

文章编号: 1005-8451(2005)11-0001-03

## 基于微机监控系统电容型设备介损在线测量研究

郭 兴, 刘明光

(北京交通大学 电气工程学院, 北京 100044)

**摘要:** 为了提高电容型设备介损在线监测方法的测量精度和实现智能化管理, 探讨利用微机监控系统进行管理的方法, 重点介绍了系统的组成、工作原理和相关技术措施。

**关键词:** 介质损耗角正切; 监控系统; 提升小波变换; RS-485

中图分类号: TM51 文献标识码: A

### Study on on-line measurement of dielectric loss based on Microcomputer Monitoring System

GUO Xing, LIU Ming-guang

(School of Electrical Engineering of Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

**Abstract:** To increase the accuracy and implement smart management of on-line measurement of dielectric loss, it was discussed the method of Microcomputer Monitoring System. Especially the composition, the working principle and the related technical measures were introduced.

**Key words:** dielectric loss tangent; Monitoring System; lifting wavelet transform; RS-485

高压电容型设备的介质损失角正切 ( $\tan \delta$ , 简称介损) 是反映其绝缘水平的重要参数, 它的变化可以反映电气设备绝缘整体受潮、劣化变质以及小体积被测试设备贯通或未贯通的局部缺陷。然而传统的定期检修已不能满足高压设备安全运行的要求, 因此, 近年来介损在线监测方法一直是研究的重点。

介损在线监测是一个动态的测量过程, 通过实时地测得介损值, 可以及时、准确地掌握运行设备的绝缘状况, 从而根据设备自身特点及变化趋势等来确定检修时间和检修策略。由于在线监测存在PT角差、算法缺陷、环境干扰和数据量大等多方面困难, 如果只是依靠传统的谐波分析法和人工记录来分析测量结果, 就不能从根本上解决测量精度低和可靠性不高的问题。因此, 需要一套工作稳定、性能可靠、具有智能化处理能力的微机监控系统对介损在线监测进行管理。

### 1 介损检测原理与难点分析

电容型设备在交流电压作用下的绝缘特性如图1所示。流过介质的电流由两部分组成:  $i_{Cx}$  为电容电流分量,  $i_{Rx}$  为有功电流分量。通常  $i_{Cx} > i_{Rx}$ ,  $\delta$  很小。介

质中的功率损耗  $P = UI_{Rx} = UI_{Cx} \tan \delta = U^2 \omega C_x \tan \delta$ 。  
 $\tan \delta$  为介质损耗角的正切, 是反映绝缘功率损耗大小的特性参数, 与绝缘的体积大小无关, 所以  $\tan \delta$  作为反映设备绝缘状况的参数是非常合适的。

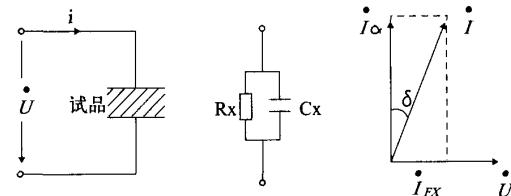


图1 绝缘的等值电路和向量图

$\tan \delta$  在线测量存在以下难点: (1) 信号采样环节: PT角差的存在, 严重影响了电压信号的相位; 由小电流传感器采集的电流信号再经放大也引入了一定误差; 由于硬件电路本身的限制使得采样频率和位数都不能很大, 从而又带来了量化误差; (2) 信号处理环节: 算法本身的限制(比如当采样频率不是信号频率的整数倍时, 谐波分析法中存在的泄漏问题), 大大影响了测量精度; (3) 其它方面影响: 现场环境(如温度、湿度)的变化和信号传输过程, 都会引入误差。

### 2 系统结构和特点

电容型设备介损在线监测方法是由离线测试技

术发展而来的，根据其获得数字信号的手段和处理方法的不同而形成了两大分支：(1)“硬件”实现方法，以过零点时的相位比较法（也称脉冲计数法）、电压比较器法等为代表，此类方法存在处理环节多、累计误差大且补偿困难、抗干扰性能差等问题；(2)“软件”实现方法，其典型代表是谐波分析法，此类方法硬件简单，可以更为灵活地采用多种方法处理干扰、谐波的影响，是目前主要采用的测量方法<sup>[1~2]</sup>。

