第 31 卷　第 4 期　　石家庄铁道大学学报(自然科学版)　　Vol. 31　No. 4
2018 年 12 月 Journal of Shijiazhuang Tiedao University(Natural Science Edition)　　Dec. 2018

基于以太网传输的电力机车低风压低电压监测报警装置设计

陈保平，　张守梁

(石家庄铁道大学 电气与电子工程学院,河北 石家庄　050000)

摘要:根据石家庄机务段现场情况,设计了一套电力机车风压电压检测报警及其相应数据采集、发送、存储、分析一体化的完整系统。详细介绍了如何监测电力机车总风缸压力、AB 制动缸压力、AB 受电弓升弓控制压力、蓄电池电压、列车速度等状态信号,当列车回站后通过 W5200 以太网传输模块将行车记录的数据传输给站内电脑,并利用 Labview 软件对接收到的数据进行数据分析,最终能及时预防和消除机车动轮迟缓、列车管自动减压、弓网故障及司机操作是否合格等问题。本设计装置对于保证铁路安全运输有着重要意义且其拥有广阔的推广前景。

关键词:风压电压;以太网;Labview;数据分析

中图分类号: U264.3　　文献标志码: A　　文章编号: 2095-0373(2018)04-0058-08

2016 年 2 月 22 日,石家庄电力机务段 SS4-510 机车在太原北站一场 5 道停车,等待换班过程中,由于机车总风缸压力逐渐下降,受电弓控制风压不足以维持规定的接触压力,造成受电弓持续拉弧,最终将接触网烧断,构成一般 C 类(C14)事故。

近几年来有许多技术人员在这方面做了大量研究,张磊[1]在 HXD2 型机车回路电压检测方面进行了专业实验,但功能单一。张俊峰[2]在机车制动检测方面也做了大量研究,但大多数局限于理论,没有设计成完整的一套系统。本设计为防止由于机车总风压力过低造成的受电弓拉弧烧断接触网事故,同时也为了防止乘务员抱闸运行或停车时制动力不足造成的溜车事故以及蓄电池控制电压低造成的机车故障,研制了一套完整的基于以太网传输的电力机车风压电压[3]监测报警装置,以保证机车运行的安全性。

1　系统技术内容

1.1　机车总风压力

实时监测机车总风压力,如果总风压力低于 700 kPa,低风压低电压监测报警装置将进行显示和语音报警,提醒乘务员进行泵风,防止因机车总风压力低而造成的安全事故。

1.2　受电弓控制风压

当升弓信号存在时(即受电弓升起时),实时监测受电弓控制风压。如果受电弓控制风压低于 360 kPa,低风压低电压监测报警装置将进行显示和语音报警,提醒乘务员及时进行泵风,防止因受电弓控制风压低,持续拉弧,造成烧断接触网的事故。

1.3　监测机车制动缸压力

低风压低电压监测报警装置能够实时监测机车制动缸压力及机车速度。在机车速度为零的情况下,如果制动缸压力低于 100 kPa,低风压低电压监测报警装置将进行显示和语音报警,提醒乘务员及时增加制动缸压力,防止发生溜车事故。在机车速度不为零的情况下,如果制动缸压力高于 20 kPa,低风压低电

收稿日期:2017-06-18　　责任编辑:车轩玉　　DOI:10.13319/j.cnki.sjztddxxbzrb.2018.04.10

基金项目:北京铁路局项目(2016CJSJZ10)

作者简介:陈保平(1957—),男,教授,主要从事铁道信号、智能控制等研究。E-mail:59819@163.com

陈保平,张守梁.基于以太网传输的电力机车低风压低电压监测报警装置设计[J].石家庄铁道大学学报:自然科学版,2018,31(4):58-65.

?1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

压监测报警装置也将进行显示和语音报警,提醒乘务员及时缓解,防止机车抱闸运行,发生机车“刷轮”事故。

1.4　监测机车控制电压

实时监测 SS4 机车 A、B 节的蓄电池控制电压。当任何一节车蓄电池控制电压低于 92 V 时,低风压低电压监测报警装置都将进行显示和语音报警,提醒乘务员蓄电池电压低,及时将蓄电池闸刀转到重联位,保证机车安全运行,防止发生由于蓄电池电压低造成的机车故障。

