

基于图形界面的配电台区电能质量监测分析系统的设计与实现

李国庆¹,王振浩¹,李宏仲²,赵梨³,徐国富³,王宝军³

(1. 东北电力学院电力系,吉林 吉林 132012; 2. 上海交通大学电气工程系,上海 200030;

3. 佳木斯电业局,黑龙江 佳木斯 154002)

摘要: 在讨论配电台区电能质量监测分析必要性的基础上,给出了一种基于图形界面的电能质量监测分析系统。该系统由电能质量数据采集装置和数据分析工作站组成,其中的数据分析工作站配备有应用 Visual C++ 6.0 开发的图形化后台信息管理系统软件。该软件以配电台区接线图为主要操作界面,不同于以往的以对话框为主的界面;人机交互性好,操作直观、简便。

关键词: 电能质量; 监测分析; 图形界面

中图分类号: TM72 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2004)02-0049-04

0 引言

20世纪90年代以来,随着电力供应商品化、市场化的发展,国内电力部门和电力用户对电能质量愈发重视。供电系统的电能质量高低,直接关系到供电系统能否安全运行和用户是否能够安全用电。电力科研工作者们也正力图根据供电系统的特点将电能质量做为一个整体来进行分类整理和研究,以给出符合供电系统实际情况的电能质量标准,并逐步开展综合治理^[1~3]。而对配电台区电能供应质量的监测分析正是对供电系统进行治理从而提高电能质量的前提。此外,对配电台区电能供应质量的监测分析也可以为供电部门了解配电系统运行状况,降低电网损耗,制定最优供电方案等提供科学、完整的依据^[4]。因此,实现配电台区电能质量的自动监测与分析具有重要的理论和现实意义。

本文根据现场的实际需要,设计并实现了基于图形界面的配电台区电能质量监测分析系统,并与佳木斯电业局合作,将本系统应用到佳木斯供电局的配电系统中,取得了良好的效果,同时也提高了该局供电部门自动化管理水平和配电网运行的安全可靠性能。

1 系统的组成

配电台区电能质量监测分析系统由电能质量数据采集装置(下位机)、数据分析工作站(上位机)以及通讯网络组成。

数据采集装置安装在配电台区中的每一台变压器上。该装置负责采集、存储现场变压器的各项电能质量参数,包括三相有功功率、三相无功功率、三

相电压、三相电流、频率、三相功率因数、三相有功电度和无功电度、电流三相谐波和电压三相谐波等数据。然后采用串行通信方式,通过有线或者无线通讯网络与上位机进行通信,上传电能质量数据。

数据分析工作站实质上是一套计算机系统。同样也采用串行通信方式,获取下位机上传的数据,并存入数据库中。然后通过后台信息管理系统软件对所采集到的各种电能质量信息数据进行统计、分析和图形化处理,为用户提供实时数据显示、历史数据分析、历史曲线绘制、极值记录、电量指标统计、供电可靠率统计、负荷率统计、电压合格率统计、网损分析等功能,并最终形成报表或曲线图,打印输出。该后台信息管理系统软件可在 Windows9X/2000 操作系统下运行,并可以安装在手提式 PC 机上运行,构成便携式电能质量监测分析设备。

此外,数据分析工作站还可以向下位机下传数据,实现对数据采集装置的初始化、对时和远程参数修改等管理功能。整个系统的组成如图1所示。

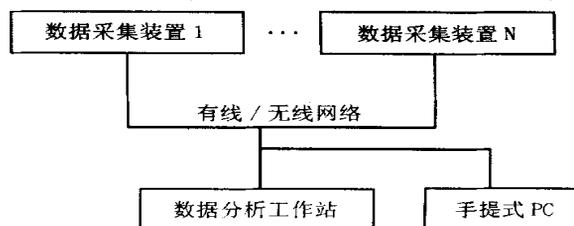


图1 系统结构图

Fig. 1 System structure

2 数据采集装置

该装置硬件系统主要由 16 位单片机 MC80C196

为控制核心,高精度 PT、CT 电量变换,高速 12 位 A/D 模数转换,EPROM、大容量 1 兆字节 FLASH MEMORY,键盘显示,百年日历时钟,RS232、485 串行接口,及电源等部分组成。装置的硬件原理图如图 2 所示。

