

电子加速器调压器自控系统

张硕成 王 丹 敬 岚 乔卫民 马云海

(中国科学院近代物理研究所信息工程研究室 兰州 730000)

摘要 为满足我所电子加速器的控制要求而自主研发了调压器控制系统。该系统的设计包括系统硬件设计、电路设计、工控机和单片机控制软件设计。控制功能模块采用 RS232 和 RS485 通信接口,可以根据需要选装光纤接口建立工业光纤通讯网络,进一步扩展使用范围并提高通讯系统的可靠性。实际应用表明,系统在无人值守情况下可自行调整并稳定调压器输出电压,可满足电子加速器调压器的精确控制和自动控制要求。该系统依据通用设计原则,具备实现简单、易于维护、可扩展性好及成本低廉等特点,在其他工业控制自动化领域也有一定的应用价值。

关键词 电子加速器, 调压器, 自动控制, MSC1210 单片机, 光纤通信

中图分类号 TP273

电子加速器是一种利用电磁场加速电子束,使发射束流具备较高能量,并控制束流运动轨迹的物理装置。实际生产中正是利用电子加速器产生的高能电子束流进行辐射加工工作。辐射技术经过数十年的发展与进步,已逐渐发展成为一种较为成熟的工业加工方法,因其具有高效、安全、清洁、环保等特点,在现代生产加工的各行各业得到了广泛应用。例如:辐照杀灭细菌进行食品消毒、辐照植物果蔬保鲜、海关辐照检疫、邮政系统有害生物细菌灭活消毒处理、利用电子加速器取代传统放射疗法治疗恶性肿瘤、生物辐射育种、乳胶辐射硫化、涂层辐射固化、辐射技术治理水污染、化工厂粉尘烟气的辐射净化处理、白酒的辐射人工催陈技术处理、辐射制造纳米材料等。应对不同行业的实际需要,电子束流的强度要求也不相同,因此对加速器的调节能力及控制系统也有不同要求。

电子加速器主要由加速器主体、供电系统、控制系统等几部分组成。调压器是电子加速器供电系统中的一个重要的组成部分,它可以提供 0—600 V 的连续可调电压,可保证加速器根据使用需要连续、自由、精确地调节输入电压。为满足加速器控制的要求,调压器控制系统必须能自动修正因市电电压波动而造成的输出电压波动。实际使用中,允许的电压波动范围为 $\pm 5\text{ V}$ 。本系统利用专门设计的控制模块配合上位工控机实时监控输出电压波动,可以在无人值守的情况下自动将电压稳定在预设定值的 $\pm 3\text{ V}$ 以内,保证了加速器工作电压的稳定性。

加速器在工作时会产生较强的辐射,为保证生

产工作人员的安全,其工作环境必须可靠密闭,以屏蔽辐射。在供电系统中变压器附近因高压电危险,也要求工作人员必须远离现场。此外作业现场有较强的电磁辐射干扰,可能影响控制信号传输。针对上述问题,我们有选择性地使用光纤通信模式,可以增加控制信号传输距离,并加强系统的通信抗干扰能力。有关光纤通信应用的具体介绍可见参考文献[1]和文献[2]。

1 调压器控制系统

1.1 控制系统组成

如图 1 所示,硬件系统由工业控制 PC 机、控制模块、隔离变换器、步进电机驱动系统和限位装置几部分组成。其中控制模块具有模拟量采集(电压采集 ADC)和步进电机控制器双重作用。

电机系统采用了北京斯达特电机厂生产的 110BYG250C 型两相大扭矩步进电机,最大静扭矩

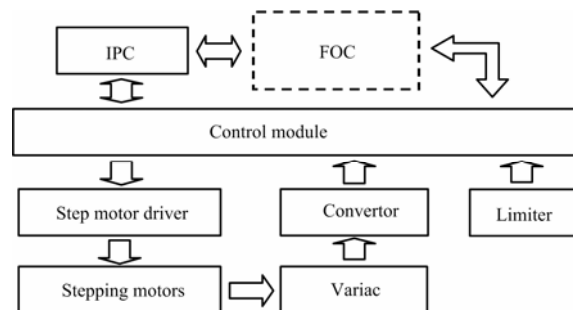


图 1 控制系统组成

Fig. 1 Structure diagram of control system

18 Nm, 驱动电压 110 V; 电机驱动器采用与之配套的 SH-2H110M 型驱动器, 可选 2、5、10、20、40 细分数, 最大相电流 6 A。配合减速机可以将扭矩进一步扩大, 保证操作的可靠性。电极驱动器与电机控制器(控制模块)采用共阳极连接方式。控制模块的电机控制程序部分专门设计了防止电机突跳和急停的升、降速曲线, 曲线斜率可根据实际速度和扭矩要求综合考虑后自由调整。有关电机控制见参考文献[3]。

