

基于物联网的机电设备实时监测与诊断系统

符长友^a, 何俊鹏^b, 杨鑫^a

(四川理工学院: a. 计算机学院; b. 自动化与电子信息学院, 四川 自贡 643000)

摘要:机电设备是当前应用最广泛的原动力和驱动装置,针对其日趋严重的、频发的灾难性事故,提出并设计了一种基于物联网的机电设备实时监测与诊断系统,实现了对机电设备电气参数实时在线监测、故障诊断、预警与远程控制,并对其系统构成、硬件与软件进行了详细设计。实践证明,通过该监测系统,降低了生产安全隐患、减少了故障停机时间与停机损失,降低了维修费用和提高设备的有效利用率,促进了企业高效生产。

关键词:实时在线监测;故障诊断;机电设备;电气参数;物联网

中图分类号:TH122;TM933

文献标志码:A

引言

机电设备是当前应用最广泛的原动力和驱动装置,其数量之多、应用之广、地位之重,是其它任何设备都无法比拟的。有时,在复杂生产线上的关键机电设备出故障,受影响的不仅仅是机电设备本身,而是整个生产线,甚至会导致重大的灾难性事故^[1]。因此,若能对机电设备进行状态监测与故障诊断,及时准确识别核心零部件故障的微弱特征信号,并产生预警信号和执行相关的控制操作,防止故障发生,确保安全生产,减少故障停机时间和停机损失。同时,为潜在故障预示、寿命预测和制定维修策略提供技术支持,使“事后维修”上升至“预知维修”,避免意外停机及恶性事故发生^[1-7],给生产厂家带来巨大的经济效益和社会效益。

目前监测机电设备大多采用温度监测技术和振动监测技术。由于机电设备在即将出现故障时温度才会急剧上升,因此温度检测难以完成设备安全监测和实现早期故障诊断、预警功能。而零部件由于磨损、疲劳、老化等因素引起的劣化和失效等重要信息,振动监测难以

实现采集、分析和处理。因此,温度与振动监测技术无法解决准确监测机电设备的运行状态、识别故障类型与来源。为此,本文提出采用电气参数实时在线监测技术,并结合国家战略性新兴产业——物联网技术,设计出一款基于物联网的机电设备实时监测与诊断系统,实现对机电设备电气参数实时在线监测、故障诊断、预警与远程控制。

1 电气参数监控原理

采用专业三相电能计量芯片,对机电设备的电气参数实现实时在线监测。采集设备 A、B、C 各分相的电压 U_{RMS} 和电流 I_{RMS} ,由公式

$$U_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2 dt}, I_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt}$$

可计算出电压、电流的有效值。然后根据公式 $P = U_{RMS} I_{RMS} \cos\varphi$, $Q = U_{RMS} I_{RMS} \sin\varphi$, $S = U_{RMS} I_{RMS}$, 可计算出各相的有功功率、无功功率与视在功率,式中 φ 为相电压与相电流间的相位差角。再由公式 $P_{SUM} = P_A + P_B + P_C$, $Q_{SUM} = Q_A + Q_B + Q_C$, $S_{SUM} = S_A + S_B + S_C$, 可算出系

收稿日期:2014-04-23

基金项目:企业信息化与物联网测控技术四川省高校重点实验室项目(2013WZY03);四川省教育厅科研项目(13zb0136);自贡市科技局项目(2013ZC11);四川理工学院校级科研项目(2012KY10);国家级大学生创新创业训练项目(201210622016)

作者简介:符长友(1976-),男,四川岳池人,高级实验师,主要从事物联网应用及嵌入式系统方面的研究,(E-mail) fcybill@163.com

统总的有功功率、无功功率与视在功率。最后由 $\lambda = P/S$, 可计算出系统的功率因数。同时并将上述电气参数实时显示, 然后与其对应的额定参数作比较、分析, 判定其是否超出额定范围。如果超出额定范围, 产生相应的控制操作与预警信号, 防止故障发生。