1.5　数据重放和分析

利用配套的地方分析软件,能够将装置所记录的所有数据进行重放和分析,及时发现机车存在的前期隐患,为查找机车故障和分析乘务员操纵提供参考。

1.6　故障切除功能

当电力机车低风压低电压监测报警装置本身发生故障时,可以将装置主机上的开关置“OFF”位,切除装置,维持运行,机车的其它各项功能均不受任何影响。

1.7　数据储存、发送功能

本设计利用 SD 卡实时采集列车运行的数据,当列车返回站内时,单片机会和室内电脑通过 W5200 以太网建立联系,进行数据传送。电脑接收数据并存入数据库,操作人员通过 Labview 软件对数据进行分析,及时判断司机操作正确与否,解决机车潜在的风险问题。

2　风压电压监控系统解决方案

2.1　系统概述

机车总风压力、升弓信号、受电弓控制风压、制动缸压力、机车速度、蓄电池电压等信号经过保护电路的分压、降压或放大处理后送给 A/D 采集电路,进入主机 CPU(主控芯片 STM32F103VET6),CPU 对数据进行单位变换,计算分析后一路通过 485 通讯送给 2 个从机(主控芯片 STM32F103VET6),从机显示器中的程序根据预定的逻辑对数据进行判断,当超过设定门限值时,由报警单元进行显示和语音报警;另一路存入 SD 卡,通过转储设备,将 SD 卡内的数据通过以太网传输地面工作站,利用 Labview 的分析软件[4]可以对记录的数据进行重放和分析。其工作原理图如图 1 所示。

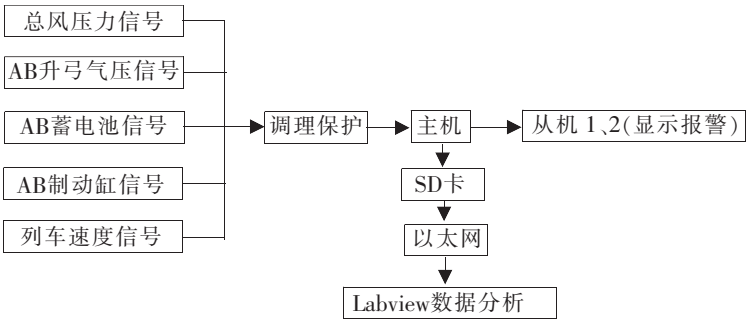


图 1　电力机车低风压低电压监测报警装置原理图

2.2　器件选型

电力机车低风压低电压监测报警装置的传感器单元包括 3 个传感器,分别采集机车总风压力和 A、B 节受电弓控制风压。3 个压力传感器均采用深圳市深思维自动化设备有限公司生产的 SSW-YL01A 型压力变送器,其量程为 1 000 kPa,输出电压为 0～5 V,精度为 0.5 级,供电电压为直流 15 V。速度、蓄电池电压信号直接从机车信号接线端子得到。

2.3　原理图介绍

2.3.1　压力传感信号采集电路

在图 2 的电路中,TBU 起限流保护作用,当电流大于 200 mA 时,TBU 内部自动断开,防止因电流过大而烧损采集电路;稳压管 TV 起限压作用,此大小是 5 V,当电压大于 5 V 时,稳压管因反向击穿而导

?1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

通,避免因浪涌而导致电气元件烧坏;稳压管和 TBU 构成了双层保护措施,提高了电路的稳定性。运放 OP07C 采用的是具有低失调、高开环增益特性的贴片式 OP07 芯片,同相输入,电阻 R63、R62 和 R65 用来调节放大倍数,此电路电压放大倍数是 2 倍,达到了 A/D 采集的许可范围(下面相同电路不再叙述)。

