

文章编号:1005-0523(2012)04-0086-06

一种新型接触网开关综合监控系统的设计与实现

熊亮,张 锴

(华东交通大学电气与电子工程学院,江西 南昌 330013)

摘要:针对电气化铁路接触网开关集中控制的要求,提出了一种新型光纤通信分布式微机监控系统方案,给出了系统结构,硬件及软件架构设计。实验及现场运行表明,该系统设计先进,通信可靠,运行稳定。

关键词:接触网开关;微机监控系统;光纤通信;硬件结构;软件设计

中图分类号:U225

文献标志码:A

接触网主要负责给电力机车输送电能,通常要承载 19 kV 至 27.5 kV 的高电压和几百安至几千安的大电流,它的供电可靠性将直接影响高铁线路的运营安全。接触网开关,包括电动隔离开关和负荷开关^[1],是电气化铁路牵引供电系统中的关键设备,它能够连通或断开接触网中各分段的供电,隔离停电区域故障,缩小接触网停电事故范围,并能实现变电所供电方式的变换,降低接触网电能损失,在线路维护中同时又是配合“天窗”实施的重要保障^[2]。凡需要进行电分段的地方,特别是枢纽站场都应设置接触网开关,以提高供电灵活性、稳定性和可靠性。这也造成所使用的接触网开关数量众多,安装分散,分布广泛,对检修和操作都带了不便,因此对接触网开关实行远距离的综合监控十分必要。

目前,国内外根据接触网开关的配置特点,普遍将监控方式划分为统一监控方式和分布监控方式^[3]。统一监控方式容易实现,造价低,但集中采用会受到高压线路、环境及场地条件的制约。分布监控方式相对统一监控方式更具有灵活性,系统耦合度低,故障排查方便。本文所设计的装置采用光纤通信分布监控方式,以模块化的体系结构,集监视、控制为一体,实现对区间或枢纽站场内开关的综合监控,动态采集底层接触网开关状态,并与上层平台进行实时通信交互,实现遥控和遥信功能。

1 综合监控系统结构

早期的电气化工程项目中使用的统一监控方式是将沿线就近的几个开关统一由一个远方终端(RTU)来控制,而实际中有的开关距离 RTU 较远,增加了电缆受干扰的可能性,容易发生误操作,且一旦 RTU 出现了故障,所有开关都将失去监控。分布式监控系统通过在每个开关附件安装一个智能化的远程 I/O 监控单元,把原先 RTU 统一控制分解为单个独立的监控单元,然后通过通信传输网络与远处的接触网开关主控箱连接,监控站点不仅可以就地监控接触网开关的实时状态,而且还可以把实时数据上传给牵引供电调度系统,从而实现“地理分散、管理集中、功能分布”的优点。传统的监控系统采用的电缆传输通信,工程量大,传输距离短且不易扩展^[3],而无线传输方式受工程现场地形、气候、同频干扰等的影响,因此在应用上受到制约。光纤通信信号传输稳定可靠,造价低廉,不受地形的制约,所以在中短距离电气化铁路接触网开关监控系统中使用的越来越普遍。

收稿日期:2012-06-25

作者简介:熊亮(1985—),男,硕士研究生,研究方向为电力系统监测。

本文所采用的光纤通信分布式监控系统,如图1所示。对于一般的枢纽站场,单线线路每边安装一台接触网开关,复线线路每边两台,距离车站1.5~2 km。对于大型编组站场,开关数目可达20台,分布在5~10 km范围内。接触网开关综合监控系统所采用的智能化I/O监控单元,分散安装在需要监控的开关附近,通过现场开关主控箱与调度中心监控软件进行通信。由于发送端与接收端之间系统采用光纤作为通信传输介质,最大限度地降低传统RTU采用长距离的控制电缆直接驱动接触网电动隔离开关控制回路可能造成的较高感应电压,避免了开关的误动,提高了数据传输的可靠性。整个系统有蓄电池作为后备电源供电,在接触网无外部电源的情况下也能操作开关。

