

一套三相组合式互感器检定装置的设计说明及应用分析

方凯杰 李倬庆 骆富保 冉勇

甘肃电器科学研究院, 甘肃 天水 741018

[摘要]文章设计了一套遵循 JJG1165—2019 规程、基于测差法的三相组合式互感器全自动检定装置,该装置由一体化标准装置与控制立柜构成,搭配操作台控制软件实现系统接线与操作。装置通过对被检互感器和标准互感器的差流、差压测量获取误差数据,一体化标准装置设自动切换电路减少接线操作,控制立柜集成各类测试设备与仪器,仅需一次接线即可通过程控完成全流程检定,还能自动生成试验报告。文章分析了装置应用的核心技术指标,明确了电流、电压互感器的准确度级别选取序列与误差测量区间,规范了绕组极性标识要求,限定了剩磁、三相电流不平衡引发的运行变差限值及磁饱和裕度标准。该装置实现了检定的一体化、自动化与高精度,兼具设计先进、功能全面、应用精准、性能可靠的优势,有效提升了电力计量检定的效率与质量,为电力系统安全经济运行提供了技术支持。

[关键词]三相组合互感器; 检定装置; 测差法; 自动化检定

DOI: 10.33142/hst.v9i2.19162

中图分类号: TM45

文献标识码: A

Design Description and Application Analysis of a Three-phase Combination Transformer Calibration Device

FANG Kaijie, LI Zhuoqing, LUO Fubao, RAN Yong

Gansu Electric Science Research Institute, Tianshui, Gansu, 741018, China

Abstract: The article designs a fully automatic calibration device for three-phase combined transformers based on the measurement method, following the JJG1165-2019 standard. The device consists of an integrated standard device and a control cabinet, and is equipped with control software on the operation console to achieve system wiring and operation. The device obtains error data by measuring the differential current and differential pressure between the tested transformer and the standard transformer. The integrated standard device is equipped with an automatic switching circuit to reduce wiring operations, and controls the integration of various testing equipment and instruments in the cabinet. With only one wiring, the entire process of calibration can be completed through program control, and test reports can be automatically generated. The article analyzes the core technical indicators of device application, clarifies the accuracy level selection sequence and error measurement interval of current and voltage transformers, standardizes the requirements for winding polarity identification, limits the operating variation caused by residual magnetism and three-phase current imbalance, and magnetic saturation margin standards. This device realizes the integration, automation, and high precision of calibration, combining the advantages of advanced design, comprehensive functions, precise application, and reliable performance, effectively improving the efficiency and quality of power metering calibration, and providing technical support for the safe and economic operation of the power system.

Keywords: three-phase combination transformer; verification device; measurement method; automated verification

1 装置的设计说明

1.1 装置原理

根据国家检定规程 JJG 1165—2019《三相组合互感器》的明确规定,三相组合互感器检定装置在实际运行与校准过程中,必须严格遵循“三相同时全电压、全电流”这一核心基础条件,并以此为前提采用测差法原理展开全部检

定工作。

在具体的实操环节中,检定装置需同时对三相电压互感器施加规程所规定的标准电压值,在此稳定的电压环境下,同步向三相电流互感器注入规范的电流负荷。整个检定过程要求电流精准控制在 1%~120% (部分严苛工况下需扩展至 150%) 的额定电流范围内,通过系统且细致的

测量,完成电流互感器在该区间内每一个电流点的误差数据采集与核算,确保涵盖低、中、高不同电流负荷状态下的性能表现。与之相对应,当完成电压工况的检测后,装置需切换至电流负荷模式,即同时对三相电流互感器施加规定的额定电流,随后再对三相电压互感器施加相应的测试电压。在此模式下,电压量程需覆盖 80%至 120%的额定电压范围,以此全面测量电压互感器在不同电压负荷下的各电压点误差,全方位验证其在额定电压附近的精确度与稳定性。在核心的比对与读数环节,被检的三相电流(电压)互感器需与同电流比(电压比)等级的高精度三相标准电流(电压)互感器进行配套比对。此时,通过精准采集被试互感器与标准互感器二次侧输出的电流差值(差流)或电压差值(差压),并将该信号输入至专业的三相互感器校验仪进行处理分析,校验仪将直接、清晰地读出被试三相电流(电压)互感器相对于三相标准互感器的比值差以及相位差,为最终的检定结论提供权威、准确的数据支撑。

