

HT-7U装置主机短路检测系统设计

Design of Detection System for Short of HT-7U

钱静 陈灼民
Qian, Jing Chen, Zhuomin

摘要: 本文介绍了国家大科学工程 HT-7U 核聚变实验装置主机短路检测系统的设计与实现,描述了系统的硬件组成、软件设计原则,流程图以及网络通讯,并阐述了有关的抗干扰技术。

关键词: 短路检测;设计原则;网络通讯;抗干扰

中图分类号: TP274+.4 文献标识码: A

文章编号: 1008-0570(2003)10-0036-02

Abstract: A kind of short detection system, used in Chinese National Project HT-7U which is a fusion experimental device is introduced in this paper. The hardware, principles of software design of this system, flowchart and net communication are introduced in details. Related anti-interference techniques adopted in the practical field are also discussed.

Keywords: Short detection; Design principle; Net communication; Anti-interference.

1 引言

HT-7U 装置是一个由我国自行设计和建造的全超导的先进核聚变实验装置。装置主机由超导纵场线圈、超导极向场线圈、真空室及其内部部件、内外冷屏、外真空杜瓦和电流引线等部分组成,其中纵场线圈、内冷屏、外冷屏分别由 16, 16, 8 个互相电气绝缘的部件构成。若该装置组成部分之间短路构成回路将会影响装置等离子体的放电效果以及装置的热稳定性等。因此要对装置各部件间的电气绝缘状态进行检测和校核,尤其当发生短路的部件间形成回路时,要能及时诊断,以便尽早采取措施。

根据 HT-7U 装置运行要求以及设计情况,统计出需要检测的彼此电气绝缘的部件共 42 个。考虑系统的可扩展性,设计该装置短路检测系统时,将需检测的部件设为 48 个。本检测系统所要产生的控制信号以及需要采集的信号类型如下:

1. 数字信号 为实现信号的电平转换,需要 144 路数字信号去控制 144 路固态继电器的相应状态。此外,还需要一个 6bits 数字信号去控制几个 16 选 1 的多路转换开关以输出所需要通路的模拟信号。

2. 模拟信号 经过多路转换开关选择以后,需要采集的模拟信号是一个 +2.5V 到 +5V 之间的电压信号,在采集后要将该电压信号按相应公式转换成所需要的绝缘电阻值。该绝缘电阻值反映装置两个构件的电气绝缘状况。当它低于某个预定值时,我们认为相应的两个部件间有短路现象发生。

2 系统总体设计及硬件配置

从对控制信号以及所需采集信号的特性出发,本检测系统是一个典型的计算机应用系统,其结构框架基本上定位于 PC 工控机+控制以及采集卡+外接调理器的模式。其系统原理框图如图一所示。

根据检测系统的功能要求,选择的硬件型号如下所示:

(1) 数字量输入输出卡采用研华公司的普通型 ISA (Industry Standard Architecture) 总线控制卡 PCL-722。该卡具有 144 路 TTL 数字量输入输出通道,输出高电平最低为 2.4V,输出低电平不超过 0.5V,可以直接用于继电器以及开关的控制。

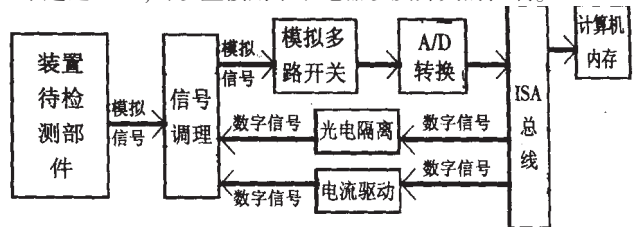


图1 检测系统原理框图

(2) A/D 采集卡选用研华公司的基于 ISA 总线的 PCL-711B,它是一种多功能数据采集卡。我们根据需要,使用其具有的以下功能:

a) 具有 16 bits 与 TTL 兼容的数字量输出功能;

b) 具有 8 路单端 A/D 转换, 12bits 分辨率, 输入电压范围有 5 种, 最大为。可根据需要, 编程选择输入电压范围、放大器增益以及 A/D 转换触发方式等参数。

