

船用电气设备运行状态监测记录仪的设计与实现

刘亚丽

(海军士官学校, 安徽 蚌埠 233012)

摘要:针对船舶电气设备进行故障诊断中对设备运行状态数据的需要,设计了一种船用电气设备运行状态记录仪。对电气设备记录电路进行了分析,设计了数据采集电路、时间基准电路、SD卡存储电路和相应软件,实现了对电气设备运行中的模拟量、开关量以及环境参量的监测,采集数据的时间标记和实时存储,存储的数据通过开发的分析软件可直观反映设备运行状态。试验结果表明了电气设备运行状态监测记录仪的可行性和可用性。

关键词:电气设备;运行状态;监测;SD卡

中图分类号:U665 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-0143(2017)04-0363-06

DOI:10.16389/j.cnki.cn42-1737/n.2017.04.013

Design and Realization of Running Status Monitoring Recorder for Marine Electrical Equipment

LIU Yali

(Naval Petty Officer Academy, Bengbu 233012, Anhui, China)

Abstract: To meet the running status data need for fault diagnosis of marine electric equipment, a kind of running status data recorder of marine electric equipment was designed. The electrical equipment record circuit was analyzed; the data collection circuit, time reference circuit, SD card storage circuit and corresponding software were designed. The monitoring on analog quantity, switch quantity and environmental parameters for electric equipment running was realized. Time tag and real-time storage of collected data were achieved. With the software developed, the stored data could intuitively reflect the equipment running status. The experimental results showed the availability and feasibility of the running status monitoring recorder of electrical equipment.

Keywords: electrical equipment; running state; monitoring; SD card

船舶上各类电气设备特别是其控制箱的工作环境差(振动、潮湿)且动作频率高,是出现各类电气故障的重要来源,而排除相关故障是船舶电工在岗位工作中的一项经常性工作。长期以来,由于缺乏电气设备运行状态数据,故障的排除大多是根据故障现象,依靠经验、通过试探、逐步摸索的方法,特别是偶发性故障,发生时间不确定,排除起来更是耗时费力。目前,针对船舶电气设备的故障诊断分析大多仅停留在基于故障结果和现象的研究和分析,往往缺少设备运行过程数据的支持;另一方面,随着人工智能在设备故障诊断的应用研究不断深入,必然需要大量的设备状态信息和历史运行数据作为支撑^[1-3]。

为进一步研究船舶电气设备各类故障特性,从而更为有效地进行故障诊断,甚至基于状态和历史

收稿日期:2017-05-17

作者简介:刘亚丽(1981—),女,讲师,硕士,研究方向:电力系统及其自动化。

信息实现故障预测和健康管理(PHM)^[4],提供可靠的数据依据。本文基于船用VDR的应用理念^[5],在不干预各类电气设备原有控制和运行过程的前提下,设计了船用电气设备运行状态监测记录仪,实现了对运行工作中的船用电气设备进行实时监测和数据采集、存储功能,并开发了相应的数据显示分析软件。

1 电气设备运行状态数据记录电路分析

船舶上的电气设备主要包括通风机、压缩机、锚机、各种油泵水泵等电力拖动设备,它们的运行控制都由其电气控制箱完成,设备运行时的状态数据主要包括继电器、熔断器和接触器状态、动作时间,三相交流负载电压和电流、关键元件工作电压和电流、关键元件的线圈温度、控制箱内湿度等数据。为了能够准确、及时和可靠地记录相关的运行数据,需要在硬件电路设计、微处理器与存储介质的通信协议和软件实现中考虑功能的需要,进行合理的编排。系统中需要进行采集和记录的参数如表1所示。

表1 需要采样和记录的参数
Tab. 1 Parameters need to be sampled and recorded

模拟量	开关量	环境参量
三相电流 I_U, I_V, I_W	热继电器触点状态	接触器线圈温度 T_{KM}
三相电压 U_{UV}, U_{VW}, U_{WU}	熔断器状态	控制箱内部湿度 H_C
变压器副边电流 I_F	接触器触点状态	
接触器线圈电压 U_{KM}		

2 硬件设计

电气设备运行状态记录仪的电路硬件设计主要包括微处理器的选取,采集电路和外围电路设计。采集电路主要有交流电压采集电路、交流电流采集电路、开关量和环境参量采集电路。外围电路主要有晶振电路、时间基准电路和SD卡存储电路等。运行状态记录仪采用220 V交流电源供电,为保证可靠记录,采用内置电池电源设计,并采用电源管理模块进行AC/DC转换和电池充放电管理。系统整体硬件组成框图如图1所示。

