

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2014.04.012

基于CS5463的双流制机车电度表设计

周志伟¹, 于惠钧¹, 阮志新², 谷聚辉¹, 吴晓喜², 周楚刚¹

(1. 湖南工业大学 电气与信息工程学院, 湖南 株洲 412007; 2. 株洲联诚集团有限责任公司, 湖南 株洲 412001)

摘要: 设计一种基于CS5463的双流制机车电度表。介绍了双流制电度表的技术性能、总体结构以及程序设计方法, 通过对电能计量模块、中央处理模块、双路供电设备以及GPRS与RS485通信模块进行设计, 实现机车交流与直流的显示、与TAX2机车监控装置通信以及远程无线抄表功能。采用型式试验、例行试验对新研制的双流制机车电度表进行测试, 试验结果表明, 该电度表具有制造成本低、数据处理能力强、安全保障度高、测量精度高、抗干扰能力强等优点。

关键词: 交流电力机车; 双流制; 计量系统; 中央处理模块

中图分类号: TM933.4

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2014)04-0053-04

Design of Double-Current Locomotive Electricity Meter Based on CS5463

Zhou Zhiwei¹, Yu Huijun¹, Ruan Zhixin², Gu Juhui¹, Wu Xiaoxi², Zhou Chugang¹

(1. School of Electrical and Information Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China;
2. Zhuzhou Lince Group Co., Ltd., Zhuzhou Hunan 412001, China)

Abstract: Designed a CS5463-based double-current locomotive electricity meter. Introduced the systems' technical capabilities, the overall structure and program design method. Through the design of electric energy metering module, central processing module, dual power supply equipment and GPRS and RS485 communication module, realized the measurement of the electric locomotive AC and DC display, the communication with the TAX2 locomotive monitoring device and remote wireless meter reading function. The type test and routine test were conducted on the new developed meter with double-current system, the results show that the meter has the advantages of low manufacture cost, strong data processing, high security, high measuring accuracy, strong anti-interference ability etc.

Keywords: AC electric locomotive; double-current system; measuring system; central processing module

随着电子技术的高速发展, 电度表作为电能计量工具被应用于电力机车中。目前, 我国的能源相对比较紧张, 电能计量技术尚不成熟, 因此, 研究如何将电能有效合理地计量很重要^[1]。电力机车计量

电能常采用机械式电度表与电子式电度表。电子式电度表具有可靠性高、稳定性强、精度高等优点。因此, 本文设计了一种基于CS5463的双流制机车电度表。该系统由电能计量模块CS5463、中央处理模块

收稿日期: 2014-05-30

基金项目: 湖南省大学生研究性学习和创新性实验计划基金资助项目(湘教通[2014]248号323), 湖南工业大学校级大学生研究性学习和创新性实验计划基金资助项目(湖工大教字[2014]7号83)

作者简介: 周志伟(1987-), 男, 湖南常德人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为检测与电气控制技术,

E-mail: m12085207002@163.com

通信作者: 于惠钧(1975-), 男, 河南驻马店人, 湖南工业大学副教授, 主要从事检测与自动控制技术方面的研究,

E-mail: 463298180@qq.com

STM32F103R8T6等组成。先经过精度高、隔离性强的互感器和霍尔电压、电流传感器以及电能测量芯片^[2] CS5463 采集并检测机车电量信号，再通过中央处理模块处理，实现多系统的 AC 和 DC 的测量、远程抄表以及与机车上其它装置的通信连接，将机车电量等信息通过液晶 LCD 显示，并将电流、电压、功率和电量等数据根据自身实时时钟进行分时分段存储。

1 系统总体结构设计

1.1 系统主要技术性能

1) 电压通道：输入交流电压为 100~300 V，额定电压为 150 V；输入直流电压为 -72.5~72.5 mV，额定电压为 50 mV。2) 电流通道：输入交流电流为 0~1.5 A，额定电流为 1 A；输入直流电流为 -700~700 mA，额定电流为 400 mA。3) 精度范围：有功计量范围为 ± 0.5，无功计量范围为 ± 2.0。4) 显示范围：LCD 显示电能数据为 8 位。5) 功耗：小于 5 W。6) 辅助电源电压：DC 110 V。7) 通信方式：RS485 与 GPRS 通信。8) 存储范围：存储 1 个月的数据。

