

84-86

# 水轮发电机组振动摆度在线监测系统硬件设计\*

郑莉媛 汤正良  
(华中理工大学 武汉430074)

顾宏进 周衍文  
(葛洲坝水电厂)

TM 3/2.02

**A 摘要:** 本文讨论了葛洲坝电厂水轮发电机组振动摆度在线监测系统硬件研制中的若干问题。主要包括振动、摆度、鉴相、跳闸、测速信号的预处理以及A/D转换电路的设计。正确、合理的信号处理方案是计算机测试系统成功的保证。

## 一、前言

表征水轮发电机组稳定运行的主要参数通常有:机组振动、摆度以及尾水管压力脉动等。其中,机组振动和摆度是水力机组稳定运行的重要指标,不仅影响机组的性能和寿命,而且直接影响机组的安全运行、负荷合理分配以及供电质量。机组严重振动时发出的刺耳噪声将危及运行人员的身心健康。

葛洲坝电厂运行着当前世界上尺寸最大的轴流式水轮发电机组,为了保证机组的安全运行,必须对其状态进行监测。原用人工手持百分表的测量方法,既不准确、操作人员劳动强度又大,远不能满足自动监测与分析的需要。因此,华中理工大学与葛洲坝电厂共同研制了适合于现场实际需要的、高可靠性的水轮发电机组状态监测与信号分析计算机系统。为了充分发挥工业控制机的资源,该系统除配置了机组振动摆度监测软件以外,还配置了盘车、过渡过程等软件,大大地提高了系统的使用价值,本文为该监测分析系统研制技术总结之一。

## 二、系统硬件功能结构框图

根据现场的要求,本测试系统能同时测量8路振动信号、8路摆度信号、2路电压信号(用于测量导叶接力器行程和轮叶接力器行程)、2路电流信号(用于测量水压)、1路拍机信号、2路开关量和1路测速信号。这些信号经过相应的前置处理后分别进入不同的A/D通道或其它通道,通过计算机的控制和计算完成这些物理量的测量以及相应的后处理。本测试系统硬件结构框图如图1所示。

## 三、信号处理过程

### 1、振动信号

本系统选用接触式振动传感器,其输出为电

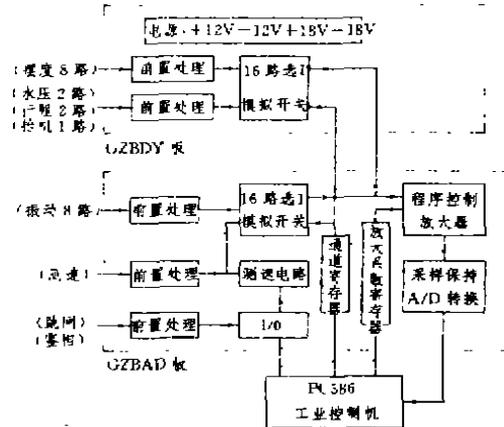


图1 系统硬件结构框图

压信号,对它须进行隔直、滤波、积分和放大等处理。

由于电源等因素的干扰可能会导致信号中存在一定的直流分量,它在信号处理的积分过程中会引起工作点的漂移,必须将该直流分量滤去。

接触式振动传感器有两种类型,一种传感器的输出电压信号与振动速度量成正比,另一种的输出电压信号与振动位移量成正比。目前机组振动标准是以振动的位移量为判断基准的,由此,对第一种传感器的输出信号要进行积分,得到与振动的位移量成正比的信号。

根据采样定理,信号中的最高频率必须低于采样频率的1/2,为了保证信号分析的准确性,需要对信号进行低通滤波。同时,采样频率与谱分析的频率分辨率成反比,采样频率越低,谱分析的频率分辨率就越高,频率定位就越准确。葛洲坝水轮发电机主轴旋转频率接近1Hz,主要振动频率范围为1~60Hz。

