

智能电网输电线路在线监测系统设计与应用

栗维冰 崔超超 王晓慧

国网河南省电力公司焦作供电公司

摘要:随着我国电力工程的快速发展,在智能化时代发展过程中,对智能电网的建设高度关注,我国也制定了智能电网综合发展战略方案。在线监测输电线路故障成为电网发展的必备要求。因此,本文提出了一种基于嵌入式计算机技术的输电线路故障监测系统设计方案,采用TMS320F2812和S3C2440双CPU总体架构。在硬件设计方面,选用了合适的芯片和进行了合理的原理图设计。在软件设计方面,按照软件工程的步骤进行功能分析,并进行了模块化的软件设计。

关键词:智能电网;在线监测系统;输电线路

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6261.2022.10.076

引言

随着我国经济规模的不断扩大,各行各业的用电量产生爆发式增长,甚至出现了电力供应不足导致的拉闸限电事件发生。可靠、稳定的电力供应对于保障各行各业的正常生产至关重要。输电线路作为智能电网的大动脉,其运行的稳定性将直接影响电能传输的稳定性,最终影响人民的生产、生活和工作。输电线路在运行过程中经常会遇到雷电、大风、冰雪等自然灾害的影响,线路一旦重合不成将会造成巨大的损失。因此,利用先进的技术和装备,开展对输电线路的在线监测研究是掌握线路运行状态,不断提高输电线路管理质效的有效手段。

一、输电线路智能在线监测系统的特点

智能可视化输电线路的在线监测系统大多运用固定安装、太阳能供电及无线网络传输等三种方式,在很大程度上改善测量质量与效率,所得数据较为完整、精确。随着各种先进技术的运用,监控点附近视频影像、气候等信息可以通过无线网络技术上传到监测中心中,监测信息在利用MMS上传到工作人员的手机当中,实现全方位监督管理监控点这一目标,使工作人员全面了解现场及周围情况。通过智能在线检测系统的应用,加上人工巡视这种方法的应用,可以在短时间内找到系统出现的故障问题,为后续的输电线路检修及维护提供数据支持。一般来说,输电线路智能在线检测主要包括后台管理系统、通信网络及监控系统这三部分,各部分均有着各自功能。后台管理系统主要就是实时监测智能电网运行状况,收集与整理监控信息,并加以分析处理,主要具备分析数据、管理设备等功能,并与输电线管理软件相连接,具有兼容性特点。通信网络主要是传递信息,通常运用CDMA1X或GPRS网络,根据智能电网运行状况,运用相应光纤网络或无线网桥。如何使输电线路运行更加安全稳定,是有关部门重点探讨的内容,还需要对输电线路智能在线监测系统进行进一步研究,提高其监测水平。

二、智能电网在线监测系统的设计思路

1. 设计总思路

为了满足智能电网对在线监测的需求,本文设计了一种智能电网在线监测系统。该系统采用了先进的传感器技术和通信技术,能够实时监测输电线路的电流、电压、功率等参数,并能及时发现线路故障和异常情况。系统总体架构如下图所示,DSP负责接收并处理来自输电线路的信号,并应用故障检测算法进行故障诊断。经过处理后的数据将通过CAN总线发送给ARM单元。ARM单元负责与上位机进行通信,将监测数据传输到上位机进行进一步的分析和处理。同时,ARM单元还可以通过LCD显示器和触摸屏实现人机交互,使工作人员能够实时查看监测数据和进行操作。通过这种双CPU的设计,可以充分利用DSP和ARM的优势,提高数据处理速度和系统的实时性,同时实现了远程监测和人机交互功能。此智能电网在线监测系统可以有效地监测输电线路的状态和故障,提高电网的可靠性和稳定性,为工农业提供稳定的电力供应。

2. ARM系统设计

1) ARM最小工作系统设计

选择某公司生产的S3C2440微处理器作为主控芯片。这是一款16/32位精简指令集(RISC)微处理器,具有较高的运算速度和较低的功耗。在S3C2440微处理器当中,可以通过外部输入与内部晶体振荡器共同作用的方式,形成时钟模式。