1.2 一体化标准装置

一体化标准装置在正面位置设计有可开启式盖板,将盖板打开之后,内部的接线盒区域清晰可见,该区域内规范布置有多种专用接线端子与结构部件,具体包含三相升压器电源输入端子一组、三相升压器电源输入端子一组、三相标准电流互感器二次端子一组、三相标准电压互感器二次端子一组以及专用接地柱。在上述各类端子与部件中,三相标准电流互感器二次端子与三相标准电压互感器二次端子有着明确的专用用途,仅用于标准器自身送检检定工作,在日常开展试验检测作业的过程中,这两组端子不需要进行任何接线操作。与此同时,一体化标准装置在整体结构上还进行了人性化与实用化设计,专门设置了吊装位、叉车位以及具备支撑功能的滑轮,能够有效满足设备搬运、移动、安装固定等多场景使用需求,具体结构布局如图 1 所示:



图 1 标准装置俯视图

一体化标准装置的侧面板上同样集成了多种功能接

口与端子,布局合理且便于操作,其上布置有三相标准电流互感器二次端子一组、电源输入航插一组、控制信号一组以及通信接口一组。在装置的内部结构中,还专门配置了功能完善的切换电路,该电路可实现程控自动切换功能,能够将标准器二次侧的多个端子按照检定流程自动完成切换,并最终精准接入误差测量电路。采用此种内部程控自动切换设计,在开展误差校验作业时,工作人员无需再手动更换标准器的二次接线,大幅简化了操作流程,有效减少更换线的工作量,提升检定作业的效率与准确性,具体侧面板结构与布局如图 2 所示:



图 2 标准装置进线侧

一体化标准装置的一次出线部分设置有 A、B、C、N 四个专用接线柱,满足三相四线制的检定接线需求。其中 A、B、C 三个核心接线柱结构一致,每一个均由 L、L1、L2、L3、L5 五个接线柱组成,各自对应明确的功能与量程:L 为一次电流极性端,L1 至 L4 分别对应 300~600A、75~200A、30~60A 以及 10~25A 不同电流量程。在实际检定作业中,工作人员可根据被试电流互感器的额定电流大小,灵活选择对应的 Ln 接线柱进行接线,确保检定过程安全、精准、匹配,具体一次出线接线柱结构与量程划分如图 3 所示:



图 3 标准装置出线侧

1.3 控制立柜

控制立柜采用高度集成化设计,内部集中整合了多种核心功能组件,具体包括三相程控电流互感器负荷箱、三相程控电压互感器负荷箱、三相互感器校验仪、三相程控电流调压电源、三相程控电压程控电源、专用控制电路以及直观便捷的操作面板等关键部件,各组件协同工作,构成了整套检定系统的控制核心。该控制立柜配备标准通信接口,可稳定、高效地与电脑终端建立连接,依托电脑终端搭载的专业数据管控软件,能够实现对控制立柜各项功能的远程操控与参数设置,进而驱动整套检定装置完成全流程自动化检定作业,真正实现互感器的自动校验功能,大幅提升检定工作的智能化水平与操作便捷性,有效降低人工操作误差,其整体结构与布局如图4所示:

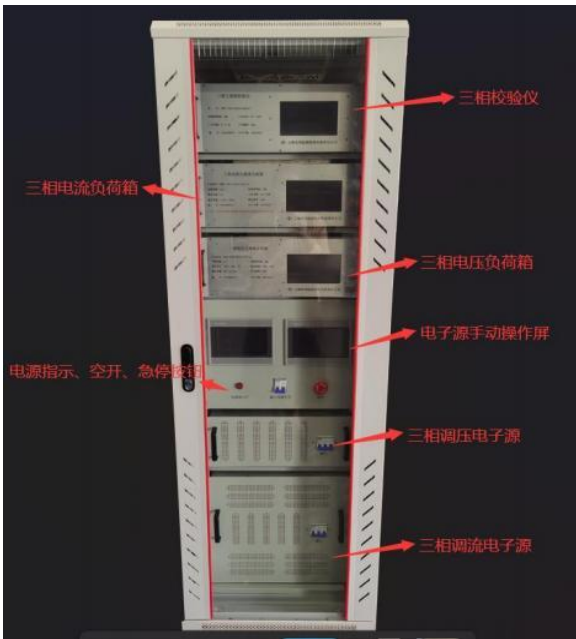


图4 控制立柜图示

1.4 系统接线

装置部件分为控制立柜、一体化标准装置和操作台(控制软件)三大部分。设备按要求放置后,将一体化装置的标准二次及控制线路采用线束和航插线方式与机柜内的接线面板相应的插口连接,电脑终端控制制线与机柜内的接线面板相应的插口连接,机柜内三相调压电源的输出线与一体化标准的输入线分别对接好,这三类线连接好后无需更改及拆卸。

