

基于多通道检测技术的侵入式开关柜局部放电在线监测系统的设计

局部放电极易导致开关柜内部绝缘器件老化。通过检测局部放电产生的地电波(TEV)和超声波信号来判断开关柜的绝缘状况,是一种比较有效的检测手段。文章设计了一种基于多通道检测技术的侵入式开关柜局部放电监测系统。系统在每一面开关柜内部设计多路传感器,靠近被测对象安装,多通道监测开关柜内部多个位置局部放电信号,实现开关柜绝缘状态实时监测。实际应用效果表明:该系统可以在多个通道检测出开关柜内部的局部放电状况,准确判断开关柜绝缘状况,同时具备局部放电故障辅助定位能力。

朱胜龙¹ 王庆军¹ 艾春² 刘财明² 郑浩³ 郁书好⁴/1. 国网安徽省电力公司电力科学研究院 2. 厦门红相电力设备股份有限公司 3. 国网安徽省电力公司 4. 皖西学院



朱胜龙/高级工程师

关键词/Keywords

多通道·
侵入式·
开关柜·
局部放电·
在线监测系统·
地电波·
超声波·

0 引言

随着电力工业的迅猛发展,电网规模的日益扩大,对开关柜的稳定性、可靠性以及电气设备的运行状况提出了更高的要求。近年来,由于开关柜故障造成的经济损失也呈逐年上升趋势。

受占地面积、地理条件等影响,同时随着生产技术及工艺水平的提高,中高压开关柜设计日趋小型化,因此对其绝缘器件的绝缘性能的要求也越来越高。然而在实际生产实践中,由于产品质量、运输、安装等因素的影响,绝缘故障时有发生。据统计,1989~1992年全国6~10kV开关柜事故统计,绝缘和载流引起的事故占总数的40.2%,其中由于绝缘部分的闪络造成的事故占绝缘事故的79.0%^[1]。近些年的实践表明^[2-3],局部放电是导致开关柜绝缘劣化,最终引发

绝缘事故的主要原因。绝缘故障常常伴有局部放电的产生。局部放电是发生在电极之间但未贯穿电极的放电,它是由于设备绝缘内部存在弱点或生产过程中造成的缺陷,在高电场强度作用下发生重复击穿和熄灭的现象,表现为绝缘内气体的击穿、小范围内固体或液体介质的局部击穿或金属表面的边缘及尖角部位场强集中引起局部击穿放电等。这种放电的能量是很小的,所以它的短时存在并不影响到电气设备的绝缘强度。但若电气设备绝缘在运行电压下不断出现局部放电,这些微弱的放电将产生累积效应,会使绝缘的介电性能逐渐劣化并使局部缺陷扩大,最后导致整个绝缘击穿。因此局部放电对于开关柜来说是一种潜在的隐患。

1 系统总体设计

系统采用分布式设计,分为4个层次,分别是数据采集部分,包括数据监测终端和传感器;数据集中收集及现场展示部分,由集中器构成;数据集中管理部分,由数据服务器构成;数据访问部分,由客户端构成。系统框架如图1所示。

2 系统硬件设计

2.1 数据采集部分设计

数据采集部分包括地电波传感器、超声波传感器和监测终端,每个监测终端配备多路地电波和超声波传感器。现场应用中,监测终端和所有传感器均安装于开关柜内部,其中传感器数量根据

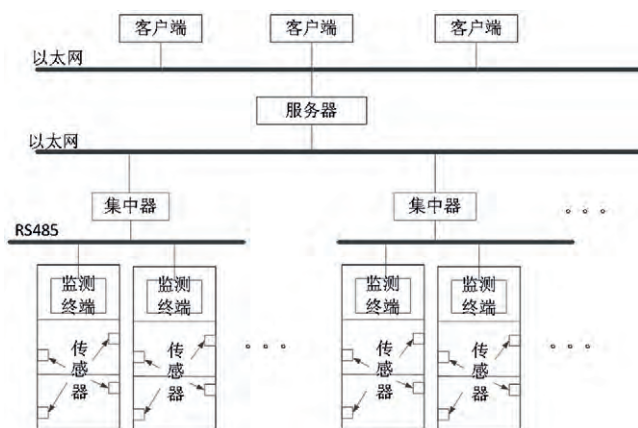


图1 系统框架图

不同开关柜结构配备，安装位置通常在满足开关柜安全距离规定的前提下，选择接近被测对象安装；监测主机通常安装于开关柜仪表舱，实现多通道监测数据并行监测。数据采集部分设计框图如图2所示。

