

精密检测同步电机信号的硬件设计

顾菊平^{1,2}, 李建中¹, 钱俞寿¹, 胡敏强¹

(1. 东南大学电气工程系, 南京, 210096; 2. 南通工学院信息工程系, 南通, 226007)

[摘要] 介绍了精密测量同步电机信号的硬件电路, 它可将电机故障信息存到 RAM 区, 并提供与 PC 机的接口, 还能通过 CRT 实时动态显示同步电机稳态运行信息, 如三相电流、三相电压及三相功率。此电路具有很高的可靠性和实用性。由于采取多种措施来提高精度, 系统总精度达到 0.1%。

[关键词] 精密测量; 数据采集; 信号调理; 单片机

[中图分类号] TM341; [文献标识码] B; [文章编号] 1008-1925(2001) 03-0017-04

0 引言

长期以来, 人们对同步电机的稳态运行做了大量的深入研究, 获得了许多有效的研究成果。现有的设备对同步电机故障信号, 尤其大短路冲击电流不能精确测量和跟踪保留, 同时大型同步发电机不可能也不允许作破坏性试验, 造成缺乏足够精确的暂态数据。这直接影响了一些相关后续课题的开发与研究, 逐渐形成了大型同步发电机深入研究中的“卡脖子点”。因此, 本文所研制的精密测量系统能将电机的电流、电压信号快速转换为相应的数字量, 可实时跟踪显示同步电机稳态运行信息, 高精度采集并保存暂态运行时的故障信息。根据不同要求, 可进行电力系统中谐波污染的研究, 大型同步发电机的暂态参数识别, 故障点位置的分段估测, 大型汽轮机扭振问题和噪声的分析等, 以保证同步电机乃至整个电网的稳定和安全运行。

精密检测同步电机信号的硬件系统由传感器、信号调理电路、数据采集系统及控制电路组成, 其总体框图如图 1 所示。

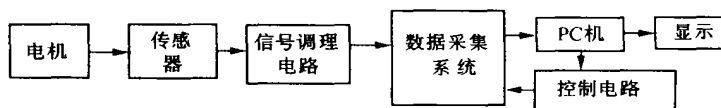


图 1 系统的整体框图

其中, 传感器将测量到的电机大电压、大电流模拟信号转换成便于检测且安全的小电流、小电压的信号, 调理电路亦称限能电路。将传感器输出的信号整形、规化到一个统一范围: 电压 $-5V \sim +5V$, 电流 $0 \sim 20\text{mA}$ 。由采样保持器、模拟转换开关、模数转换器、控制电路、扩展存储器、周期测量电路等组成的数据采集系统(Data Acquisition System 简称 DAS)是集测量、计算和控

收稿日期: 2001-03-22

基金项目: 国家教育部博士点基金资助(1999028603)

作者简介: 顾菊平, 1971 年, 女, 东南大学在读博士, 南通工学院信息工程系讲师, 主要从事电机检测及控制等方面的教学与研究。

制于一体的智能型数据采集系统, 将电机模拟量转换为数字量, 便于 PC 机存储和分析处理.

1 传感器

传感器是前端装置, 它的性能对整个系统的精度有着最直接的影响. 一旦传感器的精度达不到要求, 则系统的其他部分很难甚至无法对传感器本身所带来的误差进行补偿. 因此, 本系统采用测量脉冲大电流时常用的一种传感器, 它在短路冲击电流作用下, 不会使磁路饱和, 结构采用空心骨架形式的 Rogowski 线圈, 受外磁场影响时, 能保证较高的测量精度 (0.01%), 它的实验模拟装置如图 2 所示.

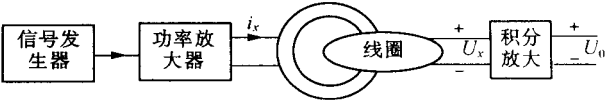


图 2 传感器实验模拟装置

2 暂态信号的限能电路

一般, 短路冲击电流是电机正常运行时电流的十几乃至数十倍, 从安全出发, 必须限能, 以防大电流对本系统的破坏. 另外, 为使数据采集系统的设计和使用具有通用性, 就必须将电机稳态和暂态时的电流规范到某一固定范围内, 这也便于后面线路的设计及工作. 鉴于此, 设计信号调理电路使电机无论正常或故障运行时, 电机信号被采样前均规范到 $5V \sim +5V$. 它的电路图如图 3 所示.