2) 电平的转换

在连接电路中,将S3C2440的输出引脚连接到LJ245A的输入引脚,然后将LJ245A的输出引脚连接到MCP2515的输入引脚。通过这样的连接方式,LJ245A将负责将S3C2440输出的3.3V信号转换为5V信号,确保与MCP2515的电平匹配。

3) 通用异步收发接口模块

是一种通用的异步收发接口模块,在S3C2440芯片中用于通过RS232通信协议将故障信息发送给DTU。然

而, S3C2440芯片的UART输出电平采用的是CMOS规范, 而DTU采用的是RS232电平, 因此需要一个转换电路接口来实现互联。本文采用了SP3232芯片来实现电平的转换。SP3232芯片支持3.0V至5V范围的供电, 并且能够实现最高250kpps的数据传输速度。

4) LCD显示器电路设计

TFT液晶显示屏WXCAT-43TG6#001F是一种4.3英寸的显示屏, 具有480x272的分辨率。它可以显示16.7兆种颜色, 并且还具备触摸屏功能。这种显示屏通常被广泛应用于pos机、电力仪器和手持设备等领域。

5) 通信模块

在GPRS DTU模块中, 主要使用的系统为CM3160GPRS DTU, 其开发部门为厦门才茂公司, 该模块为ARM系统和上位机之间联系搭建桥梁。

3. DSP系统设计

1) DSP最小工作系统设计

所谓DSP最小工作系统, 就是本系统当中能够符合芯片正常运行的最小外围电路系统。主控CPU选择选择了I公司生产的TMS320F2812DSP, 它是一款32位定点DSP芯片。电源电路使用TPS70151芯片来提供电源和复位信号; 选择外接晶体振荡器内部产生时钟信号的方式。在研发系统的时候, 主要采用的是YXDSP-2812型DSP开发板为实验平台, 可提高研发速度和水平。

2) 信号调理电路设计

整个处理电路的设计和选择元器件的具体参数取决于电流信号的特性和要求。为防止AD转换模块损坏, 设计的电路必须确保信号输入在0至3V的范围内。在设计过程中, 为了实现AD模块的有效转换, 保障信号正常运行。U1作为电压跟随器, 主要使用LM358运算放大器, 能够接收外部信号, 并维持输出和输入信号的一致性, 有着较大的输入电阻。此外, 电压分压电路由R8和R14构成的, 这可以将原始信号提高, 并将双极性信号转换为单极性信号。闭环电路由U2、R10、R9、R12、D1和D2形成, 它可以限制输出信号的范围。这些组件一起工作, 能够将输出信号限制在可调的范围内。此电路使用正负双12V的电源供电。

4. 软件设计

在设计软件系统时, 需要综合分析软件的各个功能, 并设计子模块来实现这些功能。这些子模块包括数据处理模块、上位机监测模块、以及总体系统等。

1) ARM系统软件设计

在ARM系统中, 可以搜集到DSP数据处理系统中的故障信息, 并将这些信息传输至监测软件中, 通过LCD液晶大屏显示出来。此外, ARM还可以根据触摸屏的指令输出采取相应的措施。整个软件系统基于Linux操作系统, 在ARM系统中需要进行移植U-Boot、移植Linux内核以及嵌入式根文件等工作。同时, 还需要设计液晶显示

和通信程序, 并在系统中加入各类应用程序。这些应用程序包括液晶显示的人机交互程序、CAN通信程序以及与上位机进行通信的相关程序。

2) 上位机监测软件设计

上位机监测软件的设计目的是接收通过GPRS DTU发送的故障信息, 并使用LabVIEW进行编写。利用LabVIEW内置的网络通信功能, 我们选择了TCP通信方式。DTU和上位机之间的通信数据格式为每次发送21个字节的数据, 其中前8位表示线路编号, 中间8位表示事件类型编号, 后5位预留做扩展功能。事件类型编号的定义如下: 0表示自检信号, 1表示短路故障, 2表示接地故障, 3表示断路故障, 而其他的编号则保留用于其他功能。

