

电厂机组监测系统的研究

肖永华,葛海波,杨川,王玉行

(西南交通大学电气工程学院,四川 成都 610031)

摘要: 保证电厂机组设备安全有效的运作,关键在于能否对其运行数据进行快速、全面、准确地采集和处理分析,并根据分析结果,快速地做出判断和动作。该文详细介绍了一种基于定点数字信号处理器(DSP) TMS320LF2407的电厂机组监测系统,详细介绍了该系统各部分的设计思想和硬件实现电路,以及系统的软件实现。配合组态软件控制,对硬件进行了实验。实验表明,该系统克服了传统监测系统控制呆板,实时性差等缺点外,还可以对大、中、小任意型号机组进行透明监测。

关键词: 监测系统; 数字信号处理器(DSP); 组态软件

中图分类号: TM76 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2006)07-0070-04

0 引言

由于我国国民经济的快速发展,各种旋转机械在工业各领域的应用快速增加。因此,保证这些大型机械安全、经济地运行成为企业面临的重大课题。卓越的监测系统应能及时捕获故障信息,早期预告故障的存在和发展,减少查找和处理振动故障的时间和为此而做的启/停机次数,避免灾难性事故发生。传统的监测系统中心主控制器多采用8位或16位单片机,I/O口/定时器和捕捉等资源缺乏,无法完成复杂的数字信号处理,系统扩展性能差,测量方式呆板,系统灵活性和智能性差,如:德国Epro公司的MMS6000监测系统,没有对采样数据进行FFT变换,也不具有机械运行状态的在线显示功能,这不仅直接影响了控制的精度和准确性,而且限制了系统的应用范围^[1];美国本特利公司的BN3500系列监测系统,每个信号通道只能输出一个模拟量信号,而一般电厂热控系统设计一般要求有两个模拟输出,一个送往DCS,另一个送往其它系统。而且BN3500继电器板为专用板,系统扩展有限^[2]。而新的机组监测系统不但具备在线状态显示,而且双通道输入、每通道双模拟量输出。运用FFT提取有效状态量,开放式继电器开关量输出,可任意扩展。引入TSI(汽轮机监测仪表)概念,其最大特点就是强调:实时、准确、可靠、方便。借助组态软件,通过图形化界面进行系统参数的设置,同时完成对所设参数的合理化判断,系统裁剪性能好。本设计基于TI公司DSP芯片TMS320LF2407的系统监测系统具有实时数据采集、分析、存储和显示、历史资料查

询和分析、振动特征分析、动平衡和故障诊断和保护动作等多种功能。不仅弥补的以往监测系统的不足,而且硬件电路简单、实时性好、功能完善、有较高的可靠性和抗干扰能力,充分体现了TSI特点。

1 系统的设计与实现

电厂机组监测保护系统采用标准模块化设计,由轴振动测量模块、轴承振动测量模块、轴位移/胀差测量模块等组成。每个模块既能自成系统,也可和其它模块合成系统,结构简单,体现仪表概念。所有模块具有相同的标准结构。除了信号调理电路有所差异以外,其它电路几乎相同。所以,本文只以振动测量模块为例,详加介绍。

监测系统的工作原理是,利用外围电路采集、处理涡流传感器信号,并输入到主控制板。主控制板根据组态软件预先设定的系统参数(如:传感器类型、测量范围和精度、测量模式)确定数据的处理方式,计算出机组运行的特征数据,再根据软件设定的安全限值、报警倍增、报警延时等参数显示测量数据,点亮面板上的LED、在液晶显示器上显示机组运行参数棒图,以达到系统监测的目的。监测系统的控制目标是,精确显示机组的机械运行参数,迅速做出控制判断,确定机组的机械运行状态,为保护系统提供控制依据。

在本文设计的电厂机组监测系统中,采用TMS320LF2407A DSP^[3]做为主控制器,该系列DSP的体系结构专为实时信号处理而设计,将实时处理能力和控制外设功能集于一身,为控制系统应用提供了一个理想的解决方案。

1.1 硬件实现电路

以振动测量模块为例,其硬件原理如图 1 所示。系统由控制主板和外围电路板两大部分组成。外围电路板又分为系统电源电路,硬件安全逻辑电路、数据显示电路、信号调理电路、输出电路等五个功能块。各电路功能如下:

电源路接入二极管隔离的双冗余 24 V 电源给系统和传感器供电。

安全逻辑电路对模块硬件电路的开断路、输入电压质量、看门狗、硬件温度、外部输入报警抑制和主控制器的逻辑判断输出总的综合逻辑判断。

信号调理电路将传感器输送来的电压信号按振动特征分离出有效信号传给控制主板,由 DSP 做处理(系统具有双通道输入,且两通道硬件结构完全相同,因此,后面只介绍一个通道的情况)。

