

文章编号: 1671- 251X(2009) 12- 0011- 05

基于 CAN 总线和以太网的煤矿井下 变电所远程监控系统*

刘东波¹, 陈玉娟¹, 茅红伟¹, 费朱青¹, 罗 军¹, 胡英慧¹, 顾幸生²

(1. 上海师范大学信息与机电工程学院, 上海 201418; 2. 华东理工大学自动化研究所, 上海 200237)

摘要: 为了提高煤矿井下变电所检测数据和控制数据的可靠性和实时性, 提出了一种基于 CAN 总线和以太网的煤矿井下变电所远程监控系统的设计方案。该系统采用高压开关综合保护器将煤矿井下变电所各种保护检测信号转换成 CAN 总线数据, 每个变电所设置 1 个或多个监控分站; 监控分站采用基于 PIC18F4680 单片机和 ENC28J60 以太网控制器开发的 CAN 总线-以太网协议转换器将 CAN 总线数据转换成以太网数据帧, 并通过以太网传输; 地面监控中心的上位机采用多线程技术将以太网数据帧转换为 Modbus 协议数据, 实现对井下变电所的远程监测与控制功能。实际应用表明, 采用 CAN 总线和以太网的网络结构可以较好地满足煤矿井下变电所远程监控系统的要求。

关键词: 井下变电所; 远程监控; CAN 总线; 以太网; 数据帧; Modbus 协议; iFix 组态软件

中图分类号: TD611; TP274 **文献标识码:** B

Remote Monitoring and Control System of U nderground Substation Based on CAN Bus and Ethernet

LIU Dong-bo¹, CHEN Yurjuan¹, MAO Hong-wei¹, FEI Zhur qing¹
LUO Jun¹, HU Ying hui¹, GU Xing-sheng²

(1. College of Information and Electromechanical Engineering of Shanghai Normal University,
Shanghai 201418, China. 2. Automation Research Institute of East China University of
Science and Technology, Shanghai 200237, China)

Abstract: In order to improve reliability and real time of detection data and control data of underground substation, the paper proposed a design scheme of remote monitoring and control system of underground substation based on CAN bus and Ethernet. The system uses high voltage switch integrated protector to convert various protection and detection signals of underground substation to CAN bus data, and each substation sets one or more monitoring substations. The monitoring substation uses CAN bus Ethernet

收稿日期: 2009- 08- 04

* 基金项目: 上海市科委科研基金(08JC1408200), 上海市教委
科研基金(10yz78), 上海师范大学理工科科研基金(SK200741,
SK200864), 上海师范大学博士科研基金(PL719), 上海市大学生
创新科研基金(CH042)

作者简介: 刘东波(1968-), 男, 河南民权人, 博士, 副教授, 高级
工程师, 现主要从事检测技术与自动化装置、智能控制等方面的研究
工作。E-mail: liudbyj@163.com

- [11] 卜广志, 张宇文. 基于灰色模糊关系的灰色模糊综合
评判[J]. 系统工程理论与实践, 2002, 22(4): 141-
144.
- [12] 张 媛, 熊小伏, 周家启, 等. 基于灰色模糊综合评判

- 的断路器维修排序方法[J]. 电网技术, 2008, 32(8):
21-24.
- [13] 朱绍强, 孟 科, 张恒喜. 区间数灰色模糊综合评判及
其应用[J]. 电光与控制, 2006, 13(3): 36-37.

protocol converter developed by PIC18F4680 and ENC28J60 to convert CAN bus data to Ethernet data frames, then transmit data by Ethernet. The upper computer of surface monitoring and control center uses multithread technology to convert Ethernet data frames to Modbus protocol data, which can realize functions of remote monitoring and control for underground substation. The actual application showed that network structure of using CAN bus and Ethernet can meet requirements of remote monitoring and control system of underground substation perferably.