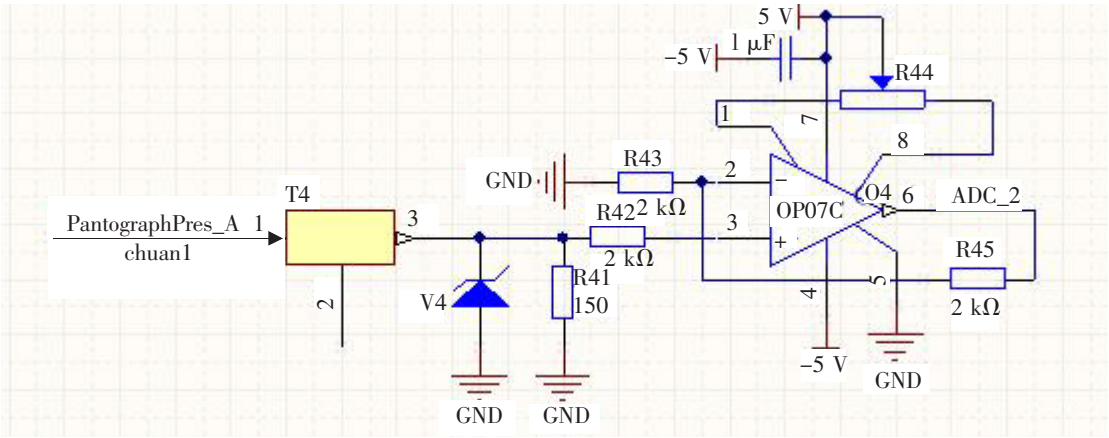


图 2 压力传感器信号处理电路

2.3.2 制动缸压力采集电路

图 3 是制动缸压力信号的采集模块,输入的差分信号经过 2 级放大,输出到外部,确保了制动缸压力信号的采集精度要求。运放 U30 采用全差分隔离放大器 AMC1200,它是一款高精度隔离放大器,输出与输入电路由二氧化硅隔离层隔开,抗电磁干扰性能极强。该隔离层经 UL1577 与 IEC60747-5-2 标准认证,可提供高达 4 250 V 的电流隔离。当与隔离电源配合使用时,该器件可防止共模高电压线路上的噪声电流进入本地接地并干扰或损害敏感电路,它是双端输入、双端输出器件,输出的差分信号再经过 OP07 放大,满足了 A/D 采集电压范围。

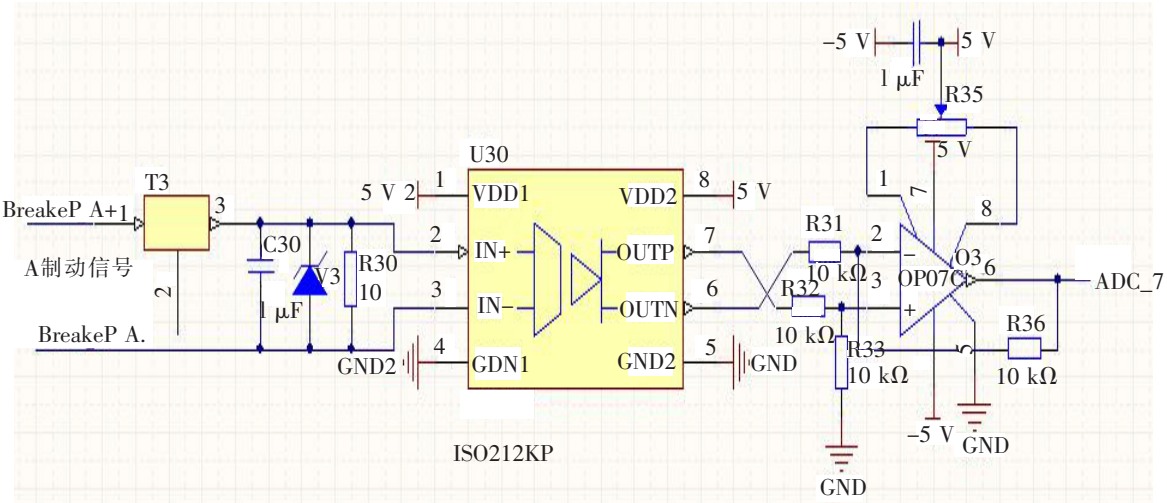


图 3 制动缸压力信号采集电路

2.3.3 速度采集电路

图 4 速度采集电路可检测 1 Hz 以下脉冲信号,它通过主机 STM32F103VET6 进行定时器捕获、溢出中断采集的,精度较高。

2.3.4 信号传输电路

电力机车上的电磁辐射非常强烈,为减少电磁辐射对监测数据的影响,电力机车低风压低电压监测报警装置信号传输采用 485 通讯方式,以提高数据传输的精度,确保数据准确。RS485 总线是一种常规

?1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

的通信总线,它不能够做总线的自动仲裁,也就是不能够同时发送数据以避免总线竞争,所以整个系统的通信效率必然较低,数据冗余量较大,对于速度要求高的应用场所不适合应用 RS485 总线。同时由于 RS485 总线上通常只有一台主机,所以这种总线方式是典型的集中—分散型控制系统。一旦主机出现故障,会使整个系统的通信陷于瘫痪状态,因此做好主机的在线备份是一个重要措施。信号传输采用了隔离 485 通讯方式,信号稳定性好,能够满足机车设计的要求,其原理图如图 5 所示。

