

[控制系统]

智能变电站断路器在线监测系统的設計

文/国网青岛供电公司 牟磊 史蕾场 彭博 张宏伟 刘永亮

主要介绍了一种智能变电站断路器的在线监测系统，通过对总体设计、通信部分设计和软硬件设计进行深入分析，进一步了解了断路器的机械特性、动态电阻和触头寿命的在线实时监测过程，为其提供行之有效的可行性建议。

作为变电站电力系统的重要设备，断路器既需要控制电路的平稳运行，同时也起到一定的保护作用，确保整个变电站的供电质量。因此，对变电站断路器的在线监测就显得尤为重要。伴随着微电子技术、传感器技术以及现代通信技术的发展，加速了智能变电站断路器在线监测系统的研发进度。现阶段，断路器在线监测系统可以通过高灵敏度的传感器长期进行在线监测，通过采集数据信息，监测断路器各个功能部件的运行状态，对于故障问题能够及时发现，并采取有效解决措施，避免造成严重事故。

断路器的主要特性

断路器主要是指可以接通或分断电流的开关电器。通常分为开启式断路器和塑壳式断路器两

大类，前者是指触头在大气压力的空气中断开和闭合的断路器，后者则是具有一个用模压绝缘材料制成的外壳，作为断路器的整体部件。断路器结构如图1所示。

图中的1、2分别指断路器的绝缘拉杆和传动杆；开断元件是断路器的重要开关，确保电力系统的正常运行；操动机构根据能量形式可以分为手动操动、弹簧操动、电磁感应操动、电气操动及液压操动等。操动机构可以和断路器任意搭配，具有良好的灵活性与兼容性。断路器操动系统流程如图2所示。

断路器在线监测系统设计

1. 断路器在线监测的原理

断路器作为一种关键的开关部件，其内部机

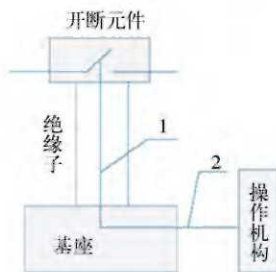


图1 断路器结构示意图



图2 断路器操动系统流程图

械部件的灵敏度直接影响到断路器的工作状态,因此,必须确保各个机械部件正常运转,从而帮助断路器完成工作职能。所以,就需要对断路器的机械特性和开断元件的状态进行实时监测。目前,针对断路器的状态监测主要包括:振动信号、合分闸线圈电流、线圈电压、合分闸时间、操作次数、合分闸弹簧状态、触头行程、触头速度、触头温度、断开电流加权值、静态回路电阻和动态回路电阻等。

2. 断路器在线监测系统设计

主要从触头温度及行程监测两个方面,对断路器在线监测系统进行设计。触头温度及行程监测系统采用分布式结构,由一个上位机监测模块和多个温度、行程测量模块构成,彼此间通过无线传输方式进行通信,具体设计如下。

(1) 断路器在线监测系统的硬件设计

温度、行程测量模块的硬件设计主要包括单片机、传感器、可编程序控制器(Programmable Logic Controller, PLC)、无线射频芯片以及数据转换芯片构成。通过传感器对断路器的触头温度以及行程数据进行实时采集,然后再利用无线通信的方式传输到上位机模块进行深入分析和处理。温度、行程测量模块结构如图3所示。

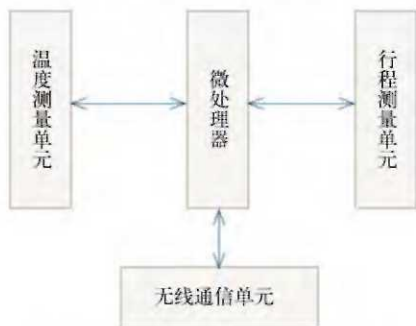


图3 温度、行程测量模块结构示意图

从图3可以看出,断路器触头温度、行程测量模块主要可以分为:温度测量单元、行程测量单元及无线通信单元。其中温度测量单元主要由远红外温度传感器和数据转换芯片组成,通过远红外温度传感器对触头温度进行实时监测,然后再利用数据转换芯片将传感器监测到的电压信号转换成可供单片机利用的信号;行程测量单元主要由光电编码器、信号处理电路、数据转换芯片及数据存储器组成;无线通信单元主要通过无线射频芯片,完成对数据信息的无线传输。无线通

