

10 MeV 辐照电子直线加速器控制系统

曾自强,张立锋,吕卫星,高振江,张 艳,韩广文,王淑贤

(中国原子能科学研究院 核技术应用研究所,北京 102413)

摘要:本工作为 1 台 10 MeV 辐照用电子直线加速器研制控制系统。该控制系统采用分布式网络控制,由多个子系统构成。硬件采用 SIEMENS PLC 芯片和监控计算机,PLC 间采用 PROFIBUS、MPI 等高速总线进行连接,与监控计算机采用以太网连接,使用 TCP/IP 协议,能在互联网上远程监视和维护,进行网络控制。软件采用 STEP 7 和 C 语言等编写,对各子系统及子系统间连接均采用独立的数据块和功能函数块。部分硬件功能由软件来实现,使得整个系统更易于测试、制造和维护升级。

关键词:电子直线加速器;分布式控制;PLC 芯片

中图分类号: TL503. 6

文献标识码: A

文章编号: 1000-6931(2005)02-0114-04

Control System for 10 MeV Irradiation Electron Linac

ZEN G Zi-qiang , ZHAN G Li-feng , LU Wei-xing ,

GAO Zhen-jiang , ZHANG Yan , HAN Guang-wen , WANG Shu-xian

(China Institute of Atomic Energy , P. O. Box 275-17 , Beijing 102413 , China)

Abstract : Control system of the 10 MeV electron linac using Distributed Control System (DCS) was studied. The hardware of control system consists of four SIEMENS PLCs and monitor computer , the software bases on STEP 7 , Labwindows/ CVI and SQL Server. The bus between the monitor computer and the main PLC is 100M industrial networks , between PLCs is MPI bus , between PLC and remote partner is PROFIBUS , between PLC and terminals is RS485/ 422. The software of control system can provide a friendly human machine interface to operate the machine , protect the human and equipment from risk , and storage the status of the accelerator real time to the database. The monitor and maintenance of the linac can be carried out not only on local computer or local network , but also in internet.

Key words : electron linac ; distributed control system ; PLC

传统的加速器控制采用表盘、开关、继电器等电子学的手段,安装与调试困难,整体协调性很差,维护和升级困难。任何操作都必须在本地进行,对人力和物力造成很大的浪费。

现加速器多采用分布式控制,即将加速器控制系统分成一些相对独立的子系统,每个子系统的状态和控制通过 PLC 来实现。根据各个子系统对可靠性和实时性的要求来决定硬件

收稿日期:2004-05-25;修回日期:2004-11-26

作者简介:曾自强(1975—),男,湖北罗田人,高级工程师,硕士,加速器测控专业

的选择,由于只是子系统,硬件和软件的负担相对减轻。通过网络将各个子系统连接起来,形成一个整体。子系统的改变可以在子系统内部解决,外部只了解接口,对内部的细节可以不考虑。至于系统间连接的可靠性和高效性是通过网络协议来实现的。

本工作采用分布式控制方式研制1台10 MeV辐照用电子直线加速器的控制系统。

1 控制系统设计

根据控制系统的需要,本系统采用了分布式控制(DCS, distributed control system),将加速器控制系统分成一些相对独立的子系统,各个子系统能比较均等地分担控制功能,在彼此通信协调的基础上实现系统的全局管理。本系统具备远程访问的功能,其主要的功能是远程监视及维护,因此选用广域网(WLAN)或局域网(LAN)的连接模式,通过TCP/IP协议,采用客户端/服务器(C/S)的方式访问。

控制系统由1台计算机和4台PLC构成(图1)。系统采用的PLC是SIMENS的S7 300系列。PLC的CPU通过MPI总线连接;PLC与分布式I/O间采用PROFIBUS总线连接;PLC与终端如变频器、温控仪、钛泵电

源等采用RS485/232总线进行连接;主PLC与监控计算机间用以太网连接,采用TCP/IP协议,能在互联网上远程监视和维护,进行网络控制。软件采用STEP 7和C语言等编写。部分硬件功能由软件来实现,使得整个系统更易于测试、制造和维护升级。

加速器在运行时,尤其在出束状态下,控制系统的一些元器件处在一高压、强电磁场、一定放射性的环境下,对其长期稳定运行有一定影响,所以,系统的抗干扰性能及容错性能需要加强。在各种监测信号中留有冗余以增强系统的安全稳定性。

2 系统硬件构成

本分布式控制系统按功能分为8个部分。本地监控系统、远程监视系统、调制器系统、速调管系统、恒温系统、水冷系统、磁场系统、传送系统。各分系统有各自的控制单元及逻辑状态,通过工业以太网及工业控制总线技术将监控设备连接起来,构成了一个稳定、易于扩充的硬件环境。