(3) P III 工控机。主频 800MHz, 内存 128M, 硬盘 40G, 母板 ISA 总线扩展槽 7 个。

(4) 信号调理电路。其主要实现的功能为: 把反映 HT-7U 装置部件间绝缘状况的电阻值信号转换为计算机可以处理的电平信号, 并且实现计算机与现场装置的电气隔离等。

3 系统软件的设计与实现

3.1 软件系统设计原则 软件设计遵循以下原则进行设计:

3.1.1 易用性、可操作性

检测软件作为人机交互接口(HMI), 应具有良好的操作界面, 完善的功能。该软件基于图形用户接口, 直观、形象, 易于操作, 并且可以实时动态显示被检测对象的状态以及实现故障报警。

3.1.2 可管理性

检测软件应具有良好的可管理性。作为人机交互接口, 用户在使用过程中经常会对软件产品提出一些新的功能、性能要求, 因此软件应易于修改、易于管理。

3.1.3 容错性

用户操作失误或其他原因引起的失误是难以避免的, 即使用户输入失误也不会对系统造成影响。例如, 部件 1(真空室)与部件 33(纵场线圈的一个构件)没有电气联系, 但若用户检测该两部件间的绝缘电阻值, 并不会影响下层信号调理电路, 同时程序会弹出一个消息窗口, 告知用户此二部件间的短路检测没有意义, 请用户重新选择部件号。

3.1.4 实时性

为保证系统的实时性, 我们使用了高级语言 C++ 所具有的硬件操作函数, 如向采集卡 I/O 端口地址写操作字和赋初值的函数 _outp(写字节); 由于需要向 PCL-722 控制卡 I/O 端口地址

进行位的读写操作,为使程序简洁,因此在程序中嵌套使用多功能数据采集卡 PCL722-B 的驱动程序中的函数库,如函数 DRV_DioWriteBit()等等。

3.2 操作系统平台

Windows 以其强大的功能、友好的图形用户界面和灵活的操作在控制领域得到了广泛的应用,并成为许多计算机测控系统的软件开发和运行的系统平台。目前我们采用 Windows98 操作系统,今后可以根据需要,将软件移植到 Windows 2000 / NT 等其他操作系统平台下。

3.3 软件开发工具 软件开发工具选择开发人员广泛使用的基于 C/C++ 的面向对象的可视化开发环境 Visual C++。VC++6.0 功能非常强大,支持面向对象编程、模块化、代码可重用、组件共享等技术,大大提高了软件系统的设计、管理和开发速度。其生成代码的质量优良。整个系统软件的程序流程框图略可向作者索取。

3.4 软件的功能实现

本检测系统采用程序模块化设计方法,使得程序结构清晰,各模块均能完成一个独立的功能,与其他模块间的数据共享降低到最低程度,不仅重用性好,而且易于测试、联调和维护。整个程序主要由 5 个功能模块组成。如图 2 所示。

3.4.1 控制功能模块 此模块是检测系统软件的核心,通过控制固态继电器(SSR),光耦以及多路转换开关,控制信号调理电路完成相应的操作。

3.4.2 数据采集模块 负责根据所选部件编号以及采集模式,采集来自信号调理电路的模拟信号。

3.4.3 数据处理模块 对数据采集模块送来的信号进行数字滤波处理和单位换算,将最终数据以.txt 文件的形式存储于本地计算机中。此外,分析处理后的结果,一旦判断发生短路的部件形成了环路,则立即进行报警处理。

3.4.4 实时数据图形显示 显示装置现场部件俯视图,部件间的电气连接以兰色线条表示电气绝缘良好;以红色线条表示电气绝缘破坏,发生了短路,这样直观地实时反映出装置各部件间的短路情况。

3.4.5 通讯模块 短路检测系统是为 HT-7U 核聚变装置技术诊断提供分析的,因此必须将该系统以文本形式存储的检测数据发送到局域网内技术诊断组的数据服务器,以便汇总分析。通讯模块分为运行在数据服务器上的服务程序和运行在本地工控机上的客户程序两部分。

