

新型现场计量装置接线检查方法的研究

陶 军¹, 杨世海², 金在东³

(1.江苏省电力公司, 江苏 南京 210036; 2.江苏省电力公司电力科学研究院, 江苏 南京 211103;

3.南京电力自动化设备三厂, 江苏 南京 210012)

摘 要:电能计量装置的准确性和二次回路的接线正确与否关系到发电厂、电网经营企业和各类用户的经济利益, 投运前必须进行测试。接线检查是保证计量准确和接线正确的有效手段, 但现场开展计量接线检查工作面临回路测量点选取困难、自动化程度低、对操作人员主观判断依赖性强、恢复接线时可能产生差错等问题, 且存在误判风险。针对上述问题, 文中提出一种新型现场计量装置接线检查方法并设计自动测试仪器实现方案, 开发样机并分析验证其研制成果。测试验证结果表明, 新型现场计量装置自动接线检查测试仪能够满足现场需求。

关键词:电能计量装置; 二次回路; 接线检查; 故障检测

中图分类号: TM933.4

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2013)06-0066-03

目前装表接电人员在用户现场电能计量装置没有合闸送电、现场又没有电源可用的情况下, 仅能依靠万用表简单测试一下计量装置接线是否正确, 且通常需要解开部分二次线端子才能正确检查^[1]。这种接线检查方式既不方便又不准确, 容易造成人为错误。因此迫切需要功能完备、可以对计量装置接线状况进行全面自动检测的新手段。

目前国内装表接电主要采用人工手动检查方式, 缺少装表接电自动测试仪器, 无法满足方便、快捷、准确的测试要求^[2], 因此有必要研究开发自动接线检查测试仪。

1 接线检查的方法研究

1.1 计量装置接线检查的必要性

高压电能计量装置由电压互感器(TV)、电流互感器(TA)、计量二次回路和电能表组成^[3]。为了保证电能计量的准确性, 应保证 TV, TA 的准确性和计量二次回路接线的正确性。随着制造工艺水平的提高, 传统计量器具本体质量和可靠性日益提高, 因二次回路接线错误导致计量差错案例大幅增加, 造成了较大电费损失, 因此计量装置投运前必须进行接线检查。

1.2 计量装置二次接线检查原理

利用三相标准电压电流源产生标准三相电压(U)、电流(I), 分别同时施加在 TV 和 TA 的一次侧, 给计量装置上电, 模拟用电状况。互感器二次侧感应出二次电压(u)、二次电流(i), 并通过计量二次回路连接至电能表端子。根据电能表端测得的电压、电流和相位等数据分析二次回路接线状况, 与一次端的电压、电流、相位状况对比分析, 从而判断错误接线, 测试原理如图 1 所示。

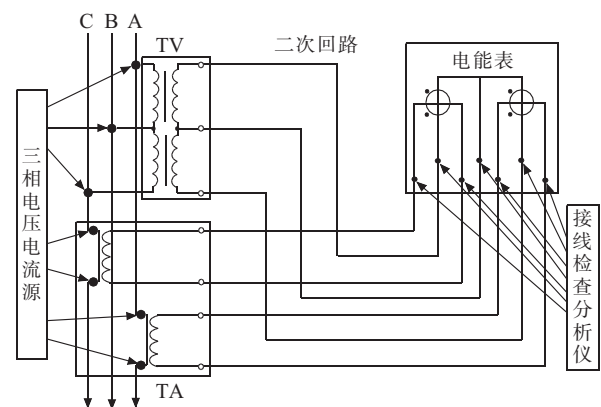


图 1 计量装置接线检查测试原理图

2 接线检查自动测试仪设计研发

根据上述的原理和测试方法研制自动接线检查分析仪, 仪器整体包含 2 个部分: 一次用标准电压电流模拟测试源模块和二次用电能表接线测试分析模块。测试仪器可单人操作, 替代了 2 人在电缆两端对讲的传统校线方法, 提高了工作效率、节省了人力成本和通讯器材, 提高了现场安全系数。