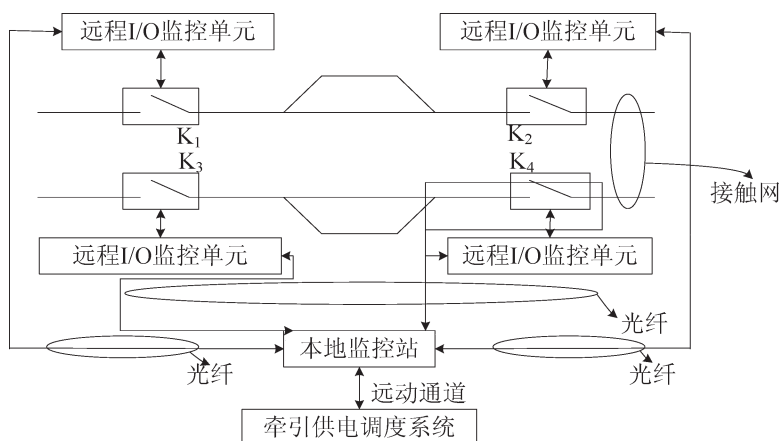


图1 光纤通信分布式监控系统

Fig1 Distributed microcomputer monitoring system with fiber communication

监控系统基本技术指标:

1) 智能控制器CPU采用S3C6410,主频:667 MHz;控制正确率 $\geq 99.99\%$;信号正确率 $\geq 99.9\%$;通信规约:IEC60870-5-104、IEC60870-5-101;光信号传输技术指标。

通信速率:0~115.2 kbps 自适应;

光纤:多模光纤62.5/125 μm 或50/125 μm ,单模光纤09/125 μm ;

波长:多模850 nm(1 310 nm),单模1 310 nm;

发射光功率:多模-15 dBm(-4 dbm),单模-8.5 dBm;

接收灵敏度:多模-32 dBm(-39 dbm),单模-38 dBm;

传输距离:多模10 km,单模20 km;

2)工作电源:

AC 165~264 V/50 Hz;DC 100~250 V;

后备电源供电时间:120 min(不含操作机构供电);装置平均无故障时间:大于20 000 h。

3) 外部通信接口:

最多可支持4个10/100 M以太网光/电接口;

2个RS-232接口。

4) 开关量输入:不少于5路;开关量输出:不少于5路;绝缘性能:满足GB/T 13729-2002要求。

5) 电磁兼容指标:

抗工频磁场干扰影响 4级;

抗辐射电磁场干扰影响 4级;

抗浪涌干扰影响 4级;

抗静电放电干扰影响 4级。

2 综合监控系统硬件平台设计

综合监控系统硬件平台由接触网开关主控箱、开关终端RTU(智能化I/O监控单元)、智能电源管理单元、交流盘和箱体组成。为达到4级电磁兼容标准,各装置在设计时均采用了防雷电及过电压冲击的防护措施,具有较强的防雷防浪涌作用。各输入接口端采用了多级分流限压措施,并进行滤波处理,箱体均进行了接地设计,绝缘性能满足GB/T 13729-2002要求。系统硬件结构如图2所示。