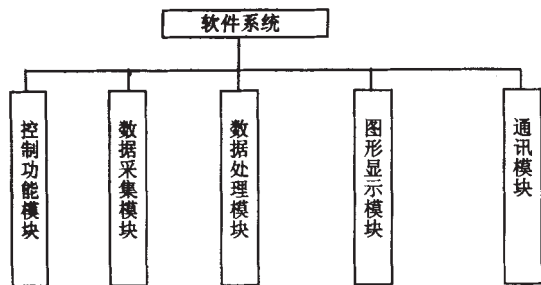


图 2 软件系统模块功能图

4 网络通信的实现

WinSock 为我们提供了 Windows 环境下网络通讯的编程接口。应用程序通过调用 WinSock 的 API 实现相互之间的通信,而 WinSock 利用下层的网络通信协议功能和操作系统调用实现实际的通信工作。该短路检测程序的主线程处理用户界面(UI),WinSock 调用在辅助线程中完成。

该短路检测系统运用阻塞模式的流套接字在 TCP/IP 网络上实现客户机/服务器方式(Client/Server)的进程通信。具体通

信过程为:客户机(即检测用工控机)向服务器(即数据服务器)提出连接请求。一直处于监听状态的服务器与它建立连接;客户机通过调用 WinSock 的 API 向该服务器端发控制指令,传送指定文件;服务器接收数据流。当数据传送完毕时,客户机发断开连接的消息给服务器,从而服务器断开与该客户端的连接。本系统客户机和服务器之间采用了非对称的通信协议,因此工控机被不可改变的认为是控制机,而数据服务器则是被控机。

本检测系统的服务器端(即数据服务器)在某个时刻可能需要接收若干客户端的上传数据,所以采用多线程技术实现点与点之间的文件传送。服务器端主要功能为监听客户和接收文件。为实现多线程,服务程序把功能独立出来,且包装成线程。首先建立一个监听线程,主要负责接入客户,并启动另一个客户线程。用户线程负责数据接收的相关任务。服务器收到客户程序发来的断开连接消息,则服务程序终止该客户线程。

5 提高系统可靠性的措施

由于本系统所检测信号的现场环境恶劣,干扰信号包括电磁干扰、热噪声和非电干扰。为有效排除和抑制干扰信号,主要采取以下措施:

(1)对于检测用的装置部件上的电位抽头,用屏蔽线从装置现场引到控制室;信号调理装置与工控机放置在控制室,消除了装置现场电路与检测系统电路间由于分布电容的影响而产生的电场耦合干扰。

(2)信号调理装置中采用低通滤波以及光电隔离元件,从而提高硬件电路的抗干扰能力,并且抑制干扰信号进入计算机系统;

(3)控制产生干扰量的因素

输出信号仅随被测信号而变,若能控制产生干扰量的因素,使之不变或减少变化,就能达到保真的效果。如放大器的输出电压受到放大器电源电压波动的影响,电源电压对放大器来说是环境变量,但对系统而言是内部变量。为了保证系统输出稳定,应该保证电源稳定不变和极小的纹波系数。

(4)软件设计上采用数字滤波技术,通过一定的计算程序,对多次采样信号构成的数据系列进行平滑加工,以提高其有用信号在采样值中所占的比例,减少乃至消除各种干扰及噪音。针对本检测系统可能出现的干扰,采用复合滤波的方法。待测的信号频率很低,模拟滤波器由于受电容容量的限制,频率不可能太低。因此采用 RC 低通数字滤波;然后再进行一次算术平均值法滤波。这样,结果更接近真实值。

6 结束语

本系统已成功通过调试实验,稍做修改即可应用于类似的其他场合中。本系统的成功实现将会改变以往靠手工进行短路检测的情况,对 HT-7U 大装置技术诊断向着自动化、智能化、网络化的方向发展提供了经验。

参考文献:

- [1]刘大海,陈灼民等.HT-7U 装置设计文集(三).2000.
- [2]张海藩.软件工程导论[M].北京:清华大学出版社.1992.
- [3]陈坚.陈伟等.Visual C++ 网络高级编程.人民邮电出版社.2002.

作者简介:钱静,1975,女,中国科学院等离子体物理研究所 2000 级硕士,在导师陈灼民(研究员)指导下,从事新型核聚变大装置 HT-7U 技术诊断课题组中有关核能控制与工程方向的研究。手机:13855195563,Email: jing@ipp.ac.cn

(230031 安徽省合肥市 1126 信箱超导电工中心)钱静
陈灼民

(收稿日期:2003.4.12)