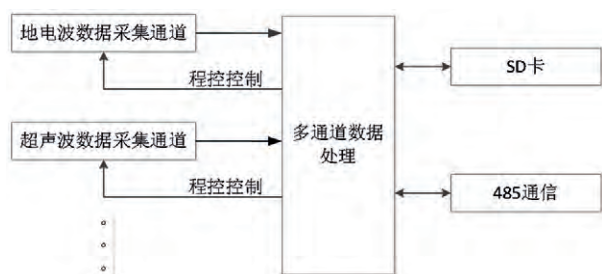


图2 数据采集部分设计框图

地电波和超声波信号调理通道包括传感器和信号调理电路，其中信号调理电路采用多级程控放大和滤波对传感器所采集的信号进行调理并进行数据转换。滤波由有源滤波器组成，滤除电力系统中的低频干扰。多通道数据处理部分由ADC和FPGA构成，ADC选用AD9238，每个ADC对应一路地电波调理电路和一路超声波调理电路。FPGA选用Altera公司Cyclone IV系列FPGA，型号是为低功耗应用而设计的EP4C15。由FPGA内部产生ADC采样控制时钟，对ADC采样时序进行控制。同时FPGA外接SD卡和485通信模块，完成数据存储和数据通信。

2.2 集中器设计

集中器的主要功能包括：①向下通过485总线收集监测终端发送的监测数据，并对监测终端

的采集参数进行调整，记录通信异常状况；②向上将收集的监测数据及集中器与监测终端的通信异常状态通过以太网上传至服务器，并接收服务下发的指令，调整集中器的配置参数；③数据显示功能。现场通过显示屏幕，将实时监测数据以开关柜为单位现场显示，并根据严重程度判别算法，对实时数据通过不同颜色指示其严重程度；④数据存储功能。设计SD卡保存监测终端收集的数据；⑤数据查询功能。通过现场操作将历史数据以曲线方式显示，辅助用户对开关柜的局部放电状态的发展趋势进行分析判断。⑥数据下载功能。设计USB接口，实现监测数据本地下载存储。数据集中器单元设计框图如图3所示。

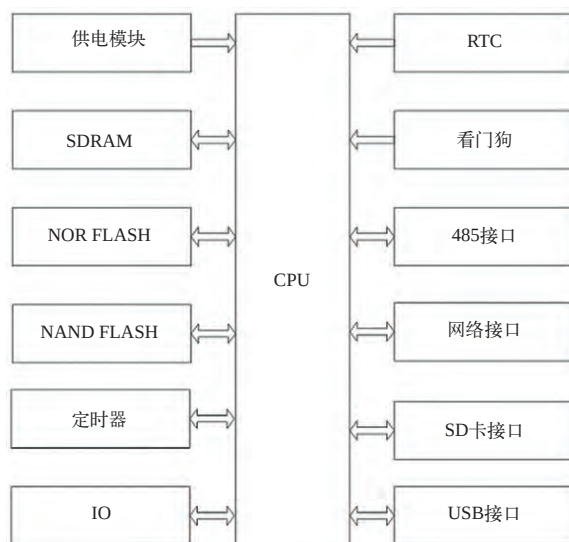


图3 集中器设计框图

2.3 服务器设计

服务器的主要功能是对从集中器收集的数据进行分析和处理。提供辅助决策是本套监测系统的重要目标，因此在有效监测现场数据的同时对监测数据进行详细、全面的分析才能发挥监测系统的最终作用。系统设计了设计横向、趋势以及阈值分析等多种技术手段，对开关柜局部放电监测数据进行综合分析，并以图表形式直观地显示分析结果，同时根据分析结果对开关柜的运行状态给出“正常”、“注意”、“异常”以及“严重”等辅助检修建议；设计报表生成功能，方便用户根据工作需要生成报表；设计检测数据WEB发布功能，用户可通过以太网访问该服务器，实现系统远程访问。

