

断路器综合在线监测系统研制

戴怀志, 吕一航, 贾申利, 孟永鹏, 王小华, 荣命哲, 成永红

(西安交通大学电力设备电气绝缘国家重点实验室, 陕西 西安 710049)

Design of On-line Monitoring System for Circuit Breaker

DAI Huai-zhi, LU Yi-hang, JIA Shen-li, MENG Yong-peng,
WANG Xiao-hua, RONG Ming-zhe, CHENG Yong-hong

(State Key Lab. of Electrical Insulation for Power Equipment, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

摘要: 开发了一套断路器运行状态在线监测系统, 能实现包括机械、绝缘、温升等多种断路器运行特性的综合监测。该系统采用上、下位机结构, 下位机是一个基于 96 单片机的数据采集系统, 并拥有简单的人机接口。硬件设计中采用了 PSD 器件, 大大提高了软件维护的灵活性。基于任务调度的下位机软件结构, 保证了系统的稳定性和实时性。上位机实现数据的存储、状态量的显示和波形的显示; 上下位机之间采用 485 串行通讯总线进行通讯。

关键词: 断路器; 在线监测; 实时多任务操作系统

中图分类号: TM561

文献标识码: A

Abstract: The designed system is capable of on-line monitoring the temperature rise, insulation and mechanical characteristic of circuit breakers. It has a local monitoring unit and a computer, the former collecting local data and showing users the condition report on LCD, indicating the condition of exceeding the threshold value that can be preset by user through keyboard, and sending the data to computer through RS-485 communication interface. The application of PSD device and a software method called task schedule makes the local monitoring unit more stable and more flexible.

Key words: circuit breaker; on-line monitoring;
task schedule

1 引言

断路器是电力系统的关键设备之一, 其运行状态对电力系统的可靠性具有重大影响。当它发生故障时, 往往会带来严重的后果。以往多采用离线例行试验对断路器进行定期检修, 这种计划性的预防检修盲目性大、费用高。频繁的操作及过度的拆卸会降低断路器动作的可靠性。随着电力系统的电压等级和电网容量的不断提高, 需要及时了解断路器的运

行状况, 以掌握其变化趋势^[1]。20 世纪 90 年代开始, 随着微电子技术和传感技术的飞速发展, 对断路器运行特性的检测向在线监测的方向不断发展。笔者开发了一套断路器运行状态综合在线监测系统, 可以在线实时监测断路器机械状态、外绝缘状态和母线电连接处的温度状态。并根据测得的特征参量对断路器的运行状态作出评估。同时, 各监测参量和波形数据还可通过 485 总线上传至上位机进行存储, 作为故障判断的原始依据。通过选用相应的传感器和安装方式, 该系统既可用于开关柜内的 12~40.5 kV 中压断路器, 也可用于 72.5 kV 及以上电压等级的高压断路器。

2 监测量的提取

针对断路器母线电联接处温升的测量, 采用一种自主开发的非接触式红外温度传感器^[2], 该传感器通过接收被测物体的红外辐射来测量其温度, 当环境温度在 20~70 °C 之间时, 传感器的测量误差不大于 ±3 °C。传感器的输出是一个电压信号, 通过 V/F 转换, 电压信号转换成频率与电压值成正比的数字脉冲输入单片机进行处理。

对断路器外绝缘状态的监测, 主要指的是对中压断路器的环氧套管或高压断路器的支撑绝缘子外绝缘对地泄漏电流的监测^[3]。泄漏电流的采集是通过在环氧套管或支撑绝缘子上用导电胶做成取流环实现的, 取流环安装处的电位接近于地。取流环采集到的泄漏电流是一个很微弱的信号, 正常情况下只有几 μA, 即使在绝缘状况比较恶劣的情况下也只有约几百 μA, 因此在信号的传输过程中, 需要先经过一个电流互感器以放大信号并实现高低电位的隔离, 然后用一个取样电阻将电流信号转化为电压信号, 这个电压信号经过滤波、放大等前端处理后输入单片机。泄漏电流信号的测量误差为 1 μA。

针对断路器机械特性的监测,需要测量的参量有3个,即断路器动触头的行程-时间曲线、分闸线圈电流和合闸线圈电流^[4]。测量动触头的行程-时间曲线,最直接的方法是在动触头下或触头的绝缘拉杆下安装直线位移传感器。但是对于40.5 kV及以下电压等级的中压设备,其结构非常紧凑,在动触头和绝缘拉杆附近可以用来安装传感器的空间非常有限,而且传感器如装在动触头处,还存在高电位隔离问题。考虑到断路器的动触头在分合闸过程中,其运动行程规律与主轴连动杆运动行程规律之间有着固定的联系,因而可以通过在主轴上安装角位移传感器测量断路器主轴的分合闸角位移-时间曲线,来间接得到动触头的直线位移-时间曲线。选用的角位移传感器型号为WDD35D-4,准确度达到0.1%。测量分、合闸线圈电流采用的是JT5-B型霍尔磁平衡式电流传感器,它的失调电流小于0.4 mA,响应时间小于1 μ s,线性度达到0.1%。传感器安装于断路器分合闸操作回路之中,电流传感器的输出由取样电阻转化为电压信号后,经信号调理电路输入单片机。