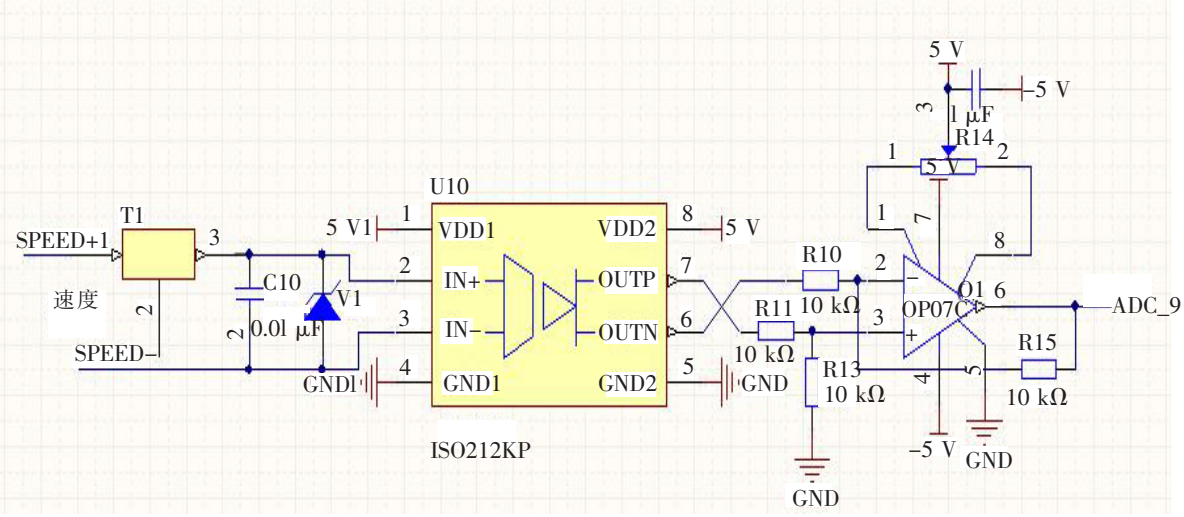


图 4　速度采集电路

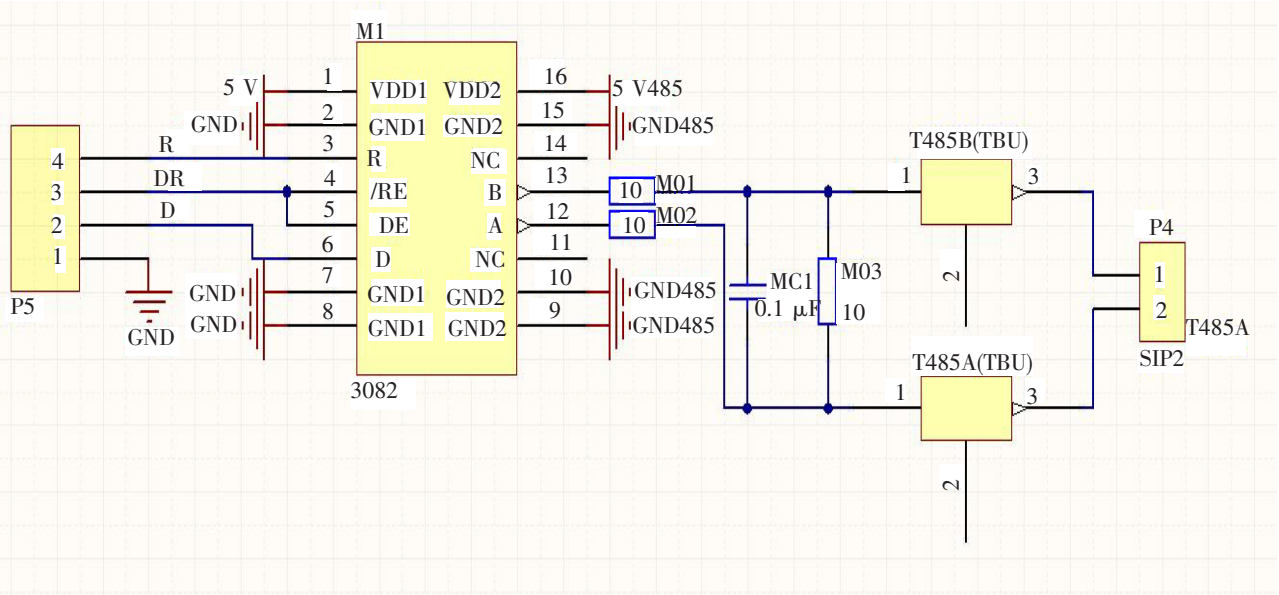


图 5　信号传输电路

2.3.5　数据储存电路

如图 6 所示的电路中,1、2、7、8 管脚是数据传输管脚,管脚 5 是 SDIO 通讯时钟接口,接口 3 是命令接口。开路输出型电路提供电流和电压的能力是有限的,上拉电阻 R6、R9、R10、R11 的功能主要是为集电极开路输出型电路输出电流通道,也具有限流的作用。