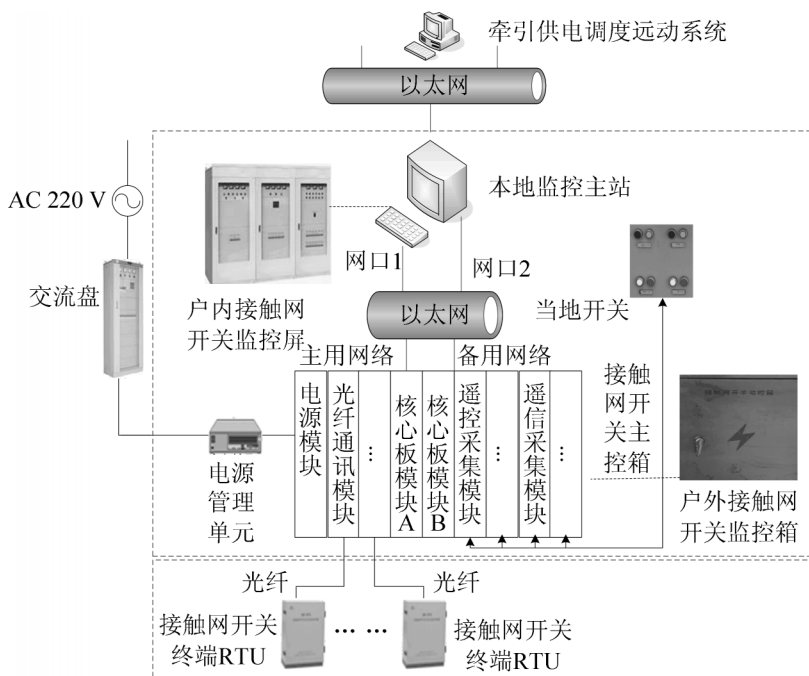


图2 系统硬件结构图

Fig.2 Hardware structure of the system

2.1 接触网开关主控箱

接触网开关主控箱安装在线路现场,将采集的隔离开关运行状态和操作机构信息通过光纤数字信道传送至主控箱的通信模块,由核心板模块进行判断、处理,再通过远程通信接口上送给调度中心,以便调度端对所管辖的区间或枢纽站场内的隔离开关集中监控管理。同时把通过远动通道发来的命令在核心板模块中进行解析与处理后转发给光纤通信模块,通过光纤数字点对点信道发往对应的开关终端RTU,以控制操作机构动作。

接触网开关主控箱采用模块化设计,各模块支持热插拔技术,而且为了保证设备的高可靠性,在硬件设计各个关键环节中采用并联冗余结构。其使用的核心板模块上有主、备网络连接通道,做到了通信双网冗余设计,传输更加稳定,确保信号传送正确率和控制正确率。同时为了保证数据采集的高效和事件处理的快速多发,采用了高主频的ARM11芯片,其具有较强的多任务处理能力,可充分满足接触网开关综合监控系统实时性的要求。

2.2 开关终端RTU

开关终端RTU就近安装于户外接触网开关监控箱内部,通过专用的光纤数字信道与接触网开关主控箱进行数据交换,以保证控制、通信等不会受到电气化铁路的强电磁干扰,达到设计要求的信息及控制正确率。其主要负责对接触网开关的运行状态信号的实时采集,并将采集的数据进行滤波处理、变化判断,上送主控箱核心板模块,同时接收遥控操作指令,从而实现对接触网开关的遥控操作。终端RTU具有光电隔离防干扰功能,抗辐射电磁场干扰影响可达到规定的4级标准,电源输入端加装电源避雷器及过载保护,提高了装置稳定性和耐压能力。

2.3 智能电源管理单元

智能电源管理单元对接触网开关控制站及附属设备提供不同电压等级的工作电源,使整个接触网开关控制站在无外部电源情况下仍可正常工作2 h以上。智能电源管理单元的进线电源为AC220 V/DC220 V, 110 V,经整流变换后按设计标准输出各设备所需的电压等级的工作电源。同时它还具备对蓄电池的管理功能,有效控制蓄电池的工作状态,避免过充电和过放电,从而保证后备电源供电时间大于120 min。

2.4 交流盘

对于未能提供接触网开关操作电源的场所配置交流盘,提供了接触网开关控制站交流自用电电源及隔离开关的操作电源。由进线回路、馈线回路、自动切换回路、测量计量仪表、控制保护回路等构成。交流电源采用两回AC220 V进线,容量为5 kVA,同时在两进线分别设置电流表、有功电度表分别对两路进线电流、有功电度进行监测,两回进线均能实现备自投功能。交流盘的状态也在终端RTU的监控范围内,其上设置的电源电压监视装置,当交流电源失电时,向本地和远方发送交流电源失电信号。

3 综合监控系统软件平台设计

3.1 功能需求

综合监控软件的主要功能包括遥控、遥信、实时报警、报表和操作记录查询等。在软件启动,系统调度员登录以后,可以进行遥控操作,通过通信的报文交互,在界面上显示开关当前的分、合闸状态并报警。以下为综合监控软件主要功能。

1) 遥信功能:指在SVG图形界面上以不同的颜色反应接触网开关终端RTU采集的各开关的工作状态、被控站设备、远动通道运行状态信息。

2) 遥控功能:指在SVG图形界面上控制远方接触网开关的分、合闸。

3) 运行状态监视功能:在正常运行状态监视下,接触网开关监控站的开关分、合闸状态均可以在SVG图形上进行显示。如有分、合闸不成功的情况,相应的开关颜色显示为白色,并伴有音响报警(可手动复归)。

