谐波含量超过20%的故障电流，验证保护装置是否可靠闭锁。后备保护测试包含三个项目。过流保护通过临时调整定值进行阶跃测试，记录动作时间与电流值的对应关系。温度保护试验采用外接电阻箱模拟PT100信

号，分别在85℃报警、95℃跳闸点进行功能验证。所有保护功能测试完成后，必须核对压板投退状态，确保检修压板已退出且功能压板正确投入。

三、常见问题处理措施

1. 安装阶段问题

本体移位矫正需采用系统化调整方案。首先在变压器基础四角布置液压千斤顶，选用额定顶升力大于设备重量1.5倍的机型。顶升前拆除地脚螺栓螺母，在基座与基础间插入厚度监测传感器。启动四台千斤顶同步顶升系统，以每分钟不超过3毫米的速度均匀上升，当整体升高5毫米时停止。使用激光水平仪测量各点高度差，通过在低侧基座下方垫入不锈钢调整片修正水平度，每次垫入厚度不超过0.5毫米。调整完成后缓慢下降千斤顶，分三次对角紧固地脚螺栓，最终水平偏差控制在1毫米内。

密封渗漏处理需遵循工艺标准。第一步使用无水乙醇彻底清洁渗漏面，去除油污与氧化层，用刀口尺检测法兰平面度，要求间隙小于0.1毫米。第二步选用耐温-40℃至120℃的氟橡胶垫片，两面均匀涂抹硅酮密封胶，胶层厚度保持在0.3毫米左右。第三步按对角线顺序分三次紧固螺栓，首次紧固至标准扭矩的30%，第二次至60%，最终达到100%。保压试验时使用电动试压泵缓慢加压至0.35兆帕，稳压30分钟无压降为合格。

2. 调试异常处置

振动异常分析采用分步排除法。第一步使用扭矩扳手复紧所有地脚螺栓，按照十字交叉顺序施加150牛米的紧固力。第二步检查减震胶垫安装状态，测量胶垫压缩量是否达到标称值的30%，必要时更换为高阻尼橡胶垫。第三步打开变压器观察窗，用内窥镜检查铁芯夹件，确认撑紧螺栓无松动，叠片间隙小于0.02毫米。若上述措施无效，则进行振动频谱测试，在空载状态下用加速度传感器采集XYZ三轴振动数据，分析125Hz与250Hz频段的幅值是否超标。

温升过高处理需分级响应。当顶层油温达到75℃时，首先检查散热器阀门是否全开，使用红外测温仪确认各散热片表面温差不超过3℃。对温差过大的散热片进行离线清洗，采用80℃热油循环冲洗法，直至出油杂质含量小于0.01%。若油温持续上升至90℃，立即启动紧急停运程序，排油后打开人孔门进行内部检查。使用绕组变形测试仪扫描线圈变形量，测量绝缘纸聚合度，当数值低于700时需更换受损绝缘部件^[3]。处理完成后进行

真空注油，残压控制在50帕以下，静置72小时方可重新投运。

四、质量管控体系构建

1. 人员技能培训

构建阶梯式培训体系是质量管控的基础。初级作业人员需通过安全规程考试与实操评估，掌握变压器吊装绳索绑扎、真空注油管连接等基础技能。中级技术人员增加继电保护调试、故障波形分析等专项培训，每月组织典型案例研讨会。高级专家参与厂家技术交底，学习新型设备的安装要点。建立培训档案管理系统，记录每人参训时长与考核成绩，未达标者禁止进入核心工序作业。现场配备移动学习终端，作业前扫码查看当前工序的操作视频指导，确保关键步骤执行标准化。

2. 过程监控机制

实施全过程可视化监管。班组自检使用电子检查单，通过移动终端实时上传安装尺寸、螺栓扭矩等20项参数。工区复检采用交叉验证模式，相邻施工组互换检查人员，重点核查隐蔽工程质量。项目部终检引入第三方检测设备，如使用激光对中仪复核变压器中心轴线偏差。质量见证点实施双备份管理，吊装过程采用全景摄像头记录，试验数据同步存储至云端服务器。开发质量问题追溯系统，任何工序发现问题均可反向查询操作人员、使用工具及环境参数，实现责任精准定位。

3. 验收标准执行

制定多维度的验收指标体系。机械安装维度包含中

心偏移量、水平度、接地电阻等6项指标。电气性能维度涵盖绝缘电阻、介质损耗、局部放电量等5项参数。功能验证维度要求保护装置动作正确率、冷却系统联锁成功率均达100%。开发电子验收平台，各环节检测数据自动生成对比曲线，偏差超限时触发预警。整改过程实施挂牌督办，明确责任人、整改措施与完成时限。验收文档实行三级签认制度，施工方自检报告、监理确认书、业主验收单缺一不可，最终归档资料包含文字记录、检测波形、影像片段三种形式。

结语

规范化的安装流程与严格的调试标准是确保变压器可靠运行的基础。通过优化吊装定位工艺、完善保护功能测试、建立三级质量验收体系，可有效防控设备移位、过热等典型故障。后续需加强智能监测技术的应用研究，开发自动化调试设备，逐步实现安装调试过程的数字化管控，进一步提升配电工程建设的质量与效率。

参考文献

- [1] 刘杰, 刘建伟. 输配电工程中变压器的安装及调试技术分析 [J]. 光源与照明, 2023 (12): 192-194.
- [2] 周儒亮. 输配电工程中变压器的安装及调试要点 [J]. 光源与照明, 2023 (11): 156-158.
- [3] 刘荣友. 电力工程变电站一次设备安装调试技术分析 [J]. 数码-移动生活, 2023 (11): 322-324.