1) 本地监控系统 本地监控计算机通过网卡按照设定的PLC以太网模块连接方式和端口建立起100M的高速连接。多台计算机可

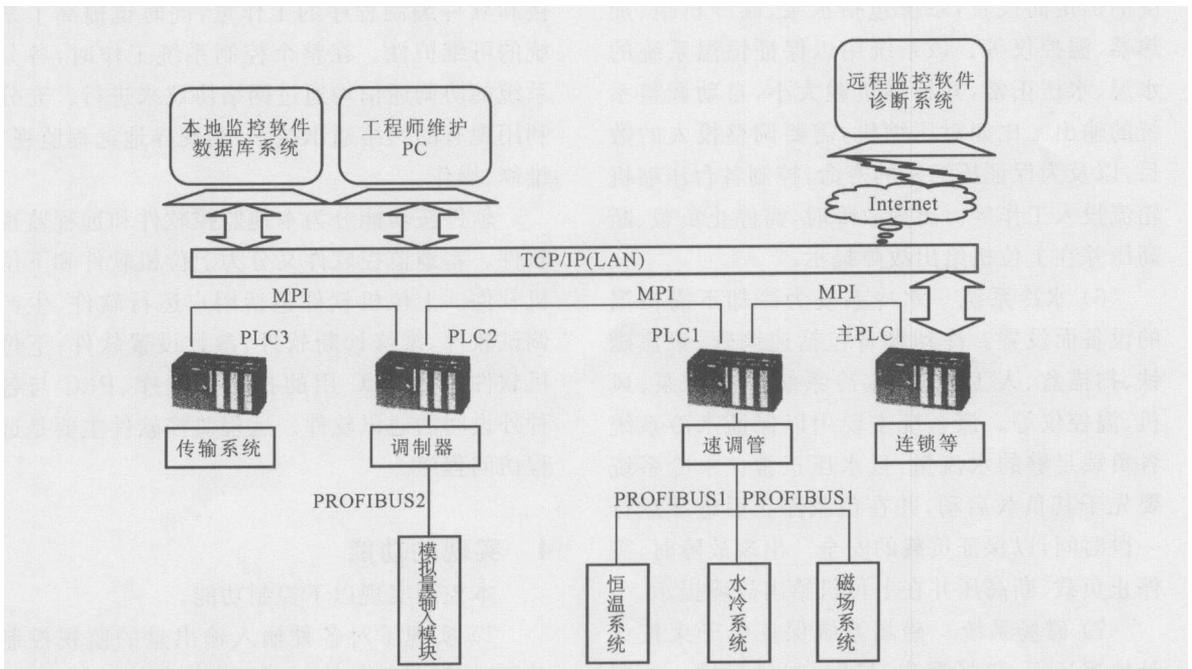


图1 控制系统分布示意图

Fig.1 Layout of the control system

同时进行连接。

2) 远程监视系统 通过 WLAN 或 LAN, 在授权允许情况下,对加速器的运行状况进行监视。用于远程诊断、维护。

3) 调制器系统 为大功率速调管和电子枪提供脉冲高压和灯丝电压。它的控制分为本地控制和遥控(计算机控制)方式。本地控制方式用以调机和维修,设有待机、启动、合高压、断高压、停启动和复位按钮,并有各种状态及故障灯输出。在遥控方式下,调制器由计算机控制,调制器面板上的按钮无效(除调制器/计算机控制按钮),各种操作指令由计算机发出。调制器输出脉冲高压 130 kV、96 A,必须与其他子系统进行安全连锁,尤其是对于高压输出,否则可能造成人员事故或是对速调管、加速管等昂贵设备的损坏。

4) 速调管系统 提供加速管的高功率微波。该系统包括激励源、钛泵、聚焦磁铁、波导元件、波导窗、水负载、温控仪等,系统主要是保证速调管在满足各种前提条件(如水正常、聚焦磁铁正常、激励源正常等)下能够正常工作,同时在发生故障时切断高压或停机,并在上位机上出现故障提示。

5) 恒温系统 恒温系统为保证加速管温度的恒定而设置,系统包括水泵、制冷机组、加热器、温控仪等。该系统用以保证恒温系统的水温、水压正常,并根据负载大小,自动调整系统的输出。比如对压缩机,需要调整投入的数目,以及为保证压缩机的寿命,控制各台压缩机轮流投入工作等。出现故障时,需停止负载、断高压并在上位机给出故障提示。

6) 水冷系统 水冷系统为冷却不需恒温的设备而设置。冷却设备包括速调管、聚焦磁铁、扫描盒、人工线等,水冷系统包括水泵、风机、温控仪等。该系统主要用以保证水冷系统各负载足够的水流量,且水压正常。水冷系统要先于其负载启动,并在负载停止后继续运行一段时间,以保证负载的安全。出现故障时,需停止负载、断高压并在上位机给出故障提示。