三、智能电网输电线路的在线监测技术应用

输电线微风振动在线监测。智能电网输电线路在运行过程中容易发生线路疲劳断股的问题, 之所以出现这一问题, 主要是因为微风震动, 且其存在隐蔽性特征, 在长时间作用下, 会给架空线路带来巨大损害。将加速度传感器监测系统应用到输电线路中, 该传感器是采用先进技术加工而成的, 占地面积小, 所消耗的能源较少, 能够模拟各线路实际运行情况, 在汽车碰撞试验、设备振动监测等方面应用较为广泛。加速度传感器在输电线路中的运用, 可以精准分析出某段线路的振动情况, 并计算出导线直线运行过程中所产生的振幅及频率, 并分析线路微风振动, 从而消除微风振动对输电线路造成的风险。

输电线路覆冰在线监测。在冰雪自然灾害影响下, 我国多个地区的电网出现运行瘫痪的情况, 带来巨大经济损失, 因此, 国家研发出了试点相比覆冰在线监测系统, 实时监测输电线路运行情况, 并动态监测覆冰情况。该系统可以通过相关数据体现出线路覆冰情况。将拉力传感器安装到绝缘子中, 拉力传感器内容存在电阻应变片, 其可以根据设备的形变阻值变化而做出相应变化, 从而使工作人员对电线具体情况有一个了解。通过对线路拉力的实时监测, 获得输电线路中各参数, 如温度、湿度等, 并交由数据处理中心对各参数进行终极分析, 了解输电线路具体覆冰状况, 并根据实际情况采取相应处理措施。

数据采集及运行状态检测为确保监测终端、协调器之间能够实时传送采集的数据信息, 需要在电脑终端上利用USB接口连接监测系统的协调器模块, 利用串口工具检测监测指标信息的准确性, 并判定网络运行状态的稳定性。检测后可利用电脑显示器查看串口工具反馈的温度控制信息数据, 以判断采集节点传感器功能状态, 分析终端节点与协调器节点之间信息传送的准确性与及时性。终端网络数据传送有效性检测, 主要采用抓包测试与拆解方法, 以丢包率测试结果为依据, 根据线路质

量指标,结合设备信息强弱,判断电力设施通信网络运行的稳定性情况。智能电网在线监测系统运行时,要合理调节ZigBee模块的发射功率,以降低节点功耗。测试过程中,应分别以发射功率值及网各质量最优指标作为自变量与因变量,以便以最优模式运行,尽可能降低系统丢包率。除此之外,还要科学调控自变量指标,以降低丢包率,从而获取到准确的射频功率值。

杆塔倾斜在线监测。在野外设置输电线路杆塔,由于安装区域地形十分复杂,难以精准分析附近环境状况,且在外力作用下还会发生地面坍塌、杆塔错位等情况,若是遇到极端恶劣天气,还会产生出现严重的地质灾害,如泥石流、滑坡等。在上述因素作用下,杆塔容易倾斜、地基出现不同程度地变形,影响到输电线路的正常运行。将倾斜传感器设置到杆塔中,可以实时对杆塔进行监测,了解杆塔倾斜情况。倾斜传感器广泛应用在220kV以下的输电线路中。

线路视频在线监测技术。最近几年,城市现代化进程的加快,城市在进步发展过程中对电力需求增多,一些输电线路在运行过程中会经过城市人口密集地区。但智能电网输电线路在输送过程中产生的电压较高,如果输电线路产生故障,将会给周围民众带来生命财产威胁,影响供电企业形象,阻碍了供电企业的进步发展。对此,要想使输电线路运行更加稳定、安全,供电企业要在架设输电线路的基础上,合理应用线路视频在线技术,搭建视频在线监测系统。视频在线监测系统主要由视频监测子站构成,视频监测子站具有众多功能,能够监测输电线路周围环境,并将数据信息保存下来传递给主站监控管理平台中。监测人员借助主站监控管理平台分析与处理视频监测子站所上传的视频,及时发现输电线路运输过程中的安全隐患,并告知维护部门进行处理,确保智能电网输电线路能够安全稳定运行。