\* 该监测分析系统于1994年通过省(部)级鉴定。

电磁力激起的振动频率范围较大,主要是50Hz的倍频。根据机组的具体振动频率范围和信号分析精度的要求,将振动信号分别作60Hz和260Hz的低通滤波处理。

振动传感器的输出信号经过隔直、积分、放大及滤波处理后,进入模拟开关,振动信号处理框图如图2所示。

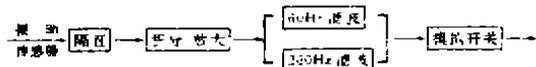


图2 振动信号处理框图

### 2. 摆度信号

摆度量使用非接触式涡流传感器进行测量,传感器的输出电流信号与被测间隙成线性关系。首先将电流信号转化为0至+10V的电压信号,由于A/D的输入范围是-5V~+5V,为充分利用A/D的测量范围,需要对信号进行直流点补偿,将信号电压范围调整到-5V至+5V之间。为了使各通道的输出信号的幅度在统一的范围,设置了信号放大器。此外,为信号分析和去干扰的需要还应对信号作低通滤波处理,滤波频率为60Hz。信号经过滤波后,进入模拟开关,摆度信号的处理框图如图3所示。



图3 摆度信号处理框图

### 3. 鉴相信号

鉴相信号用作采样的同步信号,在主轴上开一个小槽,并在与槽等高的位置安装一个非接触式涡流传感器,主轴旋转时当小槽旋转到与传感器对应的位置时,传感器即输出一个突变信号。该信号经放大、整形处理后变成一个计算机能接受的逻辑电平。计算机对该信号进行监测,就能判断出主轴所处的角度位置。鉴相信号处理框图如图4所示。

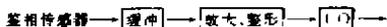


图4 鉴相信号处理框图

### 4. 跳闸信号

按现场实际情况,提供发电机主开关跳闸继电器上的一对常开接点,用作机组甩负荷过程的同步信号。在主开关跳闸时,这两个接点闭合2至3秒钟。由于现场存在干扰,需要对信号作放大、整形处理。将其中一个接点经限流电阻与本测试系统+12V直流电源相联;另一个接点经下拉电阻、放大整形电路(变成计算机能接受的逻辑电平)和I/O接口送入计算机。其处理过程如图5所示。

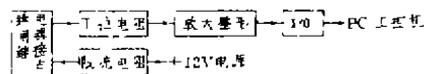


图5 跳闸信号处理框图

### 5. 测速信号

安装在水轮发电机顶端的水磁发电机,其输出的电流频率和电压幅值均与机组转速成正比。可以采用测量水磁发电机输出的电流频率或电压值的方法来测量机组转速。本测试系统同时使用了这两种方法。测频方法测量准确,但测量时间较长。测压方法测量时间则较短。采用水磁发电机测速方案测速信号处理框图如图6所示。

如果无法得到水磁发电机输出信号,也可借用鉴相传感器,利用测量鉴相信号频率的方法来测量机组转速。由于机组旋转一周鉴相传感器输出一个脉冲信号,所以采用这种方法测量机组转速测量精度较高但测量速度较慢。尤其对于低转速的大型水轮机,测量速度较慢的缺点较为明显。

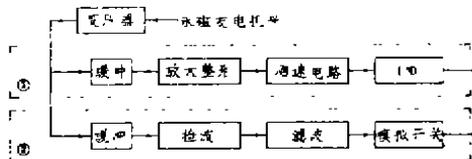


图6 水磁发电机方案测速信号处理框图

- ①水磁发电机频率测量电路;
- ②水磁发电机电压测量电路

### 6. A/D转换

各类测量信号经过前置处理后送到模拟开关,而模拟开关选通的通道号则由计算机通过写通道寄存器控制,被选通信号经程序控制放大器放大后再进入采样保持器和A/D转换器,从而将模拟信号转化为计算机能接受的数字信号。设置程序控制放大器主要是为了提高小信号的灵敏度和信噪比,充分利用A/D的测量范围。A/D转换电路框图如图7所示。



图7 A/D转换框图

## 四、硬件技术指标

1. 低通滤波器为四阶有源低通滤波器。

软件开发 硬件 中断服务程序

MSC

34

86-87

## 利用 MSC6.0 开发硬件中断服务程序

TP311.52

李勤 王俊 张选芳 (中国民航飞行学院计算机中心,四川广汉618307)

