

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2014.07.028

基于网络化水轮机组状态监测的节点设计^{*}

叶悦情, 裴 爽, 王海伦^{*}

(衢州学院 电气与信息工程学院, 浙江 衢州 324000)

摘要:针对水轮机组运行时各设备参数的实际值、上/下位机的信号传输、设备是否发生故障等问题,将数据信号采集技术、A/D 转换技术和收发器分别应用到信号的采集转换和传输中。开展了水轮机组状态监测原理和网络化水轮机组状态监测的节点设计分析,建立了水轮机组工作时过程层中设备数据的现场采集、监测层中信号的传输与站控层中系统 PC 机通讯之间的关系,提出了在现场节点设计的基础上数据的采集、信号的转换和传输等方法。在以 ATmega8515 单片机为核心的系统结构上,对各芯片构成的现场节点进行了评价,进行了对该设计的测试和性能分析试验。研究结果表明:采用网络化水轮机组状态监测的节点设计,实现了水轮机组的数据信号的采集、存储、转换和传输,从而完成了采样数据和状态特征的实时监测和远程监控。

关键词:水轮机组;节点设计;A/D 转换;ATmega8515

中图分类号:TP273

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2014)07-0951-04

Network node design based on turbine condition monitoring

YE Yue-qing, PEI Shuang, WANG Hai-lun

(Electric and Information Engineering Academy, Quzhou College, Quzhou 324000, China)

Abstract: Aiming at solving the problems of the actual values of parameters, the signal transmission of upper and lower machines or faults of each equipment appeared during the operation of hydraulic turbine group, the data signal acquisition technology, the A/D conversion technology and transceivers were applied to the technology of the signal conversion and transmission respectively. The condition monitoring principles and the node design of the condition monitoring of the networking hydraulic turbine group were investigated and the relationship between the site acquisition of the equipment data, the signal transmission and the systematic PC communications during the operation of the hydraulic turbine group were established. Accordingly, a method was presented to data acquisition, signal conversion and transmission. The site nodes constituted of each chip were evaluated on the systematic structure where the core was ATmega8515 single chip. The designed effect and performance were tested and analyzed. The results indicate that designed effect of the data acquisition, storage, conversion and transmission of the hydraulic turbine group have been achieved by using the designed nodes of condition monitoring of networking hydraulic turbine group, thus completing the real-time and remote monitoring of the sample data and status characteristics.

Key words: hydraulic turbine group; node design; A/D conversion; ATmega8515

0 引 言

我国水能资源是当前具备规模开发条件的第二大能源、第一大可再生能源,2011 年中央“一号文件”第四条第四点把合理开发水能资源作为全面快速水利基

础设施建设重要目标之一,因此,水能开发是未来 15 年我国能源发展的战略重点。对此进行研究是确保我国电力健康发展和国家能源环境安全的需要,也是电力投资者实现企业价值和社会价值和谐共赢的需要^[1]。

水轮机组是水电生产过程的核心设备,水轮发电

收稿日期:2013-12-17

基金项目:国家级大学生创新计划资助项目(201311488004);浙江省自然科学基金资助项目(LY13F030011)

作者简介:叶悦情(1992-),女,浙江台州人,主要从事计算机网络、电子设计等方面等方面的研究。E-mail:1059707350@qq.com

通信联系人:王海伦,女,副教授,硕士生导师。E-mail:1895703661@126.com

机组的运行健康状况不仅关系到水电厂的安全还直接关系到水电厂能否向电网安全、经济地提供可靠的电力。因此需要实时监测水轮机组的运行状态,及时上报不在规定值内的参数,向工作人员反映当前状况,减少水轮机组因故障而带来的设备损失、资源损失以及经济损失。

本研究从水轮机组状态监测的节点设计考虑,结合数据采集技术的发展,提出一种基于网络化水轮机组状态监测的节点设计。

1 水轮机组的体系结构

该方案由过程层、监测层和站控层组成,采用了 RS-485 总线和以太网传输方式^[2]。网络化水轮机组状态监测的结构框图如图 1 所示。

下位机由若干水轮机组和现场节点组成;上位机由站控层和检测层组成。在过程层中,为了提高数据传输的速度和实时性,该方案采用 RS-485 总线根据水轮机组的数量进行分段,一个网段控制一台水轮机组,由数据采集节点从各水轮机组采集水轮机运行时的各种参数,通过 MAX485 收发器和 RS-485 总线传送到监测站 PC 上,一台 PC 对应一台水轮机组的运行状态监测;同时保存在数据库指定的位置,规定时间内不会删除;实现了在线监测。监测站的各 PC 机通过交换机将所有水轮机组运行时的参数和状态发送给站控层的各个 PC 机和服务器,由于 Web 服务器能向外传输信息,