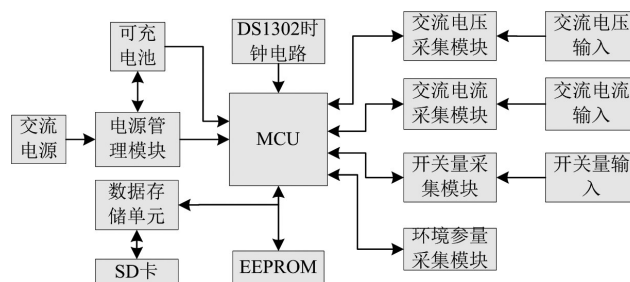


图1 系统硬件组成框图

Fig. 1 Block diagram of the system hardware composition

2.1 最小系统

本系统中的最小系统主要包括MCU、晶振电路和复位电路。本系统中的MCU采用的是PIC16F877A微处理器,内部集成了A/D转换器、EEPROM,与一般单片机不同的是它采用的是14位的RISC指令系统,内部具有8 K×14位的Flash程序存储器以及368×8位的RAM空间,内建ICD(in circuit debug)功能^[6],从而可方便地进行调试。

2.2 采集电路

采用WB3U412U01型交流电压传感器对电网中的各个交流电压进行实时测量,将其变换为标准的直流电压输出,输出的直流电压为0~5 V,可直接送入MCU进行A/D转换采集,被测的交流电压与输出的采集直流电压是相互隔离的,隔离耐压大于2.5 kV^[7],可避免交流电网电压对后端采集电路造成影响。当输入电压 U_i 大于10 V时,其输入阻抗 R_i 计算公式为: $R_i = U_i \times 1 \text{ k}\Omega/\text{V}$,因此,传感器的输入阻

抗较大,对被测电路影响可忽略。

交流电流的采集采用WB3I414U31型电流传感器,对交流负载电路中的工作电流 I_U 、 I_V 和 I_W 等进行实时测量,输入端为穿心式感应电流,电流传感器模块将其变换为标准的直流电流输出。为方便进行后端采集,在电流传感器的输出端串入 $100\ \Omega$ 的标准负载电阻,将直流电流信号转换为电压信号。为提高电流传感器输出阻抗,电流传感器输出端的标准负载电阻后端,先经运放构成的射极跟随器,再接入到MCU的RA0~RA2数据采集口进行采样。为保护MCU数据采集口,在相应端口并接了限幅稳压二极管D1~D6。图2中给出了3路交流电压和电流采集电路与MCU的硬件连接图。