Key words: underground substation, remote monitoring and control, CAN bus, Ethernet, data frame, Modbus protocol, iFix configuration software

0 引言

煤矿井下巷道总长可达几千米至几十千米, 井下变电所位置分散, 工作环境恶劣, 电气设备、电缆漏电和短路等事故的发生率较高。因此, 建立实时性好、可靠性高的井下变电所远程监控系统对于保证整个煤矿的安全生产十分重要。煤矿综合自动化系统中的井下工业电视、调度电话等大流量的视频和语音信息在以太网上传输时, 会使整个网络的数据传输速率变慢, 从而影响井下变电所检测数据和控制数据的可靠性和实时性。对于安全性要求较高的大型煤矿, 可独立设置煤矿井下变电所远程监控系统。

地面监控中心是整个煤矿监测系统的核心, 通常采用浏览器/ 服务器网络结构, 虽然可以实现大流量的数据通信, 但数据通信的实时性相对较差, 并不十分适合于实时性要求较高的工业自动化监控系统。本文针对煤矿井下变电所的特点, 开发了一种基于 CAN 总线、以太网和工业组态软件的煤矿井下变电所远程监控系统, 该系统由地面监控中心通过工业组态软件实时监控煤矿井下变电所的安全运行状态。

1 系统总体网络结构

基于 CAN 总线和以太网的煤矿井下变电所远程监控系统结构如图 1 所示, 该系统采用高压综合保护器将煤矿井下变电所各种保护检测信号转换成 CAN 总线数据, 每个变电所设置 1 个或多个监控分站。监控分站利用开发的 CAN 总线- 以太网协议转换器将 CAN 总线数据转换成以太网数据帧, 通过以太网进行远程数据传输。工业组态软件通常不能直接识别以太网数据帧, 地面监控中心的上位机采用多线程技术将以太网数据帧转换为 Modbus 协议数据, iFix 工业组态软件读取 Modbus 协议数据, 实现对井下变电所的远程监测与控制。

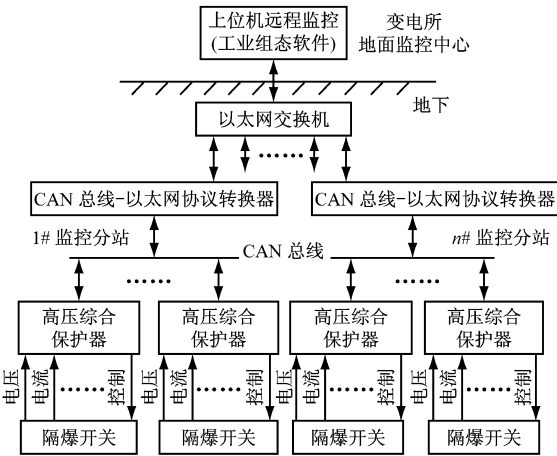


图 1 基于 CAN 总线和以太网的煤矿井下变电所远程监控系统结构图

2 CAN 总线- 以太网协议转换器

笔者利用 PIC18F4680 单片机开发了 CAN 总线- 以太网协议转换器。该协议转换器的 CAN 总线接口电路负责接收高压综合保护器检测的短路、过载、过压、欠压、漏电、相不平衡等多种电量参数以及现场开关状态等数据; 该协议转换器将现场的 CAN 总线数据转换成以太网数据帧, 通过以太网传输给地面监控中心的上位机。上位机也可以远程控制变电所的隔爆开关。

2.1 CAN 总线接口

CAN 总线以多主机方式工作, 具有突出的可靠性、实时性和灵活性, 通信距离最远可达 10 km, 通信速度最高可达 1 Mbps, 通信介质可为双绞线、同轴电缆或光缆。PIC18F4680 是 MicroChip 公司生产的高性能单片机, 内部嵌有 CAN 总线通信接口, 其电路如图 2 所示。图 2 中, PCA82C250 用以提高系统的驱动能力和抗干扰能力, 增大通信距离; 6N137 用以实现各 CAN 总线节点间的电气隔离, 电源 V_{CC} 和 V_{DD} 必须完全隔离; 总线两端必须配置 120 Ω 的匹配电阻, 以提高数据通信的可靠性; 开关 SW201 用于各 CAN 总线节点接入匹配电阻。

