

水轮发电机组微机在线监测系统

曹金安

(福州大学微机应用研究室, 福州, 350002)

摘 要 给出 75 MW 水轮发电机组二级微机在线监测系统及其硬、软件设计. 本系统可对机组运行的上百个电量与非电量参数进行实时监测、数据处理、图文显示、越限声、光报警, 并形成相应报表记录, 这对了解机组运行工况, 分析事故原因都有重要意义.

关键词 微机系统; 在线监测; 水轮发电机组

目前我国大型水电厂均已采用计算机闭环实时监控系统^[1,2], 而多数中小水电厂仍以常规方式控制, 它们存在以下问题:

- 1) 对机组继电保护跳闸的时间与先后次序无记录, 很难准确判断跳闸事故的原因;
- 2) 对电量的测量用常规变送器, 硬件开销大;
- 3) 对发电机组轴的振动偏移量多数(包括大型电厂)没有装检测仪器, 不能监视轴的运行情况, 无法判别机组轴是否有损伤, 这对机组的安全可靠运行不利;
- 4) 对温度的检测只知其值, 不知该值是否超越限定值, 有危险否. 因此要求设计一个微机在线监测系统, 能对机组运行工况的上述各参数进行监测, 并有详尽的记录.

1 监测系统的设计考虑

要实时地对水轮发电机组的上百个电量、非电量参数进行监测、快速处理、频谱分析、图文显示、形成报表等, 其工作量很大, 因此系统设计成上、下位机 2 级结构形式, 见图 1. 上位机采用工业级 INTEL 386 微机系统, 带有 80387 协处理器, 彩色打印机等, 主要完成数据综合处理、频谱分析、画面显示及输出报表打印等功能. 而下位机则实时地对现场的开关量、电量、轴振动偏移量、温度等进行监测, 及各种数据处理, 并用各种不同的画面显示、输出越线报警等. 下位机选用抗干扰能力强的 STD500 系列工业控制机模板^[3]. 它由 5 个 CPU 组成, 以主、从方式同时运行. 其构成如下:

1) 主机采用 8088CPU, 内配有 640 k 存储器, 其中 128 k NOVRAM(不掉电随机存储器), 供系统作为数据及标志保护区, 提供实时时钟, AC 掉电检测及二组 Watchdog(看门狗). 主 CPU 统筹处理各从 CPU 的数据、报警、画面、通信等.

2) 配有 2 块 8031 智能式 32 路光隔离开关量从 CPU 板, 负责对 47 个继电器跳闸开关量的处理.

本文收到日期: 1994-06-20

曹金安, 男, 1949 年出生, 工程师

3) 配有 1 块 8031 智能式 4 组 6 路 12 位 A/D 同步采集从 CPU 板, 负责对发电机三相电压和电流波形快速同步采集处理.

4) 配有 1 块 8031 智能式 4 组 6 路 12 位 A/D 同步采集从 CPU 板, 负责对机组轴十几个振动偏移量进行快速连续采集处理.

5) 对 48 个温度量的检测采用 WXY-II 型智能温度巡测仪, 把检测处理后的温度值用 RS232 接口通信方式, 送下位机主 CPU 进行处理.

上下位机之间通信用光隔离总线(BITBUS)转换, 其波特率 62 k bps(1.2 km), 用带屏蔽的双绞线约 200 m 联接来实现.