1.2 系统硬件结构

双流制电力机车电度表如图 1 所示。

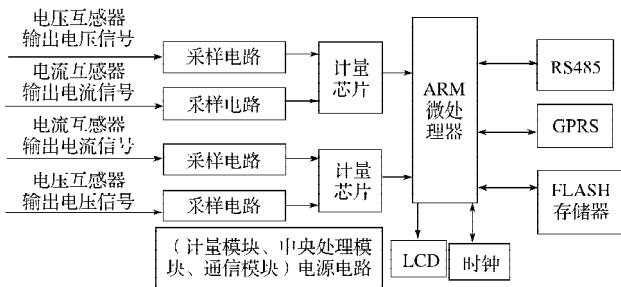


图1 双流制电度表总体框图

Fig. 1 The overall diagram for double-current electricity meter

双流制电力机车电度表主要由采样电路、计量芯片 CS5463^[1]、ARM 微处理器 STM32F103R8T6、时钟电路、FLASH 存储器、LCD 显示电路、RS485 通信模块、GPRS 通信模块、电源电路等组成。采样电路选用差动放大电路，变换电压、电流信号；计量芯片 CS5463 采集电力机车输入电流、电压信号；ARM 微处理器 STM32F103R8T6 主要处理 CS5463 采集到的机车电流电压信号，并将机车电流、电压、功率与电量数据按照自身实时时钟来分时分段的存入至 FLASH 存储器；LCD12864 显示电量数据，如机车电量、机车累积反馈电量以及机车累积耗电量；实时时钟芯片是为当前电量提供对应的时钟信号；RS485 能接收 TAX2 装置的机车信息；GPRS 能实现远程无线抄表。

为保证系统抗干扰能力强^[2]、电磁兼容性好，系统输入端采取了一定的保护措施，如设计三路电源

电路（计量模块、中央处理模块、通信模块）使输出正确隔离。

1.3 电能计量模块

电能计量模块主要由 CS5463 电能测量芯片，电压、电流采样电路等构成。其中，电流、电压采样电路选用差动放大电路，主要用于变换电流、电压信号；CS5463 电能计量芯片内部集成 2 个模数转换器、功率计算器、电能频率转换器以及一个串行接口，它能准确测量瞬时电流、瞬时电压、有功功率、无功功率、谐波功率以及功率因数，主要用于电能计量和自动校表中。CS5463 利用电流互感器将机车输入大电流变换为较小电流信号，利用电压互感器将机车输入高电压转变为低电压信号，其具有电压检测、校准等功能。

机车交流电压采样时，电压互感器输出电压信号为 150 V，经过分压电阻、电容滤波电路变换为 100 mV 的电压信号，该电压信号作为电能计量芯片的电压信号输入端；机车交流电流采样时，电流互感器输出电流信号为 1 A，经过分压电路、滤波电路将机车电流信号转换为 1 mA 电流信号，该电流信号作为电能计量芯片的电流信号输入端。

机车直流电流采样电路如图 2 所示。由图可知，先利用霍尔传感器将额定电流转为直流电流 400 mA，经电阻输出电压信号 U_{IN} (145 mV)，再将电压信号输入至电能计量芯片 CS5463 的 IIN 端；测量芯片通过数据信号 SDI、SCLK 时钟脉冲、RST 复位信号、CS 片选信、数据信号 SDO 连接中央处理模块。

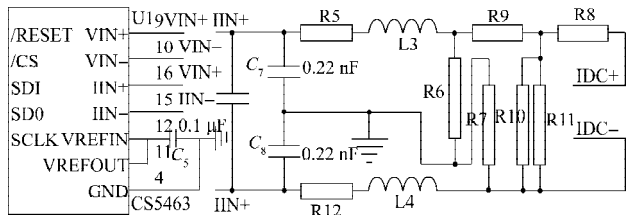


图2 机车直流电流采样电路

Fig. 2 Locomotive DC current sampling circuit

直流电压采样电路利用霍尔电压传感器将输入额定电压转为直流电流 50 mA，再经分流电路、电阻 (R2, R3) 分压电路输出电压信号 U_{IN} (165 mV)，再将电压信号输入至计量芯片的 VIN 端，如图 3 所示。

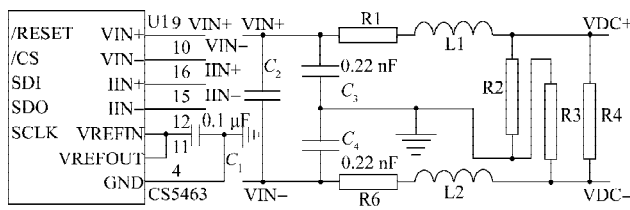


图3 机车直流电压采样电路

Fig. 3 Locomotive DC voltage sampling circuit

1.4 中央处理模块

中央处理模块主要由电源模块、ARM 微处理器 STM32F103R8T6、LCD12864显示电路、SD2404时钟电路、FLASH 存储器等组成。其中,计量芯片与 STM32F103R8T6采用SPI总线接口相连接;复位信号 NRST 与微处理器 NRST 端相连;微处理器具有抗干扰能力强、可靠性高、功能强等优点。ARM 微处理器作为电度表核心芯片,主要完成电能数据的处理、显示与存储功能。