系统通过 Internet 将所采集的水轮机组信息发送给其他服务器和 PC 机,从而实现远程监控^[3]。

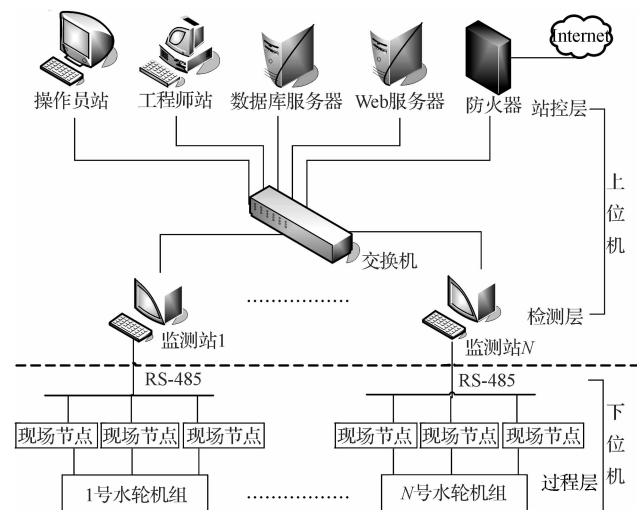


图 1 网络化水轮机组状态监测结构框图

2 现场节点的硬件设计

现场节点主要负责采集和传输水轮机组运行时各个参数,包括机组转速监测、水轮机各泵的控制液位监测、水轮发电机各部温度监测、发电机各油位及水位监测、轴向振动及摆度监测、电气量监测、压力监测等。所采集的信号包括模拟量输入、开关量输入、模拟量输出、开关量输出。节点把采集的数据信息经 RS-485 总线传送到监控站的 PC 机上。

现场节点的硬件原理图如图 2 所示。

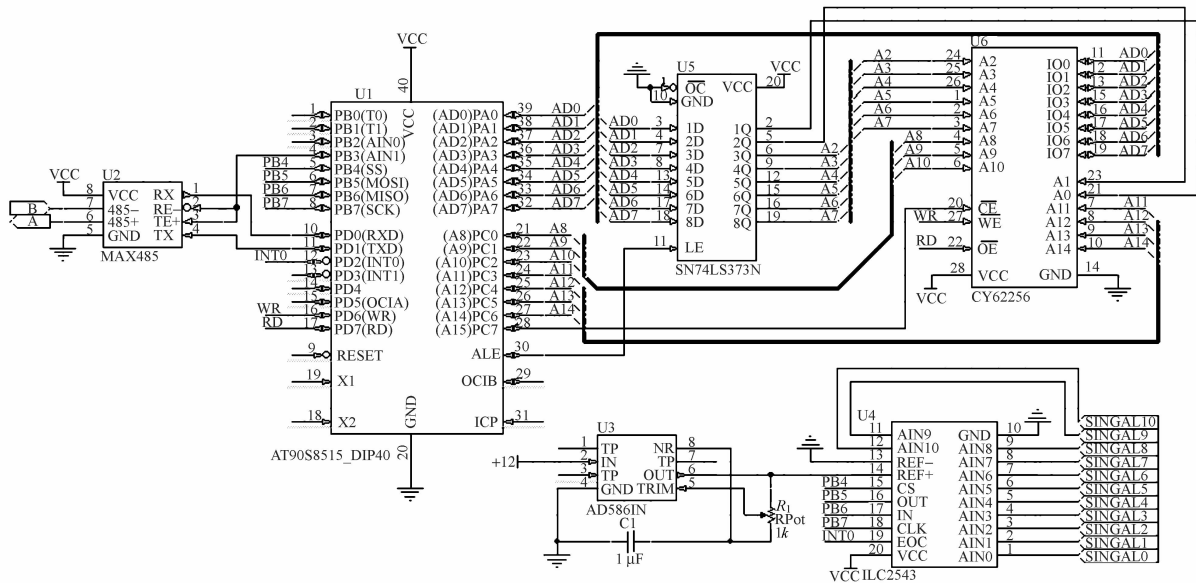


图 2 现场节点硬件原理图

现场节点以 ATmega8515 单片机为核心,以下是单片机的 I/O 口线的分配:

(1) 端口 PA 的 PA.0 ~ PA.7 作为地址数据复用

总线与锁存器 SN74LS373N 的 1D ~ 8D 相连,同时通过总线将数据传送至存储器 CY62256 的 IO0 ~ IO7。ALE 作为锁存允许信号与 74LS373 的 EL 引脚相连。

(2) 端口 PC 的 PC.0—PC.6 将数据写入 CY62256 芯片,由 A8-A14 地址线指定的位置。PC7 控制/CE 有效性。

(3) PB3 控制信号的发送和接收,端口 PD 的 PD.0 和 PD.1 分别作为 RXD 和 TXD,用于单片机与上位机进行无线通信时,与收发模块的对应引脚相连。