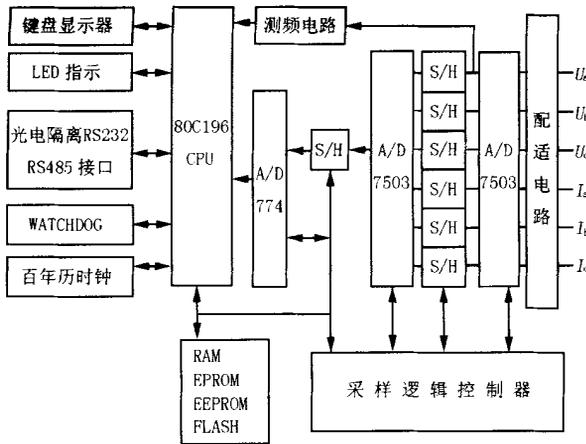


图 2 数据采集装置原理图

Fig. 2 Block diagram of data acquisition equipment

被测线路的 U_a 、 U_b 、 U_c 、 I_a 、 I_b 、 I_c 信号按三表法接入装置,精确地测量出三相四线制线路的各种电量。六路信号经 CT、PT 变换后按三表法输入到模拟开关上,由 CPU 控制模拟开关,选通某路输入信号进行采样。线路的 6 个信号输入各自的采样/保持器,这样可以保证 6 个交流信号在同一时刻被采样保持,满足测量时对电流、电压同性的要求。采集通道的 A/D 转换器采用 AD 公司的分辨率 12 位的 AD774,转换时间 $25\mu s$ 、转换精度 0.05% 以保证装置测量的准确性。时钟芯片采用 DS12887 内置电池和晶振,直接挂在 CPU 的数据总线上,为装置提供记录电量的时刻及其它功能需要,为记忆保存大量的历史数据装置采用了两片闪速存储器 FLASH - MEMORY AT29C040 串行 EEPROM,共 1 兆字节的记录存储空间,可整点记录各电参数 11 个月。

该装置采用交流采样的方法,首先通过 CPU 高速输入单元 HSII 测算出周波频率,并由此得到采样/保持器的控制频率。CPU 通过对一个周期 T 进行 32 点分频采样,把时域内采集到的电压、电流信号通过傅氏算法计算直接获取电压、电流、有功功率、无功功率、功率因数及电网工频等电量。傅氏算法可有效抑制零点的漂移,保证功率测量精度不受电网对称度的影响。

3 后台信息管理系统软件

以往的电能质量监测系统,其后台软件大多以

对话框为主要的人机对话界面,用户直接面对数据,无法对整个配电台区的线路和配电变压器的分布情况有一个直观的认识和了解。

在本系统中,应用目前比较流行的可视化编程语言 Visual C++ 6.0,采用面向对象的程序设计方法,设计开发了不同于以往的基于图形界面的后台信息管理系统软件^[5]。整套软件以配电台区的接线图作为主要的操作界面,改善了信息管理系统的人机交互性。用户通过图形化的操作界面可以直观地了解配电台区的电网结构,通过点击鼠标可直接从图中选择要进行分析的配电变压器,操作简单方便,易学易用。

本信息管理系统软件包括用户登录模块、数据监测分析模块、系统维护模块和数据记录显示模块。其中以图形界面(配电台区接线图)作为前台,通过 ODBC(Open DataBase Connectivity)开放式数据库连接接口访问后台数据库。后台数据库为整个系统提供数据支持。全系统按模块挂接方式实现对各功能的连接,这样既便于对系统功能的维护改进,也易于对各模块进行调试和统一管理。整个系统的总体结构如图 3 所示。

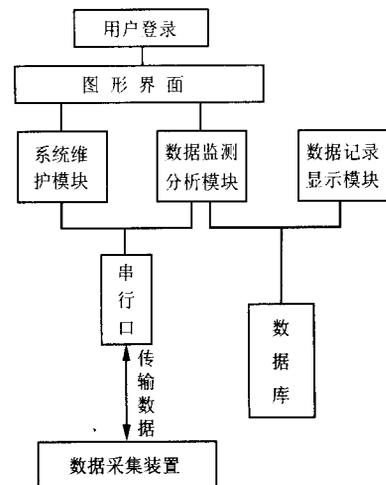


图 3 信息管理系统软件结构

Fig. 3 Structure of information management system software

3.1 用户登录模块

用户在该模块中输入用户名和口令。只有输入注册过的有效用户名和口令,并依据用户权限才能启动相应的功能模块。全系统设置 2 级密码管理:系统管理员和一般用户。系统管理员可为一般用户开户并分配初始密码。一般用户可以应用数据显示模块和数据分析模块,但无权使用系统维护模块。系统维护模块只对系统管理员开放。

