

基于LabVIEW的变压器有载调压开关短时在线监测系统设计

有载调压变压器作为广泛应用于电力系统的电力设备在电网中发挥着重要作用，在线监测有载调压开关（On-Load Tap Changer, OLTC）的机械运行性能将直接影响到供电质量和供电可靠性。采用模块化的设计方法，运用LabVIEW软件设计一套性能稳定及易于操作的OLTC短时在线监测系统。最后搭建测试平台，并设计测试方案，对监测系统的核心功能进行测试。实验结果表明OLTC短时在线监测系统能正确稳定运行，具备较好的监测性能，符合预期目标。

苏宁 黄日瑞/海南电网有限责任公司琼海供电局
张晓裕 杨景鑫/厦门红相电力设备股份有限公司

0 引言

有载调压开关（On-Load Tap Changer, OLTC）的故障类型有多种，具体包括传动轴断裂、选择开关触头间接触不良以及限位开关失灵等。机械故障是OLTC的主要故障类型，它可能损坏OLTC和电力变压器，影响电力设备和系统的正常安全运行，并造成严重后果^[1-2]。

本文设计了一种基于LabVIEW的变压器OLTC在线监测系统，该系统可解决周期巡检的不足，融合在线监测的应用优势；系统可移动，方便在变电站中交替使用。该系统在带电的状态下由变压器OLTC的实际动作自动触发监测，实时监测和跟踪其运行状况的声电信号，并对OLTC的运行状况进行判断和分析。具有重要的现实意义和良好的应用前景。

1 OLTC在线监测原理

根据前文分析，OLTC的故障主要

包括两方面：一是调压开关驱动机构故障；二是开关本体故障。针对这两类故障，主要对OLTC机体振动及驱动电动机电流进行监测。

1.1 振动声学原理

OLTC在运行时，动静触头间的接触分离会产生脉冲冲击力，同时产生振动信号。振动信号通过静触头或变压器油传给接线端子，再通过变压器油传至变压器油箱。开关运行时记录下来的各种振动信号，包含有关OLTC运行中发生的机械方面的大量信息，并且每个品牌的每台变压器OLTC都有自己的声学指纹。因此可以通过在线监测OLTC接线端子或变压器油箱表面的振动信号来判断OLTC的状况^[3-4]。

当OLTC存在故障隐患时，由于动作而引起的其表面的振动信号与正常状态时相比会有所不同，因此测录这些动作过程的波形，能明确反映出OLTC的运行状况。

1.2 驱动电动机电流检测原理

驱动电动机操动机构是OLTC变换操作的位置控制和传动装置，它安装在变压器油箱侧壁上，借助水平传动轴和垂直传动轴与分接开关连接在一起，是OLTC其他机构动作的动力源^[5-6]。

OLTC切换过程中若储能弹簧性能发生改变或储能过程中存在机构卡塞等现象，必然伴随着电动机驱动转矩的变化，从而使驱动电动机电流发生变化。因此可以通过电流传感器检测电动机驱



苏宁/工程师

关键词/Keywords

变压器 ·
有载调压开关 ·
短时在线监测系统 ·
Labview ·

动电流,实时跟踪驱动电动机性能的变化,以有效判断操动机构运行状态。

2 系统硬件选择

2.1 监测系统总体框架

监测系统整体框架如图1所示。在线监测时,通过传感器模块采集被测对象的振动及电流信号,并送至信号调理模块,再由数据采集模块采用USB总线通信方式将监测数据送至上位机,最后在上位机数据分析及管理模块对被测信号进行分析及处理。

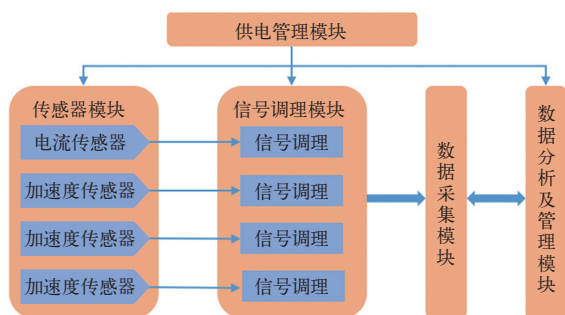


图1 监测系统框架

由图1可知,监测系统集传感器模块、信号调理模块、数据采集模块及上位机模块于一体,由供电管理模块集中供电;其中传感器模块包含1个电流传感器和3个加速度传感器,各传感器分别对应信号调理中的一个单元;系统集成化程度较高,模块之间通信流畅迅速,便于现场进行OLTC短时在线监测。