2.1 ATmega8515

ATmega8515 单片机是基于增强 RISC 结构、高性能、低功耗的 8 位 AVR 微控制器^[4]。其内核具有 130 条指令、35 个通用 I/O 口、32 个通用工作寄存器等丰富的硬件资源。这种结构提高了代码运行效率,是普通 CISC 微处理器数据吞吐率的 10 倍^[5]。由于水轮机组现监测的现场节点需要采集大量数据,ATmega8515 单片机内部容量不能满足需求,本研究使用 CY6625 芯片,扩展了 32 KB 的数据存储^[6]。

2.2 转换模块

转换模块使用串行 A/D 转换的 TLC2543 芯片。TLC2543 是 TI 公司推出的 12 位串行模数转换器,采用开关电容逐次逼近技术完成 A/D 转换过程^[7]。该模块通过主、从双工方式,将信号送到 ATmega8515 单片机上。由于本研究采用了 11 个模拟输入通道,节省了单片机 I/O 资源。

2.3 传输模块

传输模块采用 MAX485 芯片与 RS-485 完成信号的接收和发送。MAX485 芯片内部具有一个驱动器和一个接收器。笔者不对芯片驱动器的摆率进行限制,使传输速率达到了 2.5 Mbps,从而提高了数据的传输速度^[8]。驱动器还具有短路电流限制的功能,为了防止过度的功率损耗,可以通过热关断电路将驱动器输出置为高阻状态。当输入开路时,可以确保逻辑高电平输出。因此接收器输入具有失效保护特性,可以可靠地将数据传送到 RS-485 总线上^[9-10]。

2.4 通信模块

在水轮机监测系统中,需要解决多站、远距离通信的问题,所以该系统采用 RS-485 串行接口标准^[11]。上位机标准串行接口经 RS-485 转换电路将电平转换为 RS-485 标准电平,与下位机通信;下位单片机的串行信号通过 MAX485 芯片将 TTL 电平转换为 RS-485 标准电平,实现了网络通信。

3 节点的软件设计

水轮机运行时的各个参数通过现场节点的 ATmega8515 单片机 USART 同步异步串行接口,将数据存储在存储器中。为了满足多机通信的需求,UCSRA 设

置 MPCM 位;当 MPCM = 0,接收机接收地址帧和数据帧;当 MPCM = 1,接收机接收地址帧并对字符帧进行过滤。由于每个水轮机组不断要上报数据,为了防止单片机内部存储不够,本研究扩展了 CY6625 芯片,增加了 32 KB 的数据存储。再通过 TLC2543 转换芯片完成模拟信号转换为数字信号的功能,使用 SPI 方式将信号传送给 ATmega8515。ATmega8515 单片机通过 MAX485 芯片将数据送到 RS-485 总线,再传送到监测层。

ATmega8515 单片机通过 C 语言控制现场节点的运行。ATmega8515 发出采集数据命令,单片机通过节点从水轮机组采集所需要的数据,通过 TLC2543 芯片将信号转换为数字信号,并存储在外部存储器中;同时返回给单片机,通过内部比较,判断数据是否在规定值内。若在规定值内,不上传数据;若不在规定值内,告警并上传给上位机。现场节点的流程图如图 3 所示。

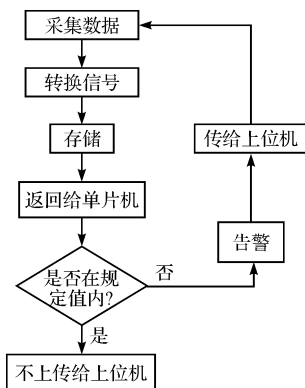


图3 现场节点流程图

监测层通过控制数据的采集和通信完成水轮机状态监测。监测站是一台高性能的工控 PC 机,通过 RS-485 与下位机各个现场节点相连,通过交换机与上位机的站控层各服务器和 PC 机相连,因此,上、下位机的通信通过 RS-485 总线和交换来实现。为了完成监测站 IPC 的串口与 ATmega8515 单片机的串行多机通信,要求它们的通信协议与数据格式必须一致。再通过交换机传输到站控层,实现远程监控与控制。监测层的监测站采集现场节点水轮机运行时的各个参数,程序流程图如图 4 所示。

4 测试与分析

为了验证该设计方案的可行性,在 ATmega8515 单片机的基础上,本研究扩展了 CY62256 存储器;经过 TLC2543 转化芯片,将采集的信号转换成数字信号,并通过 MAX485 收发器和 RS-485 总线对信号传送。该节点设计能较好地完成水轮机组的数据采集和传输。