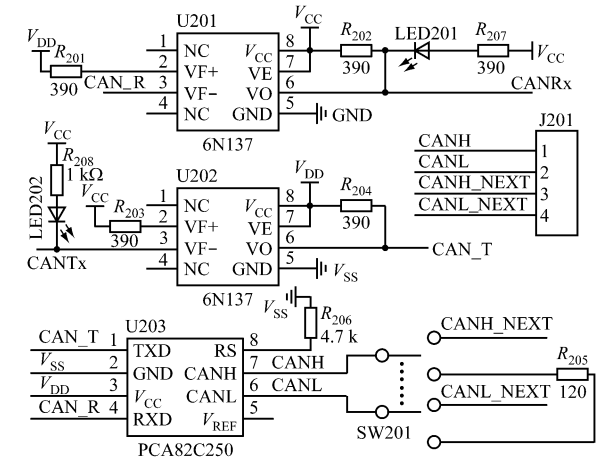


图 2 PIC18F4680 的 CAN 总线接口电路图

CAN 总线程序主要包括 CANInitialize() 初始化、CANSetOperationMode() 工作模式设置、CANSetBaudRate() 波特率设置、CAN_SetMask() 接收屏蔽器设置、CANSetFilter() 接收过滤器设置、CANSendMessage() 数据发送、CANReceiveMessage() 数据接收等函数。将 CAN 控制寄存器的最高位 REQ OP2 置“1”进入配置工作方式, 初始化程序主要设置 CAN 通信的波特率、工作方式、接收邮箱、发送邮箱、接收过滤器和接收屏蔽器等。仅当 CAN 状态寄存器的最高位 OPMODE2 为高电平时才能完成配置寄存器、接收屏蔽寄存器和接收过滤器寄存器的写入操作。将控制位 CFGREQ 置为 0, 使 CAN 模块进入正常工作状态。

PIC18F4680 有 3 个发送缓冲器, 每个缓冲器都有 14 B 的 SRAM, 放于存储器地址中。先将 TEREQ 发送请求状态位清 0, 装入发送标识符寄存器 TXBnSIDH、TXBnSIDL 和发送数据长度寄存器 TXBnDLC, 待发送的数据装入发送数据寄存器 TXBnDm。发送数据时必须把要发送的缓冲器发送标志 TXREQ 置位, 当 PIC18F4680 检测到 CAN 总线可用时就开始发送数据。发送成功时, TXREQ 清 0, 发送中断标志寄存器 TXBnIF 置 1。

PIC18F4680 有 2 个接收缓冲器 RXB0 和 RXB1、1 个信息集缓冲器 MAB。RXB0 和 RXB1 接收满足协议的完整信息, MAB 接收所有信息, 只有满足接收过滤器的条件时, 报文信息才被移进接收缓冲器 RXBn, 相应的接收标志 RXBnIF 置 1。

2.2 以太网接口

常用的独立的以太网控制器结构复杂、引脚多, 占用处理器的 I/O 端口较多, 使得控制系统的可靠性降低。笔者采用 MicroChip 公司生产的 28 引脚

ENC28J60 作为以太网控制器, 其工作频率为 25 MHz, 数据传输速率高达 10 Mbit/s。基于 ENC28J60 的以太网接口电路如图 3 所示。

