

[变压器]

基于频谱特性的变压器绝缘带电检测技术的研究

文/国网延安供电公司 张建国 杨瑾 赵建伟 赵君芳
西安佳源技术贸易发展有限责任公司 闫军

简述了变压器绝缘带电检测技术在日常运维管理中的作用，基于频谱特性的变压器绝缘带电检测设备技术内容。通过应用案例，讲述了基于频谱特性的变压器绝缘带电检测技术及其在设备状态检测中的应用。

电力变压器是电网运行中的关键设备之一，深入研究变压器绝缘故障带电检测技术，依据运行状态参量，对变压器运行状态进行快速评价意义重大。带电检测变压器铁心接地电流是判断其绝缘状态的主要指标。对主变压器铁心接地电流检测，有带电检测和在线监测两种方式，其测量结果均以幅值表述，在日常运维管理中，是通过测量值的大小，依据国标相关要求，对被测主变压器绝缘状态进行评价。

本文在综合分析了变压器结构和铁心接地电流测量原理的基础上，提出了一种基于频谱特性的变压器绝缘带电检测技术，该技术在不改变原设备接线的状态下，在铁心、夹件地线上获取宽频波形，通过2路高速交流采集电流信号，带电检测电流值和波形，通过被测波形分析，综合诊断变压器运行状态及缺陷情况，并通过对变压器的测试、分析，验证了方法的可行性。

基于频谱特性的变压器绝缘带电检测技术

根据需求方案，对设备的硬件和软件部分分别设计，选取合适的宽频电流采集电路，满足使用傅里叶方程对波形的2 000次谐波计算准确度及频谱特性分析需求，硬件电路的设计和相关元器件的选取，软件程序设计，形成一套带电检测系统，完成人机互动功能。

1. 硬件设计

频谱式变压器绝缘带电检测仪，为了便于测试人员现场使用，采用一体化设计，主要由电流宽频采集电路、过电压保护电路、50 MSps数据采集卡、计算机及波形分析软件组成，其结构如图1所示。

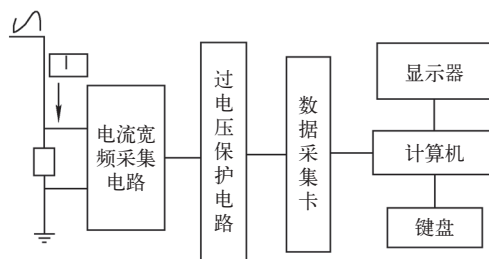


图1 带电检测仪结构原理图

在铁心接地线扁铁上等效应阻（1 mΩ）上测量，再通过前置放大电路，将所测信号给数据采集卡，计算机通过软件程序运行，对所测交流信号进行采集、显示、存储和波形频谱分析。

为了在测试中抑制电磁干扰、消除电网设备运行所带来的过电压冲击影响，特设计了过电压保护电路，提高了装置的安全性。

2. 软件设计

软件设计要求装置具有高速同步采集、波形数据存储和分析能力，满足对被测变压器绝缘故障诊断的需求。

该装置的软件驱动程序主要是由C语言编

写, 具有人机界面友好、可读性强、多路采集数据同步性强、模块化设计思路以及维护方便等优点。主要实现信号的高速同步采集、测试工况图实时显示、被测变压器参数设定、波形回放、波形数据的分析和高次谐波计算功能, 满足频谱特性分析, 程序主流程如图2所示。

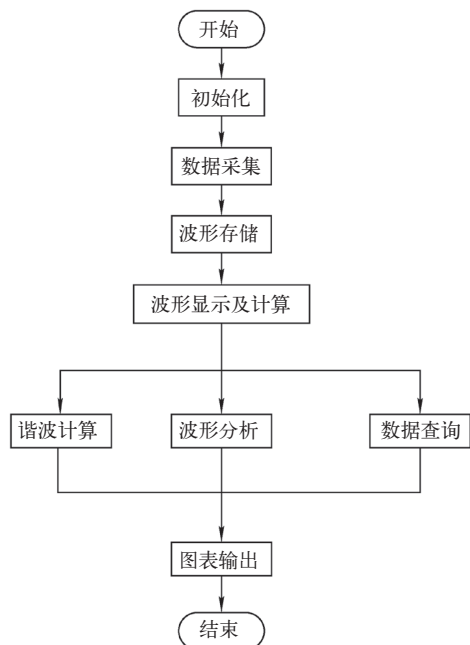


图2 软件设计流程图

3. 装置调试

首先在实验室按照频谱式变压器绝缘带电检测仪设计方案, 对软、硬件进行联机调试, 不断修改、优化, 完善调试相关流程, 并在实验室内模拟变电站现场的各种情况进行测试。包括模拟变压器铁心电流变化测量、温湿度对测量影响测量、电磁干扰对测值影响波形测量误差测量等以及软件各功能操作、显示等功能检查, 该设备均通过验收。

现场应用

某供电公司于2017年9月, 使用西安佳源技术贸易发展有限责任公司生产的JBT频谱式变压器绝缘带电检测仪, 对所属110 kV变电站1号主变压器铁心电流进行了现场测试, 按该仪器的技术要求, 测量点选择在变压器铁心接地线上。

1. 现场测量

主变压器铁心、夹件电流信号获取, 在铁心接地线扁铁上等效应阻 (1 mΩ) 上测量。

2. 部分测试

1) 110 kV主变压器铁心接地工频电流测值。

铁心电流25 mA; 夹件电流26 mA。

2) 1号主变压器铁心、夹件接地电流波形如图3、图4所示。

3) 对1号主变压器波形的高阶谐波分析。

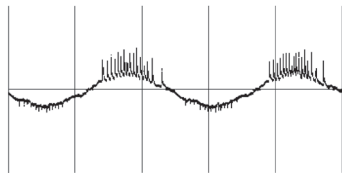


图3 铁心电流波形

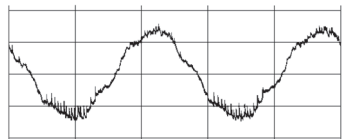


图4 夹件电流波形

该主变压器铁心电流波形以基波 (50 Hz) 为主, 其基波有效值为25.4 mA, 高阶谐波总谐波占有率为33.25%, 其中: 63次以内 (50 Hz ~ 3 kHz) 频率段, 奇次谐波占有率均在1%左右; 3~41 kHz频率段, 谐波占有率均大于0.1%。该主变压器夹件波形以基波 (50 Hz) 为主, 其基波有效值为26.18 mA, 高阶 (谐波) 总谐波占有率为11.59%, 其中: 3次、5次、7次、11次、25次、31次、35次和55次谐波占有率均大于1%, 其他均较小。

目前, 该频谱式变压器绝缘带电检测仪, 已经对该供电公司所属10台110 kV变压器进行了现场测试和应用, 建立了主变压器铁心电流波形初值波形库, 完成变压器铁心、夹件接地电流波形幅值采集与显示, 数据存储和波形的高阶分析等功能。该带电检测仪操作简单, 使用方便, 实现了设计的预期要求。下一阶段, 该项检测技术将列入公司每年的变压器状态检测工作计划中, 为变电设备检修提供重要的依据。

结束语

本文设计并开发的频谱式变压器绝缘带电检测仪, 在现场实际应用中通过信号的高速采集、测试工况图, 实时显示被测变压器参数设定、波形回放、波形数据的分析和高次谐波计算功能, 满足变压器绝缘的频谱特性分析等要求, 通过所属变压器铁心电流波形库的建立, 为变压器绝缘状态诊断提供了新的手段。EA

(收稿日期: 2018.09.28)

(编辑: 朱金凤)