2.3.6　网络传输单元

数据通信是通过以太网进行的,并采用网络控制器 W5200 实现通信驱动。在 W5200 中 TCP/IP 协议被硬件化,因此通过初始化配置 W5200 可完成电脑和单片机之间的通信。具体如图 7 所示。

2.3.7　语音模块

语音模块是采用 VS1003 芯片搭建的外围电路,主控芯片和 VS1003 通过 SPI 通信方式进行数据互

?1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

传,语音数据从 SD 内进行读取调用。

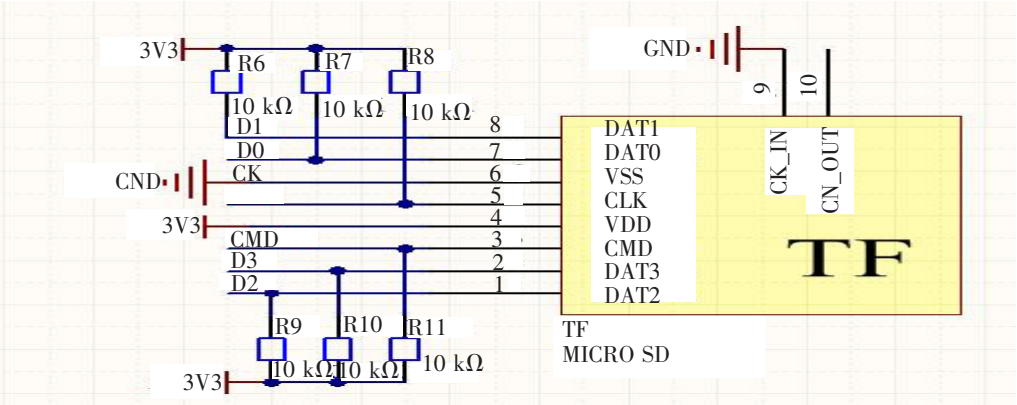


图 6 SD 卡数据写入电路

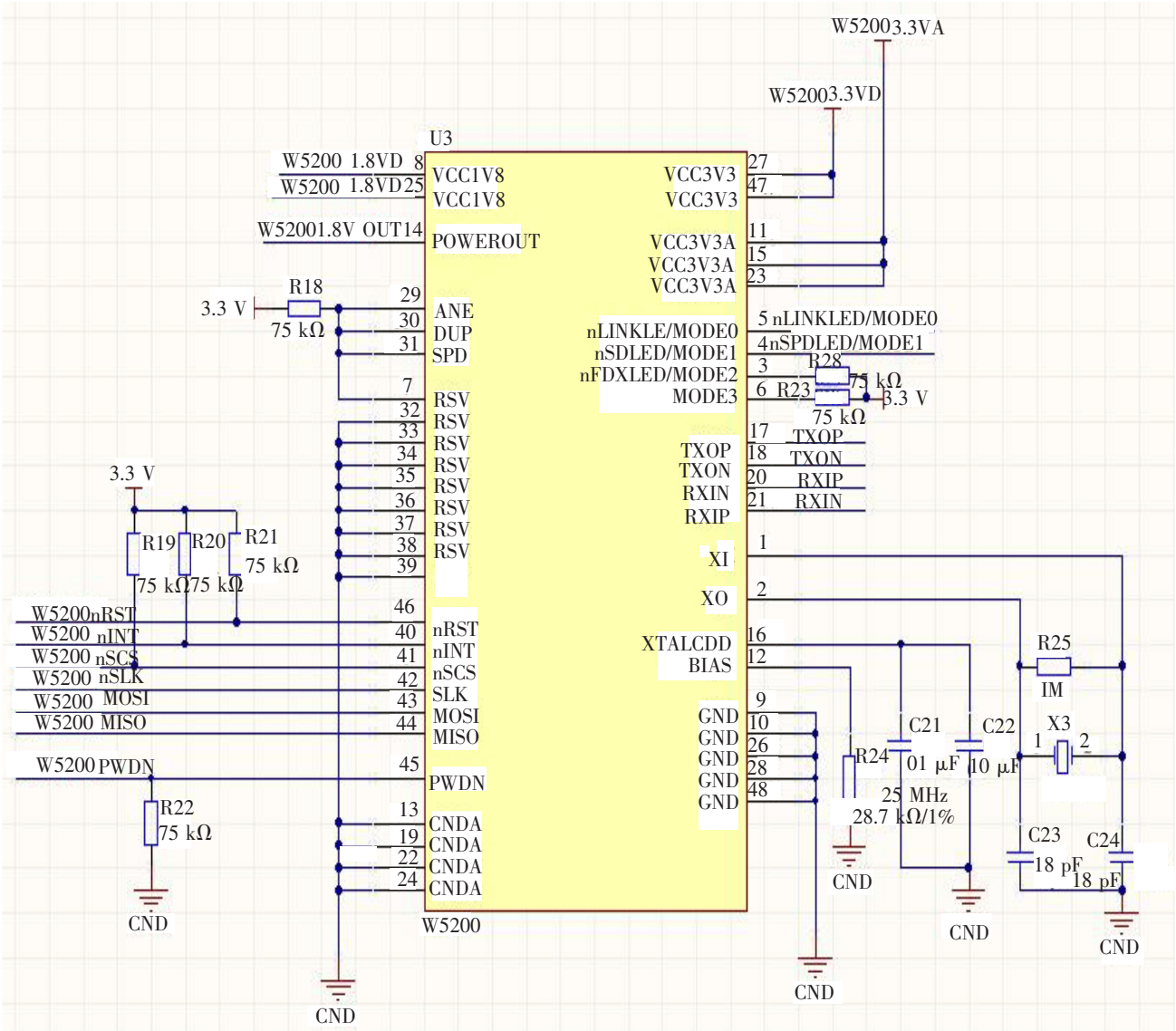


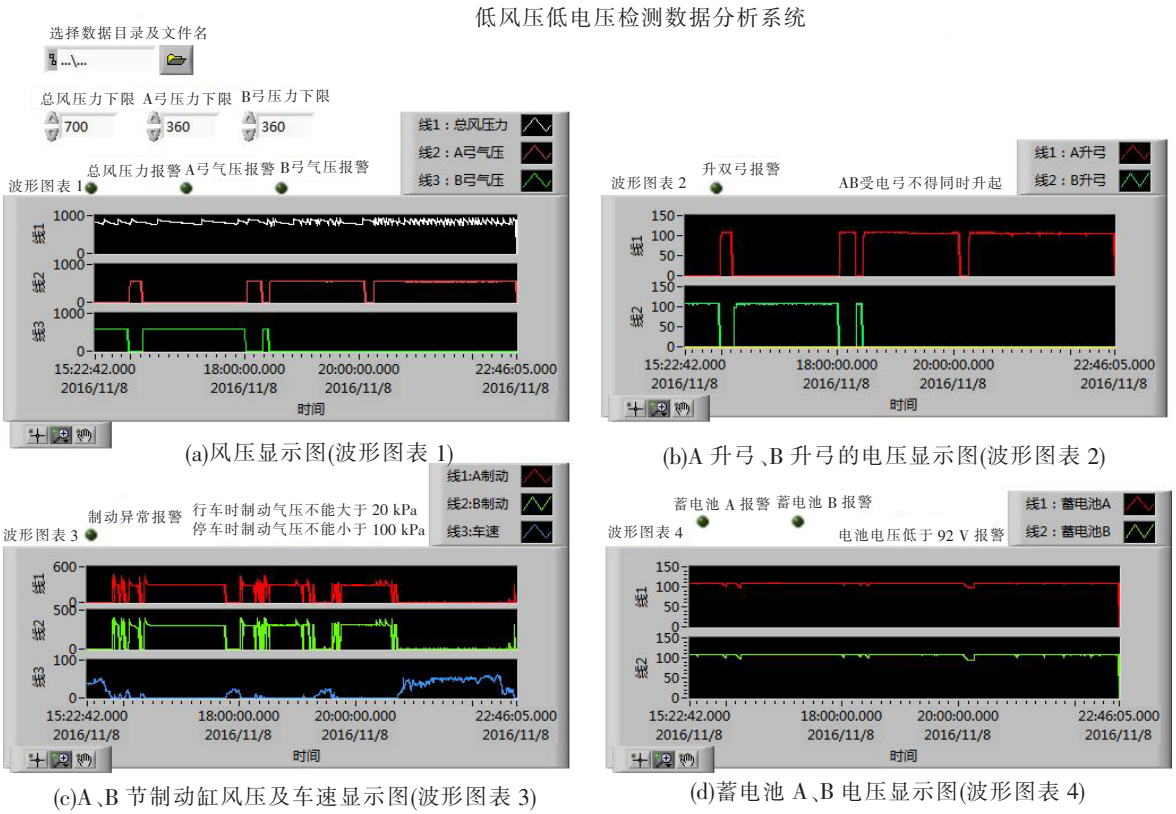
图 7 W5200 接口电路

?1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3　实验结果分析

3.1　整体界面分析

图 8 为 Labview 数据监测[5]分析软件的整体界面,它分为 5 部分,包括 1 个对话框和 4 个子窗口。程序在左上角有一个文件使用对话框,此对话框为文件选择功能按钮,通过它来选择需要分析的数据文件,包括两方面的内容,一是目录,一是文件名。



(a)风压显示图(波形图表 1)　(b)A 升弓、B 升弓的电压显示图(波形图表 2)

(c)A、B 节制动缸风压及车速显示图(波形图表 3)　(d)蓄电池 A、B 电压显示图(波形图表 4)

图 8　系统分析总界面

3.2　数据库文件结构