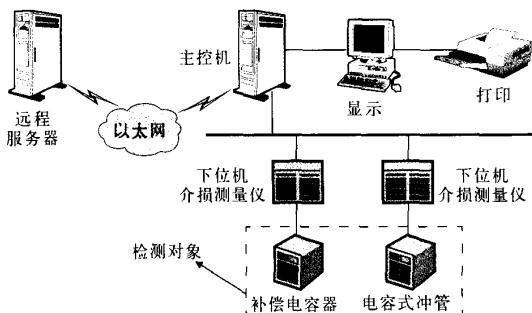


图2 系统总体结构图

本系统用“软件”方法实现在线监测，采用分布式控制结构。系统总体结构如图2所示，可分为下位机数据采集与处理环节、数据传输环节和上位机数据分析环节3部分。具有以下特点：(1)可精确测量小电流信号和介质损耗角；(2)管理智能化，可根据实际需要进行“绝对法”和“相对法<sup>[3]</sup>”的切换；(3)数据实时采集，根据天气、干扰等多方面原因进行分析，对设备的运行状况做出判断与预测。

### 3 系统设计

#### 3.1 下位机系统设计

根据“软件”方法实现介损测量的原理，以MSP430F149单片机为核心，制作了分布式监测系统的下位机，如图3。下位机系统主要由信号采集电路和单片机控制电路组成，完成对介损值的计算和上传操作。

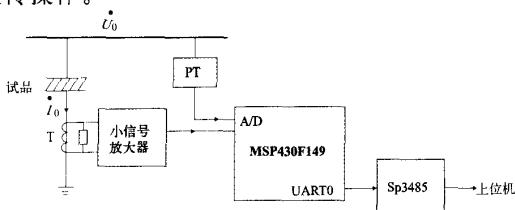


图3 下位机硬件结构图

电路中采用的主控单片机为MSP430F149<sup>[4]</sup>，它是一款高性能的16B单片机。图中T为贯穿式电流传感器，用玻莫合金高导磁材料制成，对电场的干扰采用金属屏蔽法，对外磁场干扰采用铁芯短路法，满足了测量精度的需要。电压信号从电压互感器的二次测量获得。电压、电流信号经过A/D采样后进入单片机进行处理，此时信号中混合着高频谐波和大量噪声信号，需要采用合适的算法滤除谐波得到有用的基波信号。为了克服快速傅立叶变换(FFT)会在系统频率波动时出现频率泄漏的问题，因此采用了提升小波变换进行信号去噪<sup>[5]</sup>。提升小波变换不仅可以实现整数小波变换，而且具有速度快、不占用额外内存空间的特点，非常适合在单片机上实现。最后把计算结果经过适当的修正通过RS485总线送给主机。具体流程如图4所示。

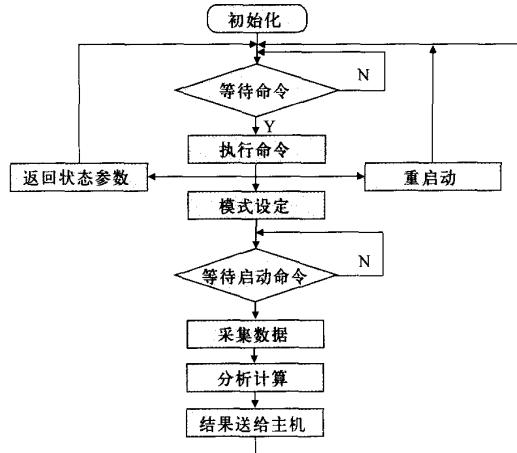


图4 下位机工作流程图

#### 3.2 通信协议

下位机介损测量仪与主机之间通过RS485总线进行数据传输，采用主从结构的通信方式，即总线上只有一个主机，多个从机，每个从机分配唯一的地址。由于RS-485标准只对接口的电气特性做出规定，因此需要建立自己的高层通信协议。主机对下位机的操作只限于读和写，规定通信协议如下：