2.2 电流传感器的选型

本文所设计的监测系统需要监测电动机驱动电流,实时跟踪OLTC驱动电动机性能的变化,由于采集信号范围宽广,所选用的电流传感器应具备线性度好、电测范围宽、抗干扰能力强及电磁兼容度好等特点;依据前人研究成果,本文采用闭环霍尔电流传感器进行OLTC电动机驱动电流的采集。传感器的原理如图2所示。

被测电流流过磁心导体产生磁场,通过霍尔元件输出信号控制的二次侧补偿电流流过次级线圈产生磁场补偿,当一次侧与二次侧达到磁场平衡时,其补偿电流即可准确反映被测电流^[7-9]。

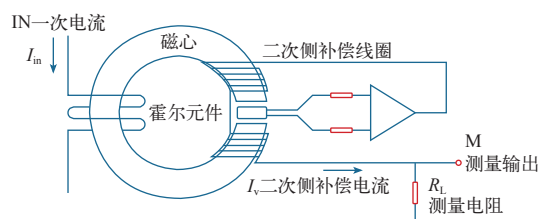


图2 传感器原理

2.3 加速度传感器的选型

本文所设计的OLTC短时在线监测系统需要采用从OLTC接线端子或变压器油箱表面来获取振动信号。借鉴前人的研究成果,本文选用具备内置集成电路的压电传感器(ICP)^[10],可满足系统测试需求。

2.4 信号调理单元

传感器采集的信号经过信号调理单元进行匹配、滤波、放大和整形等处理,从而确保后续数据处理满足对设备原始特征的要求。本文依据国家规范、行业规范要求进行监测系统信号调理电路的设计,其输入及输出阻抗为匹配传感器宽带天线的输出阻抗,设计为50 Ω。传感器信号调理电路工作流程如图3所示,信号传输线阻抗为匹配传感器及信号调理器,设计为50 Ω,滤波单元采用带通滤波方式进行信号滤波,放大单元采用线性放大方式进行信号放大,调理单元固定放大增益为40 dB。

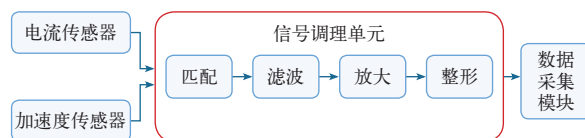


图3 信号调理电路工作流程

2.5 高速数据采集卡的选型

为满足监测系统通信方式及每通道采样率不低于100 Mbit/s的要求,本文采用NI公司生产的高速数据采集卡,该卡片是以USB总线为数据传输类型,具有功能稳定、采样能力较强的特点;可完全满足系统监测需求。

3 系统软件设计

3.1 LabVIEW程序设计步骤

为提高监测系统的执行效率,同时在系统使

用后期时便于维护或者有改动时及时处理，本文编写LabVIEW程序时按照图4的步骤进行。

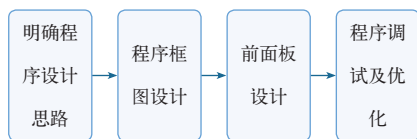


图4 LabVIEW编写步骤

3.2 监测系统软件架构

项目的软件架构如图5所示。本文监测系统基于Windows7平台，采用LabVIEW 2016对上位机短时在线监测系统进行功能模块化设计，主要包含新建测试模块、原始图谱模块、包络图谱模块和能量图谱模块四大模块；各模块之间相互联系及运作构成OLTC短时在线监测系统。