四、智能电网输电线路的在线监测技术的发展趋势

智能电网输电线路在线监测技术的运用,逐渐代替了人工巡检这种传统监测方法,能够实时监测输电线路,了解输电线路实际运行状况,分析周围气象条件,从根源上消除覆冰、微风振动等事故。同时,输电线路在线监测技术还可以实时、全方位收集输电线路运行数据与气象资料,为接下来的线路设计、检测及维护提供数据支持。近年来,输电线路在线监测技术在智能电网中的应用较为广泛,成为一种关键技术,其今后发展方向为:(1)增强自身实用性。当前,应用较为广泛的在线监测技术,如覆冰、微风振动、气象等还需要相关部门不断完善。随着科学技术水平的日益提高,无人巡线飞机、线路巡线机器人等先进技术手段逐渐运用到输电线路监测中。(2)相关标准的出台及修订。我国最新出台的新标准中一些内容不科学,需要根据具体情况加以修订。例如CMA标准中没有重视电源限制,使得实

际运行效果不理想,需要修订这一标准。另外,现阶段的输电线路在线监测技术招标规范中指出服务器版CMA,并克服各缺点。现行的通信规约不完善,传感器和CMD两者间缺少通信规约,还需要对其做出进一步完善。除此之外,新技术的运用也需要根据实际情况制定新型技术标准。(3)输电线路状态评价技术发展。现阶段,输电线路在线监测技术是智能电网输电线路运行中一种重要维护手段,需要相关部门加大对在线监测技术状态评价技术的研究,国家电网及省电力企业已经成立了研究中心,对其展开深入研究。同时,一些骨干企业也构建了数据分析及状态评价中心,并开始对这一方面进行研究与探讨。

结束语

随着经济社会的迅猛发展,我国电力系统的应用也越来越广泛,对该行业的安全运行提出了更高的要求。输电线路的安全和稳定性是电力行业发展的关键所在。为了满足实际电力需求,重视在线监测系统的开发与设计非常重要,需要不断完善和升级系统,丰富整体、软件和硬件配套设施。输电线路是电力行业安全运行的关键,其监测系统的开发需要重视智能化发展,及时融入最新的信息技术手段,使其更加智能化、科学化和现代化,以满足当前时代发展和进步的需要。通过动态扩容和杆塔倾斜在线监测等技术手段,能够实时监测输电线路的运行状态,提前预警并解决潜在问题,确保输电线路的安全运行。

参考文献

- [1] 杨竞及,陈诺.基于Hadoop的输电线路在线监测数据模型及技术研究[J].电力大数据,2018,21(11):22-30.
- [2] 张旭革,武剑灵,单媛媛等.基于分布式光纤传感技术的智能电网输电线路在线监测[J].光电子技术,2017,37(04):221-229.
- [3] 支理想,刘喆,张立东等.高压输电线路在线监测供电电源研究及应用[J].电源技术,2015,39(02):413-415.
- [4] 林为民,邓松.基于TNC的输电线路在线监测代理终端安全接入技术研究[J].电力信息与通信技术,2014,12(08):1-5.
- [5] 杨劲晓,王玮,倪平浩等.智能输电线路远程在线监测技术的相关研究进展及发展趋势[J].电气应用,2012,31(05):20-24.
- [6] 沈辰.基于在线监测的智能电网状态检修策略研究[D].河北:华北电力大学,2017.
- [7] 张博,常帅帅,陶亚光等.基于无线传输的输电线路舞动监测系统设计[J].仪表技术与传感器,2022(03):103-108.