(1) 通讯的帧格式采用标准的异步串行通信模式，其格式为：1位起始位，8位数据位，1位停止位。波特率则设定为9 600 bit/s。

(2) 主机采用查询方式接收/发送数据，从机采用中断方式接收/发送数据。通讯只能由主机发起，从机收到命令后响应。从机不主动申请，从机只能与主机进行通讯，从机之间不能相互通信。

(3) 传输的信息分为命令包和数据包，格式为：

命令包：

从机地址	命令码	CRC校验码
1 Byte	1 Byte	2 Byte

数据包：

从机地址	字节数	数据	CRC校验码
1 Byte	1 Byte	n Bytes	2 Byte

从机地址的定义如下：

0x01：下位机1 0x02：下位机2……0xA：下位机10。

(4) 主机向从机发出命令后，从机应在10 ms内应答，否则主机重发命令；信息包的一次传输不能超过50 ms，否则结束发送；主机连续3次重发命令后，从机没有应答则报错。

(5) 系统允许主机以广播的方式向全体从机发送数据，当从机收到地址为0xFA时，所有从机中断，响应广播方式数据。

### 3.3 上位机系统设计

由于在线监测是在复杂的现场下进行的，不仅会受到环境条件（如温度、湿度以及电场干扰等）的影响，还会受到信号传输过程中难以避免的同步偏差、传输错误和信道噪声等随机干扰的影响。因此，监测系统要对异常数据进行剔除。另外还应注意，在线监测的介损数据虽然波动性大，但其变化还是在一定范围内，我们最关心的是其相对变化量。监测系统要能够分析出其变化趋势。

主机程序采用Visual C#.NET编写。C#把VB的高效性和C++的强大功能结合起来，可以编写企业级水平的客户/服务器程序和强大的数据库应用程序。软件编写时采用了模块化处理方法，可分为4大模块，如图5。



图5 上位机软件模块图

系统主要功能为：

#### (1) 数据处理

对异常数据的处理，采用53H算法，即先产生一个曲线的平滑估计，然后将测量值与此估计值进行比较以识别异常点，该法可以提高数据稳定性。

通过设定不同的阀值，可以给出“注意”、“警告”和“危险”等的提示，另外，对于采用相对测量法的情况，可以选取多个参照标准进行组间互比，从而消除参照标准发生变化而造成的误差。

#### (2) 组合查询

系统可以对存放在数据库中的测量结果，提供多种查询方式，比如按照采样时间、环境情况等多种条件进行查询，方便操作人员的管理和维护。

#### (3) 图形显示

从下位机读取的测量结果，经过数据剔除和相关处理之后，以时间为横坐标，以tan δ值为纵坐标，绘制成曲线。可以把同一设备在不同时期的曲线绘制在同一个坐标系下，进行纵比；也可以把不同设备在同一时期的曲线绘制在同一个坐标系下，进行横比。通过tan δ值的趋势比较，可以更形象地显示设备绝缘状况的好坏。

#### (4) 数据通讯

通过调用MSComm控件，按照事先规定的协议，通过RS485与下位机进行通讯。并且实时监视下位机的工作情况，根据具体情况（比如下雨、打雷时），对下位机的工作参数进行修正，以满足精度要求。

## 4 结束语

运用小波去噪的测量方法和高性能的单片机构成的下位机系统，与传统的傅立叶算法相比，弥补了由于基波频率提取不准确造成的频谱泄漏现象。

上位机系统充分利用了计算机的软硬件资源，可以及时、准确的掌握运行设备的绝缘状况。大大提高了测量的智能化程度，对于保障电气化铁道供电系统的安全运行具有重要的意义。

## 参考文献：

- [1] 王楠, 陈志业, 律方成. 电容型设备绝缘在线监测与诊断技术综述[J]. 电网技术, 2003 (8).
- [2] 王超, 吕小静, 黎文安. 现代介质损耗测量技术分析[J]. 中国仪器仪表, 2004 (1).
- [3] 赵现平, 李小建, 王赋. 容性设备介损在线测试的探讨[J]. 云南电力技术, 2004 (3).
- [4] 沈建华, 杨艳琴, 翟晓曙. MSP430系列16位超低功耗单片机原理与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004, 11.
- [5] 王志武, 丁国清, 颜国正, 林良明. 自适应提升小波变换与信号去噪[J]. 计算机工程与应用, 2002 (2).