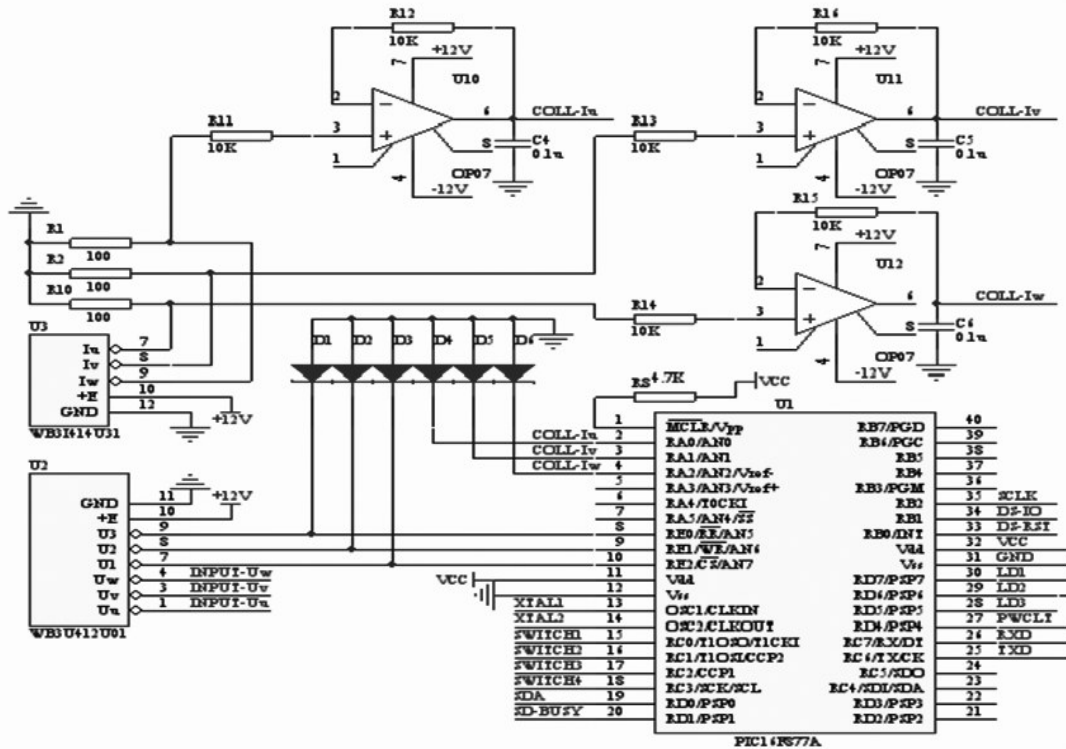


图2 MCU及交流电压电流采集电路

Fig. 2 Electric circuit of MCU and AC voltage current collection

需要采集的开关量包括继电器触点、接触器和熔断器等工作状态,均为交流电流的通断状态信号。为避免采集电路对被测电路的影响,采用穿孔式的交流电流越限隔离变送传感器CE-IJ03,将交流电流的通断状态迅速转换为开关量,从而便于MCU采集。R21至R24将MCU采集端口上拉至VCC,明确了相应的MCU采样管脚状态。模块的输入和输出采用电磁隔离方式,隔离耐压值大于2.5 kV,保证了被测电路的安全,动作响应时间小于200 ms^[8],能够满足系统采集的需求。本文设计了4路通道的开关量状态采集,同时也可根据需要,方便扩展相应的采集通道。

采集的环境参量对象主要是电气控制箱内温度和湿度,系统采用AM2301湿敏电容温湿度模块,模块包括一个电容式感湿元件和一个高精度测温元件,与MCU连接采用单总线(one-wire)接口,硬件开销需求少,可根据需要方便地进行测量部位扩展。开关量和环境参量采集的硬件连接如图3所示。

2.3 时间基准电路

采集的各类数据需要加入日期时间信息后才能进行存储记录,即在数据中打上采集数据的时间标记,而数据的时间标记信息就是由时钟电路来提供。时钟电路中的时标信息由DALLAS公司的DS1302涓流充电时钟芯片提供,内置实时时钟和31字节的静态RAM,可提供秒、分、时、日、星期、月和年的信息,且具有闰年补偿功能^[9]。电路中时钟芯片采用SPI三线同步串行接口与MCU进行时钟数据通信,时钟芯片VCC1脚连接了BT1纽扣电池,用于维持系统掉电状态下时钟的运行,不间断地提供精确的时标信息。相应的硬件连接电路如图4所示。

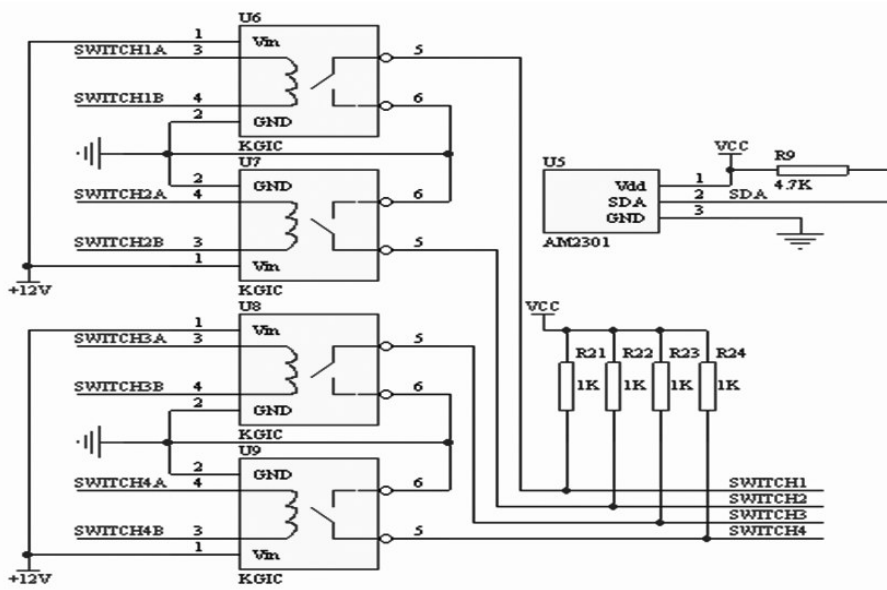


图3 开关量及环境参量采集电路

Fig. 3 Electric circuit of switch quantity and environmental parameter collection

