

柴油发电机组输出特性现场检定装置的设计与实现

张 丹¹, 薛 开², 黄文浩²

(1. 中国人民解放军 92493 部队, 辽宁 葫芦岛 125001; 2. 哈尔滨工程大学 机电工程学院, 哈尔滨 150001)

摘要: 针对原有柴油发电机组的专用控制器功能单一、结构复杂、测量精度低等问题, 设计了一款柴油发电机输出特性现场检定装置系统; 采用以 STM32 高性能处理器为核心的硬件平台, 基于总线控制的模块化设计, 其中包括基于 485 总线控制交流电子负载模块、电能质量分析模块以及温度采集模块; 最后编写具有框架式的主机显控界面, 完成实时的数据显示、存储、记录, 以及交流电子负载的控制; 实验结果表明: 柴油发电机组输出特性现场检定装置系统能够为被测柴油发电机组提供交流电子负载, 实时测量柴油发电机组的输出电压、电流、功率、频率等信息, 能够与检定技术人员进行实时信息交互, 检验柴油发电机组的输出特性是否满足技术指标要求。

关键词: 柴油发电机组; 电能质量分析; 检定装置

Diesel Generating Set Output Characteristic Field Prover System

Zhang Dan¹, Xue Kai², Huang Wenhao²

(1. Center of Metrology, Unit 92493, Huludao 125001, China;

2. College of Mechanical and Electrical Engineering, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China)

Abstract: A diesel generating set output characteristic field prover system is designed to overcome the defects such as single controller function, complex structure and low measurement precision. The STM32 processor with high performance is adopted as the core of hardware platform based on the modular design of the 485 control bus including AC electronic load module, electric energy quality analysis module and the temperature acquisition module. Finally, the framework of the host computer display control interface is completed to display, storage and record the real-time data as well as the control of the exchange of electronic load. The experimental results show that the diesel generating set output characteristic field prover system can provide AC electronic load for the measured diesel generators, measure the voltage, current, power, frequency, etc. information. The technicians work with real-time information exchange to determine the output characteristics of the diesel generator set whether to meet the technical requirements

Keywords: diesel generator set; power quality analysis; detecting device

0 引言

近些年来, 由于船舶系统规模的扩大, 各系统自动化水平的提高, 促使船用电力系统发生变化, 船用发电机组容量不断增加, 对供电的连续性和电能质量要求更高。船用柴油发电机组为船上各种设备提供充足的动力保障, 有效保证了供电的连续性, 保证了供电系统的可靠性和稳定性, 发电机组时刻发挥着重要的安全保障作用。在工程项目进行验收时, 由于没有专门的仪器对柴油发电机组进行加载试机, 无法测试各项输出指标及带载能力能否达到设计要求, 直接影响工程验收; 其次, 柴油发电机组加装降噪设备后对机组的输出功率存在一定影响, 无法测试机组输出功率损失量。柴油发电机组输出特性现场检定装置, 能够实现柴油发电机组性能、容量、控制和状态管理功能的现场检定, 通过多次典型数据的积累可分析专用设备计量特性的变化趋势, 实现设备计量特性变化特征的预判,

为设备计量管理提供参考依据, 从而提高设备的可靠性。

1 系统设计

柴油发电机组输出特性现场检定装置主要由硬件和软件两部分, 系统主要由交流电子负载模块、电量采集模块、温度采集模块、数据处理软件以及人机交互系统组成, 系统组成框图如图 1 所示。

其系统主要工作流程为:

1) 系统上电后, 用户根据试验检测需要, 通过触屏输入设定交流电子负载输出模拟负荷, 嵌入式计算机通过串口向交流电子负载发送指令, 控制交流电子负载的输出阻性负载。

2) 电量采集模块实时采集被测柴油发电机组输出的三相电压、三相电流、频率等相关信息, 经模数转换后, 将模拟量转换为数字量经串口发送给嵌入式计算机。

3) 温度采集模块实时采集系统环境温度, 经模数转换后, 将模拟量转换为数字量经串口发送给嵌入式计算机。

4) 嵌入式计算机通过串口接收电量采集模块和温度采集模块的测量信息, 数据处理系统实时解算交流电路中三相电压、三相电流的有效值以及有功功率、无功功率、功率因数等相关参数, 并对采集到的电压、电流进行快速傅里叶变换处理, 实现对系统谐波、骤变的检测分析。