数据库存放的文件为文本文件,里面的数据是一行一行的字符串,字符串以回车符为结束符。程序执行后,打开文件,按行读取字符串,并对字符串进行分析,判断字符串长度是否为 0,假如字符串长度为 0,程序结束。字符串长度不为 0 时,执行字符串显示程序。

字符串由 16 段构成。其中前 6 段为时间的年月日时分秒。时间数据为其它各部分在数据波形图表显示时的横坐标。第 7、8、9 段分别为总风压力,A 弓气压,B 弓气压。第 10、11 段分别为 A 升弓电压和 B 升弓电压。第 12、13、14 段分别为 A 制动电压,B 制动电压和车速大小。第 15、16 段表示蓄电池 A、蓄电池 B 的电压值。

3.3　数据分析

3.3.1　波形图表 1 中的显示及其报警功能说明

图 8(a)中共有 3 条曲线,线 1 为总风压力,线 2 为 A 弓气压,线 3 为 B 弓气压。

机车在正常行驶过程中,各种设备不断地使用压缩空气,使总风缸内压力逐渐下降。当总风缸压力不足时,压缩机开始工作,向总风缸内泵风,使总风缸压力保持在 750～900 kPa 之间。图 8(a)线 1 的波动,表示风压下降和补充压缩空气的过程,从图中还可以看出,车上的压缩空气控制系统,工作正常,能在风压低于限值的时候,启动空气压缩机,也能在风压达到规定值之后,停止压缩机的工作。

线 2、线 3 两条曲线,分别表示 A、B 节受电弓控制风压,当受电弓升起时,风压达到预定值,当受电弓

?1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

下降时,受电弓控制风压变为零。总风压力检测功能描述:程序开始执行后,读取文件中的总风压力数据,当总风压力大于700 kPa时,总风压力正常,继续读取总风数据,如果总风压力小于700 kPa时,表示总风压力异常,此时点亮报警显示灯,并且在波形图表1中显示压力异常时的总风压力数据波形。