1.5 无线通讯模块

1.5.1 RS485模块

由于RS485通信易受干扰,因此,RS485模块的电源、信号输入以及信号输出应采取一定的隔离措施。电源与输出信号选用磁环隔离电路,输入信号选用光耦隔离电路^[3],收发器选用稳定性好的MAX487电路。RS485采用国标电气标准接口,通信波特率为19 200 B,主要由MAX487模块、光耦模块以及外围电路组成。其中,MAX487既可以发送数据,又可以接收数据,当使能端为1时,MAX487发送数据;当使能端为0时,MAX487接收数据。

1.5.2 GPRS模块

为了保证机车电能计量系统能全天候与地面监测中心进行通信,功耗的高低成为GPRS模块选型的一个关键因素^[4],因此,本能耗监测装置采用西门子生产的MC55无线通信模块。MC55内置TCP/IP协议,具有一般的语音、短信、数据业务、无线连接功能。户主通过发送AT短信指令^[5],激活GPRS模块,实现电力机车与地面服务器的在线实时通讯。

MC55的正常工作电压范围为3.3~4.8 V,最大承受电流为2 A。MC55的集成度高,外围电路简单。

1.6 电源模块

根据计量装置的供电要求,系统采用供电电源和备用电源2种方式,以保证机车不间断供电,有效预防了机车用电信息丢失,具体电源设计结构如图4所示。

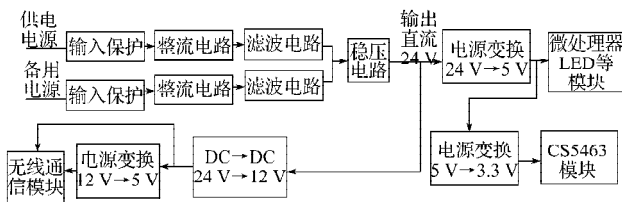


图4 电源模块结构图

Fig. 4 Power module structure

在图4中,2种电源供电方式通过整流、滤波后并联,这样2种供电方式隔离,对二者供电不会产生影响。电路计量模块与通讯模块的电源也需要相互

隔离,本文采用直流一直流方式。输入电压选用直流110 V的稳压电源。通过设计自适应电路和压敏电阻保护电路,增强系统的抗干扰能力。

2 系统软件设计

系统采用Keil4编程,以多任务内核(μC/OS-II)和模块化的编程思想进行设计。系统主程序见图5。

系统主程序由初始化模块、电能计量模块、显示模块、数据存储模块、远程通信模块、键盘模块、时钟模块等组成。它是系统的核心,可完成机车电量数据处理、显示、存储以及远程通信功能。上电复位后,系统进入主程序,程序先进行初始化操作,再判断供电电源是否掉电,如果供电电源掉电,则调用数据存储模块,将机车电量信息存储至FLASH存储器中,同时系统进入低功耗状态,有效地延长备用电池使用时间,以达到节能的目地。系统可通过中断定时实时唤醒低功耗状态。如果供电电源没有掉电,通过中断定时计数的方式显示当前CS5463采集的电量数据,并采用2种远程通讯方式实现远程无线抄表,即RS485无线通讯与TAX2模块。

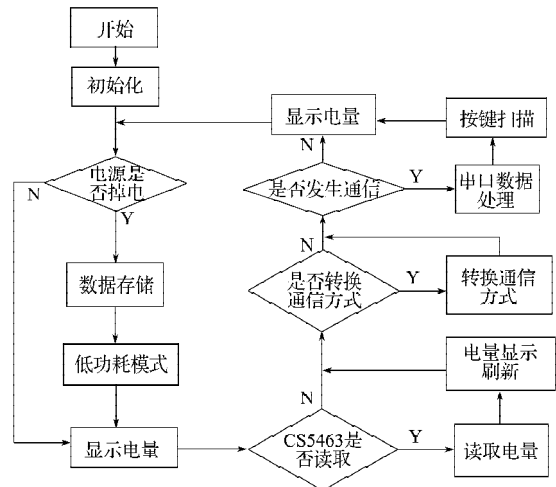


图5 主程序流程图

Fig. 5 Flow chart for main program

3 系统样机检测

机车电度表以计量为核心,其常规检验项目有精度、工频耐压、启动/潜动试验。根据国家标准GB/T 17215.323—2008《交流电测量设备特殊要求第23部分:静止式无功电能表(2级和3级)》,采用郑州华特测控新技术有限公司开发的检验试验台WT-T160对机车电度表进行例行试验和型式试验,试验内容包括:精度测量、工频耐压测试、启动/潜动测试等。例行试验和型式试验装置如图6所示。