3.2 图形界面

图形化的操作界面是本软件的一大特色。在以配电台区接线图为主的操作界面上,用户可通过鼠标点击直接从图中选择配电变压器,操作极为方便、直观。

整张主接线图是由多个功能相互独立的图形绘制、拼结而成的。最基本的功能单位就是这些图形,在本文中称之为图元。在软件设计中首先定义了一个虚基类 CEntity,并将该类作为一个父类。然后利用继承的方法,由该类派生出各个图元子类,例如变压器类 CTran,断路器类 CBreaker,开关类 CSwitch,线路类 CLine 等等。接线图中的所有图元就是这些由图元类所派生的具体的多个对象。

这些类之间的派生关系如图 4 所示。

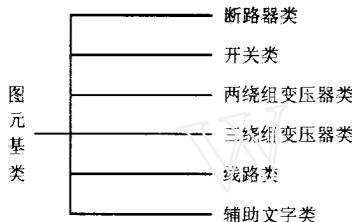


图 4 各图元类派生关系

Fig. 4 Derived relation of the maps

其次在图元基类中定义了多个虚函数作为成员函数——对应相应的图元所具有的各项功能。例如图元的拖动、绘制、确定响应鼠标点击的有效区域以及连接数据库,输入各项参数等等。在各个图元基类的派生类中,会重载这些虚函数,以实现派生类的具体方法。

最后应用了一个链表将所有的图元连接起来,形成了一个图元对象串。在实现各个图元的具体功能时,程序中并没有具体的直接去调用相应图元类的成员函数,而是调用了虚基类的虚函数,然后利用动态联编技术,由系统自动判断该图元所属的图元类,并调用相应图元类的成员函数。这样就避免在程序编写时加入大量的 if...then...的判断语句,而将判断工作交由系统自动完成。这样既减少了代码量,又提高了程序的执行效率,充分体现了动态联编技术的优点。

3.3 系统维护模块

本模块只对系统管理员开放。该模块提供一个绘图工具箱,系统管理员可以从中选择所需的设备图元,包括变压器、断路器、隔离开关、母线等等。并提供图元的剪切、拷贝、复制、粘帖、移动、变色功能和全图缩放功能。在绘图过程中,还可以通过鼠标

点击图元,弹出数据输入对话框,输入设备参数,而且所输入的数据将直接存入数据库中。此外,系统管理员还可以向数据采集装置发送指令,修正下位机的参数,完成设备对时和初始化。

3.4 数据监测分析模块

本模块主要包括实时数据显示、历史数据显示分析和综合分析三大功能。

(a) 实时数据显示。可以从数据采集装置中读取并实时显示三相有功功率、三相无功功率、三相电压、三相电流、频率、三相功率因数、三相有功电度和无功电度、谐波、不平衡度及负荷率等数据。根据用户需要,还可以绘制实时数据曲线。

本模块设计思路是首先根据用户所选择变压器的编号,按照通信协议向数据采集装置发送指令。数据采集装置收到指令后做出响应,上传对应变压器的各项电能质量参数,此后每隔一秒钟重新上传一次数据。上位机获取数据后首先对数据进行校验,校验无误后对数据分帧,获取三相有功功率、三相无功功率、三相电压、三相电流、频率、三相功率因数、三相有功电度和无功电度数据,并将所有数据显示在指定的对话框中。

(b) 历史数据显示分析。根据用户选择,可以从数据采集装置中读取并显示某一时间段内或者某两个数据记录序号之间的所有历史记录。通过 ODBC 接口连接后台数据库,将历史记录存入相应的数据库中。能按照日、月、年以及峰值、谷值、均值分别统计和处理历史数据,并根据统计结果显示、打印电能质量数据的曲线图和报表。

在设计思路与实时数据显示模块类似。首先根据用户所选择变压器的编号以及所选择的历史记录查询区间,按照通信协议向数据采集装置发送指令。数据采集装置收到指令后做出响应,上传符合查询条件的变压器电能质量历史数据。上位机获取数据后首先对数据进行校验,校验无误后对数据进行分帧、显示和存储。

(c) 综合分析。根据后台数据库中的数据记录,计算、分析用户在指定时间段内的多项电能质量指标,包括电度总计、电压极值记录、电流极值记录、停电记录、电压合格率、负荷率、供电可靠率和线损率,最终形成综合分析报表,打印输出。