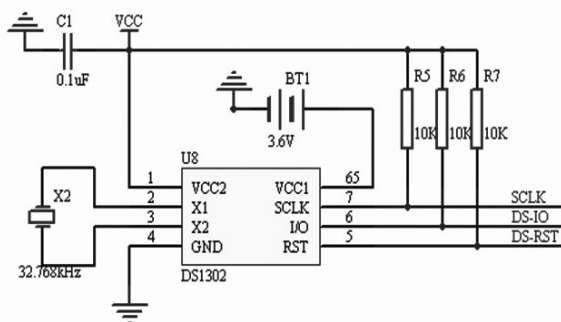


图4 时间基准电路

Fig. 4 Electric circuit of time reference

2.4 SD卡存储电路

电气设备监测记录仪所采集的设备状态数据量很大,不可能在芯片内部的存储器中保存,只能通过存储电路随时存入大容量的SD卡中。MCU将采集到的各种状态数据打上时间标记后,用串口通过存储电路写入SD卡,存储的数据依据时间命名,使用FAT32文件系统格式创建,存储中采用移植的FATFS Module方法^[10],可以直接调用FATFS Module提供的API函数,从而通过应用函数进行文件的读写,大大降低了开发的复杂程度。MCU与SD卡存储的具体硬件连接电路如图5所示。

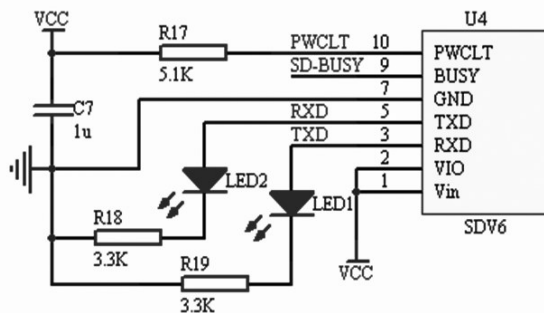


图5 SD卡存储电路

Fig. 5 Electric circuit of SD card storage

3 数据记录软件设计

系统首先进行单片机及各个功能模块电路的初始化,包括时钟芯片数据的读取,SPI的端口、主从参数配置等,完成后再进行SD卡的初始化和FAT32系统的初始化。初始化完成后,建立和打开相应记录文件,完成后不断检测采集的各类数据是否写入文件并打上时标,判定文件大小是否溢出等,最终的数据记录文件采用txt文件格式保存。数据记录的软件流程图如图6所示。

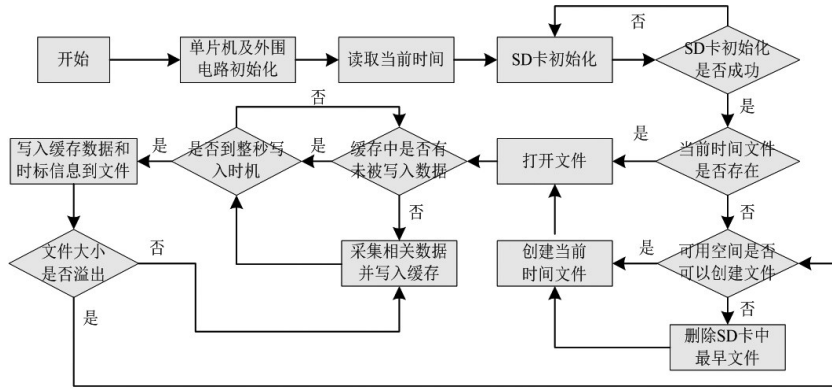


图6 数据记录软件流程图

Fig. 6 Software flowchart of data recording

4 分析软件的设计和验证

为方便对采集的设备状态数据进行显示和分析,系统开发了相应的PC端数据读取分析软件,以实现采集记录数据的读取、存储、管理、数据图形化显示、数据统计、提示报警等。从而使用户对被监测的电气设备运行状态进行直观地了解。该软件利用面向对象的功能强大的主流软件开发工具 Visual C++开发,为保证程序设计的控制灵活性,采用 Windows SDK 方式编程。