收稿日期: 2016-10-17; 修回日期: 2017-01-05。

作者简介: 张 丹(1969-), 男, 辽宁人, 高级工程师, 主要从事仪器计量测试、监测故障诊断方向的研究。

薛 开(1964-), 男, 哈尔滨人, 哈尔滨工程大学教授, 博士生导师, 主要从事制造业信息化、舰船设备测控、机器视觉等方向的研究。

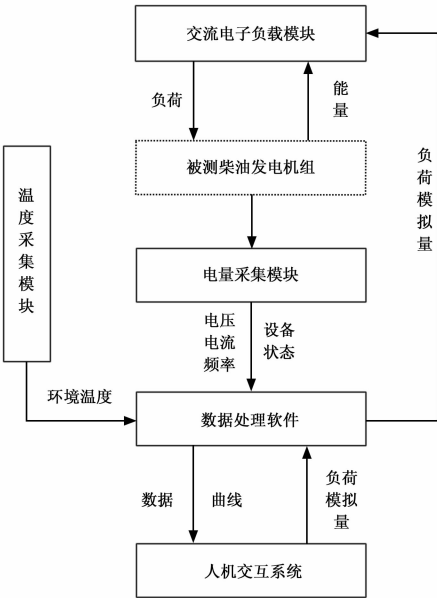


图 1 柴油发电机组输出特性现场检定装置系统框图

5) 数据处理系统同时实时记录解算出的各种参数及设备的工作状态, 并根据用户需求生成测试报告。

6) 最终在人机交互系统上显示设备的运行状态、电量信息以及放电曲线等。

主要技术指标:

- 1) 功率测量范围: 0~100 kW, 最大允许误差: ±1%。
- 2) 电压测量范围: 0~1000 V, 最大允许误差: ±0.5%。
- 3) 电流测量范围: 0~300 A, 最大允许误差: ±0.5%。

2 硬件设计

2.1 电量温度采集模块电路设计

设计采用 32 位的 STM32F103 作为主芯片, 其带有 16 位高精度的 A/D、UART、SPI 接口。完全可以满足设计要求, 且成本低, 可靠性高等特点。电量采集模块组成系统框图如图 2 所示。

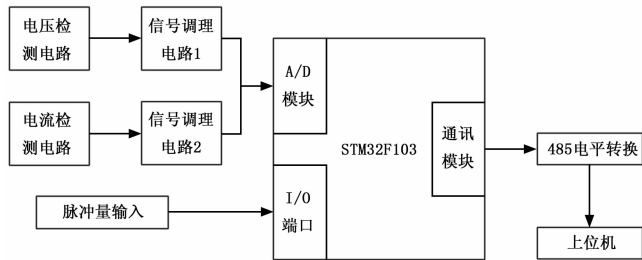


图 2 电量采集模块组成系统框图

2.1.1 三相电压检测信号调理电路

该电路是将三相电压转换成处理器 A/D 可输入的电压范围, 该信号调理电路运用运放电路中的差动电路来实现。

电压传感器外接原边电阻, 将电压信号转换为电流信号, 电压传感器再隔离测量。额定测量电流范围为: ±5 mA, 额定电压输出为 2.5±0.625 V, 基准电压为 2.5 V。额定测量电压为 220 V, 选用 100 K 精密电阻, 则额定测量电流为 2.2

mA, 因此额定电压输出为 2.5±0.275 V。电压检测电路如图 3 所示。

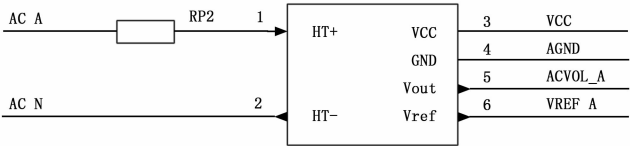


图 3 电压检测电路

由差分放大电路叠加原理可知,

$$ACVOL_A = ACVOL_A + VREF_A =$$
$$\left(1 + \frac{R_1}{R_{13}}\right) \frac{R_{14}}{R_{14} + R_5} ACVOL_A - \frac{R_1}{R_{13}} VREF_A$$

