

HT-7 中性束注入装置数据采集系统的设计与应用

汪永军 胡纯栋 刘智民 刘 胜 中科院等离子体物理研究所(230031)

Abstract

The data acquisition system for neutral beam injection applied in national great science engineering HT-7 was designed. Adopting sensors, A/D conversion and network communication etc, realized the real-time data acquisition of ion source and neutralized chamber and vacuum part, achieved the purpose of knowing the experiment running status of the equipment and improving the experiment result.

Keywords: data acquisition, network communication, A/D conversion, neutral beam injection

摘要

设计了应用于国家大科学工程 HT-7 的中性束注入数据采集系统。采用传感器、A/D 转换、网络通信等方式,实现对离子源、中性化室和真空等部分的实时数据采集,达到了解装置各部分的实验运行状态,进一步提高实验效果的目的。

关键词: 数据采集, 网络通信, A/D 转换, 中性束注入

中性束注入加热等离子体,是提高托卡马克离子温度的一种有效方法。大功率中性束注入在核聚变研究装置的等离子体加热、磁约束改善、无感电流驱动及加料方面均占有重要地位,国际上的托卡马克实验装置实验中,它是最有效的加热手段。设计应用于国家超导托卡马克装置 HT-7 上的中性束注入的数据采集系统,能有效提供实验人员装置运行状态和结果,进行数据分析,提高实验水平。

1 系统分析

1.1 中性束注入装置

HT-7 中性束注入系统主要由离子源、主真空室、中性化室、偏转磁铁、漂移管道、真空系统、束能测量装置和各部分电源系统等组成。系统需要在 10^{-3} 真空度下,由离子源引出的一束高能离子,进入中性化室与气体分子相互作用,使其中的一部分转化为高能中性粒子束,然后经漂移管道输送到 HT-7 装置,对 HT-7 内的等离子体进行加热。

整个装置需要在高真空环境,以大功率脉冲的方式运行,因此要对真空、高压、气体、温度等变量进行测量,以建立和维持实验运行所需环境。并要对实验运行过程中的状态参量实时检测,了解实验过程和结果,为提高下一轮实验效果打下基础。

1.2 采集系统的设计要求

根据中性束注入装置的特点以及实验现场环境的要求,对系统的设计要求如下:

- 1) 装置系统的被测量有灯丝、磁场、气阀、冷却水、真空度、弧流等参数,所以采集系统能够同时满足多路信号的测量。
- 2) 由于被测量参数电压值幅值大小不同,与地电位压差也不一样,所以需要将对被测量信号进行取样,将幅值控制在 0~10V 以内,然后再输入 A/D 卡的信号接线板。
- 3) 测量现场有比较强的磁场和电场,干扰比较严重,选取有屏蔽作用的同轴电缆作为信号传输线,从硬件上减小干扰的影响,并对采集的数据进行滤波处理,使更接近真实值。
- 4) 装置现场存在高压、强磁场和射线,要求系统的设计具有远程管理和控制数据的采集和网络传输功能。
- 5) 为达到装置的高精度测量和长时间运行,采集系统的设计要满足高速、大容量的要求,所以硬件选取采集频率高的 A/D 卡,软件采用双缓冲编程模式。

2 硬件设计

由于实验装置现场存在磁场、电场和高压,不适宜实验人员长时间在现场工作,因此采用远程网络通信,把主控计算机为上位机,数据采集机为下位机。主控计算机安排在控制室,提供给实验人员人机接口和对下位机的控制,下位机放置在实验现场,通过传感器,完成数据采集,采集系统的硬件设计如图 1。

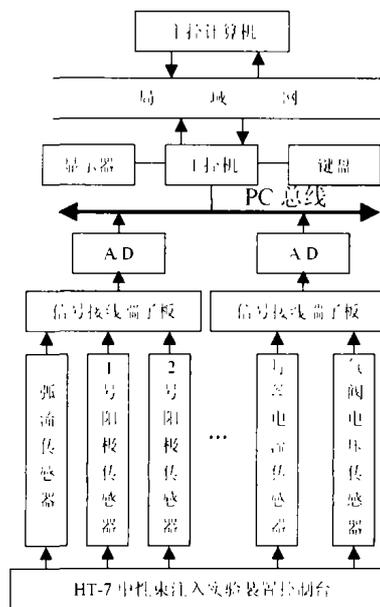


图 1 中性束注入数据采集系统硬件结构图

系统测量的核心元件采用凌华公司的 PCI9112 型数据采集卡,具有 12 位模拟量输入分辨率、最高 110KHz 采样频率和通道自动扫描等特性。该采集卡提供单端输入和差分输入两种模式,单端输入模式可以同时满足 16 路模拟信号的测量,差分输入模式可以同时满足 8 路模拟信号的测量。在误差允许范围内,为节约成本,本系统采用单端输入模式。传感器采用南京茶花港联传感测控公司的直流漏电流 DS-050LT 和霍尔电流 CSM500F 系列,其作用是对被测信号进行取样,将电幅值控制在 0~10V 内。实验运行时,系统装置上的弧流、阳极电压、灯丝电流、气阀电压等信号通过传感器接入 A/D 卡的信号接线端子板,再经过 A/D 模/数转换以数字量的形式将数据保存在本地计算机的硬盘上,同时把数据通过网络传送到主控计算机。

3 软件设计

本系统在 Windows2000 平台上,用 VC++6.0 进行编程,采用 C/S 模式和 Socket 通信接口,利用广泛使用的 TCP/IP 通信协议,完成数据的采集和网络的传输。

