陕西石门电站微机测控系统抗干扰措施

王长春[1] 梁兆兰[2] 辛仲强[1]

(1 西北农业大学水利与建筑工程学院,2 机电工程学院,陕西杨陵 · 712100)

摘 要 结合石门电站微机测控工程实践论述了硬件及软件抗干扰措施。

关键词 微机测控,抗干扰,耦合,接地浮空,自恢复,数字滤波

中图分类号 TP273,TN973.3

近几年来微型计算机在过程控制领域得到迅速地发展,并显示了明显的效益。用于过程控制的计算机系统不同于普通计算站的计算机系统,前者的工作环境极为恶劣,干扰纷繁,而后者的工作环境相对来说要优越得多,因此干扰就随之下降。实时控制系统实施起来之所以难度大,干扰是造成失败的主要原因。因此在实施微机测控之前,必须对干扰的产生及抗干扰的措施加以研究。电站的高电压、大电流以及开关的开、合,电器的动作是不可避免的,也就是说电站中干扰源的存在是必然的。因此,只能从防止干扰的影响着手,找出抗干扰的措施。本文着重论述在石门电站实施微机测控工程中抗干扰的具体作法和体会。

1 硬件措施

为了抑制干扰,在石门电站微机测控工程中采用如下硬件措施。

1.1 合理布线及屏蔽以减少电磁场的干扰

1.1.1 电场耦合分析 当信号传输线与电站中的高电压线靠近时将产生较强的电场耦合感应(图1),其等效电路如图2所示。由图2推得噪声电压V_N与电力线对地电压V_1之间关系:

$$\dot{V}_N = \frac{C_{12}}{C_{12} + C_{2G} + \frac{1}{j\omega R}}\dot{V}_1 \quad (1)$$

当信号线悬空时($R=\infty$)

$$V_N = \frac{C_{12}}{C_{12} + C_{2G}}V_1 \quad (2)$$

为简化分析,设两导线间几何尺寸如图3示。

当$D>>d, h>>d$时,两平行线间电容:

$$C_{12} = \frac{\pi\varepsilon L}{Ln(\frac{2D}{d})}(F) \quad (3)$$

单根导线对地电容:

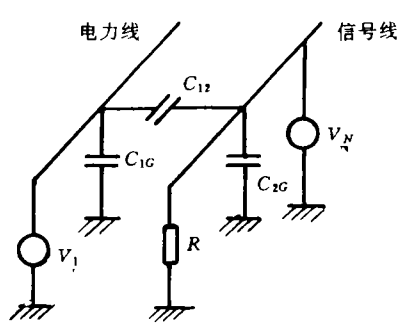

图1 电场感应示意图

V_1—电力线对地电压;V_N—信号线感应电压;
C_{1G}—电力线对地电容;C_{2G}—信号线对地电容;
C_{12}—电力线与信号线间电容;R—信号线对地电阻

收稿日期:1994-03-14.

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

$$C_{1G}=C_{2G}=\frac{2\pi\varepsilon L}{Ln\frac{4h}{d}}(F) \tag{4}$$

式中 ε——介电常数。

假设将裸信号线与6000 V电力电缆平行敷设在同一路电缆支架上，平行段长度为20 m，相距仅0.3 m，信号线离地高度为1 m，线径为1 mm，由(2)、(4)式得 $V_N=1362.5$ V.

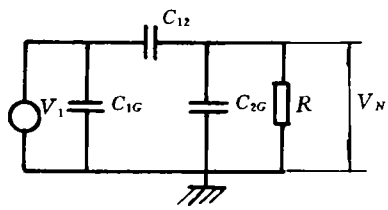

图2 电场耦合等效电路

这一电场耦合感应电压足以击穿微机。若将信号线与电力线相距10 m，平行段仅1 m，信号线改用屏蔽线，屏蔽线的线芯与屏蔽层距离取1 mm，信号线的长度为40 m，不考虑电力线对屏蔽层的电场感应时 $V_N=6.05$ V. 事实上电力线对屏蔽层电场感应电压与 V_N 接近，此时信号线与屏蔽层(地线)间电压就很少了。