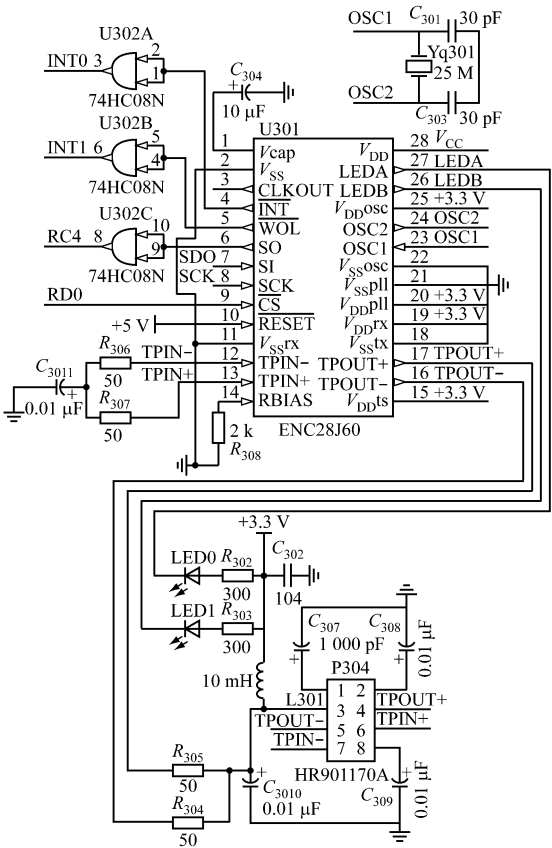


图 3 基于 ENC28J60 的以太网接口电路图

ENC28J60 的工作电压为 3.3 V, 由于 PIC18F4680 的工作电压为 5 V, 采用 74HC08N (四与门) 芯片对 ENC28J60 上的 SPI 和中断输入进行电平转换。在 ENC28J60 与 RJ45 接口之间设置了一个 HR901170A 网络变压器, 用于消除双绞线上的干扰和部分谐波, 实现电气隔离功能。

ENC28J60 通过对其片内存储器的访问和控制实现 MAC 帧的发送和接收。ENC28J60 的片内存储器分为控制寄存器、PHY 寄存器、以太网缓冲器。ENC28J60 接收和发送数据包之前的初始化对象包括接收缓冲器、发送缓冲器、接收过滤器、等待 OST、MAC 寄存器、PHY 模块寄存器等。

ENC28J60 在发送 MAC 帧时会自动生成前导符和帧起始定界符。MAC 帧可根据配置生成 CRC 字段。主控制器必须生成所有其它帧字段并写入缓冲存储器, 以待发送。ENC28J60 在待发送的数据包前会添加 1 个包控制字节。编程 ETXST 指针指向包控制字节。使用 WBM SPI 命令写入包控制字节、目标地址、源 MAC 帧地址、类型/ 长度和数据有

效负载。编程 ETXND 指针指向数据有效负载的最后一个字节。将 EIR.TXIF 位清零、EIE.TXIE 位和 EIE.INTIE 位置 1, 允许发送数据包完成后产生中断。将 ECON1.TXRTS 位置 1 后发送数据包。

将 EIE.PKTIE 位和 EIE.INTIE 位置 1, 主控制器在接收到数据包时会产生一个中断。将 EIR.RXERIF 位清零, 由于缓冲空间不足导致数据包丢失时会产生中断。将 ECON1.RXEN 位置 1, 主控制器使能接收。使能接收后, 没有过滤掉的数据包将写入循环接收缓冲器, 任何不符合过滤条件的数据包将被丢弃。当接收到一个数据包并将其写入缓冲器时, EPKTCNT 寄存器将递增, EIR.PKTIF 位将置 1, 并产生一个中断, 硬件写指针 ERXWRPT 自动递增。

2.3 CAN 总线与以太网的数据转换

CAN 总线-以太网协议转换器从 CAN 接口接收到 CAN 报文数据后, 将报文数据按照 CAN 协议格式解析, 将应用层数据存入以太网接口发送缓冲区, 将数据封装成以太网数据帧格式, 通过以太网接口发送出去。反过来, 当接收到以太网数据帧时, CAN 总线-以太网协议转换器首先对以太网数据帧进行拆包、解析, 取出数据, 由主进程发送到缓冲区, 再按 CAN 报文格式封装成 CAN 数据帧发送到 CAN 总线上, 这样就可以实现 CAN 总线与以太网之间的数据转换和通信了。

