

10 kV 低功率电子式电流互感器 LPCT 的研究

方春恩¹, 李伟¹, 王军¹, 张彼德¹, 侯祥玉²

(1. 西华大学电气信息学院, 四川 成都 610039; 2. 四川电器有限责任公司, 四川 成都 611733)

摘要: 为了提高电流互感器的可靠性和准确度, 从而提高电力系统的安全、稳定和经济运行, 笔者详细分析了取样电阻、二次电流精度和干扰电磁场等因素对电子式电流互感器准确度的影响, 并提出了相应的改进互感器准确度和电磁兼容措施。在理论分析基础上, 研制了一台 10 kV 低功率电子式电流互感器, 并对样机进行了准确度测试。测试结果表明, 设计的样机准确度满足 IEC 60044-8 规定的 0.2 级测量和 5P20 保护要求。

关键词: 电子式电流互感器; 低功率电流互感器; 准确度

中图分类号: TM451

文献标志码: A

文章编号: 1001-1609(2008)04-0312-03

A New 10 kV Low Power Electronic Current Transformer

FANG Chun-en¹, LI Wei¹, WANG Jun¹, ZHANG Bi-de¹, HOU Xiang-yu²

(1. College of Electrical Information, Xihua University, Chengdu 610039, China;

2. Sichuan Electric Apparatus Corporation, Chengdu 611733, China)

Abstract: In order to improve the reliability and accuracy of a current transformer, thereby enhance the power system safety, stability and economical operation, the influences of shunt resistor, secondary current and disturbed electromagnetic field on LPCT's accuracy were analyzed, and some measures were proposed to improve the accuracy of the transformer. According to the theoretical analysis, a 10 kV low power electronic current transformer was developed and tested. The test results show that the transformer exactly meets the accuracy requirements of IEC 60044-8 0.2 class for measuring current transformers and 5P20 class for protection.

Key words: electronic current transformer; low power current transformer; accuracy

0 引言

电流互感器广泛应用于电力系统的测量和保护, 是电力系统的重要设备之一, 其可靠性和准确度对电力系统的安全、稳定和经济运行有着重要的影响。随着电力系统数字化、小型化和自动化的发展, 传统的电磁式电流互感器 CT 暴露出体积大、磁饱和、动态范围小和频带窄等缺点, 难以满足新一代电力系统发展的需求。因此, 新型的电子式电流互感器取代传统的 CT 成为发展的必然趋势, 并且 2002 年国际电工委员会颁布了 IEC 60044-8 电子式电流互感器标准^[1]。标准将电子式电流互感器分为了两种: 无源光学电子式电流互感器(OCT)和有源混合式电子式电流互感器(AOCT)。AOCT 电子式电流互感器主要采用空芯线圈和低功率电磁式电流互感器作为电流传感元件。空芯线圈具有动态范围宽、不饱和等

优点, 但空芯线圈性能容易受环境温度以及外界磁场等因素的影响, 并且在人工绕制和多层绕制的过程中容易引入额外误差^[2-4]。低功率电流互感器(LPCT)作为一种电磁式电流互感器, 具有输出灵敏度高、技术成熟、性能稳定和易于工业批量生产等优点, 正逐步在电子式电流互感器中被推广应用^[5-9]。

1 LPCT 的工作原理

LPCT 是一种低功率输出特性的电磁式电流互感器, 在 IEC 60044-8 中被列为电子式电流互感器的一种实现形式, 代表着电磁式电流互感器的一个发展方向, LPCT 的原理见图 1。LPCT 主要由电磁式电流互感器 CT、取样电阻 R_s 和信号传输单元组成。一次母线电流被转换为二次小电流 i_s , 取样电阻将二次电流转换为正比于一次电流的小电压信号输出; 信号传输单元由双层屏蔽绞线和连接端子构成, 主要将互感器输出电压信号传递到智能电子设备 IED, 同时实现外界电磁场屏蔽功能。

收稿日期: 2007-09-18; 修回日期: 2008-03-21

基金项目: 省教育厅重点项目资助(2005A119)。

作者简介: 方春恩(1975-), 男, 博士, 研究方向为智能化电器。

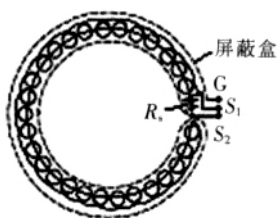


图4 LPCT的传感器部分电磁屏蔽计

另外, 电流互感器安装位置距离测量和保护智能电子设备IED较远, 互感器输出信号在传输过程中容易受到电磁场的干扰, 特别是电快速瞬变脉冲群EFT的干扰。为了减少外界空间电磁场的影响, LPCT互感器采用双层屏蔽绞线进行信号传输, 并且屏蔽层良好接地。另一方面, 电快速瞬变脉冲群为共模干扰, 其上升沿的主要频率在40~100MHz, 因此为了抑制快速瞬变脉冲群EFT对互感器性能的影响采用增加共模骚扰回路阻抗的措施: 在LPCT的传输线末端串接铁氧体EMI吸收磁环, 利用铁氧体磁环在高频段电阻分量迅速增大的特性, 将快速瞬变脉冲群干扰EFT的能量转化为热量散出去^[12]。LPCT电流互感器信号传输部分的电磁兼容设计见图5。