3.5 数据记录显示模块

本模块通过 ODBC 接口访问后台数据库,用户可以直接应用本模块查看后台数据库中的所有数据记录,而不必进入相应的数据库操作环境。

4 通信的实现

4.1 通信方式

本系统中数据采集装置可以对配电变压器运行参数进行实时采集、计算和存储,并具有数据远传功能。数据传输方式有以下几种。

(a) 采用 RS232 总线接口。RS232 是一种较简单的通信标准。由于其数据传输速率小(小于 20Kbit/s),传输距离短(小于 15m),所以该种方式适于在使用手提式 PC 机到现场采集数据时应用。

(b) 采用 RS485 总线接口。相对于 RS232 总线,RS485 总线的传输距离远,最多可达 1.2 km,速度最高可达到 10 Mbit/s,可作为标准的有线传输方式。

(c) 应用已有的无线通信网络,实现无线通信。相比于有线方式,无线通信更加快捷、经济。

(d) 使用手抄器。在现场抄录数据采集装置中的数据,由手抄器将数据上传至上位机中。

4.2 通信程序

本系统中实现上、下位机之间数据通信的程序也是应用 Visual C++ 6.0 开发的,并且融合到了后台信息管理系统软件中。该部分程序采用功能强大、灵活的 Win32API 函数,以异步方式,实现串口通信功能^[6]。并且应用了多线程技术,在辅助线程中完成数据传送,在主线程中实现数据的分析、处理。辅助线程并不影响主线程的运行,主线程还可以控制辅助线程的运行,从而提高了程序的可靠性和执行效率。

5 结语

本文所给出的基于图形界面的电能质量监测分析系统,其监测内容和分析功能可以满足配电台区实际的应用要求。其最大特点就是后台信息管理系统软件以配电台区的接线图为主要操作界面,大

大提高了界面友好性。目前,该系统已在佳木斯电业局的配电系统中得到成功的应用,并在多个供电局中得到推广。

参考文献:

- [1] 肖湘宁,徐永海(XIAO Xiang-ning, XU Yong-hai). 电能质量问题剖析(Power Quality Analysis and Its Development) [J]. 电网技术(Power System Technology), 2001, 25(3): 66-69.
- [2] Asouda A M, Salama M M A, Sultan M R. Automated Recognition System for Classifying and Quantifying the Electric Power Quality [C]. Proceeding of the IEEE ICHQP VIII, Athens, 1998.
- [3] Bollen M H J. Understanding Power Quality Problems, Voltage Sags and Interruptions [M]. IEEE Press, 2000.
- [4] 林海雪(LIN Hai-xue). 现代电能质量的基本问题(Main Problems of Modern Power Quality) [J]. 电网技术(Power System Technology), 2001, 25(10): 5-12.
- [5] Jon Bates, Time Tompkins. 实用 Visual C++ 6.0 教程(Visual C++ 6 Practical) [M]. 何健辉,董方鹏,等译(HE Jian-hui, DONG Fang-peng, et al, Trans). 北京:清华大学出版社(Beijing: Tsinghua University Press), 2000.
- [6] Nelson Mark. 串行通信开发指南(The Guide of Serial Communication Development) [M]. 北京:中国水利电力出版社(Beijing: Hydraulic and Electric Power Press), 2000.

收稿日期: 2003-04-28 修回日期: 2003-07-08

作者简介:

李国庆(1963-)男,教授,工学博士,主要研究方向为电力系统的安全性与稳定性、配电系统安全监视与控制、电力市场等;

李宏仲(1977-)男,博士研究生,主要从事配电系统安全监视与控制的研究工作;

王振浩(1964-)男,高级工程师,主要从事配电系统安全监视与控制的研究与开发工作。

Design and implementation of power quality monitoring and analyzing system for distribution network based on graphical user interface

LI Guo-qing¹, WANG Zhen-hao¹, LI Hong-zhong², ZHAO Li³, XU Guo-fu³, WANG Bao-jun³

(1. Northeast China Institute of Electric Power Engineering, Jilin 132012, China; 2. Department of Electric Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China; 3. Jiamusi Power Bureau, Jiamusi 154002, China)

Abstract: The necessity of power quality monitoring and analyzing for distribution network is discussed, and a monitoring and analyzing system based on graphical user interface is presented. This system is composed of data acquisition unit and data analyzing workstation, and the workstation is equipped with an information management system software which is based on graphical user interface and programmed with Visual C++ 6.0. The main user interface of the software is the connection layout of the distribution network, which improves the alternating capability between the user and computer. The system structure, functions, design and implementation, and application method are introduced in detail in this paper.

Key words: power quality; monitoring and analyzing; graphical user interface