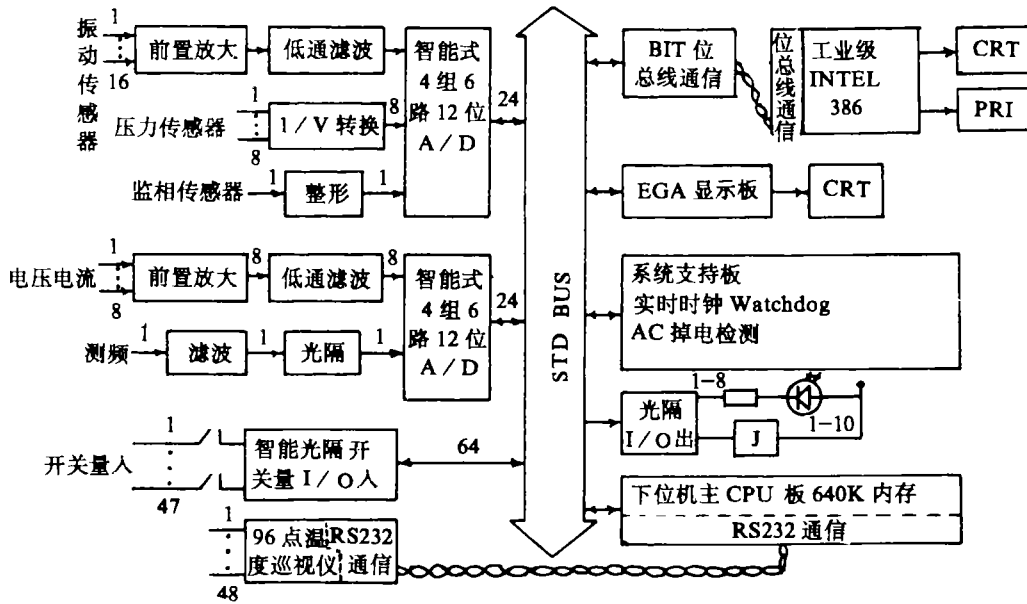


图 1 系统硬件框图

2 下位机系统主要功能

2.1 主 CPU 的功能

- 1) 将从 CPU 处理好的数据及开关变位状态进行统筹处理.
- 2) 将处理好的数据用各种不同画面显示出来, 若有参数越限就输出报警信号.
- 3) 把温度巡测仪中的定子线圈、轴瓦、水温等 48 点各种温度值用 RS232 接口通信方式采集进来并进行处理、显示、越限报警.
- 4) 所有处理后的数据用高速通讯方式传送到上位机.

2.2 从 CPU 的功能

2.2.1 对发电机组开关量变位 (即继电器跳闸) 的监测处理

对电站来说要求对继电器跳闸瞬间的 40 几个开关量动作进行监测, 只要继电器有动作 (即开关量变位) 就得进行处理. 若每次变位发生时立即引起一次 CPU 中断, 并在中断服务程序中将变位信息取走、处理, 则每个开关对应一个中断源, 这种作法显然不可取; 如果若

干个开关共用一个中断源，就要求“开变关”和“关变开”都能产生中断，以及提供开关信号的查询和变位性质的查询等问题，这样硬件开销很大；若用 CPU 不断地扫描各开关，查到有变位时立即转入处理，则由于开关数目大，处理繁杂，时限又严，而使 CPU 不堪负担，更不可能兼带处理其它相关任务。为解决上述矛盾，本系统对开关量变位的检测采用查询和中断相结合的方法，用了 2 块 8031 从 CPU 板，每块从 CPU 板能对 32 路开关量变位进行循环查询和检测，一旦其中一位或多位开关产生变位，立即向主 CPU 申请中断，通知变位的位（路）情况及变位的时间。从循环检测查询到主 CPU 取走数据所用的时间 < 1 ms。这既满足了对机组继电跳闸的监测，又允许主 CPU 腾出时间处理其它任务。