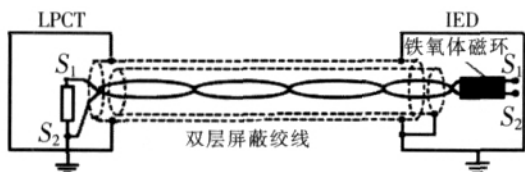


图5 LPCT传输线电磁兼容设计

4 LPCT的测试

4.1 准确度测试方案

在理论分析基础上, 制作了低功率电子式电流互感器LPCT样机。设计的电子式电流互感器LPCT样机采用微晶合金铁心, 变比为2222:1; 取样电阻 $R_s=1\Omega$, 取样电阻温度系数小于 $\pm 10 \times 10^{-6} K^{-1}$, 其额定输出电压为225mV, 测量部分的准确级为0.2级, 保护部分的准确级为5P20。图6为样机准确度试验(比差和角差)所采用的测试系统。

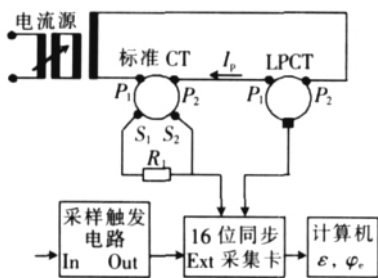


图6 低功率电子式互感器测试系统

测试装置中, 标准CT为0.05级的电流互感器, 其额定输出为1A; R_1 采用多个精度为0.01%阻值为 10Ω 的无感电阻并联作为标准电流互感器的取

样电阻, 其两端输出电压信号作为标准信号与低功率电子式电流互感器LPCT的输出信号进行对比。准确度测试中, 采用虚拟仪器控制16位同步数据采集卡完成对标准电流互感器和被测电子式电流互感器LPCT进行同时采样、存储、计算和误差显示。

4.2 准确度测试

测试中, 改变调压器的输出电压使得加至低功率电子式电流互感器的电流从5%变到200%, 试验测得样机比差和角差测试结果见图7。

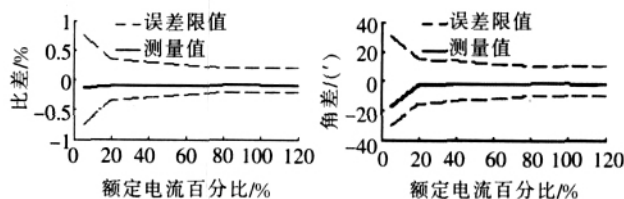


图7 低功率电子式电流互感器测试结果特性

准确度测试结果表明, 对于测量部分一次电流在5%~120%范围内, LPCT的比差和角差均满足IEC 60044-8的0.2级计量要求; 对于保护部分, 额定电流范围内LPCT的准确度满足5P级保护用的电子式电流互感器的准确度要求。

4.3 电磁兼容测试

为了测试LPCT电磁兼容能力, 对样机进行了以下抗干扰试验:

- (1) 在被测电流互感器的外侧放置(平行放置和垂直放置)干扰母线, 并且干扰母线中通过与被测电流大小相同的干扰电流*i*, 以模拟相邻母线的影响;
- (2) 在被测电流互感器的外侧放置干扰导线, 干扰导线施加10kV工频交流电压, 以模拟相邻高压导线的电场干扰影响;

(3) 根据IEC标准对互感器的EFT抗干扰能力要求, 采用电快速瞬变脉冲群发生器SK-0404通过电容耦合夹对被测电流互感器施试验电压2kV、重复频率为5kHz的脉冲群骚扰信号, 测试互感器的EFT抗干扰能力。

外界电磁场干扰试验表明, 当相邻母线和高压导线紧邻被测电流互感器时, 干扰电磁场对互感器比差影响小于0.05%, 同时随着距离的增加干扰电磁场的影响急剧减小; 电快速瞬变脉冲群干扰试验表明, 设计的低功率电子式电流互感器满足IEC 60044-8标准规定的电快速瞬变脉冲群IV级抗干扰要求。

5 结论

笔者利用低功率电流互感器具有精度高、稳定性好、抗干扰能力强和动态范围宽等优点, 设计了一台低功率电子式电流互感器LPCT, 具有以下特点:

- (1) 采用高初始磁导率的非晶材料作为铁心, 提高互感器的准确度;

(下转第318页)

且变化频率、幅度很大。故通过检测 X 射线强度的变化可以达到评估灭弧室内真空度的目的,一旦出现波动则说明真空度处于临界状态,应该考虑更换灭弧室。

参考文献:

- [1] 杨家福. 原子物理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [2] 刘 韬, 马志瀛. 高压真空灭弧室内电场分布的影响因素[J]. 高电压技术, 2007, 33(1): 136-139.
- [3] 闫 静, 马志瀛. 高电压等级真空灭弧室绝缘结构的研究[J]. 高电压技术, 2005, 31(6): 6-8.
- [4] 修士新, 王季梅. 真空灭弧室的耐压特性及其分析[J]. 高电压技术, 1997, 23(2): 46-48.
- [5] 贾申利, 王季梅, 付 军, 等. 一种高开断能力两极纵向磁场电极结构的真空灭弧室 [J]. 中国电机工程学报, 1997, 17(5): 330-335.
- [6] FINK H, HEIMBACH M, SHANG Wen-kai. Vacuum Interrupters with Axial Magnetic Field Contacts Based on Bipolar and Quadrupolar Design [J]. IEEE Trans. on Plasma Science, 2001, 29(5): 738-743.
- [7] WALCZAK K, JANISZEWSKI J, MOSCICKA-GRZESIAK H. Evaluation of Internal Pressure of Vacuum Interrupters Based on Dynamics of Electron Field Emission Current and X-radiation [C]// High Voltage Engineering Symposium, 1999: 192-195.
- [8] WALCZAK K. Method for Vacuum State Evaluation Based on Analysis of Dynamics Changes of Electron Field Emission

Current and X-radiation in Time[C]// International Symposium on Discharge and Electrical Insulation in Vacuum, 2002: 231-234.

- [9] FRONTZEK F R, KONIG D. The Measurement of Emission Currents Immediately after Arc Polishing of Contacts[J]. IEEE Trans. on Elec. Ins, 1993, 28(4): 700-705.
- [10] KONIG D, HEINEMEYER R. Prebreakdown Current of Vacuum Tubes with Increased Pressure Stressed with AC Voltage [J]. IEEE Trans. on Plasma Science, 1989, 24(6): 937-941.
- [11] FRONTZEK F R, KONIG D. Electrical Methods for Verifying Internal Pressure of Vacuum Interrupters after Long Time Service[J]. IEEE Trans on Elec. Ins, 1993, 28(4): 635-641.
- [12] 赵子玉, 宋焕生, 江秀臣, 等. 一种测量真空开关灭弧室真空度的新方法[J]. 中国电机工程学报, 2006, 26(8): 144-149.
- [13] MERCK W F H, DAMSTRA G C, BOUWMEESTER C E, et al. Methods for Estimation of the Vacuum Status in Vacuum Circuit Breakers [J]. IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation, 1999, 6(4): 400-404.
- [14] 杨兰均, 王宝利, 张文元. 真空灭弧室电压老炼新技术研究[J]. 高电压技术, 1999, 25(1): 88-90.
- [15] 姚士彬. 电压和电流老炼对真空灭弧室质量的影响 [J]. 高压电器, 2000, 36(6): 52-55.
- [16] 叶 凡. 根据微放电现象的研究评价真空灭弧室触头材料的性能[J]. 电工合金, 1999(1): 39-42.
- [17] 胡汉泉, 王 迁. 真空物理与技术及其在电子器件中的应用 [M]. 北京: 国防工业出版社, 1982.

(上接第 314 页)

(2) 采用屏蔽盒、回绕线和双层屏蔽绞线传输互感器信号, 减少互感器工作环境中的杂散电磁场干扰;

(3) 设计的电流互感器具有准确度高、范围宽, 一台互感器同时满足 IEC 60044-8 对测量 0.2 级和保护 5P20 级电子式电流互感器准确度要求。

参考文献:

- [1] IEC 60044-8. Instrument Transformers-part 8: Electronic Current Transformers[S]. 2002.
- [2] 罗苏南, 田朝勃, 赵希才. 空心线圈电流互感器性能分析[J]. 中国电机工程学报, 2004, 24(3): 108-113.
- [3] 郭柳艳, 游大海. 新型电子式电流互感器测量精度分析[J]. 电力自动化设备, 2006, 26(8): 27-29.
- [4] 郭晓华, 朱明钧. Rogowski 线圈工业化应用中若干问题的讨论[J]. 高电压技术, 2003, 29(3): 16-17.
- [5] 邱红辉, 段雄英, 邹积岩. 基于数据融合的组合结构电子式电流互感器设计[J]. 电网技术, 2006, 30(15): 14-20.
- [6] 王 鹏, 罗承沐, 张贵新. 基于低功率电流互感器的电子式电流互感器[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(4): 98-101.

- [7] E DDY S O, DJOKIC B. An Optically Isolated Hybrid Two-stage Current Transformer for Measurements at High Voltage[J]. IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement, 2006, 55(4): 1204-1207.
- [8] LUXA A H, MUELLER A B, NOBLE T J. Sensors and Non-conventional VT and CT for Medium Voltage Switchgear [C]// Trends in Distribution Switchgear, 1998: 10-12.
- [9] DONALDSON E F, GIBSON J R, JONES G R. Hybrid Optical Current Transformer with Optical and Power-line Energisation[J]. IEE Proc. - Gener. Transm. Distrib. 2000, 147(5): 304-309.
- [10] IEEE PC37.235. Guide for the Application of Rogowski Coils Used for Protective Relaying Purpose [S]. 2006.
- [11] IEEE PC37.92. Standard for Analog Inputs to Protective Relays from Electronic Voltage and Current Transducers[S]. 2005.
- [12] 程利军. 微机继电保护装置电磁兼容研究 [D]. 北京: 华北电力大学, 2001.