可见，为了减少高电压设备的电场干扰，当信号线远离高电压设备时，效果十分明显，当采用屏蔽线时，可使电场干扰几乎消除。

在实际施工中，强、弱信号线不宜相距太近，一般其距离超过线径40倍即可，平行敷设段应尽可能短。把强、弱信号线、信号线与电力线绑扎在一起的做法是绝对错误的。

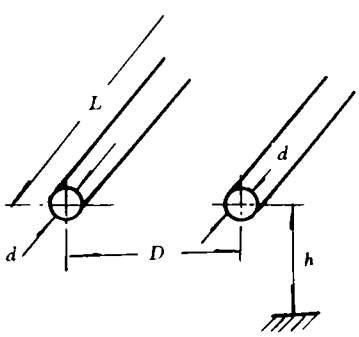

图3 导线几何尺寸

L——电线平行段长度(m)；d——导线直径(m)

D——线间距离(m)；L——导线离地高度(m)

1.2.2 线间电感耦合分析 当信号线靠近大电流电力线路时，由于载流体周围的磁场，同样可能产生较强的感应噪声电压。以平行敷设为例进行分析，参数如图4，在电力线中电流为 I 时将在信号线中产生噪声压为：

$$V_N=\omega MI^{[2]} \tag{5}$$

式中 ω——干扰源电流交变角频率(rad/s)

当 $d<<D<<L$ 时：

$$M=\frac{\mu_0 L}{2\pi}(\ln\frac{2L}{D}-1)^{[3]} \tag{6}$$

式中 μ_0——真空磁导率，$\mu_0=4\pi\times10^{-7}$ H/m

通过类似计算可得同样结论：当信号线远离大电流导体时将大大减少磁场干扰，当用钢管屏蔽时，几乎可消除磁场干扰。

1.2 合理的接地措施

在实时控制系统中，接地是抑制干扰的重要方法之一，当计算机系统与电站其他电力设备共同接地时，由于接地电流的变化，势必引起各基准电位的电位差。因此接地应如下

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

处理:

1.2.1　交流系统的地与信号地绝对隔离,不能共用　因为在交流系统中,各接地点之间总会产生数毫伏,甚至几伏的电压,这对低电平的信号电路来说,是一个非常严重的干扰。

1.2.2　一点接地,接地浮空　以抗干扰为目的的接地主要是给各电路提供一个基准电位,它与从安全或保护角度出发的接地目的不同,该接地系统与大地是隔绝的,即为浮地。所有回路采用一点接地方式(如图5)。

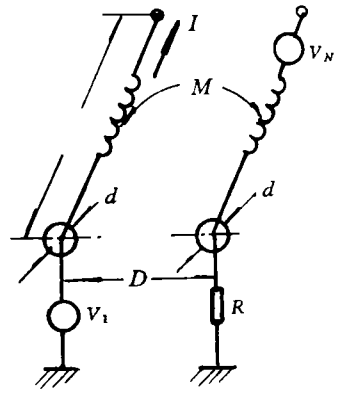

图 4　磁场感应示意图

I—电力线工作电流(I); M—平行线间互感(H)
L—平行段长(m); D—线间距(m);
d—线经(m); h—导线离地高度(m)

这种接地方式,若不考虑漏电流及电容电流的影响,不形成接地电流回路,当接地线选用较粗的铜导线,基本上可以消除接地阻抗上的噪声电压。

1.3　光电耦合

在石门电站微机测控工程中,所选用的 A/D 板、开关量输入、输出板均是光电耦合的隔离器件,信号的传送是单方向的,共模抑制比相当高,抗干扰能力强。

1.4　信号采用 4～20 mA 电流传输

众所周知,在信号的传输中,电流信号比电压信号抗干扰能力强得多,为此,在石门电站微机测控工程中,所有传感变送器的信号输出均采用 4～20 mA 电流信号。

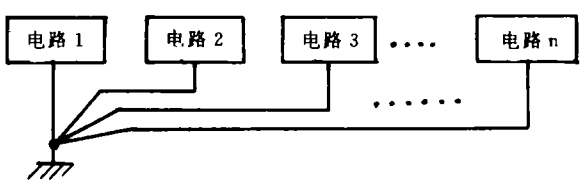

图 5　并联一点接地系统图

1.5　其他措施

为了提高整个微机测控系统的抗干扰能力,在选用电量变送器时,为防止电压尖峰脉冲浸入,导致变送器破坏,在有电压输入的变送器输入端并联压敏电阻;在为 STD 机笼、A/D 转换模板提供工作电源时,采用独立的开关电源;对各非电量转换的传感变送器提供工作电源时,由各路独立电源提供,减少了被此的干扰。