图6 例行与型式试验装置

Fig. 6 Routine and type tests device

试验结果如表1所示。测试试验参数为：输入交流额定电流为1 A，输入额定电压为150 V，调节系统的输出电流分别为 $1.2I_b$ 、 $1.0I_b$ 、 $0.5I_b$ 。当输出电流不变，测试调节功率因数分别为0.5L、1.0、0.8C时的双流制电度表工作情况。由试验结果可知：机车双流制电度表的有功计量为0.5级，无功计量为2级，且机车电度表工频耐压、启动/潜动合格，设计方案达到预期设计效果。

表1 机车例行与型式试验结果表

Table 1 The locomotive routine and type test results

输入电压/V	输入电流/A	相线		单向反向有功		单向反向无功		工频耐压	启动/潜动
		负载电流/A	功率因数	误差	整值	误差	整值		
150	1	$1.2I_b$	0.5L	-0.005 2	-0.0	0.268 7	+0.2	合格	合格
			1.0	0.062 3	+0.1	0.006 2	+0.0		
			0.8C	0.068 6	+0.1	-0.112 3	-0.2		
			0.5L	-0.037 3	-0.0	0.269 4	+0.2		
			1.0	0.036 2	+0.0	-0.028 6	-0.0		
			0.8C	0.037 4	+0.0	-0.106 0	-0.2		
		$1.0I_b$	0.5L	0.018 8	+0.0	0.231 6	+0.2		
			1.0	0.040 5	+0.0	0.009 3	+0.0		
			0.8C	0.053 0	+0.1	-0.040 5	-0.0		

4 结语

本文采用电能计量芯片CS5463和ARM内核芯片STM32F103R8T6，利用 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 操作系统设计出双流制机车电度表。该系统能实时显示机车交流电压、交流电流、直流电压、直流电流、功率因数、功率和牵引耗电量，并能实现无线远程抄表。软件采用模块化思想和DL/T 645通信协议来实现。本文设计的电能计量系统满足GB/T 17215.322—2008国家标准，其精度等级为：有功计量0.5级，无功计量2.0级，且该双流制机车电度表已成功在南非电力机车上运行。

参考文献：

- [1] 张宝, 易吉良, 姜建伟, 等. 基于FFT与小波变换的机车谐波电能计量[J]. 湖南工业大学学报, 2013, 27(5): 58-62.
Zhang Bao, Yi Jiliang, Jiang Jianwei, et al. Locomotive Harmonic Energy Measurement Based on FFT and Wavelet Transformation[J]. Hunan University of Technology, 2013, 27(5): 58-62.
- [2] 吴安岚. 电能计量基础及新技术[M]. 2版. 北京: 中国水

利水电出版社, 2008: 28-60.

Wu Anlan. Electric Energy Metering Basis and New Technology[M]. 2nd ed. Beijing: China Water & Power Press, 2008: 28-60.

- [3] 吴晓喜, 周培慧. 基于芯片PL3201C的机车智能电度表设计[J]. 科协论坛, 2012(12): 35-37.
Wu Xiaoxi, Zhou Peihui. Locomotive Intelligent Watt Hour Meter Design Based on PL3201C[J]. Science & Technology Association Forum, 2012(12): 35-37.
- [4] 钟川桃. 电力机车车载能耗监测终端的设计与实现[D]. 长沙: 湖南大学, 2010.
Zhong Chuantao. Design and Implementation of Electric Energy Consumption Monitoring System for Electric Locomotives[D]. Changsha: Hunan University, 2010.
- [5] 黄鹤松, 刘奎, 齐俊清, 等. 基于ATT7022B的多功能电能表系统的设计[J]. 电测与仪表, 2011, 48(8): 63-67.
Huang Hesong, Liu Kui, Qi Junqing, et al. Design of Multi-Function Meter System Based on ATT7022B[J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2011, 48(8): 63-67.

(责任编辑: 邓彬)