3 上位机监控

井下变电所的各种运行数据经过 CAN 总线转换为以太网数据帧, 通过以太网传输到地面监控中心的上位机。由于组态软件通常不能直接接收以太网数据帧, 需要将以太网数据帧解析、拆包, 并封装成 Modbus 协议数据。上位机 iFix 组态软件可直接读取 Modbus 协议数据, 实现井下变电所的远程监控。

3.1 高压综合保护器通信服务器

上位机是所有井下变电所的监控中心, 笔者基于 Dephi 编程语言采用多线程技术开发了高压综合保护器通信服务器, 实现了高压综合保护分站的以太网数据帧与上位机 Modbus 协议数据之间的转换功能。

每个高压综合保护分站对应 1~4 个线程, 1 个 TCP 端口对应 1 个线程, 每台分站的通信线程数取决于高压综合保护器通信服务器子菜单“分站配置”中分站配置的端口数, 如图 4 所示。子菜单“分站配

置”可以配置各高压综合保护分站的 IP 地址、TCP 端口、综保数量、综保起始编号、Modbus 站地址等。

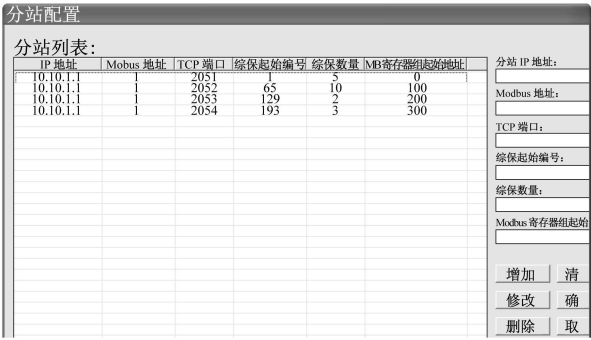


图 4 高压综合保护器分站配置界面

每个高压综合保护分站分配 1 个唯一的 IP 地址和 4 个 TCP 端口号, 每个 TCP 端口号对应 1 条 CAN 总线。每条 CAN 总线上最多挂接 64 台高压综合保护器, 这样, 1 个监控分站最多可以管理 255 台高压综合保护器。比如, 某个高压综合保护分站 IP 地址为 10.10.1.1, 4 条 CAN 总线端口号分别为 2051、2052、2053、2054, 如果该高压综合保护分站需要管理 40 台高压综合保护器, 则第三条 CAN 总线管理 5 台综合保护器, 编号为 129~133。在该高压综合保护分站中, 第 129~133 号高压综合保护器的数据必须通过“IP 地址 10.10.1.1、端口号 2053”读取。

3.2 Modbus 协议

高压综合保护器通信服务器读取的以太网数据帧需要进一步转换成 Modbus 协议数据格式。每个高压综合保护分站内 255 台高压综合保护器的 Modbus 地址为 400001~425500, 每台高压综合保护器分配 100 B 的地址。部分 Modbus 参数格式分配如下(地址后面标注的 R 表示可读, W 表示可写): 400001(R) 为巡检电压; 400002(R) 为巡检电流; 400004(R) 为巡检状态(1=合闸, 0=分闸); 400009(R) 表示实时故障状态, 00H 为无故障, 11H 为短路故障, 12H 为过压故障, 18H 为监视开路, 19H 为远程分闸。

上位机采用 iFix 组态软件, 可以通过读取 Modbus 协议数据远程监测井下变电所的现场运行状态, 也可以通过 Modbus 协议远程操作井下变电所的高压开关设备。如 400094(R/W) 表示远程操作内容: 00 为短路试验; 01 为监视短路试验; 02 为漏电试验; 03 为远程分闸; 04 为远程合闸; 05 为远程复位。