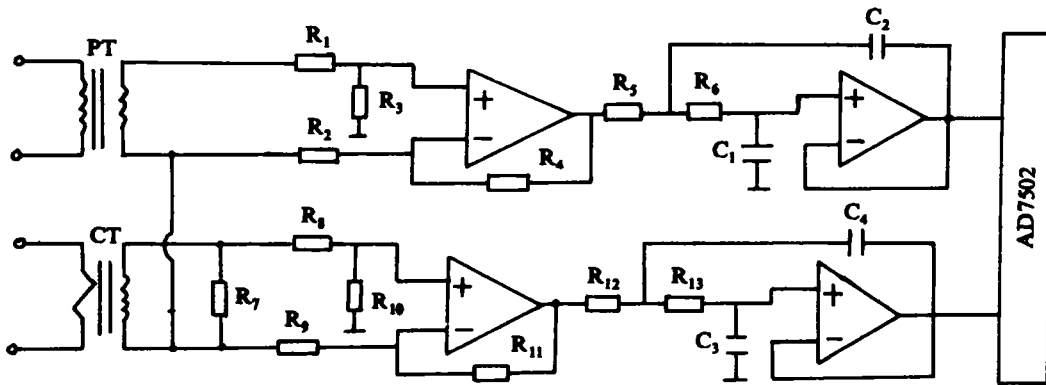


图 2 PT、CT 信号转换原理图

2.2.2 水轮发电机电量监测处理

本设计采用瞬时同步采样技术及机器演算功能获得各种工程电量，从而节省电压、电流有效值变送器，有功、无功变送器等硬件开销。为此，先将来自电压互感器 PT1、PT2 的 AB、BC 相电压信号，电流互感器 CT1、CT2 的 A、C 二相电流信号，采用图 2 电路进行调理。然后对 6 路三相电压、电流信号经 CPU4 组 6 路 12 位 A/D 进行同步采集，最后由微机加以演算并送出结果。

由电工原理知：

$$A = \sqrt{T^{-1} \cdot \int_0^T a^2 dt}$$

式中：A 为电压或电流的有效值，a 为相应的瞬时值，将该式两边平方得：

$$TA^2 = \int_0^T a^2 dt \tag{1}$$

由于对单位周期的电压或电流波形采用 N 点等间隔采样，因此：

$$NTA^2 = (a_1^2 + a_2^2 + \dots + a_N^2) T$$

对上式加以整理，便得到有效值与瞬时采样值间的关系式：

$$A = \sqrt{(a_1^2 + a_2^2 + \dots + a_N^2) / N} \tag{2}$$

又依据平均功率定义知：

$$P = T^{-1} \cdot \int_0^T u(t)i(t)dt \tag{3}$$

采用与上相同的处理方法可得有功功率与采样值间的关系式：

$$P = (u_1 i_1 + u_2 i_2 + \dots + u_N i_N) / N \tag{4}$$

值得指出, (2) 式与 (4) 式中的 N 必须足够大, 才能保证精度. 计算和实验表明, 本系统 N 取 50 点就可保证其精度值在 0.4% 内. 其次, 注意 (4) 式中 u_i 相乘应带符号.

根据 (2) 式微机就很容易算出电压 U_{AB} 、 U_{BC} 、电流 I_A 、 I_C 的有效值. 而根据 (4) 式微机就可算出瞬时功率及有功电度值.

下位机主机实时地取出从机的处理结果. 各种功率及功率因素按以下公式算出:

$$\text{视在功率 } S = \sqrt{3} U_{AB} I_A \quad \text{有功功率 } P = P_{AB} + P_{BC}$$

$$\text{无功功率 } Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad \text{功率因素 } \cos\Phi = P / S$$

处理结果显示在屏幕上.