信测量模块对应的地址是唯一的,当测量模块接收到上位机发送的数据包后,与相应的地址进行比对分析,如果相同则立刻向上位机恢复应答信号,如果不同,则不做任何回复。这三个单元主要由单片机微处理器对其进行控制,从而实现数据信息的收集与传输。

(2) 断路器在线监测系统的软件设计

断路器触头温度、行程测量模块软件设计包括:主程序设计、温度测量软件设计以及行程测量软件设计三个部分。

1) 主程序是接收数据,发送指令的核心环节,具体包括接收上位机发送的触头温度测量指令、行程数据传输指令等。主程序的工作流程如图4所示。

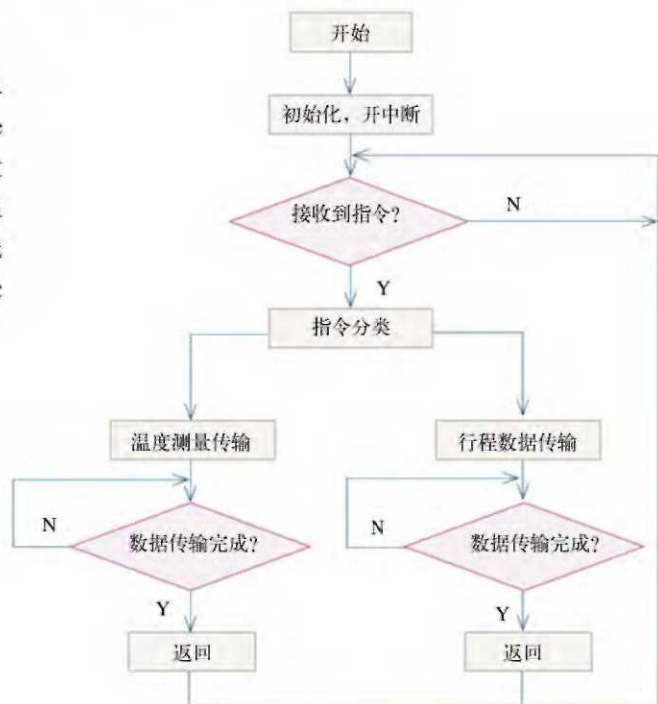


图4 主程序工作流程图

从图4中可以看出,主程序接收到指令后,根据不同类别将指令分别传输到温度测量传输和行程测量传输单元中,并完成相应的操作,当数据传输完成后,主程序进行初始化,并进入查询状态等待下一次指令的发送。

2) 温度测量软件由I/O CLOCK和CS共同定义串行接口的6种时序模式,如图5所示。其工作过程主要有模拟量采样、模拟量转换和数字量传输三个阶段。模拟量采样过程中,CS需要保持高电

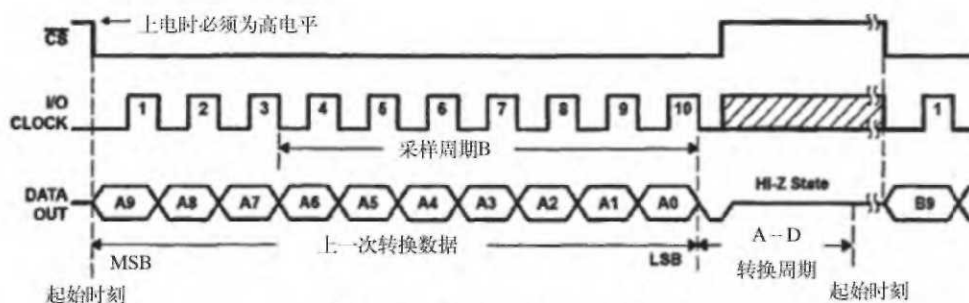


图5 10个I/O CLOCK和CS共同定义的时序图

($\leq 21 \mu s$)