当 $R_{13} = R_5$ 和 $R_{14} = R_1$ 时,

$$ACVOL_A = \frac{R_1}{R_{14}} (ACVOL_A - VREF_A)$$

2.1.2 三相电流检测信号调理电路

三相电流检测信号调理电路测量原理与三相电压检测电路基本相同, 由于电流传感器无基准电压输出, 故条例电路运用运放电路中的跟随电路来实现。

额定测量电流范围为: ±150 A, 额定电压输出为 2.5±0.625 V。电压检测电路如图 4 所示。

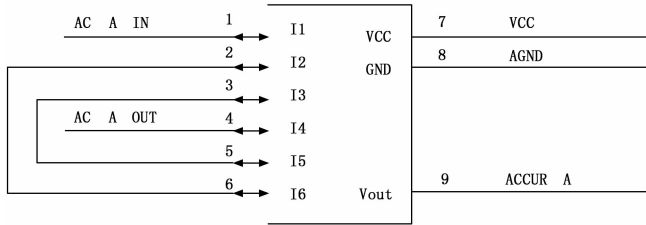


图 4 电流检测电路

2.1.3 频率检测信号调理电路

通过比较器把输入电压的正弦波整形为方波型式然后 ARM 通过捕捉方波的上升沿或下降沿来触发内部定时器中断, 以计数方式来计算一个周波的时间从而计算出输入的电压频率。频率检测信号调理电路如图 5 所示。

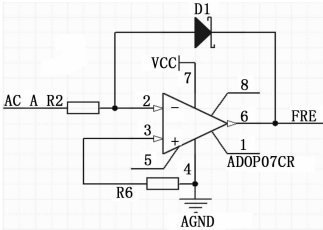


图 5 频率检测信号调理电路

2.1.4 温度检测调理电路

本设计选用 DS18B20 作为测温传感器, 通过 DS18B20 直接读取被测温度值, 进行数据转换, 该器件的物理化学性能稳定, 线性度好, 在 -55℃~+125℃ 最大线性偏差小于 0.01℃。该器件可直接向 ARM 传输数字信号, 采用了单总线的数据传输, 便于 ARM 处理及控制。温度检测调理电路如图 6 所示。

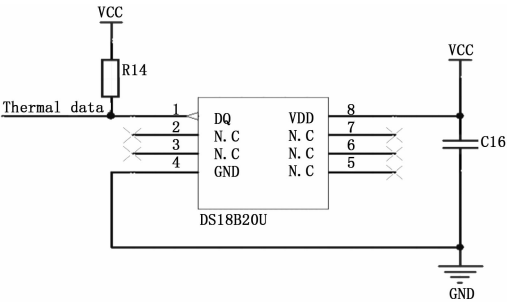


图 6 温度检测调理电路

2.2 通讯接口模块

柴油发电机组输出特性现场检定装置系统包含交流电子负载、电量采集模块、温度采集模块等及部分，因此采用 RS-232，因此要使 RS-485 总线可以与上位机通讯，则需将 RS-485 转换成 RS-232，利用 Modbus 协议与上位机通讯，RS-485 接口采用 MAX422 与 MAX232 转换成 RS-232 接口。通过该串口接收下位机监测到的参数，也可以通过此串口设置交流电子负载的控制参数。

3 软件设计

柴油发电机组输出特性现场检定装置的上位机监控软件是整个系统的核心部分，根据被测柴油发电机组的额定输出，对交流电子负载的输出进行智能控制以及控制策略计算，测试参数的采集以及数据的集中处理，监控界面的实时显示等。针对上位机监控软件所要实现的功能，监控软件由数据采集子系统、通信子系统、数据管理子系统与人机交互子系统和控制策略软件构成。数据库作为中间支撑层，支撑通信子系统、人机交互子系统和控制策略等应用程序的运行；由于交流电子负载、电量采集模块、温度采集模块之间的通信协议不同，因此通信子系统完成与各个采集装置的报文收发和解释任务，并将协议统一处理成 Modbus 标准通信协议；人机交互子系统实现整个系统的人机界面的显示以及系统维护等功能。系统计算软件流程如图 7 所示。