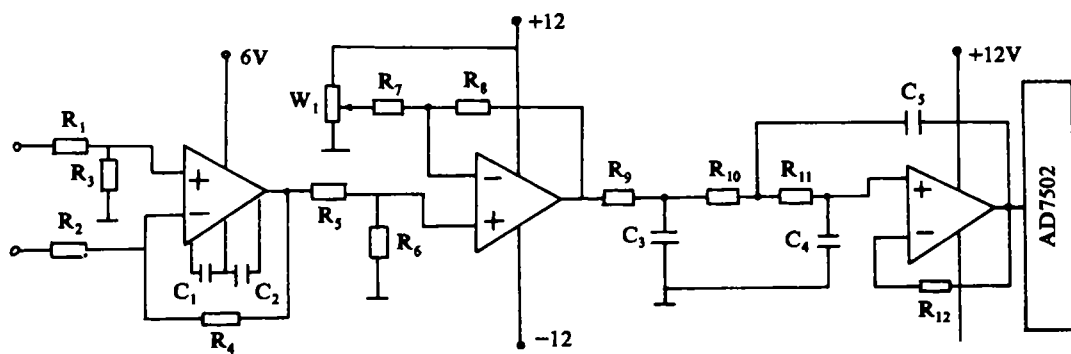


图 3 振动信号转换原理图

2.2.3 水轮发电机组轴的各部位振动偏移量检测处理

对水轮发电机组轴各部位的振动偏移传感器信号进行调理, 如图 3 所示. 把各传感器信号经差分运算放大器输入, 以便消除共模电压, 确保传感器信号的真实性和准确性; 振动传感器位移量很小而且是叠加在直流分量上, 为了截取有效的位移信号, 本设计采用硬件偏置电路, 去除该信号中的均值(即直流分量的影响), 然后进行放大、滤波, 有效地抑制高频干扰, 使有效的震动信号送至多路开关, 以便从 CPU4 组 6 路 12 位 A/D 同步高速采集, 从 CPU 在 5 ms 内对轴各部位十几个测振信号采集一次, 3 s 循环采集, 同时计算出峰峰值、有效值、平均值. 在连续的 5 次采集, 根据超值多数表决原理进行报警, 报警后转入频谱分析采样. 为了使轴各部位采集起点一致, 由监相传感器来的脉冲信号作为同步采样脉冲, 并把所有采样值存入内存, 待采样周期结束后, 立即把数据传送至上位机, 供上位机进行快速付里叶(FFT)频谱分析, 找出超过报警值的原因, 及时发现初期阶段的事故苗头, 避免事故的发生, 确保机组的安全运行.

本监测系统可通过采集转速、导叶开度、蜗壳压力上升量对水轮发电机组进行甩负荷试验. 还可对转速、导叶开度、水位、有功电量、无功电量、流量、工作水头等量的采集处理, 实现机组效率试验.

3 系统软件设计

3.1 下位机软件设计

其框图见图 4. 由于下位机是多 CPU 同时运行, 因此各智能模板均采用 8031 汇编语言编制, 负责完成各信号的采集及简单数据处理. 下位主机采用 C 语言编制, 有较强的人机对话功能, 有很强的数据处理能力, 可灵活修改各报警的给定值、报警值及实验参数调整等. 下位机运行显示主要画面及功能有:

1) 机组参数画面 显示机组运行工况的一些重要参数(如定子电压、电流、功率、机组转速、流量、效率等).

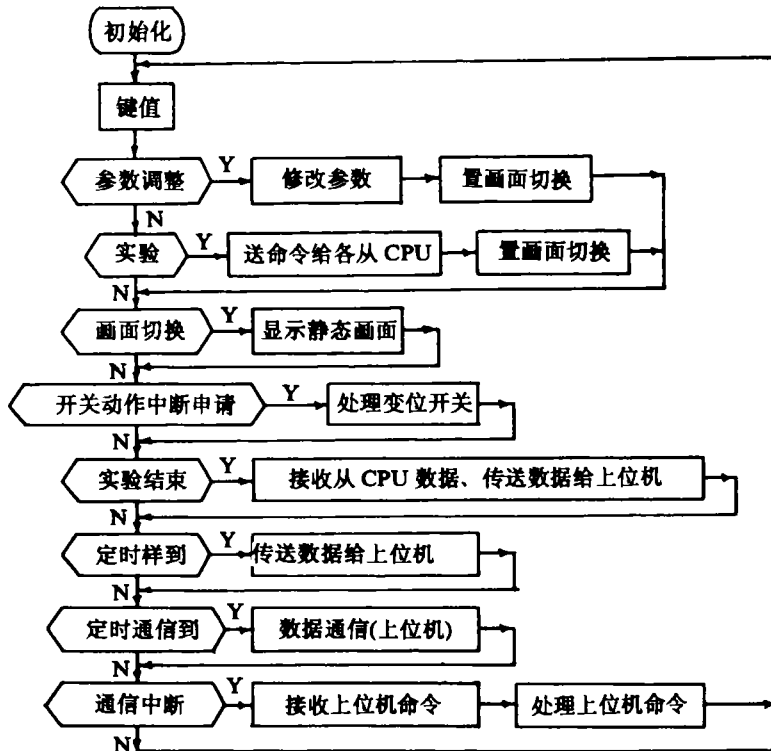


图 4 下位机软件框图

2) 机组状态画面 显示机组运行工况的开关量动作状态, 对事故、故障的开关量动作具有记忆功能, 当事故、故障发生时在屏幕上用不同颜色、及指示灯报警, 并送上位机用音响报警、并把报警状态、时间打印出来.