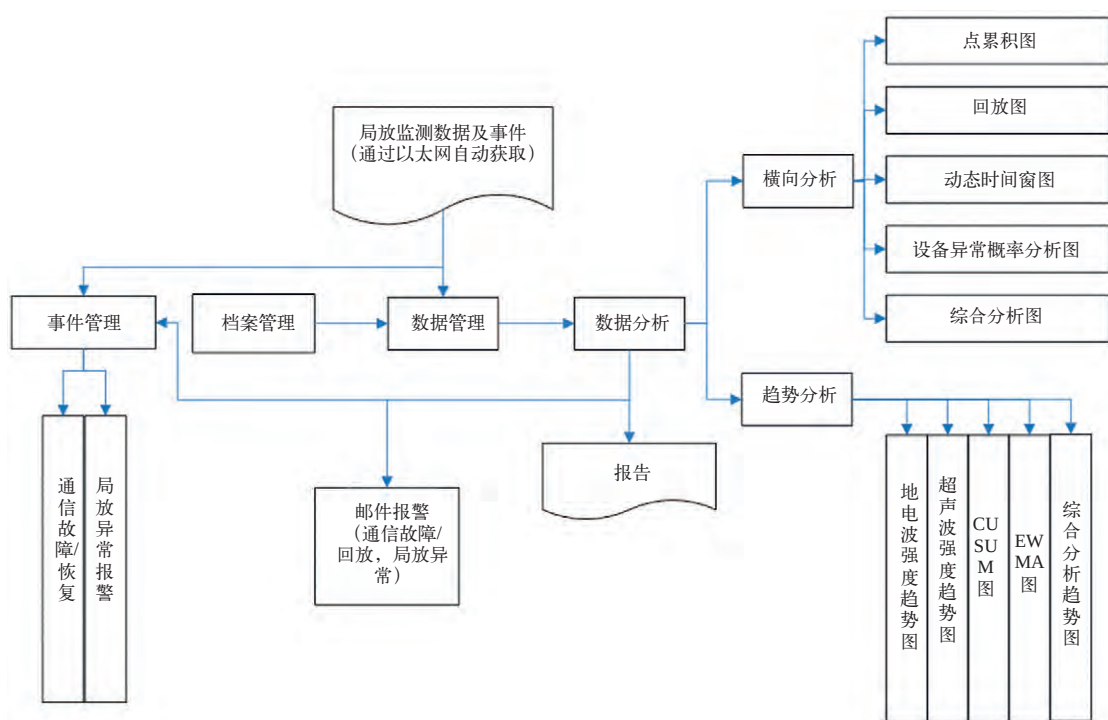


图4 服务器软件系统设计框图

3 实验测试

为验证多通道并行侵入检测技术方案的实际效果，设计了以下实验。

3.1 内外检测比对

测试传感器及放电模型安装位置示意图如图5所示。电压等级分别为5 kV、6.5 kV和8.4 kV，测试数据如图6、图7所示，其中横坐标1~20为5 kV测试数据，21~40为6.5 kV测试数据，41~60为8.4 kV测试数据。