**A** 摘要: 本文介绍使用 MSC6.0 编写硬件中断服务程序的方法,并详细介绍 MSC6.0 提供的有关硬件中断的库函数。

多年以来,编写硬件中断服务程序 ISR 都是依赖于汇编语言。虽然汇编语言具有效率高、速度快、占内存小等优点,适合对机器硬件进行控制,但编写程序工作量大,可读性、移植性差,不易维护。MSC6.0 提供了方便灵活的调试手段和极高的开发效率,迅速成为开发 IRS 的有效工具,虽然 MSC6.0 为开发硬件中断服务程序提供了相当完备的库函数和相应的基本方法,如设置中断向量、调用功能等。但仍有一些硬件中断的使用细节问题,有待于使用者去摸索和总结。因此,我们将应用中的一些体会介绍给广大的计算机工作者和爱好者,希望能起抛砖引玉的作用。

### 一、8259A 可编程中断控制器

众所周知,所有的 IBM 微机都用 INTEL8259A 可编程中断控制器管理硬件中断。在 IBM-PC/AT 微机中,中断管理使用了两层 8259A 中断控制器,它们级联构成主从式结构,该中断控制器为系统提供 IRQ0~IRQ15。

下面对 8259A 的中断请求寄存器 IRR、中断屏蔽寄存器 IMR 和中断处理寄存器 ISR 和优先调解器进行逐一介绍。

1. 中断请求寄存器 IRR: 用于记录哪些中断输入正在请求服务。若某一个中断没被屏蔽,而且上面有中断请求信号,则此一输入所对应的中断请求寄存器的相应位被设置成 1。

2. 中断屏蔽寄存器 IMR: 用于使某一个中断请求允许(不屏蔽)或禁止(屏蔽)。寄存器中的每一位对应其同一编号的中断请求。若设置某一位为 0,则此对应的中断请求被禁止(屏蔽掉)。

3. 中断处理寄存器 ISR: 用于记录正在处理的中断请求。

4. 优先调解器: 其功能是当未被屏蔽的中断请求到来时,始终使优先级最高的中断请求得到处理。

8259A 的中断优先级可通过预置初始化命令寄存器(ICW)和控制操作命令寄存器(OCW)来控制,即可通过编程,在软件的控制下动态地改变其优先级。一般情况下,在使用硬件中断时,用户不需要对 8259A 中断控制器进行初始化,因为开机后系统的 BIOS 立即把有关的中断向量填入中断向量表,并对 8259A 中断控制器进行彻底初始化,初始为:边沿触发,级联方式,正常中断结束,一般全嵌套方式,优先级结构为 IRQ0, IRQ1, IRQ8... IRQ15, IRQ3..., IRQ7。主片的 8259A 起始中断向量为 08H,从片 8259A 起始向量为 70H。

### 二、实例

在此将以时钟中断服务程序为例,介绍硬件中断的开发过程和注意的一些问题。

BIOS 初始化时,使一些中断向量指向并不执行的中断服务程序(它只有一个 IRET 指令),时钟中断就存于这一类,每秒中断 18.2 次,用户可以自行编

2. 电源电压误差小于 5%,波动率小于 1%;在满足稳压器件的工作条件下,稳压器件可保证以上参数。

3. ±12V 和 ±18V 电源输出电流为 300mA。

4. 转速测量的误差,如采用测频方法测量转速,由于周期测量采用脉冲计数的方法,脉冲周期为 0.5μs,计数器控制电路动作误差小于 ±0.2μs,总的周期测量误差小于 ±1μs。由于电流的频率小于 100Hz,其周期则大于 0.01s,转速的测量误差 δ 为:

$$\delta < (\Delta T/T) \times 100\% = \pm (1\mu s / 0.01s) \times 100\% = \pm 0.01\%$$

5. 对单一标定频率信号的测量绝对误差,由于 12 位 A/D 满量程为 4096,转换的绝对误差为 ±1bit,即绝对误差为满量程的 0.25%。在标定频率处由电路的干扰信号等引起的绝对误差小于 44mV,相当于满量程的 0.9%,因此在标定频率处测量绝对误差小于满量程的 1%。

### 五、结语

本系统已在葛洲坝电厂 #1 机投入运行,结束了该机多年来人工测量机组摆动摆度的历史,提高了电厂非电量自动监测水平,为机组的安全可靠运行和无人值班提供了可靠保障。