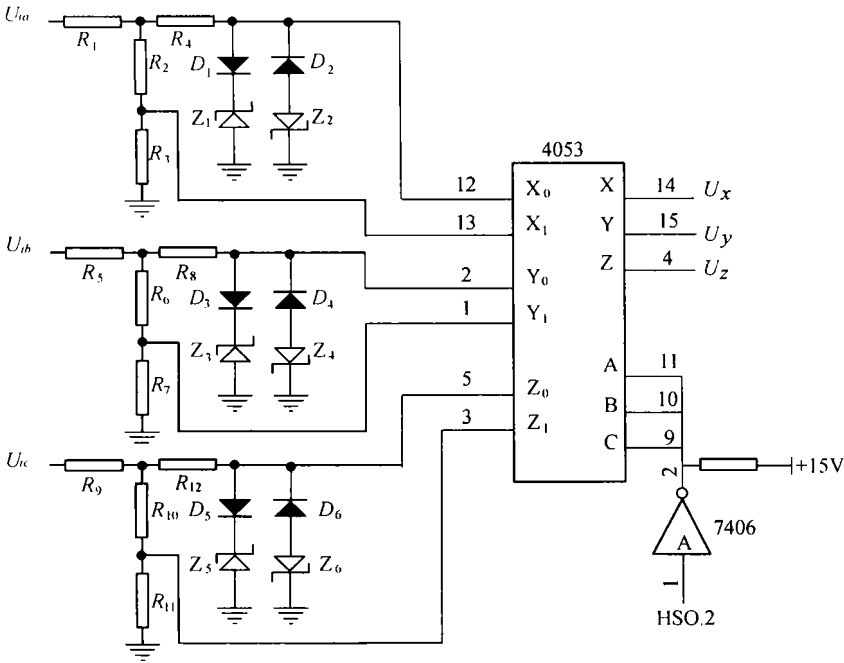


图 3 电机信号的限能电路

当电机正常运行时, 双路转换器 4053 的 A、B、C 为低电平, X_0 、 Y_0 、 Z_0 接通, 以 C 相为例:

$$U_z = \frac{U_{ic} \times (R_{10} + R_{11})}{R_9 + R_{10} + R_{11}}$$

当电机短路运行时, 8098 的高速输出端 HSO.2 产生低电平, 使 A、B、C 为高电平, X_1 、 Y_1 、 Z_1 接

通,

$$U_z = \frac{U_{ic} \times R_{11}}{R_9 + R_{10} + R_{11}}$$

因此, 要将输入的电压规范到- 5V~ + 5V, 必须合理选择 R_9 、 R_{10} 、 R_{11} (高精度金属膜电阻)的数值, 我们选择 R_9 、 R_{10} 、 R_{11} 、 R_{12} 分别为 200 k Ω 、3 300 k Ω 、200k Ω 、910 Ω .

3 数据采集系统(DAS)

DAS 是本系统的核心, 它所检测到数据的正确度和精确度直接影响以后的数据处理和分析的正确与否, 进而影响到能否正确判断同步电机的故障类型及相应采取的保护措施, 其硬件基本框图如图 4 所示.

为提高精度, 本数据采集系统采用的是伪同步数据结构配置, 即在每个模拟信号输入通道配置一个采样保持器, 采样保持器的输出保持在电容上, 由单 8 路模拟切换开关 MUX4051 按一定顺序(由高速输出端 HSO. 1 和 HSO. 4 联合控制)依次接通采样保持器 LF398, 再由 AD574 分时转换出数字信号, 供 8098 单片