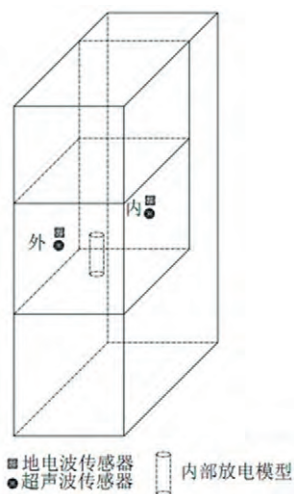


图5 内外比对测试传感器安装位置示意图

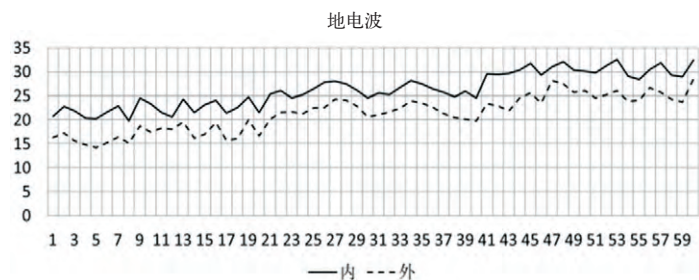


图6 内外比对测试地电波数据

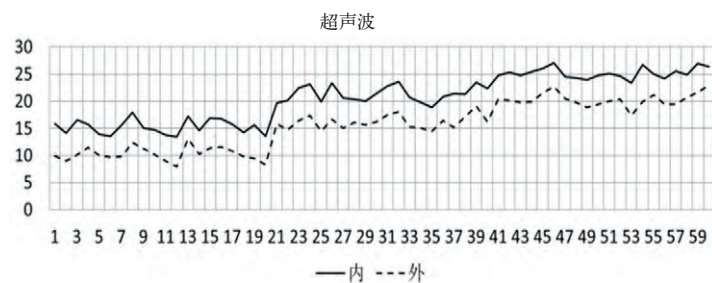


图7 内外比对测试超声波数据

从不同电压等级下的测试数据来看，内部检测获取的数据明显高于外部检测获取的数据值。从实际意义来说，由于开关柜后开关柜内部结构的影响，当传感器安装在开关柜内部，接近被测对象安装时检测的结果更准确。

3.2 内部不同位置检测比对

测试传感器及放电模型安装位置示意图如图8

所示。电压等级分别为5.4 kV、7 kV和8.6 kV，测试数据如图9、图10所示，其中横坐标1~20为5.4 kV测试数据，21~40为7 kV测试数据，41~60为8.6 kV测试数据。