7) 磁场系统 磁场系统保证电子束按设计轨迹运行,包括聚焦、导向、扫描磁铁。控制系统需保证各磁铁励磁电流恒定,出现故障时,断高压并在上位机上给出故障提示。

8) 传送系统 传送系统将待辐照物品沿一定的路线传输并接受足够剂量的辐照。传送系统分为 15 段,由 15 台变频器来控制。为满足不同受照物的辐照要求,必须保证传送系统保持适当的速度平稳运行。控制系统可以实时同步更改各段的速度,显示各台变频器的运行状态,并进行安全连锁。此外,还需保证各段的衔接,即保持各段速度相同,为此,在调节速度之前需对各台电机的速度比率进行标定。

3 系统软件

本系统比较复杂,监控的量多,且逻辑关系复杂。为保证系统安全稳定,需在保证各子系统相对独立的同时实现各种连锁关系,为此,软件设计采用了从上而下的设计方法,各个子系统使用独立的数据块和功能函数块,各子系统间的连锁量由专门的功能函数块来传递,在保证逻辑清晰的前提下提高了编制程序的效率。

PLC 和加速器设备级的硬件连接采用 RS485 总线,通讯协议可灵活采用无协议、自定义协议或设备要求的协议,这样可兼顾连接的可靠性和灵活性。PLC 间采用 PROFIBUS 或 MPI 总线。采用通讯方式可大幅减轻硬件连接和软件编制程序的工作量,同时也提高了系统的可维护性。在整个控制系统工作时,各分系统的协调通信均通过网络协议来进行。充分利用现有的网络通讯技术,实现异地远程监视、维修、操作。

软件按功能分为本地监控软件和远程监视软件。本地监控软件又分为上位机软件和下位机软件。上位机软件包括用户运行软件、生产调试软件、维修诊断软件、参数设置软件;下位机软件包括 PLC 用的梯形图程序、PLC 与各种外设间的通讯软件。远程监控软件主要是远程访问程序。

4 实现的功能

本控制实现以下控制功能。

1) 实现了对各种输入输出量的监视控制功能,按照成熟的控制逻辑来控制加速器,保证加速器能安全稳定运行。

2) 可以实现两种控制方式:手动控制方

式和计算机控制方式。在手动方式下又分为调机模式和正常运行模式。

3) 在计算机控制模式下分为运行模式(用于上位机)、监视模式(用于远程监视)和调试模式(用于安装调试各子系统)。在运行模式下,可依照实际要求改变多种参数,主要包括重复频率、聚焦及扫描磁铁电流、水冷系统工作温度及范围、真空保护阈值、传送系统运行速度等。

4) 在计算机控制模式下将控制程序和数据库集成,将历史数据直接导入数据库,以用来查询历史数据,这有助于监视及维修维护。编写的独立软件可实现对数据的读取,并通过数据来重现加速器的运行过程,不仅可指定重放的时间段,且重现的速度可调。加入了数据库的功能后,对上位机的性能要求相应提高。

5) 通过网络实现异地远程监控。在有授

权的前提下,通过网络实现异地远程监视、维修、操作(因涉及安全,将操作控制功能取消),网络的实现方式有局域网(TCP/IP 协议)、固定电话网、移动通讯网。只要将上位机作为服务器,远程计算机连接上位机,就可作为客户端通过 TCP/IP 访问控制系统,凡能连到 Internet 的地方,均可访问这个控制系统。

5 结束语

本计算机控制系统目前仍处在研制过程中,各分系统的调试,加速管、速调管、调制器、水冷系统的联调业已顺利完成。调试结果表明,该控制系统运行稳定、抗干扰性强,满足了实际调机的要求。软件编制方式的改变使得软件能快速便捷地适应控制对象改变,有力地促进了加速器的研究与开发。

带有紧急供给水装置的蒸汽发生器

【公开日】2004. 11. 03

【分类号】G21C15/00

【公开号】1542864

【申请号】200410031805. 9

【申请日】2004. 03. 30

【申请人】弗拉芒托梅公司

【文摘】一种蒸汽发生器,包括第一正常供给水装置和第二紧急供给水装置,二者分别包括相对于蒸汽发生器的外壳罩同轴设置的第一环形集流管和第二环形集流管。第二紧急供给水装置的第二环形集流管,设置在外壳罩的上侧部分内部,且包括紧固到贯穿其环形壁的上侧部分的一组开口中的每一个开口上的水喷射管,水喷射管具有紧固到环形壁的开口上的开口下端部分、相对于蒸汽发生器中央部分方向上的垂直轴线方向倾斜的平直部分和用于喷射蒸汽发生器内部的紧急水且位于平直部分的末端处的开口上末端。

摘自中国原子能科学研究院《核科技信息》