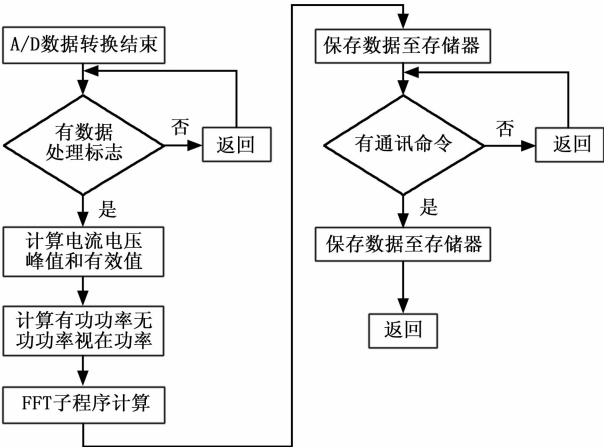


图 7 系统计算软件流程图

4 结果分析

项目样机研制完成后进行了性能指标的检测，试验结果

如下。

表 1 交流电压测试数据

序号	输出值/V	实测值/V	允许误差限
1	200.00	200.20	$\pm 0.5\%$
2	250.00	250.21	$\pm 0.5\%$
3	260.00	260.29	$\pm 0.5\%$
4	280.00	280.30	$\pm 0.5\%$

表 2 交流电流测试数据

序号	输出值/A	实测值/A	允许误差限
1	14.304	14.295	$\pm 0.5\%$
2	28.558	28.665	$\pm 0.5\%$
3	42.455	42.55	$\pm 0.5\%$
4	56.220	56.483	$\pm 0.5\%$

试验结果表明，交流电压和交流电流的实测值均小于允许误差限，系统满足设计要求，达到了设计的目的，可以用于设备配套油机的现场检测。

5 结束语

本文通过对柴油发电机组输出特性现场检定装置系统的研究，设计了基于 STM32 的电量采集模块，实现状态参数的检测，完成了硬件设计和软件设计。经实验对比分析可知，本设计能够有效的提高测量精度和响应时间，对于大负载导致发电机电压变化可以快速的响应显示，并且能够现场输出检定结果，实现了柴油发电机组进行在线检定和检测，非常适合目前开展的柴油发电机组现场检定工作，随着柴油发电机组现场检定工作的深入开展与推广，其应用前景非常广阔，不仅提高检定工作效率，而且必将促进设备的发展。

参考文献：

[1] 吕海卫，李琳. 基于 DSP 的柴油发电机组数字控制器设计 [J]. 电机与控制应用，2008，35（3）：41-44.

[2] Hao S, Hui mei Y, Simei L. A design of three-phase digital watt-hour power meter on SOPC platform [A]. International Conference on Information Technology and Computer Science [C]. IEEE, 2009: 264-267.

[3] 田慕玲，杨杰明. 自动化柴油发电机组的智能化控制与监测 [J]. 煤矿机电，2005，26（5）：62-64.

[4] Anon. Unique controls for standby power system [J]. Diesel Progress Engineer&Drivers, 1964，60（11）：10-14.

[5] 王涛，刘念. 发电机电参数采集传输系统设计的研究 [J]. 四川电力技术，2005，28（5），8-9.

[6] 石灵丹. 基于虚拟仪器技术的柴油发电机综合测试及智能故障诊断系统设计与研究 [D]. 哈尔滨：哈尔滨工程大学，2008.

[7] 钱阳军，宋恩哲. 柴油机数字控制系统监控软件 [J]. 哈尔滨工程大学学报，2002，23（4）：99-102.

[8] 王先鲁. 柴油发电机组智能控制器的研制 [D]. 南昌大学，2006. 基于虚拟仪器技术的柴油发电机综合测试及智能故障诊断系统设计与研究 [D]. 哈尔滨：哈尔滨工程大学，2008.