2　软件措施

实践证明,由于水电站微机测控系统处于强干扰中,虽然在硬件上采取了一系列措施,仍难免受到干扰而无法正常工作。为此,还必须采取一些软件抗干扰措施。

2.1　软件故障的"自恢复"措施

干扰可能造成程序的死循环或"跑飞"。"自恢复"措施是在被保护的程序段一开始设置一检查标志,当程序运行到该环节时,将标志单元置一时间常数,在程序执行过程的同时,CTC 定时将此时间常数作减 1 处理,时间常数若设置得当,则该时间常数未减至零时又重新置数,而当程序运行不正常时,程序在一定时间内未能经过这一置数环节,则时间

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

常数在CTC定时减1；减至零时，即向CPU提供中断请求，将该程序段的入口地址重新压入，强行拉回程序从入口重新执行，俗称“看门狗”。STD V40系统Ⅰ有两级“看门狗”，即当第1级自恢复措施仍不能消除干扰影响时，经过更长一段时间第2级自恢复中断将程序拉回更上一级程序入口重新执行，从而保证了程序正常运行。

2.2 开关量输入信号的多次读取判断

开关量输入是正确判断的重要依据，为了排除干扰，在每次采样中断读入开关量时，重复5次读入，并且连续3次采样，当所采开关量均为一致，再与原状态比较，若有变化则对开关量进行处理，若所采的开关量有不一致时，本次采样作废，重采。

2.3 开关量输出的重复确认

开关量的输出用于驱动电器动作，给出信号或控制跳闸、合闸、转速及励磁的调节等。若输出错误信息，将带来严重后果。为排除干扰，当输出某一开关量时，进行重复检查，确认输出无误，再作输出处理。

2.4 当已知干扰源的频率时，合理选择采样周期，即可消除该频率的干扰

例如已知干扰源以工频干扰最严重，因此在A/D转换的输入电压U_0上会叠加一个Ⅰ频成份，如图6示，在t_1时的采样电压为：

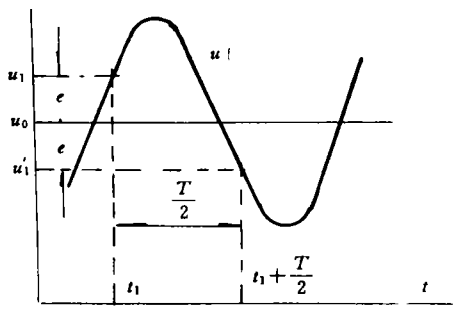

图6 采样电压与干扰叠加

U_0——传感器的输出电压；U——工频干扰电压与U_0叠加

$$U_1 = U_0 + e \tag{7}$$

式中e是叠加在采样电压U_0上的工频干扰信号瞬时值。

在$t_1+\frac{T}{2}$时（T为工频干扰信号的周期）采样电压为：

$$U'_1 = U_0 - e \tag{8}$$

当取U_1与U'_1的算术平均值时恰好就是所测电压U_0. 在软件上，连续两次采样的时间间隔应是工频周期的一半，即两次采样时间间隔为10 ms. 当然也可是$\frac{T}{2}$的奇数倍。对其他较严重的干扰源，已知频率时也可如此处理。

2.5 数字滤波是模拟量采集中抗干扰的重要手段

2.5.1 *取平均值法* 即取一定个数k采样值，然后取其平均值，即

$$y_n = \frac{1}{k}\sum_{i=0}^{k-1} x_i \tag{9}$$

式中 k——所选采样个数；x_i—— 第i个采样值。

为了去除干扰，对k次采样可分两轮进行，每一轮连续采样$\frac{k}{2}$次，将采样按大小排序，去掉最大最小值，下余的$(\frac{k}{2}-2)$次数值取算术平均值。经过少许延时后又进行第2轮采样，第2轮采样值的处理同第1轮，然后再将两轮取其算术平均值作为实际采样值。

2.5.2 *取滑动平均值* 采样误差包括随机误差与系统误差，系统误差由系统工作条件决定，它是设备的内在误差，是固定的。该误差可以在实验室进行标定，通过零点调整、非线