平,当电平变低时,在第3个I/O CLOCK下降沿,开始对输入模拟量进行采样,采样周期维持7个I/O CLOCK,并且在第10个I/O CLOCK下进行降沿锁存;在模拟量转换过程中,CS由低电平转换成高电平,I/O CLOCK禁止模拟数据转换结果的输出,此时DATA OUT处于高阻状态,单元内的CMOS门限检测器通过检测一系列电容的充电电压决定模拟转换后的数字量的每一位,转换过程不超过 $21 \mu s$;在数字量传输阶段,CS由高电平变为低电平,允许I/O CLOCK正常工作,并使DATA OUT脱离高阻状态,接收上一次转换结果。期间需要移出上一次转换结果数据量对应的最高位,下一个I/O CLOCK的下降沿驱动DATA OUT输出上一次转换结果数据量对应的次高位,依次第9个I/O CLOCK的下降沿驱动DATA OUT输出上一次转换结果数据量的最低位,第10个I/O CLOCK的下降沿驱动DATA OUT输出一个低电平,以便串行接口传输超过10个时钟脉冲。

在CS的下降沿,上一次转换的最高位MSB出现在DATA OUT端,10位数字量通过DATA OUT发送到微处理器I/O接口。为了开始传输,最少需要10个时钟脉冲,在第10个时钟脉冲的下降沿,内部逻辑把DATA OUT拉至低电平以确保其余位清零。在正常的转换周期内,CS端由高电平至低电平的跳变可以终止该周期,器件返回初始状态,输出数据寄存器的内容保持为上一次转换结果。由于可能破坏输出结果数字量,所以在接近转换完成时,需要将CS拉至低电平。

3) 行程测量软件主要采用中断方式控制断路器的触头动作,外部中断请求主要通过边沿触发的方式,根据信号处理电路发送的启动信号,当触头位置有脉冲信号输入时,向中央处理器发送中断请求,系统转入中断服务程序,并且将光电

编码器的计数结果按照一定的频率进行采样,系统读取相应的采样数据并进行存储。断路器行程测量单元运行流程如图6所示。

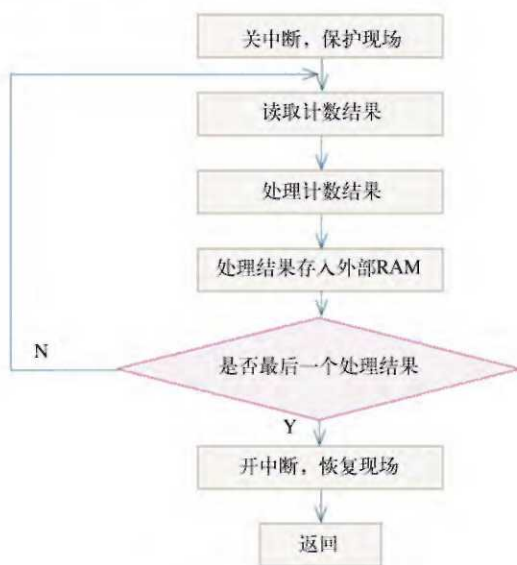


图6 行程测量单元流程图

结束语

本文主要对智能变电站断路器在线监测系统的设计进行了深入分析,分别从触头温度、行程测量系统的软硬件设计方面分析了系统结构和工作原理,借助分布式模块化设计完成对断路器触头温度和行程的信息采集,并借助无线通信的方式进行数据传输,有效地实现了对断路器工作状态的在线监测。总之,对于智能变电站断路器的使用,必须要进行合理选择进一步提升断路器的可靠性,从而确保整个电力系统更加安全、稳定的运行。EA

(收稿日期:2014.09.15)