以监测记录某型三相异步电动机为例,采集并存储了该设备运行一个时间段的电压电流、接触器和继电器的开关量状态、温度湿度等状态参量,并将SD卡中存储的记录数据导入分析软件。如图7所示,分析软件图形化的显示界面直观地显示了设备的运行、停止和启动等工况信息,相关的各状态参量的统计信息也可方便地由分析软件直接给出,从而清楚地反映设备的工作状态。

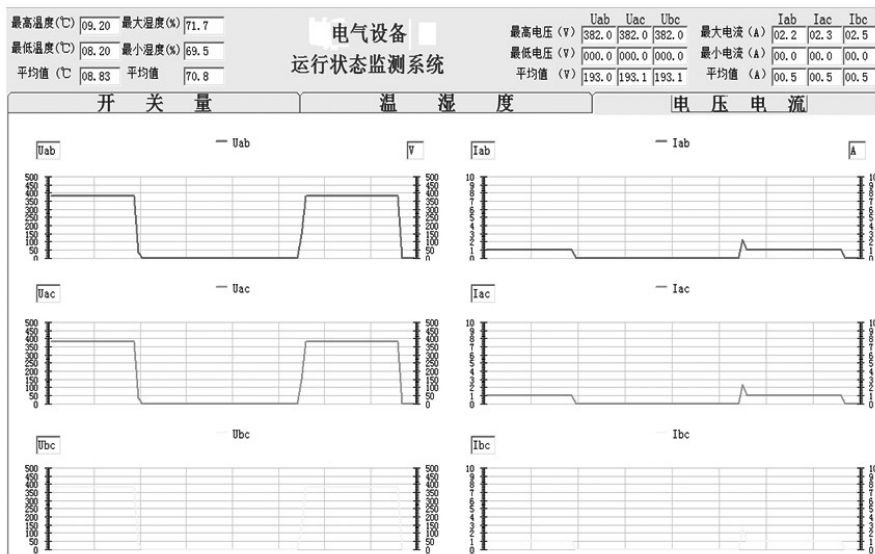


图7 分析软件界面

Fig. 7 Interface of analysis software

5 结语

本文设计并实现了船用电气设备运行状态监测记录仪,可实时采集船舶各类电气设备运行过程中的工作电流、电压、接触器或继电器的开关量,工作环境参量等信息,采集的各类数据被打上时间标记并存储在大容量SD卡中,便于设备工作状态的回溯查询,相应的分析软件可直观显示设备运行的工况信息。该检测仪的布设和使用不影响原有电气设备正常工作,可方便提供电气设备运行状态时连续、完整的历史数据,为各类电气设备的完好性评估、故障的快速定位和排除提供有力手段,也为将来实现基于人工智能和大数据的故障诊断提供可靠的信息支撑,从而有效地提升船舶电气设备的管理和维护水平,具有较好的应用价值和推广前景。

参考文献(References)

- [1] 孔庆宇,霍景河,王渊.基于知识的主流故障诊断技术研究[J].四川兵工学报,2015,36(9):60-64.
- [2] 熊国良,黄文艺,张龙.现代设备故障智能诊断研究进展[J].机床与液压,2014,42(5):173-176.
- [3] 李红卫,杨东升,孙一兰,等.智能故障诊断技术研究综述与展望[J].计算机工程与设计,2013,34(2):632-637.
- [4] 刘琦,李耀芳,彭慧卿,等.电子系统故障预测方法综述[J].天津城建大学学报,2016,22(4):298-301.
- [5] 何晓东.VDR在海上移动式平台中的应用研究与实现[D].大连:大连海事大学,2013.
- [6] 王东,刘琪,郭兆正.基于PIC16F877A控制器的RKE系统的设计[J].渤海大学学报(自然科学版),2014,35(4):356-360.
- [7] 张金勋,王晓初,李克天,等.基于隔离技术的交流电压变送器设计[J].电测与仪表,2010,47(5):68-71,76.
- [8] 邹琼,汪廷世.WB系列真有效值电量隔离传感器及其应用[J].兵工自动化,2002,21(3):11-13.
- [9] 赵振东,李彦斌,董晓龙,等.TMS320F28335与时钟芯片DS1302的串行通信[J].单片机与嵌入式系统应用,2016,16(3):50-53.
- [10] 刘勇,陈永冰,徐健,等.操舵数据记录电路设计与实现[J].海军工程大学学报,2015,27(4):1-4.

(责任编辑:范建凤)