3 基于96单片机的下位机系统

由于所设计的监测系统中采集的参量比较多,因此下位机除了必须具备足够的I/O接口来实现众多采集参量的输入外,其数据处理也必须足够快才能满足实时监测和报警的要求。另外,键盘输入、显示、数据传输和任务管理还会耗费大量的硬件资源和系统时间。为此选用INTEL高性能的单片机80C196KC作为现场控制、计算的核心。下位机系统的硬件结构见图1。

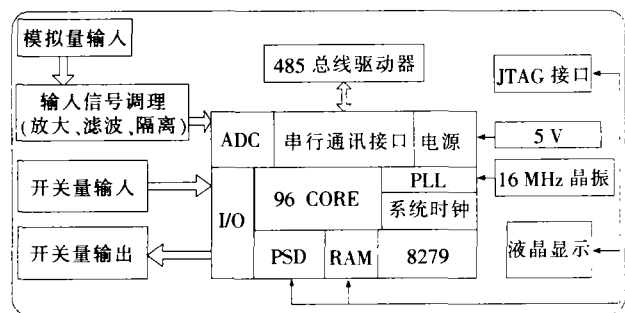


图1 下位机系统结构

在传统的单片机系统设计过程中,由于必须使用许多分立器件,诸如地址锁存器,PLD,EEPROM等来构成单片机的外围电路,因此使得整个系统硬件变得十分复杂,可靠性降低、功耗增加。为此,在系统中使用PSD4135有效地解决了这样的问题。这种可编程的单片机通用外围接口芯片将单片机所需的地址锁存,EEPROM,PLD片选逻辑,扩展I/O等外围器件集成在一个芯片内部,并能与单片机实现“无缝”连接。不仅显著地提高了系统的可靠性和稳定性,而

且还大大简化了系统硬件的设计。除此之外,PSD的另外一个优点是可以实现ISP,也就是在系统可编程功能。PSD4135片上带有一个符合IEEE1194规范的JTAG口,通过这个接口以及专用的编程软件,编程人员可以很容易的通过一根下载电缆对PSD内部的芯片配置寄存器、PLD配置文件以及FLASH ROM中的程序进行改写。这种功能使得系统可以在运行的过程中方便地随时进行软件的升级和功能的扩充,为系统的维护带来很大的灵活性。

该系统所监测的模拟量输入共有19路,包括6路绝缘泄漏电流、6路温度信号、1路位移量、1路储能电机电流和2路分合闸线圈电流。各传感器所采集的信号,先经过放大、滤波等前端处理,再经多路开关选通,最后通过隔离运算放大器实现电气隔离后,进入主控单元回路,连接到AD输入口。经AD转换器转换之后,信号由模拟量变为数字量,存入RAM中,然后由单片机对这些数据进行处理,处理完毕的数据可以在当地实时显示出来,也可以通过485总线上传到上位机进行存储和显示。当单片机计算得到的状态参量超过报警阈值时,下位机系统能实时显示报警信息。

系统的显示部分因为状态量多和要求直观的特点,采用液晶和LED指示灯相结合的显示方式。指示灯作为直接的显示方式报告断路器温度、机械、绝缘等状态是否正常,如果检测数据超过阈值,即闪烁报警;液晶部分则详细报告了当前的各种状态数据和监测结果。

为了更好的实现人机交互,系统中使用8279芯片扩展了一个键盘,通过键盘,不仅可以对液晶显示屏进行翻页操作,还能够实现系统的复位以及阈值的设定。此外,为了记录系统各监测数据及监测结果产生的时间,选用了时钟芯片DS12887。它内部自带有一块备用电池,在系统掉电的情况下可供芯片运行半年时间。同时,芯片内部还有114字节的非易失性存储区,可以用来在掉电的情况下保存一些系统参量(如阈值和常量)。

4 任务调度机制

考虑到任务的多样化和计算的复杂性,在软件的设计过程中采用了一种任务调度的机制。它的基本思想是:将单片机各个模块的工作划分为不同的任务,每个任务都是一个无限的循环,它们根据重要性及实时性要求的不同安排不同的优先级,最重要的、实时性要求最高的任务,其优先级也越高。高优先级任务总是占先低优先级的任务运行。每个任务都处在以下5种状态之一,即:休眠态,就绪态,运行态,悬挂态和被中断态。休眠态相当于该任务驻留在