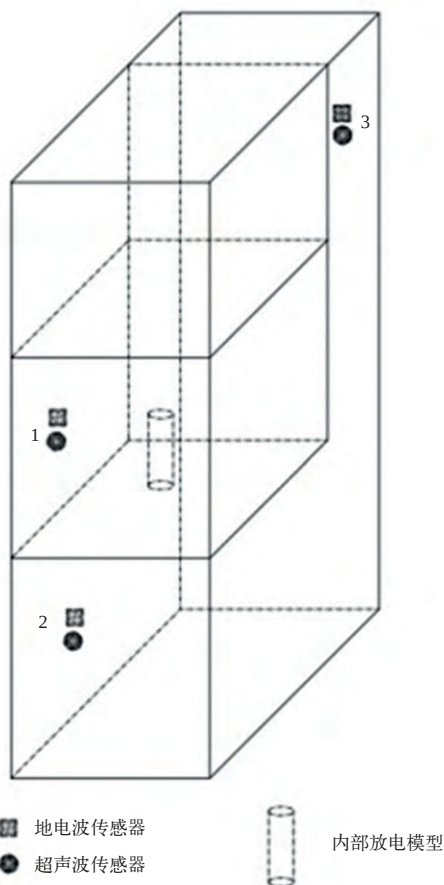


图8 内部不同位置测试传感器安装示意图

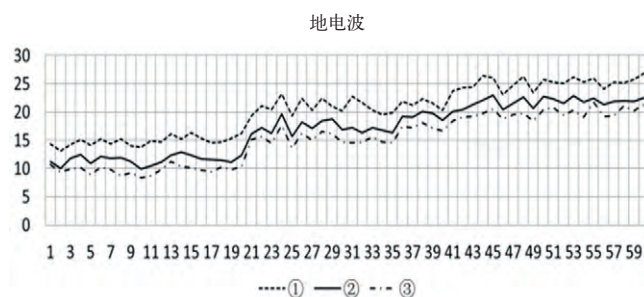


图9 内部不同位置测试传感器安装示意图

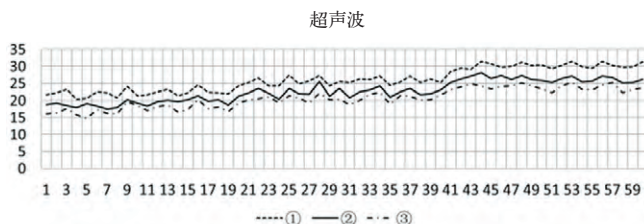


图10 内部不同位置测试传感器安装示意图

从不同电压等级下的测试数据来看，位置1检测获取的数据明显高于位置2和位置3检测获取的数据值。从实际意义来说，在开关柜内部，接近放电源的传感器获取的检测数据会高于远离放电源的数据，因此当某开关柜存在放电时可以通过多通道检测数据的比对初步确定放电源在开关柜的那个方位。

4 现场应用

系统研究设计完成并经过大量实验室测试后，在现场投运使用。经过半年多时间的现场测试，系统运行稳定，效果良好。系统现场测试运行情况如图11~图16所示。



图11 实时数据查看



图12 地电波强度分析



图13 横向分析

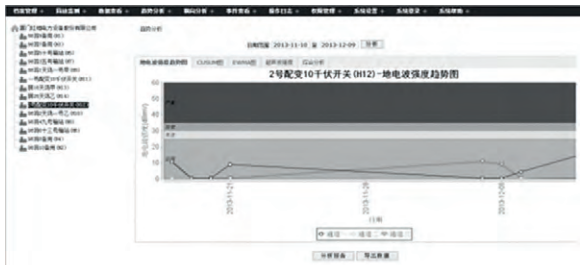


图14 趋势分析

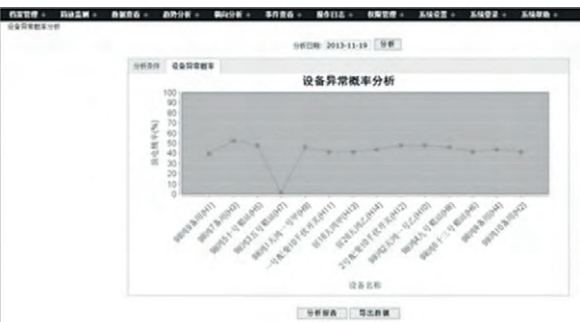


图15 设备异常概率分析



图16 综合分析

5 结束语

本文设计的监测系统将多路传感器安装在开关柜内部的不同部位,采用多通道监测技术,实现了所有通道信号并行实时监测,有效降低了由于传播介质、传播介质界面差异造成的信号衰减,监测结果较常规巡检中采用的在开关柜柜体外部检测获取数据更加准确。同时由于多通道实时监测的设计,系统能够根据信号的强弱初步判断出局部放电发生在开关柜内的方位,在开关柜局部放电定位方面,较通常的定位方法更加准确。另外系统的设计实现了开关柜局部放电全寿命周期实时监测,为分析开关柜绝缘状态,实现开关柜状态检修提供了数据保障。

参考文献

- [1] 田勇,田景林.6 kV~10 kV开关柜事故统计分析与改进意见[J].东北电力技术,1996(8):5-10.
- [2] 宋昊,崔景春,袁大陆.2004年高压开关设备运行统计分析[J].电力设备,2006,7(2):10-14.
- [3] 董兴海.金属封闭柜内带电运行设备局部放电检测研究[J].云南电力技术,2006,34(4):25-26.

(收稿日期:2015-05-15) EA

作者简介

朱胜龙(1980-),男,硕士,国网安徽省电力公司电力科学研究院,高级工程师,从事电气设备的研究及应用工作。

王庆军(1973-),男,硕士,国网安徽省电力公司电力科学研究院,高级工程师,从事过电压技术、电气设备的研究及应用工作。

(上接第606页)

中国电力出版社,2006.

- [10] 张森,张正亮. MATLAB 仿真技术与实例应用教程[M].北京:机械工业出版社,2004.

(收稿日期:2015-05-15) EA

作者简介

郑雨翔(1991-),男,助理工程师,从事电力系统变电运行工作。

龙腾(1986-),男,硕士,研究方向为电力设备状态监测与评估诊断。