数据输出电路就是将 DSP 处理后的数据转换成工业控制的电压、电流量,送给上位机,给保护系统提供控制依据。

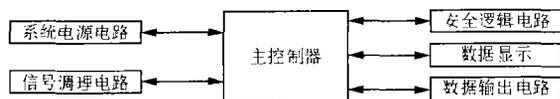


图 1 系统结构图

Fig 1 System configuration

1.1.1 系统电源电路设计

系统电源主要提供系统各种芯片的工作电压。利用外部输入的 +24 V 电压,通过不同的 DC/DC 模块电源转换成各种需要的电压。采用二级管隔离的双电源冗余技术保证系统供电稳定性;在电源与地之间并接一个压敏电阻,消除电源的抖动现象,增强电源稳定性。为了更好地消除外部干扰,特别是电源的共模干扰,需并接一个遏流圈。

1.1.2 信号调理电路的设计

信号调理电路的简要框图如图 2。

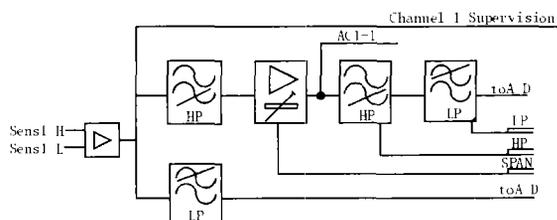


图 2 信号调理电路

Fig 2 Data adjusting circuit

传感器输入的电压信号在 -4 ~ -20 V 之间^[1],而 DSP 能够处理的电压信号 3.3 V^[4],所以

需要将信号进行比例缩小。如图 2 所示,通道输给 DSP 有三路信号。第一路信号是通道监测信号,通过比较此输入信号是否在 -4 ~ -20 V 范围内,来判断通道是否异常。因为传感器的信号经前置器放大后,幅值在 -4 ~ -20 V 范围内,超出此范围,说明电缆连接异常,DSP 会输出一个高电平给安全逻辑单元。第二路信号经过高通滤波电路,幅值补偿电路和一个带通滤波电路处理,最后输给 D/A,是传感器输入的交流量,代表轴振动的所有特征量。高通滤波电路滤除直流量,幅值补偿电路放大输入信号量,增大 A/D 采样的精度^[5]。

带通滤波器的高通部分采用巴特沃兹二阶滤波器,带通滤波器的低通部分采用 LTC1063 芯片^[6]实现。结构图 3 所示。

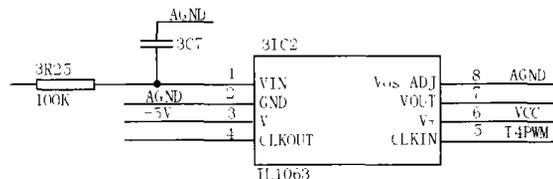


图 3 低通滤波电路

Fig 3 Lowpass filter circuit

DSP 的脉冲调制电路产生需要的输入时钟频率 $CLKN$ 。 $f_c = CLKN / 100$,选择理想的输入频率,通过 FFT 变换,可有效地显示机组振动的所有特征量。

在信号输入部分,还包括键相脉冲输入信号,限值倍增系统控制信号。键相脉冲信号用于信号同步使能,便于系统控制;而使用信号增益信号,通过一个 1.000...4.999 的因子扩展测量范围,防止起停机时误报。

1.1.3 安全逻辑电路

模块有通道正常、电路故障监测系统,内部的模块监测电路可以不间断地监测下列情况:传感器信号在预置范围内、传感器与模块之间的连接电缆“OK”(没有短路或断路)、系统供电电压在预置范围内、组态和参数设置的正确性、数据没有超出测量范围、内部温度不过载、系统看门狗和机械运行状态。外部监测电路则监测系统供电电压质量和报警抑制信号。内外逻辑电路配合排除一切与机械运行无关的误停机因素,最大限度地减少误停机事件,保证机械正常运行。逻辑电路如图 4 所示。ES 为外部报警抑制,正常情况下为常开逻辑,输出为高电平。PowerOK 为电源监测输出信号,如果被监测电源幅值波动超过 $\pm 1.25\%$,PowerOK 端输出逻辑电平“1”。SC-A 和 SC-D 为报警和危险的常开常闭

控制信号,是为了配合系统扩展设置的,当 SC- 为断路或为高电位 (+24 V)时,报警输出为常开。当 SC- 为低电位 (0 V)时,报警继电器为常闭。为避免掉电引起报警,便于带电插拔,报警输出设为常开。SafeLogic为看门狗安全逻辑、内部通道异常逻辑和卡件的温度安全逻辑门电路输出信号,其逻辑判断是由 DSP 监测,由软件实现。CH1_A lertEXE 和 CH1_Danger信号由 DSP根据信号调理电路输入的第二路信号做出的判断。逻辑电路最终输出信号 Alarm2和 Danger2通过三极管和光耦电路转化为适合驱动继电器的信号引出,具体情况组态继电器,则由用户根据情况自行设计扩展。