隔离变换器与变压器输出端并联, 可根据调压器 0—600 V 的变化线性输出 0—5 V 的直流电压, 控制模块将 0—5 V 的模拟量采集并进行处理后, 反馈给上位机(工控 PC 机)。调压器有上下两个极限位置, 限位器的作用就是保证调压器在安全区域内往复运动, 不会因为人为误操作损坏硬件设备。当机械装置接触到任何一个限位开关, 电机会自动停止运动, 并且只能向相反的方向运动。控制通信方式可根据需要采用光纤通信接口(图 1 虚线内部分), 从而有效提高系统抗干扰能力, 保障通信可靠进行。整套系统组成闭环控制系统, 由系统自动判断电压是否在允许范围内, 电压一旦超出 ± 3 V 的范围, 系统会自动驱动电机提高或降低 2 V 来适应电压波动。调压器控制系统分为手动和自动两种工作模式, 自动工作模式下无需人为干预。

1.2 控制模块硬件组成

控制模块核心采用德州仪器出品的 MSC1210-Y5 型单片机。控制模块构成如图 2。

德州仪器(TI)的 MSC1210 单片机集成了一个增强型 8051 内核, 时钟频率可达 33 MHz, 比标准 8051 内核执行速度快 3 倍, 指令与 8051 完全兼容, 可以使用原有 8051 开发系统; 有 8 路 24 位低功耗(4 mW) Δ - Σ A/D 转换, 可编程增益放大(PGA)

在 1—128 之间可调, 极大提高了 ADC 精度; 32 个数字 I/O 端口, 全双工 UART; 片内集成了高达 32 KB 的 Flash 存储器, 而且 FLASH 可定义为程序区与数据存储区, 可根据需要灵活使用。片内 SRAM 也多达 1.2 KB, 外部可扩展至 64 KB 存储器。可串行编程, 可重复擦/写操作 10 万次。MSC1210 系列的硬件和引脚定义全兼容, 同系列芯片可互换使用。光电隔离器件采用夏普(SHARP)公司的 PC814 和 PC817, 该产品具有隔离电压高(超过 5 kV), 体积小等特点, 适合与可编程微控制器等配套使用。

在一般情况下, 工控机和控制模块安装在一起, 而且它们与电子加速器之间有良好的电气隔离及辐射保护分隔, 使得工控机与控制模块间通信不受影响。工控机与控制模块之间可采用 RS232 串行数据线将它们直接连接; 在某些特殊场合, 例如控制模块被安置在调压器附近, 与工控机距离较远, 而且现场电磁波干扰严重时, 为保证通信正常和系统维护的方便, 就需要采用光纤通信方式。如图 2 中虚线部分所示, 采用我们自主开发的 RS485 光纤适配器和光纤通信路由器配合使用, 可实现较远距离的光纤通信控制。光纤适配器和光纤通信路由器已在国家“九·五”重大科学项目: 国家重大科学工程 HIRFL-CSR(兰州重离子加速器冷却储存环)控制系统中应用, 以满足工程通信的质量要求。

该模块具备以下特点:

(1) 抗干扰性好。模块具有良好的电磁屏蔽, 如果采用光纤通信, 则抗干扰性更好。(2) 体积小, 易安装。与上位机采用标准串行口连接, 可安装在工控机箱或电机电源机箱内。(3) 可扩展性好。模块具有 8 路 A/D 通道, 在实际使用中既可以多路复用、提高精度, 也可以同时采集 8 路信号。数字 I/O 端口共 24 路, 可外接多台设备。(4) 易于维护。单片机程序可由串行口更新, 提高了效率。

1.3 控制模块程序设计

控制模块程序采用 C 语编写, 开发工具包为 Keil C 7.0。单片机控制程序中硬件地址判断功能是为了适应一台上位机同时进行多点控制的要求而设计的。总线广播寻址方式在工控领域已被广泛使用, 这样的设计使系统在需要快速组建控制网络时具备更好的扩展性和灵活性。A/D 转换部分采集的电压值处理成标准的十进制格式, 方便上位机的程序快速处理数据。为防止突跳和丢步, 电机驱动程序设计了增降速曲线, 电机控制程序适用于大多数步进电机和伺服电机控制, 经过适应性修改后即可推广至其他控制领域使用, 具备一定的通用性。