2.1 标准电压电流模拟测试源模块及功能

采用电网模拟源, 按照三相四线制输出 U_A, U_B, U_C 分别对 U_N 的三组电压和 I_A, I_B, I_C 三组电流。电压分为 2 档输出, 分别为经 TV 输出和不经 TV 输出 2 种。设备以进口高速数字微处理器 DSP 为核心, 采用新型特定脉冲功率器件构建程控高稳定度、高性能的全电子式测试功率电源。采用 PWM 调制功率放大器, 输出容量大、体积小、输出效率高(>85%), 且发热量低、负载特性好、可靠性高。测试源配置故障检测、保护和报警功能。采用便携式结构设置, 方便现场携带使用。采用内置锂电池供电方式, 可以连续使用 4 h 以上, 满足现场无电状态下的使用要求。

2.2 电能表接线测试分析模块及功能

电能表接线测试分析模块用于自动测量电能表端的电压电流参数,分析其大小和相位 TV,TA 一次输入的矢量对应关系是否正确。本测试仪采用掌上式设计理念,接线直观,操作简单方便。采用大屏幕点阵液晶显示器,结果清晰明了。采用钳形电流互感器方式测量电流,测量操作快捷方便。测试仪可自动分析识别常见的三相三线 48 种、三相四线 96 种接线错误。支持显示相量六角图,方便判定接线,并可同时测量三相电压、电流、相位等电工参数。

3 自动接线检查测试仪功能验证

3.1 低压三相四线计量装置接线测试

(1) 正确接线情况。将模拟测试源的一次电压 U_A, U_B, U_C, U_N 引线夹在低压 A, B, C 三相走线铜排端子上,电流 I_A, I_B, I_C 端子分别夹在 A, B, C 三相 TA 的一次侧。将分析仪二次引线接到电能表的表尾端子。模拟测试源正确输出电压、电流值,分析仪界面测试出相序为 U_a, U_b, U_c 和 I_a, I_b, I_c ,说明测试仪的判断正确。

(2) 电压逆相序情况。将模拟测试源的一次电压 U_A, U_B, U_C, U_N 引线夹在低压走线铜排端子 A, B, C, N 上,电流 I_A, I_B, I_C 端子分别夹在 A, B, C 三相 TA 一次侧。将分析仪二次引线接到电能表的表尾端子。模拟测试源正确输出一次电压、电流值,但由于计量装置二次接线 A, B 两相电压逆相序,分析仪界面测试出相序为 U_a, U_b, U_c 和 I_a, I_b, I_c ,判断正确。

(3) 单相电流极性反情况。将模拟测试源的一次电压 U_A, U_B, U_C, U_N 引线夹在低压走线铜排端子 A, B, C, N 上,电流 I_A, I_B, I_C 端子分别夹在 A, B, C 三相 TA 的一次侧。将分析仪二次引线接到电能表的表尾端子。模拟测试源正确输出一次电压、电流值,由于计量装置 A 相极性反,分析仪界面测试出相序为 U_a, U_b, U_c 和 $-I_a, I_b, I_c$,判断正确。

(4) 两相电流错相情况。将模拟测试源的一次电压 U_A, U_B, U_C, U_N 引线夹在低压走线铜排端子 A, B, C, N 上,电流 I_A, I_B, I_C 端子分别夹在 A, B, C 三相 TA 一次侧。将分析仪二次引线接到电能表的表尾端子。模拟测试源正确输出一次电压、电流值,由于计量装置 A, B 相电流线相序接反,分析仪界面测试出相序为 U_a, U_b, U_c 和 I_a, I_b, I_c ,判断正确。

(5) 三相电流极性全反情况。将模拟测试源的一次电压 U_A, U_B, U_C, U_N 引线夹在低压走线铜排端子 A, B, C, N 上,电流 I_A, I_B, I_C 端子分别夹在 A, B, C 三相 TA 一次侧。将分析仪二次引线接到电能表的表尾端子。模拟测试源正确输出一次电压、电流值,由于计量装置三相电流极性全反,分析仪界面测试出相序为 $U_a,$