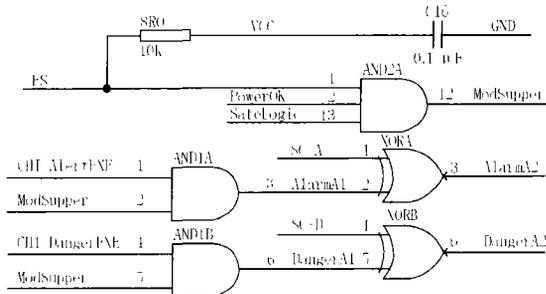


图 4 逻辑电路
Fig 4 Logic circuit

1. 1. 4 数据显示电路

数据显示是借助于 LCD 直观地向电厂工作人员展示机组的运行情况。显示内容包括:各测量通道的测量结果、机组运行状态棒状图,报警限值、危险限值以及目前机组在棒状图上所处的位置。显示电路还包括 LED 状态显示灯,LED 通过不同颜色和闪烁状态来表明机组和监测系统本身的运行状态。

1. 1. 5 数据输出电路

DSP将分析得出的特征量输出给保护系统。两路独立的电压输出(每通道 0... 20 V_{pp}输出),与信号的交流分量成正比;另两路独立的电压输出(每通道 0... 10 V_{dc}输出),与信号的直流分量成正比。还有两路独立的电压(每通道 0... +10 V 输出)、电流输出(每通道 0/4... 20 mA 输出),与选择的工作模式有关。所有信号量,开、短路保护。输出电路还包含 RS485通讯接口,主要功能是与上位机(DCS系统)通信,配合保护系统安全控制。电路的实现主要由 DSP软件实现。

主控制板硬件电路包含通讯电路, D/A 转换电路、外部寄存器扩展电路、时钟芯片电路和 I/O 口扩展电路等部分。鉴于 DSP板的设计已趋向模式化,故在此不再赘述。

2 控制系统软件设计

系统软件采用 C语言,增加可读性和移植性。控制系统总体流程如图 5 所示。

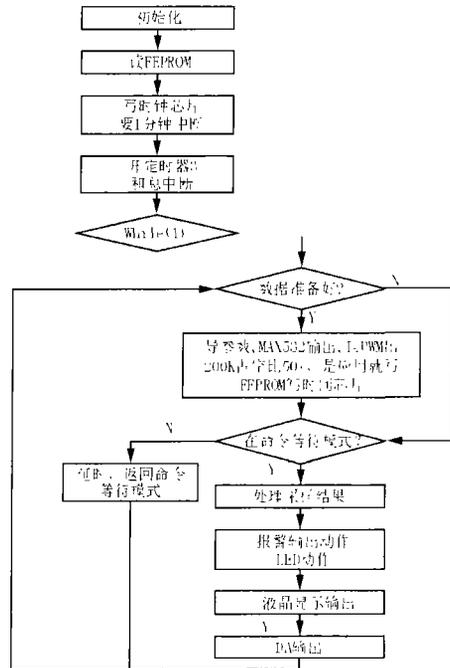


图 5 软件流程图
Fig 5 Flow chart of software

每次程序初始化时会将 EEPROM 中的系统参数下载到 RAM 中。为增加数据传输的安全性,数据传输采用了数据等待和命令等待两种模式结合使用。组态时,如果数据没有准备好,判断通讯是否处于命令模式,是则根据命令进行相应的处理,反之则是数据模式,说明数据仍在传输,延迟一段时间延时后返回命令模式,如果系统仍处于数据模式则说明通讯出现异常。数据准备好时,DSP就根据下载的参数做出一系列的设置和处理运行。由流程图可看出,软件大体包括一下几个子程序模块:数据处理模块、报警输出动作模块、液晶输出显示模块和 DA 输出模块。A/D 采样^[2]有时间采样和速度采样两种,当输入信号的频率在合理的范围内,采用速度;当输入信号的频率过高时,则采用同一个采样频率,求出信号的最大、最小值,不能进行频谱分析;频率太低,采用时间采样,否则用速度采样耗时太久,满足不了实时性要求。

2.1 数据算法

根据传感器测量模式差异,数据的处理也会出现相应的不同。传感器的测量模式分以下三种:

a 双通道模式

两个通道相互独立,每个通道的参数(量程范

围,传感器类型,限值等)单独设置。每个通道计算各自的特征值并监测其是否超限。

b S_{\max} 模式^[7]