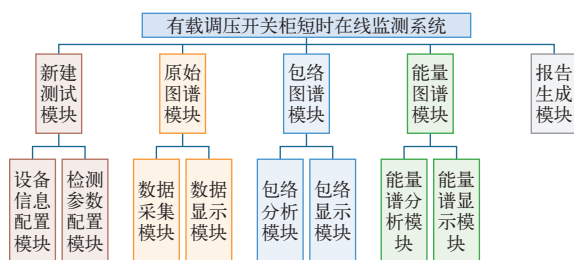


图5 监测系统软件架构

3.3 监测系统模块化功能简介

本文利用LabVIEW提供的选项卡来实现监测系统模块化设计的特点。单击选项卡即可进入对应的功能界面进行操作。

3.3.1 新建测试模块

该模块集设备信息管理及测试信息管理等于一体，用于对被测设备及测试信息进行编辑管理。

OLTC设备信息主要包含变电站、设备编号、设备厂家和设备型号；测试信息包含测试类型选择、触头信息设置、触发方式选择和通道配置。其中测试类型包含在线及离线选项，分别对应变压器不同的运行状态。触发方式选项中时间触发范围设为1~15 s；同时参考变压器实际运行工况，设置电流触发范围为0~240 A。通道配置选项中设有1个电流通道和3个加速度通道，对应系统所配置的传感器类型及数量。

3.3.2 原始图谱控制选项模块

原始图谱控制选项模块用于实现监测系统基本的数据采集功能，主要包含：①实现采集控制、数据采集功能；②可多通道进行原始数据的回放并显示；③实现图谱显示控制功能。

3.3.3 包络图谱分析模块

包络图谱分析模块主要实现对采样数据的包络分析，主要包含：①多通道进行电流包络、加速度高频/低频包络图谱数据的分析、回放及显示；②实现图谱显示控制功能；③实现高低频数据的重合度分析。

3.3.4 能量图谱分析模块

能量图谱分析模块主要实现对采样数据的能量谱分析，主要包含：①实现多通道进行能量图谱数据的分析、回放及显示；②实现图谱显示控制功能。

4 监测系统可行性测试

前文介绍了监测系统的总体设计，为了验证设计的可行性，必须对监测系统进行测试。

4.1 测试平台的搭建

本文所开发的OLTC短时在线监测系统是由上位机软件根据下位机上传的声电联合信号实现性能检测的，相应的测试平台也由两部分组成。现场测试环境为银川卧龙电气在运110 kV接线牵引变压器，现场接线示意图如图6所示。

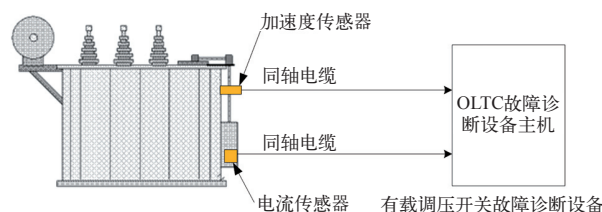


图6 监测系统现场接线示意图

4.2 测试内容及结果

在完成测试平台的搭建后，即可对监测系统进行测试。本文主要对上下位机数据通信性能及采样数据分析这两项核心功能进行测试。

4.2.1 上下位机数据通信性能测试

上下位机数据通信性能测试是为了验证OLTC短时在线监测系统的数据采集和实时数据显示功能。在通信功能测试前,先完成系统接线并打开软件,进入OLTC短时在线监测系统主界面,设置相关设备参数及测试参数后,进入系统原始图谱界面。调节档位,起动变压器档位切换,运行系统,测试结果表明不同档位下监测系统原始图谱界面所显示图谱与厂家检验标准一致,2降1档位测试显示图谱如图7所示。测试结果表明,系统能稳定地采集OLTC的运行数据并能实时显示OLTC的运行参数,上下位机数据通信性能稳定可靠。