4) 报警功能:报警功能分为变位报警和事故报警。变位报警是指在SVG监控画面上操作接触网开关分、合闸以后,界面显示开关的变位信息,并伴有低级别声音的语音提示。当发生设备故障或跳闸时,发出事故报警,伴有刺耳的声光警报,并在记录框中说明事故原因。

5) 显示记录功能:软件能够提供动态显示的地理信息图、开关监控系统图、开关状态图、操作记录信息报表、登录记录信息报表、SOE信息报表、报警信息画面等。

6) 系统时间同步功能:在正常情况下,软件通过程序与牵引供电调度系统进行实时通信,当对时程序出现故障时,调度中心的备用时钟源将同步被控站所有设备的时钟。

3.2 系统软件总体架构

系统是以实时数据为支撑平台,采用模块化、分布式的设计方式,将系统总体实现划分为3个主要功能模块,各个模块之间松散耦合。实时数据库模块(RTDB)提供监控画面实时显示开关运行状态和报警服务,也为调度软件提供历史数据查询、操作记录查询和打印功能。通信模块(COMMServer)是整个系统的核心,主要负责与硬件平台中的开关主控箱进行通信报文的交互,并且解析上传的报文。调度监控界面模块(MMI)是人机交互的接口。

3.3 实时数据库模块设计

实时数据库模块(RTDB)是综合监控软件数据处理的核心,负责把通信上传的数据写入数据库、提供实时报警业务逻辑处理和界面显示功能等。系统设计结合Hibernate框架实现实时数据库模块(RTDB),后台采用MySQL数据库存储各类历史数据以及配置信息。

实时数据库模块在进行数据处理的时候需要经常操作访问MySQL数据库,设计采用四层式的软件架构,依次分为表现层、业务逻辑层、持久化层和数据访问层,如图3所示。在该架构中,业务逻辑层和数据访

问层被分开,业务逻辑层只负责业务逻辑上的处理,而中间的持久化层则封装了数据库访问的细节。这种架构变化使得程序的层次更加清晰,代码更易维护。当持久化层发生变化时,不会影响到业务逻辑层的作用。

3.4 通信模块设计

通信模块(COMMServer)主要负责与开关主控箱和控制中心进行通信。设计采用四层模型结构,兼容 IEC60870-5-104、IEC60870-5-101 协议,利用Java多线程技术实现,如图4所示。

第1层对应协议中的物理层,主要负责主站与硬件平台接触网开关主控箱的 socket 连接工作;第2层对应协议中的链路层,负责链路传输规则的实现,报文的收发工作;第3层对应协议中的应用层,实现协议定义的远动功能,将一级数据写入实时数据库,二级数据写入历史数据库,同时给界面(MMI)提供 RMI 远程方法调用;软件管理层实现对其余3层的封装和运用、初始化 RMI 服务、日志信息管理和 XML 配置文件管理等。

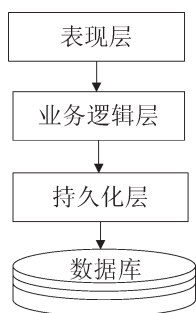


图3 四层式软件架构

Fig3 Four-tier software architecture

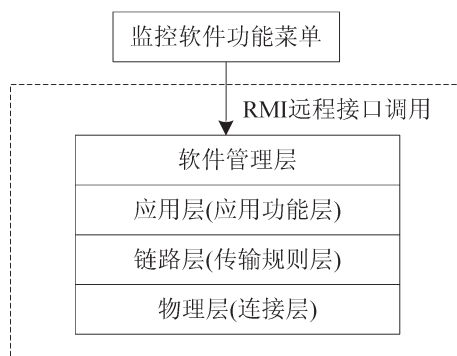


图4 通信模块结构

Fig4 Structure of communication module

3.5 监控界面模块设计

监控软件的图形界面模块(MMI)是计算机与用户交互的接口。系统界面采用Java Swing 编写,采用 SVG 作为监控界面格式,针对接触网开关重在遥控、遥信而轻遥测的情况下,对整个 GUI 进行合理布局,突出重点功能。监控画面模块(MMI)的典型结构图如图5所示。