在一个测点以 X, Y方式测量轴振动时,分别得到振动幅值 S_1 (通道 1)和 S_2 (通道 2),其矢量和 $S_m(t) = \sqrt{s_1^2(t) + s_2^2(t)}$ 。在一个采样周期中,其最大值 S_{\max} 做为特征值输出。

c S_{ppmax} 模式^[8]

在一个测点以 X, Y方式测量轴振动时,分别得到振动幅值 S_1 (通道 1)和 S_2 (通道 2),最大值 S_{ppmax} 做为特征值输出。

2.2 试验结果

为了验证设计的可行性与合理性,利用组态软件和专门的调试仪(提供电源和模拟传感器输入信号)对监测系统进行了简单地模拟试验(限于篇幅,其它的功能测试结果不能一一列出)。试验数据如表 1(只列举了 S_{\max} 模式下的试验数据,因为该模式运用最广泛)。

表 1 试验数据

Tab 1 Experimental data

测量次数	通道 1	通道 2	S_{\max} / μm
1	18.00	15.60	23.56
2	32.00	29.20	39.20
3	40.00	34.40	40.00
4	46.00	41.60	62.02
5	75.20	67.60	101.20
6	122.40	91.20	152.73

从表中可看出,在通道 1方向的振动更剧烈。在情况 5时,系统报警;在情况 6时,系统危险。组态软件设置的报警值和危险值分别为 $100 \mu\text{m}$ 和 $50 \mu\text{m}$ 。从试验结果得出,系统的设计具有可行性、使用性和合理性。

3 结论

本文设计的电厂机组监测系统采用模块化标准设计,各模块既可独自成为系统,也可配合形成复杂的系统,裁减性好。每块模块采用双通道测量,通道

之间即可单独测量,也可配合测量,增强了数据采集和监测的可靠性。系统内置 DSP微处理器,配合上位机组态软件进行系统控制,使控制具有智能性。系统还具有扩展的自检功能,便于查找故障。较以往的同类产品,本系统对数据的采集更加全面精确,应用组态软件,参数设置和控制更趋灵活和人性化,而且系统结构简约,充分体现了 TS1特点,有较高的性价比。

参考文献:

- [1] Epiro 旋转机械监测保护系统 [Z]. 北京:松源艾普科技有限公司, 2003.
Epiro Machine Monitor System [Z]. Beijing: Songyuan Epiro Technical Co., Ltd, 2003.
- [2] 本特利内华达 3500 机械保护系统 [Z]. 美国本特利公司, 2003.
Bently Nevada 3500 Machine Monitor and Protect System [M]. Bently Company in America, 2003.
- [3] TMS320LF/LC240Xa, DSP Controllers System and Peripherals [Z]. Texas Instruments, 2001.
- [4] 江思敏. TMS320LF240x DSP 硬件开发教程 [M]. 北京:机械工业出版社, 2003.
JIANG Simin The Instruction of Hardware Design Based on TMS320LF240x DSP [M]. Beijing: China Machine Press, 2003.
- [5] 刘维俊, 江渝, 邓力. TMS320LF240x DSP C 语言开发应用 [M]. 北京:航空航天大学出版社, 2003.
LIU Wei-jun, JIANG Yu, DENG Li C Language Application Based on Digital Signal Processing TMS320LF240x [M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2003.
- [6] LTC1063 DC Accurate, Clock-Tunable 5th Order Butterworth Low-pass Filter [Z]. Linear Technology Corporation, 1999.
- [7] 45670A, D N [S].
- [8] 45670B, D N [S].

收稿日期: 2005-08-01; 修回日期: 2005-09-28

作者简介:

肖永华 (1981 -), 男, 硕士研究生, 从事电力系统微机保护;

E-mail: xxxsailing@126.com

葛海波 (1977 -), 男, 助理研发工程师, 从事电力系统保护;

杨川 (1977 -), 男, 硕士研究生, 从事高压保护。

Design of machine monitoring system for power plant

XIAO Yong-hua, GE Hai-bo, YANG Chuan, WANG Yu-xing

(Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: To guarantee the running safety of the machine, the accurate and exhaustive measurement of operational data is required. And the monitoring system can make out estimation and orders correctly and quickly based on data analyzing. Therefore, the paper introduces competent machine monitoring system and configuration software respectively, which adopts TMS320LF2407A as main processor. The way of designing every part of the system hardware circuit and software implementation are detailed as well. With the software controlling, a trial is done on the hardware. The experiment verifies that the system can cope with the disadvantages of single-control and bad real-time in traditional ones. Meanwhile, it can monitor any-sized machine completely.

Key words: monitoring system; DSP; configuration software