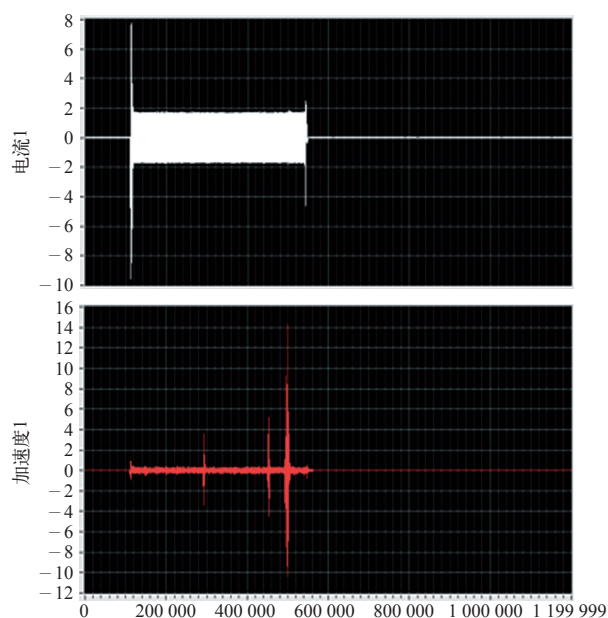


图7 监测数据图谱显示

4.2.2 采样数据分析测试

在完成数据采集后,对数据进行分析测试。主要对监测数据进行包络分析测试及能量谱分析测试。

1) 包络分析测试,在主界面单击“包络图谱”选项卡,进入包络分析界面,选取待分析的监测数据,进行监测数据包络分析及显示。

图8为OLTC 2降1两通道监测数据的包络分析图谱,符合厂家检验标准,同时可对加速度高低频信号进行重合度分析,方便用户参考,如图9所示。

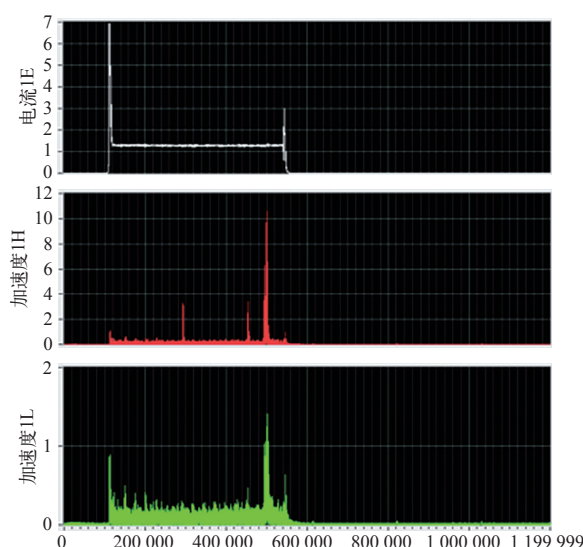


图8 包络数据图谱显示

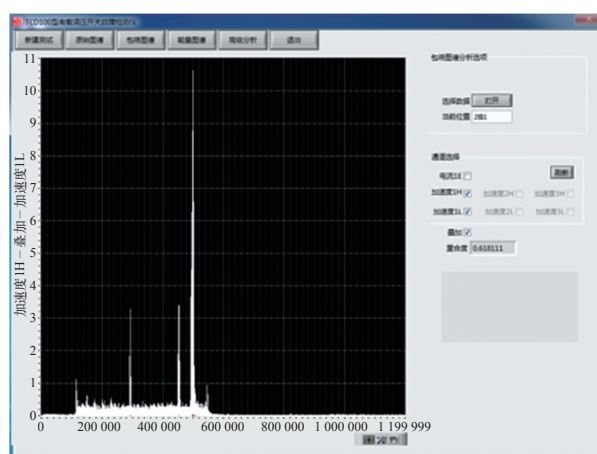


图9 包络图谱叠加及重合度显示

2) 能量谱分析测试,在主界面单击“能量图谱”选项卡,进入能量图谱分析界面,选取待分析的监测数据进行分析并显示,即可得监测数据能量谱图及计算结果供用户参考,如图10所示,符合厂家检验标准。