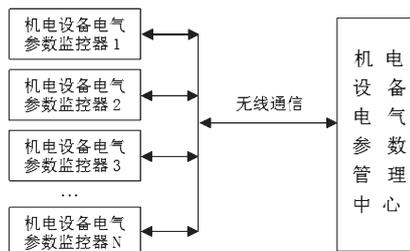
2 系统总体设计

基于物联网的机电设备在线监测与诊断系统包含机电设备电气参数监控器与机电设备电气参数管理中心两部分, 如图 1(a) 所示。机电设备电气参数监控器主要负责对设备的电气参数实行实时在线监测与控制操作, 由电气参数采集模块、微处理器系统、实时时钟模块、LCD 显示模块、数据存储模块、无线传输模块与控制操作模块组成, 如图 1(b) 所示。机电设备电气参数管理中心主要负责接收并存储机电设备电气参数监控器传送来的电气参数, 以及对其远程控制, 由无线传输模块、微处理器系统、PC 机及相应的管理软件组成, 如图 1(c) 所示。

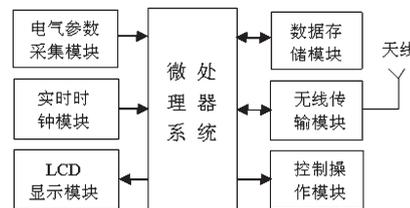
3 系统硬件设计

3.1 电气参数采集电路设计

电气参数采集是机电设备电气参数监控器的核心部分, 采用美国 AD 公司的专业电能计量芯片 ADE7878 来实现。该器件是一款高精度三相电能计量专用芯片, 适用于三相三线 and 三相四线, 其内部集成了二阶 $\Sigma - \Delta$ 型 ADC、数字积分器、参考电压电路以及所有功率、能量、有效值、功率因数以及频率测量的数字信号处理 (DSP) 等电路。



(a) 系统功能结构



(b) 机电设备电气参数监控器功能结构



(c) 电气参数管理中心功能结构

图 1 系统结构设计

ADE7878 能够测量各相以及合相的有功功率、无功功率、视在功率、有功能量以及无功能量, 同时还能测量各相电流、电压有效值、功率因数、相角、频率等参数。ADE7878 通过 I²C 串行接口与微控制器进行通信, 并输出相关电气参数, 其电路设计如图 2 所示。在图 2 中, 只给出了 A 相的接法, 而 B、C 相的接法与 A 相完全相同。

3.2 系统 MCU 电路设计

采用美国 Silicon Laboratories 的 C8051F120 单片机作为系统的 MCU, 该器件是完全集成的混合信号片上系统芯片。同时, 在结构上具有与 8051 兼容的

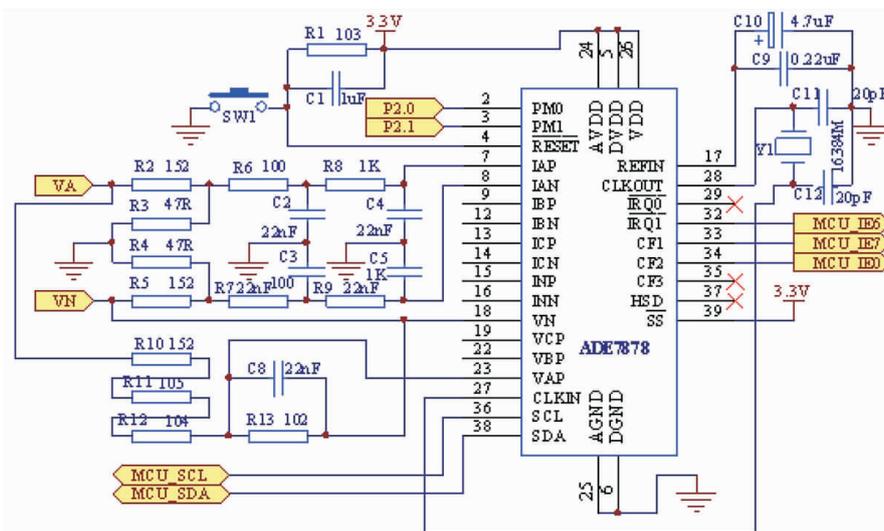


图 2 ADE7878 电路设计

CIP-51 内核,而指令在读写速度上相对于 8051 却有着显著的提高,能充分满足更高速率要求的工业实时环境中。

C8051F120 片内集成了两个 12 位 DAC、一个 16 * 16 的硬件乘法器、一个 12 位的 ADC、一个 8 位的 ADC 与 64 KB 的 Flash 数据存储,采用 JTAG 调试方式,支持在系统、全速、非插入调试和编程,其电路设计如图 3 所示。