内存中,但并不被系统所调用;就绪态意味着任务已经准备好,但是因为其优先级比当前正在运行的任务低,所以暂时不能运行;运行态是指当前掌握CPU控制权,正在运行的任务;悬挂态是指任务在等待某一事件的发生,例如定时器的溢出、某共享资源的访问权的获取或外部中断等;最后,发生中断时,原来正在运行的任务暂停运行,就进入被中断状态^[5]。各任务之间的逻辑关系见图2。

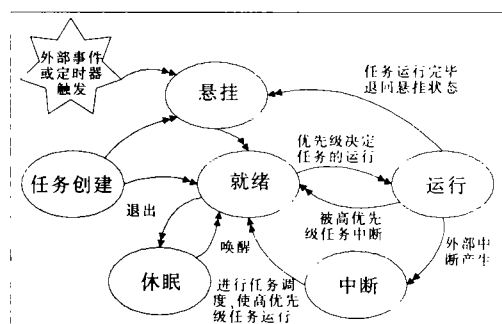


图2 各任务状态之间的逻辑

如果需要在系统中增加新的任务,只需要确定其优先级和运行条件,系统会自动为其分配运行时间。

作为硬件运行的平台,任务调度机制很好地解决了各任务之间的配合问题,使整个系统具有更好的实时性、稳定性和可靠性。大大减轻了硬件系统的软件开发、维护和升级工作。

5 上下位机的通讯

上下位机之间的通讯是通过485串行总线来实现的,485串行总线是一种简便易行的串行总线结构,它具有最高2 Mb/s的通讯速率。同时,由于采用的是差分的输入/输出方式,大大增强了抗干扰的能力。上下位机之间的通讯方式为上位机召唤和下位机定时上传相结合。其中温度和绝缘的监测数据每隔半小时上传一次,机械部分的监测数据由于分合闸的时间存在不确定性,采取上位机召唤上传的方式。

6 试验数据

在系统调试过程中,对系统的机械、绝缘、温度三个方面的监测功能分别进行了试验验证。

为了验证系统温度部分的监测性能,采用热电偶与监测系统做对比试验。试验对象为一段母线,用加热器对母线进行加热,红外测温传感器和热电偶同时监测母线温度的变化,试验结果见表1。

热电偶测量值	监测系统测量值	误差
34	35	1
47	47	0
60	59	1

泄漏电流的监测是通过监测系统与HP34401A型数字万用表的对比来验证其准确性的。试验对象

是VB1型12 kV真空断路器的环氧套管。在环氧套管引流环的出线中串联一个1 kΩ阻值的精密电阻,万用表并接在电阻两端监测泄漏电流的大小。验证结果见表2。

表2 泄漏电流试验结果

试验电压/kV	监测系统测量值/μA	万用表测量值/μA	误差/μA
0	0.0	0.0	0.0
10	3.0	3.2	-0.2
20	6.2	6.1	0.1

机械特性试验是在VB1型12 kV真空断路器上进行的,该型断路器的出厂参数中行程为:10~12 mm,合闸速度为0.5~0.8 m/s,合闸时的试验结果见表3。

表3 合闸时的机械特性

行程/mm	合闸时间/ms	合闸速度/(m·s ⁻¹)	平均合闸电流/A
10.1	47.78	0.54	1.23
10.2	48.13	0.51	1.23
10.2	47.66	0.52	1.24
10.2	48.02	0.55	1.24

从上面的数据可以看到,监测系统在温度、绝缘、机械三个方面的监测功能基本上能够反映实际情况,有效地实现了其监测目标。但是由于EMC等方面的问题,该系统尚未挂网试运行。

7 结语

断路器的检测技术大致经历了从离线测试、周期性在线检测和长期在线监测的发展过程。断路器在线监测的研究在国内已经开展多年,并且取得了许多成果,针对断路器多个参量进行综合监测,目前也有一些研究机构正在进行这方面的工作。笔者通过采用一些新型的器件和合理的软件设计思想,开发出一套实用的系统,在断路器多参量综合在线监测方面做了有益的探索和尝试。

参考文献:

- [1] Y Han, Y H Song. Condition Monitoring Techniques for Electrical Equipment—A Literature Survey[J]. IEEE Trans. on Power Deliver, 2003, 18(1):4-13.
- [2] 杨武,王小华,荣命哲,等.基于红外测温技术的高压电力设备温度在线监测传感器的研究[J].中国电机工程学报,2002,22(9):113-117.
- [3] 陈玉,吕一航,成永红,等.中压开关柜绝缘特性在线检测技术的研究[A].第5届全国智能化电器及应用研讨会[C],西安,2001.
- [4] 杨武,荣命哲,王小华,等.考虑电动力效应的高压断路器动力学特性仿真分析[J].中国电机工程学报,2003,23(5):103-107.
- [5] L J J Abrosse. Embedded System Building Blocks[M].北京:机械工业出版社,2002.

作者简介:戴怀志(1979-),男,硕士研究生,主要从事电力设备在线监测方法以及故障诊断的研究。