3) 温度参数画面 显示所有 48 个温度测点的数值, 并在屏幕上用条状以不同颜色加以显示 (正常状态显示绿色; 一级报警显示黄色; 二级报警显示红色) .

4) 振动量峰峰值的扇形图、及振动平均值、峰峰值画面 以扇形图形式显示 12 个振动通道的峰峰值. 峰峰值显示分为 3 段 3 种颜色, 第一段为正常显示, 以绿色表示, 第二段为一级报警显示, 以黄色表示, 第三段为二级报警显示, 以红色表示、及显示 1-12 振动通道的平均值、峰峰值.

5) 甩负荷过程图画面 显示甩负荷过程的转速、导叶开度、蜗壳压力上升的过程值及其定子电压、电流、功率、机组转速、流量等重要参数(包括 DL 动作时间). 该画面用于了

解甩负荷过程的机组情况。

6) 效率试验记录表 用于记录效率试验的 9 个有关参数值 (导叶开度、转速、上游水位、下游水位、有功功率、无功功率、流量、工作水头、机组效率)

3.2 上位机软件设计

上位机软件用 C 语言编制, 具有很强的数据处理和人机对话功能。主要功能如下:

- 1) 将下位机传送的数据进行分类储存, 形成历史数据, 以供机组作运行历史趋势分析。
- 2) 对振动采样数据进行谱频分析、显示, 包括时基波形图, 频谱图, 振动峰峰值、平均值、有效值表。
- 3) 对实时、定时、停机数据进行分析显示, 包括机组参数表, 机组状态表, 温度测点值表, 温度条状图, 振动量峰峰值、平均值、有效值表, 扇形图等。当机组发生故障、事故时, 上位机发出声音报警, 并可对机组的追忆量进行分析打印, 给机组维护人员提供参考。
- 4) 当机组出现甩负荷时, 显示功能同下位机。
- 5) 处理下位机对机组进行振动、效率、甩负荷试验的数据。
- 6) 生成时、班、日报表, 供显示、打印, 打印可定时自动打印、召唤打印。
- 7) 显示系统布置图, 传感器布置图等其他一些功能。

4 结束语

由于在本微机监测系统中, 下位机配备 128 k 的 RAM 掉电保护, 系统支持板采用掉电保护检测, 监测板带有二级看门狗电路, 现场信号均经专门电路调理, 上、下位机应用光隔 BITBUS 进行通信, 因此在发电机房里电磁场干扰非常强的情况下, 仍运行良好。本监测系统已在 75 MW 水轮发电机组投入运行。

参考文献

- 1 葛荣春. 富春江水电厂综合自动化工程简述. 电力发电, 1992(7)
- 2 段萍, 等. 铜街子水电站计算机监控系统. 电力发电, 1992(12)
- 3 魏庆福, 等. STD 总线工业控制机的设计与应用. 北京: 科学出版社, 1991

The On-Line Microcomputer Detection System for Wheel Generator Sets

Cao Jinán

(Research Department of Microcomputer, Fuzhou University, Fuzhou, 350002)

Abstract A design of an on-line two-stege microcomputer detection system is described for 75 000 kW wheel generator sets. Hardware and software designs relevant to the system are proposed. This system can be used to monitor more than one hundred electrical and non-electrical parameters of the generator sets, to record and process information from the sets, to graphically display their operation states, and to give alarms in sound, color light and graphs. All of these functions are very useful to control operation of the generator sets and analyse possible fault of them.

Keywords microcomputer system; on-line detection; wheel generator sets