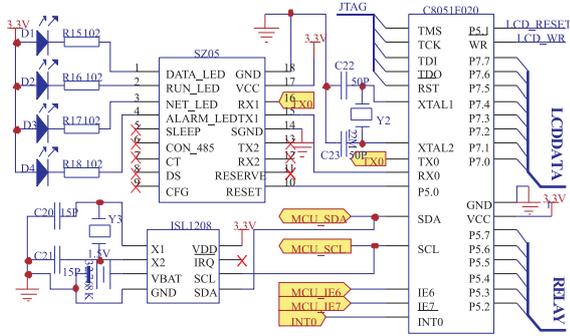


图 3 C8051F020 与外围器件连接图

3.3 无线数据传输电路设计

无线数据传输采用上海顺舟网络科技有限公司推出的 ZigBee 模块 SZ05。该模块是嵌入式无线通信模块,集成了符合 ZigBee 协议标准的射频收发器和微处理器,并具有通讯距离远、抗干扰能力强、组网灵活、性能可靠稳定等优点和特性,可实现点对点、点对多点、多点对多点之间的设备间数据的透明传输。根据实际情况,其网络结构可组成星型、树型或蜂窝型,其与系统 MCU 的连接如图 3 左上方所示。

3.4 实时时钟电路设计

实时时钟电路采用 ISL1208 芯片,该芯片是低功耗实时时钟芯片,带有时钟/日历、电源失效指示器、周期或指定时间报警、智能后备电池切换和后备电池供电的用户 SRAM,其振荡器采用 32.768 kHz 的外部晶体。实时时钟用独立的时、分、秒寄存器跟踪时间,并且还带有日历寄存器用于存储日、月、年和星期,其电路设计如图 3 左下方所示。

4 系统软件设计

机电设备电气参数监控器首先对机电设备的 A、B、C 三相电气参数进行采样,然后比较、分析、判定这些参数是否超出额定范围。如果超出额定范围,则产生相应的控制操作与预警信号。再读取时间、日期信息,并在 LCD 上显示当前时间、日期信息与相关电气参数,最后把这些电气参数通过 ZigBee 模块无线发送至电气参数

管理中心。同时,也接收电气参数管理中心发来的控制命令,其软件流程如图 4 所示。

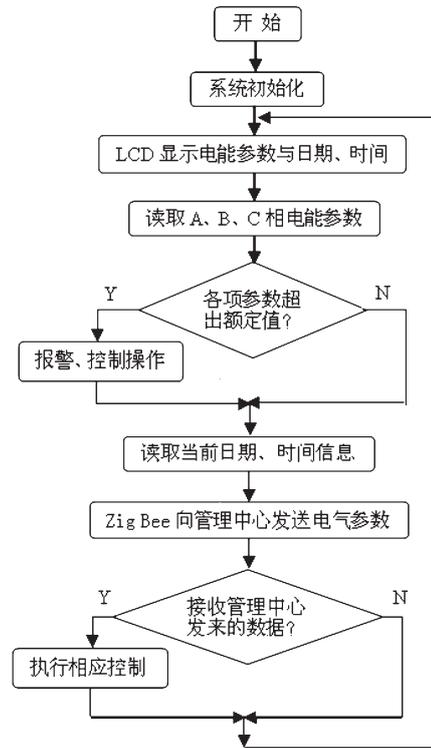


图 4 电气参数监控器软件流程图

5 系统测试与实验结果

以武汉华中数控股份有限公司生产的 XK713 数控铣床作为该在线监测与诊断系统的监测对象,并对其实施电气参数实时在线监测,在空载与负载的情况下所监测的电气参数瞬时值见表 1。