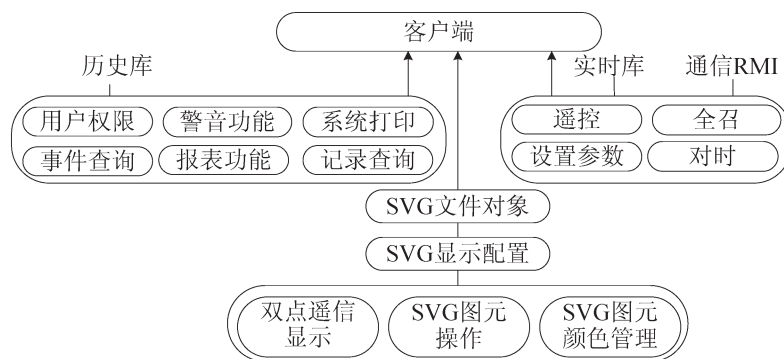


图5 监控软件界面结构

Fig5 Interface structure of monitoring software

4 系统测试

以京沪高铁接触网开关监控项目为例,将系统服务器端部署在两台 LINUX 服务器上,系统通讯模块部署在通讯服务器上,系统数据库部署在数据库服务器上,系统客户端安装在监控站 PC 机上,调度员工作站负责系统显示和控制,接触网开关主控箱接入一个测试开关终端 RTU。

登陆工作站的监控软件客户端,以调度员身份输入登陆密码,身份验证成功后就可进行接触网开关分、合闸操作,同时可以看到界面中显示各个开关的状态情况。对接入的RTU开关进行合闸操作,当成功输入操作密码后,界面会弹出遥控成功窗口,报警框会有提示信息,SVG界面上相应开关状态颜色由红色变为了绿色,实验成功,如图6所示。整个遥信返回过程在2 s内完成,符合设计参数要求。



图6 系统测试结果
Fig.6 Results of system tests

5 结束语

本文设计的接触网开关综合监控系统,能够满足接触网开关的远距离集中监控,可完全取代人工操作接触网开关方式。经实验室测试及现场运行表明,该系统设计合理,技术先进,操作简便,兼容性强,已成功应用于京沪高铁接触网开关监控,各项参数指标均达到设计技术要求,现场运行效果良好。

参考文献:

- [1] 周丽洁,张博. 光纤分布式接触网供电设备智能监控系统[J]. 电力系统保护与控制,2008,36(13):86-88.
- [2] 张兴昭. 对电气化铁路分区所作用的分析[J]. 牵引供电,2006(6):115-117.
- [3] 张开波,陈彬. 光纤分布式接触网开关远程监控系统的应用[J]. 电气化铁道,2003(3):1-4.
- [4] 王小伟,余先涛,戴延浩. 基于CAN总线的接触网隔离开关监控系统设计[J]. 武汉理工大学学报:信息与管理工程版,2010,32(5):703-706.
- [5] 陈晓红. 接触网远动隔离开关存在问题的分析与建议[J]. 电气化铁道,2010(4):4-6.
- [6] 蔡文泉. 一种实用的接触网隔离开关监控系统[J]. 中国科技信息,2010(1):102-104.
- [7] 刘仕兵. 基于DSP的馈线终端装置FTU的设计与实现[J]. 华东交通大学学报,2009,26(3):58-63.
- [8] 何人望,谢丹丹,杨毅波,等. FPGA在基于IEC61850的馈线保护中的应用[J]. 华东交通大学学报,2010,27(4):52-56.
- [9] 罗世民. 铁路发电车供电装置微机监控的实现方法[J]. 华东交通大学学报,2012,29(2):83-87.
- [10] 谢承旺,周娟. 电力企业信息系统应用集成技术研究[J]. 华东交通大学学报,2012,29(2):27-30.

Design and Implementation of a New Type of Comprehensive Monitoring and Control System with OCS Switch

Xiong Liang, Zhang Kai

(School of Electrical and Electronic Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: In accordance with the requirement of the centralized control for OCS switch, the paper proposes a new scheme of distributed microcomputer monitoring system with fiber communication, and provides the system structure, hardware and software architecture design. Experiments and field application show that the system has advantages of advanced design, reliable communications and stable operation.

Key words: OCS switch; computer monitoring system; fiber communication; hardware structure; software design