针对不同的被试互感器只需按要求连接好一次线,且从被试二次端将电流、电压二次信号通过多芯线引出到机柜相对应面板后,即完成整个试验接线,可以通电开始试验。上述所有线均采用专用配置的线束、航插或多芯线缆

且有标识,只需对接面板上相应的插口即可。

针对不同的被试互感器在电脑终端管理软件中设置互感器类型、连接方式、额定电流、额定电压、额定负荷等参数后,装置将自动配置并自动升降电压、电流,按规程要求自动完成试验,试验结束后可自动出具试验报告。

2 装置的应用分析

2.1 准确度级别

三相组合互感器的电流互感器准确度级别应从以下序列中选取:1.0级、0.5级、0.5S级、0.2级和0.2S级;三相组合互感器的电压互感器准确度级别应从以下序列中选取:1.0级、0.5级和0.2级。三相组合互感器主要参数为额定一次电压、额定二次电压、额定一次电流、额定二次电流,电流互感器的准确度级别、电压互感器的准确度级别、功率因数、额定负荷和下限负荷。

三相组合互感器误差测量区间按照表1和表2的要求进行。

表1 三相组合互感器的电流互感器误差测量要求

准确度级别	额定电流百分数	二次负荷	
		伏安值	功率因数
1.0级、0.5级、0.2级	5%、20%、100%、120%	额定值	额定值
	5%、20%、100%	下限值	
0.5S级、0.2S级	1%、5%、20%、100%、120%	额定值	额定值
	5%、20%、100%	下限值	

表2 三相组合互感器的电压互感器误差测量区间

准确度级别	额定电压百分数	二次负荷	
		伏安值	功率因数
1.0级、0.5级、0.2级	80%、100%、120%	额定负荷	额定值
	80%、100%	下限负荷	额定值

2.2 绕组极性

三相组合互感器的电流互感器绕组端子应按照减极性进行标志,即端子API和aS1、BP1和bS1(若有)、CP1和cS1在同一瞬间应具有同一极性。

三相组合互感器的电压互感器绕组端子应按照减极性进行标志。即端子A和a,B和b,C和c在同一瞬间应具有同一极性。

2.3 运行变差

三相组合互感器在规定的运行状态下,每个影响因素单独作用引起的变差不超过表3的规定。

表3 影响因素单独作用下三相组合互感器的变差

影响因素	剩磁	三相电流不平衡
变差限值	最大允许误差的1/3	最大允许误差的1/4

2.4 磁饱和裕度

三相组合互感器的电流互感器铁心磁通密度在相当于额定电流和额定负荷状态下的 1.5 倍时,其误差应不大于额定电流及额定负荷下最大允许误差的 1.5 倍。

3 结论

本文详细介绍了一套基于测差法原理的三相组合互感器检定装置,其核心价值在于实现了检定过程的一体化、自动化和高精度。其核心优势为:

(1) 设计先进:采用一体化标准装置,内置自动切换电路,极大减少了人工接线错误和工作量。

(2) 功能全面:控制立柜集成了所有测试所需电源、负荷箱和测量仪器,配合软件实现全自动测试。

(3) 应用精准:严格遵循检定规程,能精确测量不同准确度级别(如 0.2S、0.5S 级)互感器在各种工况下的误差。

(4) 性能可靠:装置设计充分考虑了绕组极性、运

行变差、磁饱和裕度等关键技术指标,确保了检定结果的准确性和权威性。

该装置的应用,将显著提升电力计量领域的工作效率与检定质量,为确保电力系统的安全、经济运行提供了有力的技术保障。

[参考文献]

[1]JJG1165-2019 三相组合互感器检定规程[S].北京:中国标准出版社,2019.

[2]GB/T20840.4-2015 互感器第 4 部分:组合互感器的补充技术要求[S].北京:中国标准出版社,2015.

[3]宋知用,李华,王明.三相组合互感器检定系统[J].电测与仪表,2020,57(11):145-148.

作者简介:方凯杰(1991—),男,甘肃天水人,工程师,研究方向:主要从事高压电器产品试验技术的研究及检测方面的工作。