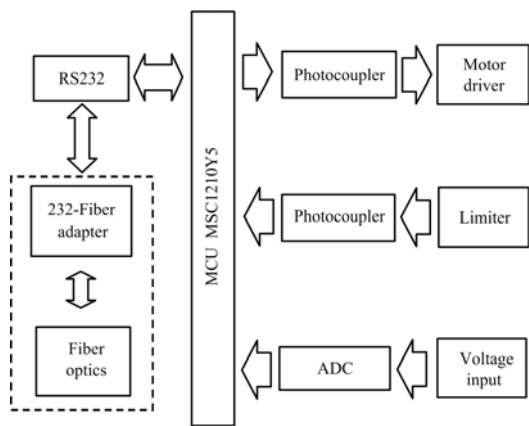


图 2 控制模块结构

Fig. 2 Structure diagram of module

1.4 上位机控制程序设计

程序流程如图 3 所示。为适应控制模块的通信波特率设定,此应用程序的串口和波特率可以调节。图 3 中实际电压显示为调压器实际输出电压。因为控制模块中 MSC1210 单片机的 A/D 转换值是在 2.5—5 V 之间线性变化的,所以实际电压可根据公式: $Y=120 \times 2(X-2.5)$ 计算后得出。设定电压为用户输入的电压,如果超过或低于设定值,“电压高”或“电压低”的红色警示会自动显示提醒工作人员。在自动模式下,无需人为调整,系统可自动根据实际电压与设定电压之差来驱动电机调节输出电压,并稳定在 3 V 以内。此外,程序还设计了电压校正(微调)功能,可在实际输出电压基础上进行细微

调整,以达到更加精确地设定输出电压的目的。

2 结束语

电子加速器调压器控制系统是一个较为典型的闭环工业控制系统,稍加变形和改进即可适应更加复杂的控制系统的要求。例如,将继电器连接至控制模块控制更多的开关量;增加传感器以处理更多模拟量;增加被控电机数量实现空间复杂动作协调控制;增加编码器、光栅尺等测量设备可实现机械装置的精确定位。如果与我们自主开发的光通信网络产品如光纤路由器、RS485 路由器等配合使用,不但可以实现更为复杂的多重控制、远程网络控制,而且能进一步增加系统通信可靠性。本系统在其他较为复杂的工业控制场所同样具有推广价值。

参考文献

- 1 王丹, 张硕成, 敬岚, 等. 核电子学与探测技术, 2006, 26(3): 380—381
WANG Dan, ZHANG Shuocheng, JING Lan, *et al.* Nucl Electron Detect Tech, 2006, 26(3): 380—381
- 2 张硕成, 王丹, 敬岚, 等. 微计算机信息, 2005, (9-1): 25—26
ZHANG Shuocheng, WANG Dan, JING Lan, *et al.* Micro Comput Message, 2005, (9-1): 25—26
- 3 敬岚, 朱海君, 张硕成, 等. 核技术, 2005, 28(6): 479—482
JING Lan, ZHU Haijun, ZHANG Shuocheng, *et al.* Nucl Tech, 2005, 28(6): 479—482

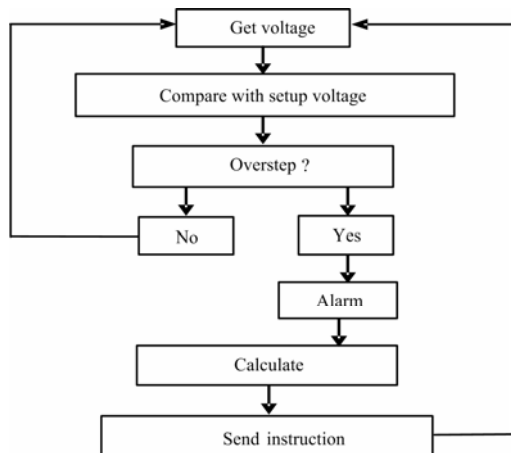


图 3 工控机 GUI 程序流程图

Fig.3 Flowchart of GUI program in IPC

Automatic control variac system for electronic accelerator

ZHANG Shuocheng WANG Dan JING Lan QIAO Weimin MA Yunhai

(COMLAB, Institute of Modern Physics, the Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

Abstract An automatic control variac system is designed in order to satisfy the controlling requirement of the electronic accelerator developed by the Institute. Both design and operational principles, structure of the system as well as the software of industrial PC and micro controller unit are described. The interfaces of the control module are RS232 and RS485. A fiber optical interface (FOC) could be set up if an industrial FOC network is necessary, which will extend the filed of its application and make the communication of the system better. It is shown in practice that the system can adjust the variac output voltage automatically and assure the accurate and automatic control of the electronic accelerator. The system is designed in accordance with the general design principles and possesses the merits such as easy operation and maintenance, good expansibility, and low cost, thus it could also be used in other industrial branches.

Key words Electronic accelerator, Variac, Industrial automatic control system, MSC1210 MCU, Fiber optics communication (FOC)

CLC TP273