U_b, U_c 和 $-I_a, -I_b, -I_c$,判断正确。

3.2 高压 10 kV 三相三线计量装置接线测试

(1) 正确接线情况。将模拟测试源的一次电压 U_A, U_B, U_C, U_N 引线接在 TV 一次侧对应端子 A, B, C, N 上,电流 I_A, I_C 分别夹在 A 相和 C 相 TA 一次侧。将分析仪二次引线接到电能表的表尾端子。模拟测试源正确输出一次电压、电流值,分析仪界面测试出二次相序为 U_c, U_b, U_a 和 I_a, I_c ,2 个计量元件电压幅值均为 100 V,判断正确。

(2) 两相电压相序接反情况。将模拟测试源的一次电压 U_A, U_B, U_C, U_N 引线接在 TV 一次侧对应端子 A, B, C, N 上,电流 I_A, I_C 分别夹在 A 相和 C 相 TA 一次侧。将分析仪二次引线接到电能表的表尾端子。模拟测试源正确输出一次电压、电流值,由于 TV 二次线 A, C 两相相序接反,分析仪界面测试出二次相序为 U_c, U_b, U_a 和 I_a, I_c ,判断正确。

(3) 单相电压二次极性反情况。将模拟测试源的一次电压 U_A, U_B, U_C, U_N 引线接在 TV 一次侧对应端子 A, B, C, N 上,电流 I_A, I_C 分别夹在 A 相和 C 相 TA 的一次侧端头,计量第一元件的 TV 二次线 a-b 极性接反。接线原理及同名端标注如图 2 所示。

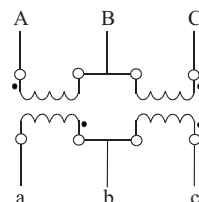


图 2 三相三线计量装置 TV 接线原理示意图

将分析仪二次引线接到电能表的表尾端子,模拟测试源正确输出一次电压、电流值,分析仪界面测试出二次电压 $U_{ab}=100\text{ V}, U_{cb}=100\text{ V}, U_{ac}=173\text{ V}$ 。二次相量图如图 3 所示,根据相量图可知测试仪判断正确。

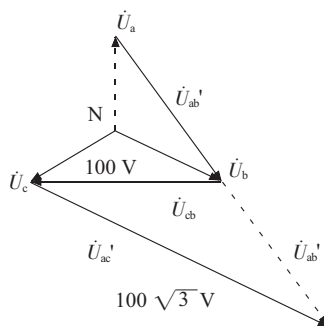


图 3 三相三线计量装置 TV 极性反相量图

图 3 中, $\dot{U}_a, \dot{U}_b, \dot{U}_c$ 为 A, B, C 三相二次电压相量, \dot{U}_{ab}' 为错接线状态下 A, B 相之间的线电压相量, \dot{U}_{ac}' 为错接线状态下 A, C 相之间的线电压相量。

上述多种接线方式的验证测试表明,新型现场计量装置接线检查测试仪在执行现场接线检查时实时准

确,能够满足电力装表接电工作的需要。相对传统的人工查线,有根本性的优势,避免了人为误判。

4 现场应用实例解析

某厂站设有上网关口计量点,因更换IV母TV需停运IV母,为保证上网线路不停电,通过倒闸操作将挂接于IV母上的线路负荷临时转移到III母。倒闸操作完成后,运行人员发现上网线路的关口电能表所计电量突降,但查询SCADA系统发现该线路一次潮流并没有显著改变,且位于该厂站关口点对侧的关口校核点所计电量也未见异常突变。由此判断L1线路关口电能计量装置存在故障及电量差错现象,且与倒闸操作、母线电压切换有关。为排查问题,线路停电后,采用本文研发的接线检查自动测试仪进行现场排查,直接从屏柜小母线加压,测试仪显示关口表端电压缺相,存在错接线问题。进一步排查发现该厂站二次回路在基建时期遗留了比较隐蔽的错误接线问题,如图4所示。