A升弓压力检测功能描述:程序开始执行后,首先读取A升弓控制信号数据,判断是否有A弓升起指令,即与70 V作比较,大于70 V表示有升起指令。假如没有A弓升起指令,那么继续读取A升弓控制信号数据。假如有A弓升起指令,再分析A弓升弓汽缸气压数据,A弓气压与360 kPa进行比较。如果A弓升弓汽缸气压大于360 kPa,表示气压正常,继续读取A升弓控制信号数据,假如小于360 kPa,则此时报警灯亮起,在波形图表1中显示此时的A弓升弓汽缸气压数据。

B升弓压力检测功能与A弓相同(如上)。

3.3.2 波形图表2中的显示及其报警功能说明

图8(b)位于前面板右上角,线1、线2分别表示A、B节升弓控制信号的电压大小。在机车正常运行过程中,A、B节受电弓中的某一个弓处于升起状态,其工作电压保持在110 V。

升双弓监测功能描述:程序开始执行后,读取A升弓和B升弓的数据,判断A弓、B弓是否同时升起,如果没有同时升起,则显示正常波形。假如A、B弓同时升起,则报警显示灯亮起,图表2中显示此时的A升弓、B升弓数据波形。

3.3.3 波形图表3中的显示及其报警功能说明

数据分析软件的图8(c)表示制动和车速的情况。线1是A节车制动缸风压,线2是B节制动缸风压,线3表示车辆行驶速度。在图8(c)中可以看到,机车行驶时,机车速度不为零,两个制动缸的风压为零,机车停止运动时,制动缸风压很大,表示司机在列车停车时,给机车施加了制动,防止出现溜车的情况。曲线较平稳区域为机车较长时间停车或行车过程,制动缸风压保持不动。曲线波动较大区域为频繁制动过程,制动缸风压不断起伏。