文章编号: 1671- 251X(2009) 12- 0015- 05

基于二阶段法的配煤调运系统的设计与实现*

孙克雷^{1,2}, 孙 刚¹, 王 娜³, 黄小明⁴

(1. 中国矿业大学(北京)机电与信息工程学院, 北京 100083; 2. 安徽理工大学计算机学院, 安徽 淮南 232001; 3. 中国矿业大学(北京)化学与环境工程学院, 北京 100083; 4. 中国交通建设股份有限公司基建部, 北京 100088)

摘要: 现有的配煤调运系统没有将车辆调度的优化问题和配煤优化问题作为一个整体考虑, 存在较大的局限性, 难以满足日益复杂的煤炭调运任务的需要。针对上述问题, 提出了一种以经济效益最大化为目标的配煤调运数学模型, 给出了基于二阶段法的该模型的求解算法, 并以山西某矿业公司为例, 设计了以该模型为基础的动态配煤调运系统。实际运行表明, 该系统既降低了配煤调运的运输费用, 又协调了用户需求与原煤质量指标之间的矛盾, 具有广阔的应用前景。

关键词: 煤矿; 配煤调运; 二阶段法; 线性规划; 经济效益

中图分类号: TD67 **文献标识码:** B

Design of Coal Blending and Scheduling System Based on Two-stage Algorithm and Its Implementation

SUN Ke lei^{1,2}, SUN Gang¹, WANG Na³, HUANG Xiaoming⁴

(1. School of Mechanical Electronic and Information Engineering of CUMT. (Beijing), Beijing 100083,

收稿日期: 2009- 08- 02

* 基金项目: 安徽省教育厅自然科学基金资助项目 (2005kj084), 安徽省教育厅青年基金资助项目 (2005jq1103)

作者简介: 孙克雷 (1980-), 男, 安徽凤台人, 讲师, 中国矿业大学(北京)机电与信息工程学院在读博士研究生, 主要从事信息融合、数据挖掘、计算机在矿业中的应用等方面的研究工作。E-mail: klsun@aust.edu.cn

4 结语

本文介绍的基于 CAN 总线和以太网的煤矿井下变电所远程监控系统通过 CAN 总线- 以太网协议转换器使现场检测数据和上位机控制指令通过以太网实现远程传输, 提高了系统的实时性; 地面监控中心的上位机采用多线程技术实现了以太网与 Modbus 之间的协议转换, 使上位机可利用组态软件远程监控井下变电所的运行状态。实际应用表明, 采用 CAN 总线和以太网的网络结构可以较好地满足煤矿井下变电所远程监控系统的要求。

参考文献:

[1] 杜尚丰, 曹晓钟, 徐 津, 等. CAN 总线测控技术及其

应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.

- [2] 李 鹏, 钱建生, 张智宏, 等. 矿用工业以太网交换机的设计[J]. 工矿自动化, 2006(4): 38- 40.
- [3] 肖洪祥, 匡晚成, 雷亚平. 基于 CAN 总线的煤矿远程监控系统[J]. 微计算机信息(嵌入式与 SOC), 2008, 24(8- 2): 73- 74, 97.
- [4] 张绍兵, 郭继坤, 赵艳芹. 基于 CAN 总线智能适配卡的软硬件设计[J]. 计算机测量与控制, 2008, 16(8): 1195- 1196, 1209.
- [5] 王银玲, 孙 涛, 曾小进. 基于单片机的以太网与 RS485 通信网关的设计[J]. 工矿自动化, 2008(4): 92- 94.
- [6] 陈玉娟, 刘东波, 黄 道. Profibus - DP 现场总线变频器控制及 HostLink 网络集成[J]. 微计算机信息, 2006, 22(10- 1): 87- 90, 120.