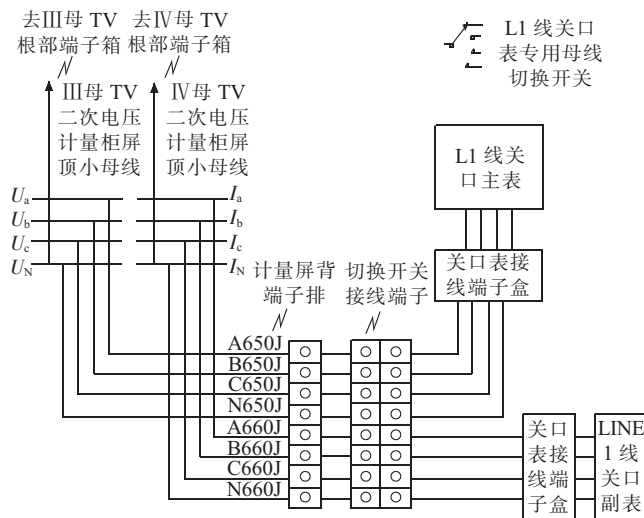


图4 某厂站错接线示意图

图4中,III母、IV母TV计量二次电压回路在从小母线引下后、进入L1线关口表电压切换开关前,在端

子排上B相接反。即将III母B相接到了IV母B相,而IV母B相则接到III母B相。由此造成III母与IV母之间任何一条母线停运时,正常在运的母线TV计量二次回路均发生B相失压现象,因为本应正确切换的B相电压错误接到了另一条停运的母线上。

该故障具有隐蔽性,常规运行时难以发现。只有发生一条母线停运、相应母线TV同时停运时,才会发生其中一条线路无压的现象,从而为发现该隐患提供明显的外在表现。本文所述方法和据此研发的新型现场计量装置接线检查自动测试仪为现场排查错接线提供了高效准确的工具,迅速找到故障原因和错接线点。

5 结束语

实际案例分析表明,本文提出的测试方法和据此研制的新型现场计量装置接线检查自动测试仪适用于电能计量装置投运前的验收检查和计量装置故障排查处理,简化了测试过程,提高了现场测试效率,节约了人力和物力,能够准确地自动判断接线,鉴别计量装置接线情况,提高了错接线判别的安全性和可靠性,对于计量现场工作具有重要意义。

参考文献:

- [1] 吕宏,曹敏. 电能计量装置错误接线判断的方法和步骤[J]. 云南电力技术, 2001, 29(2): 32-34.
- [2] 李音,王哲. 三相三线电能计量装置错误接线的简化分析[J]. 电测与仪表, 2006(3): 24-25.
- [3] 李斌,黄奇峰,杨世海. 高压多绕组电压互感器二次负荷配置优化与改造工程实施[J]. 江苏电机工程, 2012, 31(5): 5-8.

作者简介:

陶军(1956),男,江苏南京人,工程师,从事电测计量工作;
杨世海(1976),男,安徽淮北市人,高级工程师,从事电能计量检测与研究工作;

金在东(1972),男,江苏南京人,工程师,从事电测计量装置研发工作。

A New Method for Field Electric Energy Metering Device Line Connecting Detection

TAO Jun¹, YANG Shihai², JIN Zaidong³

(1. Jiangsu Electric Power Company, Nanjing 210036, China;

2. Jiangsu Electric Power Company Electric Power Research Institute, Nanjing 211103, China;

3. The Third Plant of Nanjing Electric Automation device, Nanjing 210022, China)

Abstract: The accuracy of electric energy metering device and correctness of secondary line connection are related with the economic benefits of electric power plant, electric grid corporation and consumers. Line connection detection is an effective method to ensure metering accuracy and line connection correctness. However, many problems, such as difficulty of selecting measure point, low automation degree, strong dependence to operator's subjective judgment, and possible mistake in restoring lines may face with line connecting detection. To solve these problems, a new method and design scheme of field electric energy metering device line connection detection is proposed in this paper. A sample machine is developed using the proposed design. Experiment has been implemented, which approves that the new apparatus can satisfy the need of field work.

Key words: electric energy device; secondary line; connection detection; fault detecting