为了满足长时间高速数据采集,系统采用了采集卡的双缓冲编程模式:双缓冲模式编程比单缓冲模式要复杂,单缓冲模式采集的时间取决于系统初始分配的缓冲区大小和机器可用内存的大小,双缓冲模式实际上是一个缓冲区被逻辑上分为相等的两部分,采集的数据以 DMA 方式先存储在第一部分,第一部分满后,再将数据存储在第二部分,这时可以将第一部分的数据存入硬盘,待第二部分满后,系统将采集的数据再存入第一部分并覆盖原来的数据。这样采用缓冲区循环利用的方式,达到了长时间、高速数据采集。中性束注入装置数据采集系统的程序流程图如图 2 所示。采集系统首先要进行采集参数初始化。把用户在主控计算机上设置的采集时间、采集频率、采集信号名、单位、放大倍数、炮号等参数以文件的形式发送到现场的采集计算机上,然后采集计算机巡检触发端口,确定触发信号是否到来,该触发信号 PLC 来控制,触发后开始数据采集,由于系统是多个采集卡同时工作,所以采用多线程的编程方式,多个采集卡并行工作,满足多路信号的测量。采集后进行数据存盘,再用 GT-7 画图软件(中科院等离子体开发,应用于等离子体物理实验)将数据图形化,然后发送数据到上位机,上位机可以对数据进行处理和图形显示等一系列操作。

4 系统的实验应用

随着中性束注入实验的运行,数据采集系统也投入了实际应用,对实验运行时的电压、电流、真空度、温度等几十路模拟量采集,系统运行表明,远程多路数据采集系统很好的满足了装置

的运行需要。等离子体电流放电处于稳定运行状态,脉冲高度为 60A 左右,脉冲长度为 350ms。

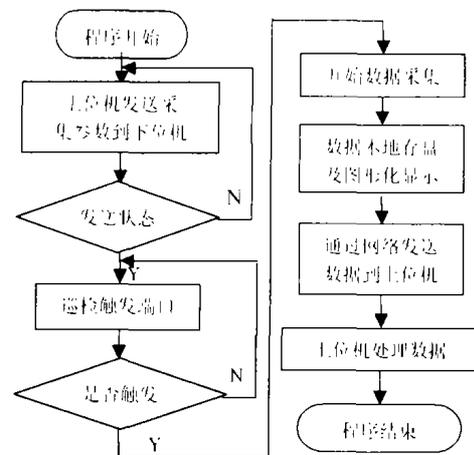


图 2 程序流程图

采用网络完成远程数据的采集和传输,实时了解中性束注入装置运行环境和运行状态,为提高系统实验水平和理论分析提供基础,系统初步可完成 64 路的数据采集和传输,并具有开放性和灵活性,很容易扩展到上百路信号的采集,其设计思想和方法可广泛应用于工业控制的其他领域。

参考文献

- 1 卢杰,张集泉,钟光武,等.HL-1M 中性束注入期间离子温度的变化.核聚变与等离子体物理,1999
- 2 侯俊杰著.深入浅出 MFC(第二版).武汉:华中科技大学出版社,2001

[收稿日期:2004.5.9]

(上接第 57 页)

意识地设计电子秤检测、流量计和网带速度变频器由控制层组网控制,而不让管理层(工控机)来组网控制。

因为 PLC 是可靠性更高,控制功能更强的部件,因此,一旦当工控机(真正的管理层)死机后,生产线仍能按原来的管理命令正常运行。如果这时,要修改命令,仍可以在由控制层构成的网络现场操作站进行修改。这样,使整个控制系统的可靠性又提高了一步。

4 故障查询报警和实时处理系统

在大型系统中,保护系统要做得很完善,有时往往比控制系统本身还复杂。电力系统就是一个例子,在学科上,它分出了一个专门的继电保护系统加以研究,使电力网系统成为保护性最强,可靠性最高的系统之一。

该系统中,大量的编程用于故障报警和故障实时处理。

在故障实时处理系统中,故障报警到点是基础。我们以每一工位和每一机械手的故障组态为一个基本故障报警屏,每个故障屏上再呈现每一点的故障内容和处理方法,共计故障屏 45 屏,同时在工控机和相应的现场网络操作站上显示。

把每一条生产线都看成有很多柔性工位组成,它没有绝对的自动和手动。在故障这一矛盾出现时,它们会以工位为单位柔性地转换,生产线还是正常运行。

具体的方法是:在自动运行过程中,当某点出现故障,发生故障的那个工位会自动转入“手动”状态(其它工位照旧),操作人员可以在此状态下安全地排除故障,而不影响全线的运行。故

障修复后,对该工位进行一次“故障恢复”按键操作,则该工位又自动转为“自动”状态,重新加入全线自动运行的行列。

该故障实时处理系统在现场使用效果很好,极大提高了全线自动化运行的水平。

5 结束语

该控制系统 PLC 控制网、DCS 仪表网、现场操作站网和设备网,构成了三层二级网络系统。虽然,它们仍都是 RS485 网,尚有主从设备之分等缺陷,但已经利用网络控制的优点,使在车间级的控制中,相互连线大为减少,控制层间关系更加明确,操作更加方便,可靠性更高。

一个系统在设计时,一定要理顺管理层、控制层和设备层三者之间的关系。在现阶段,作为管理层的计算机只作为发布命令实施管理用,而不参与控制,这样即使在计算机死机的情况下,系统通过控制层和设备层照样可以运行下去。当然,严格区分管理层和控制层,有时会牺牲一些资源的综合利用,但是换来的却是系统的可靠性。

柔性工位的故障实时处理系统,可以为大型复杂的生产线的控制软件设计提供一些有益的启发,克服了“有故障,则停机”的旧观念。

参考文献

- 1 阳宪惠.现场总线技术及其应用.北京:清华大学出版社,1999
- 2 邱公伟.可编程控制网络通信及应用.北京:清华大学出版社,2000

[收稿日期:2004.4.21]