本研究通过现场节点电路对 3 号水轮机组各部分

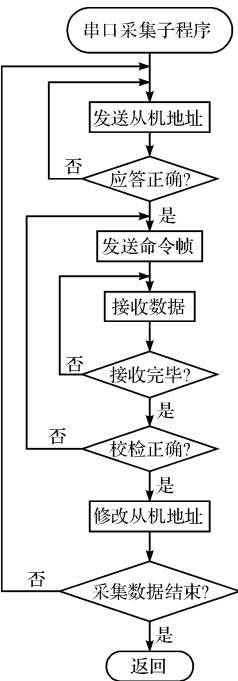


图 4 串行通信流程图

温度进行采集,采集到的值如表 1 所示,为了了解采集值的误差,笔者同时测试了各部分的实际温度,误差在规定范围内。节点电路会将采集的数据信号与系统设定的数据进行比较,判断是否在规定范围内。

表 1 3 号水轮发电机组采集的温度

	水导瓦温/℃	水导油温/℃
规定值	< 70	< 65
实际值	74	67
采集值	75	68

	水导主油箱/mm	水导下油箱/mm
规定值	< 155	< 110
实际值	144	101
采集值	145	102

如果采集值在规定值内,单片机则不向 PC 机上传数据;如果采集值不在规定值内,单片机则向上位机传输数据,并告警。3 号水轮发电机组采集的温度如表 1 所示,水导瓦温和水导油温的采集值超过了规定值,因此现场节点向 PC 机上传了该部分的温度,3 号水轮机组传输的温度如表 2 所示。由此可见,该节点设计方案能较好地完成水轮机组运行时数据的采集、转换和通信。

表 2 3 号水轮机组传输的温度

	水导瓦温/℃	水导油温/℃
传输前	75	68
传输后	76	69

5 结束语

本研究给出了网络化水轮机组状态监测节点的设计方案,与传统的水轮机监测系统相比,该设计节点采用 ATmega8515 单片机、串行 A/D 转换的 TLC2543 芯片、低功耗收发器 MAX485 芯片,完成了水轮机组远程监测。实验结果表明,在实际运行中,该设计方案不但提供了设备运行时明确的参数,还在设备故障时及时告警,节约了寻找故障设备的时间,延长了设备的使用寿命,降低了损失,对水轮机监测系统有重大的意义。

致 谢

首先我要向我的导师致以诚挚的谢意和崇高的敬意。她丰富的实践经验、渊博的专业知识、务实忘我的工作作风使我受益匪浅;她严以律己、宽以待人、淡泊名利的人生哲学,让我看到了一种真正的学者风范。同时,我也要感谢我的学校,给我提供探索、实践的环境,并不断鼓励我,让我在失败中总结经验,在失落中重新认识到自己。再次向所有帮助我的人致以最诚挚的谢意,感谢你们不吝赐教。

参考文献(References):

[1] 李江伟,黄万全,邓 义. 龙羊峡水电厂大水头变幅工况下水轮机稳定性运行分析[J]. 水电站机电技术,2013,36(2):19-23.

[2] 李 明,孙 涛. 网络化水轮机组状态监测与故障诊断系统设计[J]. 农业工程学报,2011,27(5):213-218.

[3] 霍战鹏,魏正英,张 梦,等. 手机短信远程控制灌溉系统[J]. 西安交通大学学报,2012,46(10):36-41.

[4] 夏 伟,郑诗程,葛芦生. 基于 AVR 单片机的电网参数监控系统[J]. 自动化仪表,2008,29(8):35-40.

[5] 蔚明才. 单片机 AVR 运用开发——智能开关的设计[D]. 广东:中山大学软件工程学院,2010.

[6] 白 凌. 电磁流量计转换器数字电路的研究与设计[D]. 陕西:西安电子科技大学机电学院,2007.

[7] 顾能华,李培江,吾文明,等. 高压开关柜温升自动巡检仪的设计[J]. 机电工程,2009,26(9):60-62.

[8] 盛颖智,金 婷. 独居老人生活状况有线巡回检测系统[J]. 机电工程,2009,26(2):108-110.

[9] 郭文川,杨沉陈,赵志翔,等. 基于 AVR 单片机的害虫耐热性试验装置设计[J]. 农业机械学报,2012,43(6):183-187.

[10] 范 宏,高 亮,周利俊,等. 智能电网的电力光纤入户技术及应用[J]. 电力自动化设备,2013,33(7):149-155.

[11] 范忠强,徐 平,姜周曙. 基于 ARM 与 WINCE 的 RS485 驱动程序设计[J]. 机电工程,2011,28(11):1327-1331.

[编辑:李 辉]

本文引用格式:

叶悦情,裴 爽,王海伦. 基于网络化水轮机组状态监测的节点设计[J]. 机电工程,2014,31(7):951-954.

YE Yue-qing, PEI Shuang, WANG Hai-lun. Network node design based on turbine condition monitoring[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2014,31(7):951-954.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>