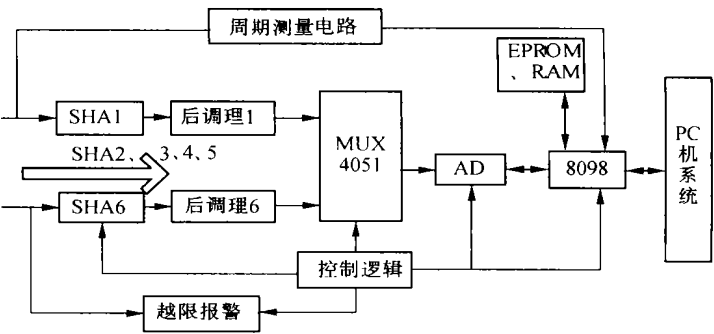


图4 数据采集系统的硬件框图

机进行数据信息处理. 由于能对 6 路电机信号同时进行采样, 不仅便于各路信号进行瞬时比较, 给系统的校准带来方便, 消除了分时采样带来的时间歪斜误差. 而且在控制策略上, 对于 4051 采用顺序通道的控制方式, 对 AD574 采用查询法进行控制. 8098 的中断响应线可接受电机运行状态发生变化而产生的中断信号, 对电机的故障信号采用中断法, 对电机信号的输入输出采用存储器统一编址方式, 对片外扩展的存储器的连接采用线选法.

越限报警电路则实现了 I_A 、 I_B 、 I_C 三相电流中, 只要有一相越限, 就产生中断报警. 通过 PC 机的音箱发出声音报警, 通过外接发光二极管发出光报警.

而在采样方式的选择上, 当电机发生故障时, 可采用等间隔采样方式, 记录故障三相电流、电压的瞬时波形. 当电机稳态运行时, 采用变步长采样方式(如图 5)平均法检测电流、电压和

功率有效值. 如根据采样定理, 被测交流电压的有效值 $U = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N u_i^2}$ (N 为采样点数, u_i 为离

散采样值).

这里特别要提到的是采样保持器的保持电容 C_H (如图 6)的选择. 由于要求测量的精度高, 保持电容 C_H 选用聚苯乙烯作介质, 它所引起的电压误差小. 从缩短捕捉时间、减小动态采样误差、经济的角度来看, C_H 的电容量要小; 从降低保持阶跃和下降速率着眼, C_H 的电容量要大. 因此, 本系统的保持电容用 500 pf. 模拟电压在保持时间(605 μ s)内的下降值

为 0.036 3 mV (即 $\frac{30PA}{500PF} * 605 \mu s$), 相当于 10 V 满量程的

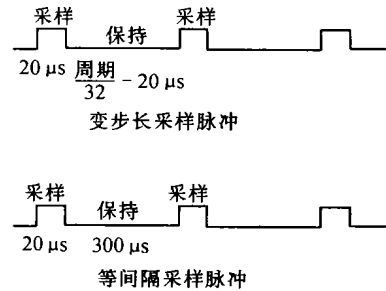


图5 采样脉冲示意图

0.003—63%, 对 AD(AD574 的转换精度为 0.024%) 的精度影响可以完全忽略。

由于电网电压波动, 同步电机的基波频率在 50Hz 左右不稳定, 因此要准确得到离散采样值 u_i 的前提是精确测量同步电机信号的实时基本周期, 它是获得各个参数精确值的关键, 因此将单片机的高速输入端 HSI 应用于电机信号的周期测量, 误差不超过 $2\mu\text{s}$, 为此设计了二阶有源低通滤波器 U_2 (如图 7)。为避免电机信号中的高次谐波通过零点比较器 U_4 (Lm311) 时产生歪斜, 在过零点比较器前设置低通滤波器 U_2 , 放大器 U_3 为抬高 U_4 输入电压的幅值。

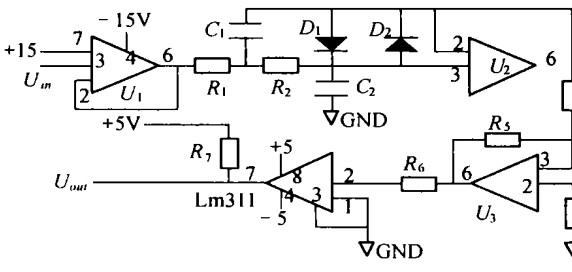


图 7 周期测量电路

另外, 为提高精度, 减少误差, 整个的硬件设计加强了抗干扰措施, 如数字部分与模拟部分通过光电耦合元件隔离, 多电源的负载都回到本电源的低端, 再将电源的低端联到一起, 充分考虑检测系统的电路布局及印刷板电路的走线等。

4 结束语

通过仿真试验, 本硬件电路成功地实现了大型同步发电机正常运行和三相突然短路时的三相电流、三相电压的高精度采集, 将采集到的电机模拟信号进行保护、转换、量化及输出存储等一系列处理后, 可与 PC 机进行数据通讯, 并将电机故障时的三相电流、电压故障信息的数据存储为磁盘数据文件中, 以方便用户对故障信息的加工处理等。