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

性补偿予以消除。但随机误差则是随着现场干扰的不同而异,方向不定。其数值符合正态分布曲线(图 7)。当误差>3δ 的情况只有 0.3%,当误差>2δ 时只有 4.6%.为了反映这一客观实际,采用比较合理的取滑动平均值的滤波方法,即取规定个数 k 的采样时,同时考虑采样值 x_i 在历史采样中出现的频率 a_i 作为该采样值 x_i 的权值,然后求其加权和,即:

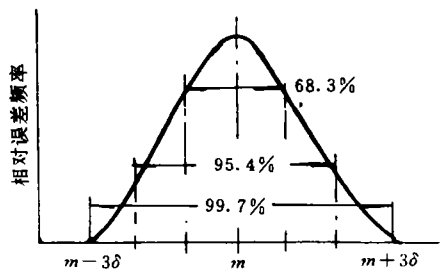

图 7　正态分布曲线

$$y_n = \sum_{i=0}^{k} a_i x_i \qquad (10)$$

式中 $0 \leqslant a \leqslant 1$ 并且 $\sum_{i=0}^{k} a_i = 1$

用此方法时,首先需给出最大采样误差±3δ,将 m−3δ 至 m+3δ 分为 n 等分,并将各等分按正态分布曲线对应权值 a_i 预先存入内存,然后判别采集数所属区间,并找出相应权值相乘再累加。

2.5.3　*一阶递推法*　为了排除干扰信号,一般在 A/D 转换器输入口接一个 RC 低通滤波器,但对于频率很低的干扰,采用 RC 滤波就很困难。这时可用一阶递推法数字滤波对输入数据进行处理。

当输入为单位阶跃,即 $x(t)=1$ 时,RC 滤波器输出为

$$y(t) = 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \qquad (11)$$

式中　$\tau=RC$ 为 RC 滤波器的时间常数

当用数字滤波时,低通数字滤波器的表达式为

$$y_n = Qx_n + (1 - Q)y_{n-1} \qquad (12)$$

式中　y_n——第 n 次采样时数字滤波器的输出;y_{n-1}——第 $n-1$ 次(前次)采样时数字滤波器的输出;Q——数字滤波器的时间常数。

若要数字滤波器的采样值与 RC 滤波器的输出相同,经推导

$$Q = 1 - e^{-T/\tau} \qquad (13)$$

这即是数字滤波器与 RC 滤波器等效时,数字滤波器时间常数 Q、RC 滤波器时间常数 τ 与采样周期 T 之间的关系。当要求滤除某一频率干扰时,可由 RC 电路求出相应的 τ,而采样周期 T 是已知的,由此可求得 Q 值,将 Q 值存于内存,由输入的采样值借助于式(12)计算出相应的采样输出。

2.6　用软件编程提高精度

用软件编程的方法在提高抗干扰能力的同时也可达到提高采集精度的目的。如用软件消除零点误差及用软件消除传感器的非线性误差等。

3　结语及讨论

(1)良好的抗干扰措施是实现微机测验工程成败的关键,石门电站微机测控工程中由

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

于采用了必要的抗干扰措施，获得了预期的效果。这些措施是在总结我国中小型电站微机测控工程经验的基础上，通过工程实践验证而得出的，对我国中、小型电站进一步发展微机测控有一定参考价值。

(2)微机测控抗干扰的硬件措施必然增加投资，软件措施必然占用较大内存。要合理地选用抗干扰措施，必须首先对干扰源进行分析。各种干扰源的性质及其干扰的程度是尚需讨论的新课题。目前尚处于定性的估计中。

参 考 文 献

1 魏庆福著. STD总线工业控制机的设计与应用. 北京：科学出版社，1991

2 肖冬荣著. 微型计算机实时控制的抗干扰. 武汉：湖北科学技术出版社，1983

3 电气工程师手册. 北京：机械工业出版社，1986

The Anti—Clutter Steps in Microcomputer Determining and Controlling System at Shimen Hydroelectric Station of Shaanxi Province

Wang Changchun Liang Zhaolan Xiu Zhongqiang

(*Northwestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi*, 712100)

Abstract This paper deals with the anti-clutter steps using the hardware and software in close combination with engineering practice with microcomputer determination and control at Shimen Hydroelectric Power Station of Shaanxi Province.

Key words microcumpter determination and control; anticlutter; couple; float ground; selfrecover; digital filter wave

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net