6 结束语

本文所设计的基于物联网的机电设备在线监测与诊断系统主要具有 3 大特点:(1)利用专业三相电能芯片实现电气参数实时在线采集、显示,实现了电气参数的全面感知;(2)利用 ZigBee 模块实现数据的无线传输和智能处理实现了可靠传输;(3)利用机电设备电气参数管理中心软件,实现了对电气参数的存储、查询、历史记录回放与远程监控。此外,该系统还可准确地揭示潜在故障的发生、发展和转移,智能地诊断出设备故障原因与严重程度,为应急控制和维修管理提供准确、可靠的依据,从而节约维修费用,避免重大事故的发生。因而,该系统可广泛应用于机械制造、汽车、造船、石油、化工、矿山、冶金、电力、煤矿、轻工、纺织、航空等众多领域。

表1 电气参数监测值与专用工具实测值对比表

参数名称	空 载		负 载	
	监测数据	实测数据	监测数据	实测数据
U_A	233.5V	233.7V	233.6V	233.7V
U_B	234.8V	234.4V	234.8V	234.4V
U_C	234.0V	234.5V	234.2V	234.5V
I_A	1.85A	1.86A	2.74A	2.76A
I_B	1.86A	1.85A	2.75A	2.74A
I_C	1.86A	1.86A	2.73A	2.75A
P_A	332.6W	334.6W	492.8W	496.6W
P_B	333.1W	333.8W	497.1W	494.4W
P_C	335.1W	335.7W	492.2W	496.4W
Q_A	99.3var	99.9var	147.2var	148.3var
Q_B	99.5var	99.7var	148.5var	147.7var
Q_C	100.0var	100.3var	147.0var	148.3var
S_A	432.0VA	434.6VA	640.0VA	645.0VA
S_B	432.7VA	433.6VA	645.7VA	642.2VA
S_C	435.2VA	436.1VA	639.3VA	644.8VA

注:① U :电压, I :电流, P :有功功率, Q :无功功率, S :视在功率;
②实测工具为 FLUKE 公司的高精度功率分析仪 NORMA 5000。

参 考 文 献:

- [1] 符长友.大型机电设备电气参数监测与故障诊断装置[J].电子技术应用,2012,38(5):136-138.
- [2] 徐小力,王红军.大型旋转机械运行状态趋势预测[M].北京:科学出版社,2011.
- [3] 钱雅云,马宏忠,张志新,等.基于多回路模型的双馈异步发电机匝间短路故障检测方法研究[J].大电机技术,2012(5):35-37,64.
- [4] 陈继宁,马宏忠,时维俊,等.基于希尔伯特-黄变换的双馈异步风力发电机定子故障诊断研究[J].大电机技术,2013(2):34-38.
- [5] 王红军,徐小力,万鹏.基于轴心轨迹流形拓扑空间的转子系统故障诊断水[J].机械工程学报,2014,50(5):95-101.
- [6] 李锋,汤宝平,陈法法.基于线性局部切空间排列维数化简的故障诊断阴[J].振动与冲击,2012,31(13):36-40,61.
- [7] 张志艳,马宏忠,陈诚,等.永磁电机失磁故障诊断方法综述[J].微电机,2013,46(3):77-80.

Real-time Monitoring and Diagnostic System for Mechanical and Electrical Equipments Based on Internet of Things

FU Changyou^a, HE Junpeng^b, YANG Xin^a

(a. School of Computer Science; b. School of Automation and Electronic Information, Sichuan University of Science & Engineering, Zigong 643000, China)

Abstract: At present, mechanical and electrical equipments are the most widely used devices for impetus and driving. Aiming at the catastrophic accidents which are increasingly serious and frequently happen on these equipments, a real-time online monitoring and fault-diagnosing system based on internet of things for mechanical & electrical equipments is proposed and designed. Online monitoring of electric parameters, fault diagnosing, warning and remote controlling are realized by the monitoring and fault-diagnosing system. The constitution, hardware and software for this system are designed in detail. The practice proves that hidden dangers of production are greatly reduced, and the time and loss for malfunction are lessened by this system. Meantime, maintenance costs of equipments are cut down, and their effective availabilities are enhanced and enterprise's productivity is promoted.

Key words: online monitoring in real time; fault-diagnosis; mechanical and electrical equipments; electric parameter; internet of things