A、B制动监测功能描述:程序开始执行后,首先读取车速数据,如果车速为0,表示车辆停止,则此时应施加制动,分析A和B制动缸气压数据,与100 kPa比较,如果大于100 kPa,则此时正常,继续读取A和B制动气压数据;如果小于100 kPa,表示司机停车没有施加制动,点亮报警灯,波形图表3中显示此时的数据波形。假使车速不为0,那么此时车处于行进状态,不应施加制动。分析A和B制动缸气压数据,与20 kPa比较,假如小于20 kPa,则此时正常,继续读取A和B制动电压数据。如果大于20 kPa,表示司机在行车时未释放制动,点亮报警灯,波形图表3中显示此时的数据波形。

3.3.4 波形图表4中的显示及其报警功能说明

程序前面板右下角的第4个图片(图8(d))显示机车A、B节两节车蓄电池组的电压情况。线1表示A蓄电池,线2表示B蓄电池。纵轴表示电压值,横轴表示时间。由图8(d)可以看出,机车正常行驶过程中,蓄电池电压保持在110 V。

A蓄电池电压监测功能描述:程序开始执行后,读取文件中的蓄电池A数据,判断蓄电池A的电压值是否大于92 V,如果蓄电池B电压大于92 V,电压正常,继续读取文件中的蓄电池A数据,如果不大于92 V,则程序执行报警部分点亮报警灯,此时波形图表4显示异常数据的波形。

B蓄电池电压监测功能描述:程序开始执行后,读取文件中的蓄电池B数据,判断蓄电池B的电压值是否大于92 V,如果蓄电池B电压大于92 V,电压正常,继续读取文件中的蓄电池B数据,如果不大于92 V,则程序执行报警部分点亮报警灯,此时波形图表4显示异常数据的波形。

4 结语

低风压低电压监测报警装置基本实现了预期目标:

(1)能够实时监测并记录机车运行中的总风缸压力、受电弓控制风压、制动缸压力以及蓄电池控制电压,当检测值低于系统设定的门限值时,进行显示和语音报警,提醒乘务员进行相应操作,防止发生行车事故,保证机车运行安全。

?1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

(2)利用配套的地面分析软件，通过以太网将数据传输到电脑，能够对所记录的数据进行重放和分析，及时发现机车存在的前期隐患，为分析乘务员操纵和查找机车故障提供参考。

参　考　文　献

[1]张磊. HXD2 型电力机车控制电压、止轮器及监控装置开关机报警装置的研发与设计[J]. 中小企业管理与科技，2017(4)：109-110.

[2]张俊峰. 基于 ARM 芯片的机车制动监测系统研究[D]. 武汉：武汉理工大学，2004.

[3]张远，黄彦全. 电力机车过关节式电分相过电压抑制方案分析[J]. 石家庄铁道大学学报：自然科学版，2017，30(3)：77-80.

[4]韩天琪. 电压扰动发生装置的 Labview 测控系统研制[D]. 西安：西安工程大学，2016.

[5]燕延，刘玉红，高占凤. 基于 LabVIEW 的远程桥梁健康监测系统[J]. 石家庄铁道学院学报，2005，18(3)：37-39.

Design of Low Wind Pressure and Low Voltage Monitoring and Alarming Device for Electric Locomotive Based on Ethernet Transmission

Chen Baoping，　Zhang Shouliang

(School of Electrical and Electronic Engineering，Shijiazhuang Tiedao University，Shijiazhuang 050043，China)

Abstract：Based on the scene situation of Shijiazhuang machine section，this paper designed a complete system of the wind pressure and voltage monitoring and alarming with corresponding data collection，transmission，storage and analysis of the electric locomotive. The design introduced the monitoring of air cylinder pressure of electric locomotive，AB brake cylinder pressure，control pressure of AB electric bow，battery voltage，train speed and so on. The data of driving record was transmitted to the station computer through the W5200 Ethernet transmission module when the train came back to the station. Data analysis was carried out by using Labview software. This design can prevent and eliminate the problems such as the engine running delay，the automatic decompression of the train tube，the failure of the bow network，and the driver's qualified operation，so as to ensure the safety of railway transportation.

Key words：wind pressure and voltage；Ethernet；Labview；data analysis

?1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net