本电路利用数字化测量的特点, 采用多种设计措施来提高本电路的精度是有效可行的, 利用保存数据进行模拟对比的精度比设计的目标精度 0.1% 高, 当然, 整个系统的精度还与工作环境与软件设计有关, 对此, 将另文说明。

[参考文献]

[1] 周鹗, 徐德金. 电机学[M]. 北京: 水利出版社, 1988
[2] 沈兰录. 数据采集技术[M]. 北京: 中国科技出版社, 1990
[3] 何秀伟. 电机测试技术[M]. 北京: 机械工来出版社, 1985

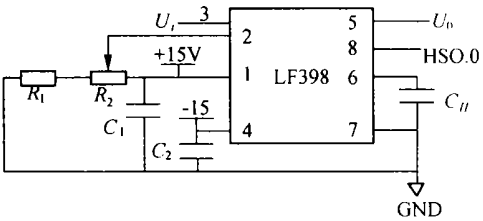


图 6 采样保持器

周期测量电路的止频率 $f_c = \frac{1}{2R_1R_2\sqrt{c_1c_2}}$ ($R_1=R_2$), 自激振荡频率为 $f_c = \frac{1}{2\pi R_c}$ ($R_1=R_2=R, c_1=c_2=c$), 根据 Butterworth 型低通滤波器的电路参数设计原理, 本电路的参数 $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6, R_7, c_1, c_2$ 分别选为 $8.2\text{k}\Omega, 30\text{k}\Omega, 13\text{k}\Omega, 4.7\text{k}\Omega, 510\text{k}\Omega, 16\text{k}\Omega, 39\text{k}\Omega, 220\text{nf}, 220\text{nf}$.

(下转第 29 页)

3 结束语

状态反馈控制系统在原油加热炉的温度控制系统中的实现,取得了良好的控制效果.它充分体现了状态反馈控制系统,具有串级控制系统的特点,对于进入内回路的干扰有较强的克服能力;又由于它包含了系统的各个状态,因而对于干扰引起状态的变化能起到及时而准确的校正作用.只要状态控制器各参数整定恰当,状态反馈控制系统能得到很好的控制质量.可以确信,状态反馈控制系统在现代工业过程控制中,将会得到广泛的应用.

[参考文献]

- [1] 蒋慰孙,俞金寿.过程控制工程(第2版)[M].北京:中国石化出版社,1999
- [2] 吴麒.自动控制原理(上册)[M].北京:清华大学出版社,1990
- [3] 庞国仲,白方周,濮洪钧.多变量控制系统实践[M].合肥:中国科学技术大学出版社,1990
- [4] 王骥程.化工过程控制工程[M].北京:化学工业出版社,1983
- [5] 吴勤勤.控制仪表及装置[M].北京:化学工业出版社,1997

Application of SLPC to State Feedback Control System

Liu Rucheng

(Department of Control Science and Engineering, Nanjing Normal University, Nanjing, 210042, PRC)

Abstract: State Feedback Control (SFC) system is a progressive control system. The paper primarily concerns with the design of state controller and putting it into practice by SLPC programmable digital controller. The result shows that only when the designer of state is correct, can be a good control quality achieved.

Key words: SFC, controller, object function, SLPC

[责任编辑:刘健]

(上接第20页)

The High Accurate Detecting System of Synchronous Generators

Gu Juping^{1,2}, Li Jianzhong¹, Qian Yushou¹, Hu Minqiang¹

(1. Department of Electrical Engineering, Southeast University, Nanjing, 210096, PRC;

2. Department of Information Engineering, Nantong Institute of Technology, Nantong, 226007, PRC)

Abstract: A detecting system with high accuracy is designed for synchronous generators, the transient signals are saved as quickly as possible to the expanded RAM and the data can be sent to PC by an interface. Steady signals can show lively and dynamically by CRT. When the generators break down, one will be warned of the accident by the detecting system with sound and light. The system possesses high stability and practicability. Several means are used to ensure its accuracy. The whole accuracy of this system is up to 0.1%.

Key words: high accurate measurement, data acquisition, single-chip microcomputer

[责任编辑:刘健]