5 结束语

1) 根据国内外OLTC在线监测研究现状,总结现今OLTC在线监测系统存在的问题,基于LabVIEW设计了一套OLTC在线监测系统。

2) 研究现有的变压器在线监测系统的层级结构,设计了OLTC在线监测系统总体框架图。同时介绍了硬件设备的选型并对框架内硬件设备的原

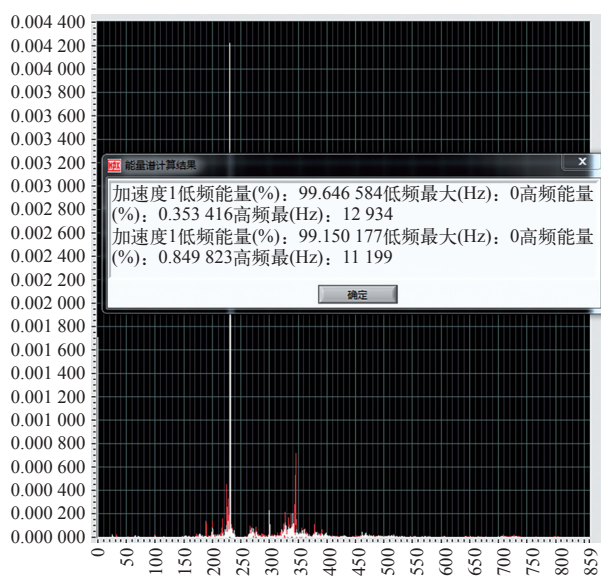


图10 数据能量谱分析及结果显示

理进行了研究。

3) OLTC短时在线监测系统必须进行可行性验证, 本文分别对监测系统上下位机数据通信性能及采样数据分析进行测试, 测试结果均符合厂家检验标准。

4) 由于科研资金和时间的限制, 监测系统并未实现实时诊断, 且数据分析需要用户具备一定的专业技能; 后续工作将对监测系统实现实时监测、自动分析。

参考文献

- [1] 李家坤. 我国智能电网建设的战略意义及发展方向分析[J]. 长沙工程职业技术学院学报, 2011(2): 23-24.
- [2] 向思怡. 基于LabVIEW的变电站电力设备在线监测系统的设计[D]. 重庆: 重庆大学, 2016.
- [3] 王叶坤. 一种新型分布式变电站在线监测系统的研究[D]. 南宁: 广西大学, 2008.
- [4] 曹立平. 有载调压分接开关振动监测及分析[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2015.
- [5] 李荣海. 浅谈主变压器有载调压开关运维检修技术要点[J]. 低碳世界, 2016(3): 2095-2066.
- [6] 程锦, 王正刚, 徐燕飞, 等. 振动法在线检测电力变压器有载调压开关触头状况的可行性研究[J]. 高压电器, 2005, 41(2): 1001-1609.
- [7] Junhyuck Seo, Hui Ma, Tapan Saha. On Savitzky-Golay filtering for online condition monitoring of transformer on-load tap changer[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2017, 9(6): 1-5.
- [8] Josemar de Oliveira Quevedo, Fabricio Emmanuel Cazakevicius, Rafael Concatto Beltrame et al. Analysis and design of an electronic on-load tap changer distribution transformer for automatic voltage regulation[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2017, 64(1): 883-894.
- [9] Ruochen Duan, Fenghua Wang, et al. Fault diagnosis of on-load tap-changer in converter transformer based on time-frequency vibration analysis[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2016, 63(6): 3815-3823.
- [10] 潘作为, 梁双印, 李惊涛. 基于复数小波多尺度包络分析的风机滚动轴承故障特征提取[J]. 中国电机工程学报, 2015, 8(20): 4147-4152.

(收稿日期: 2017-11-27) **EA**

声 明

我刊《电气应用》杂志2018年第17期, 篇名为《考虑网络损耗的直流近区风电场集电参数等值建模研究》, 作者: 王秋实, 翟铁军, 张德超, 袁野, 肖立东, 文章所在页码为76~81页, 经相关人员反映情况以及编辑部查明核实, 该篇文章涉嫌学术抄袭问题。该文章的原作者为: 张新宇, 赵义松, 苑经纬, 杜威, 李佳奇, 齐郑。本刊将严肃处理一切学术不端行为, 特此声明!