化工自动化及仪表，2010，37(5):50～53
Control and Instruments in Chemical Industry

纯光纤 100 kV高压电源控制网络的研制

潘圣民[a],傅 鹏[a],李云娜[b],杨 雷[a],蒋 力[a]

(中国科学院 a.等离子体物理研究所; b.安徽光学精密机械研究所,合肥 230031)

摘要: 介绍一套计算机通过纯光纤控制 100 kV高压电源的控制系统,上位机通过光纤介质的 RS485总线及 I/O设备与现场电源模块建立可靠通信,实现上位机对电源模块控制及电源模块状态与波形的记录。通过模拟实验调试,证实该方案是确实可行的。

关键词: 光纤;控制系统;高压电源;DSP; CPLD

中图分类号: TP273 文献标识码: A 文章编号: 1000-3932(2010)05-0050-04

1 引 言

100 kV/100 A高压脉冲电源是为国家重大科学工程超导托卡马克聚变实验装置(EAST)研制的一套高压大功率脉冲电源。此电源采用 Pulse Step Modulation[1]技术,采用 104个相同结构的 1 100 V/100 A输出的电源模块串联而成(如图 1所示),其额定输出为: 100 kV/100 A,最大工作脉宽 1 000 s。由于该电源最高输出电压达 145 kV,因此,在电源模块与控制系统之间,必须经过可靠隔离,才能确保控制人员的安全。又由于电源工作于脉冲状态,在正常工作和故障时,都能产生较强的电磁辐射。基于以上考虑,本系统采用在现代通讯网络中,得到广泛应用的具有较强抗干扰能力和耐高压的光纤为传输媒介,通过光纤建立上位机与电源模块之间的通讯,实现对整个电源模块的远程监控。

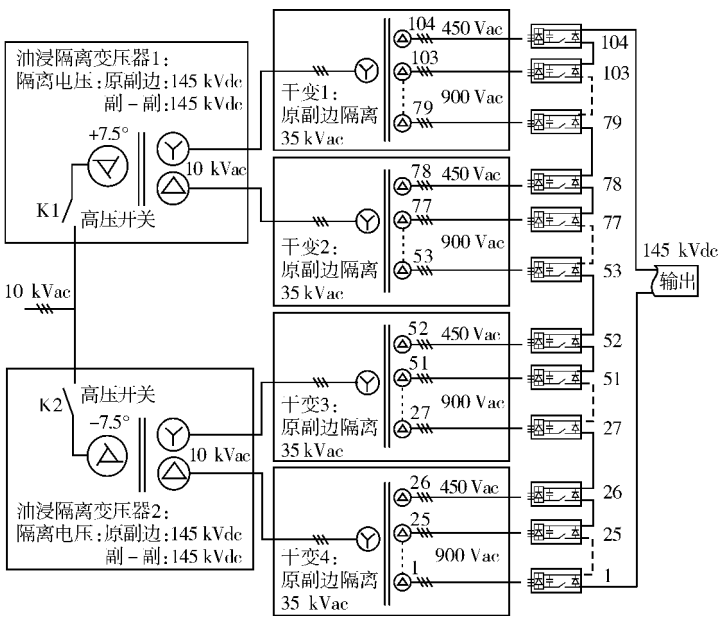


图 1 100 kV/100 A高压脉冲电源原理图

2 系统结构及概述

整个控制系统由 RS485光纤通信网络,104个具有光纤接口的电源模块控制器,基于力控 6.0的上位机监控软件及基于实时操作系统 QNX的控制程序组成。系统结构见图 2。①

每个电源模块都有 RS485光纤通讯口,DSP可将电源模块内部主要器件的状态及参数[1],通过光

① 收稿日期: 2009-12-15(修改稿)
基金项目:国家"九五"重大科学工程 HT7U超导托卡马克核聚变实验装置资助项目(计投资(1998)1303号);国家"973"计划项目(2008CB104000)

©

纤传输到光纤交换机,转换为电信号再进入上位监控计算机,监控计算机通过力控 6 0软件读写数据,实时监控各个电源模块,并通过数据库记录每个电源模块的运行数据[2]。

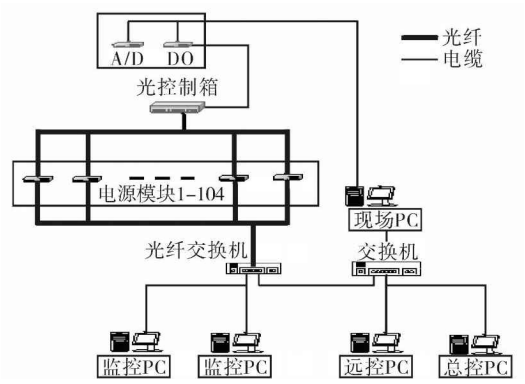


图 2　控制系统结构图

每个电源模块都有一个光接收器,通过光纤与光控制箱相连,通过光信号来控制电源模块的投切。光控制箱通过电缆与现场 PC机的 DO卡相连,现场 PC机通过控制 DO卡各端口的电平来控制各电源模块的投切。同时现场 PC机通过 A/D采集电源模块的输出电压和电流,分别用于反馈控制和过流保护。

3　电源模块控制器

控制器有本地控制 (本控)和上位机控制模式[3]。本控模式主要用于单台电源模块的运行调试,由控制或开发人员通过按键及可调电位器设定各种参考值,然后对单台电源模块进行调试。上位机控制模式,是由操作员远离电源工作现场,在远程控制室通过上位机软件实现电源的可靠运行。控制器原理如图 3所示。

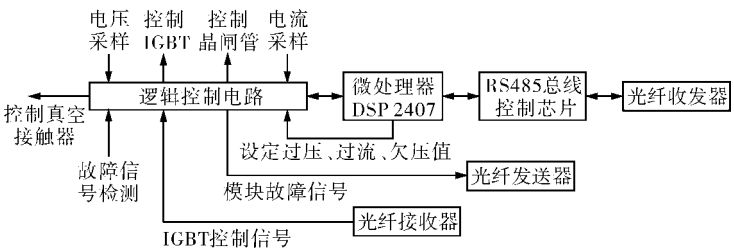


图 3　电源模块控制器原理图

核心控制芯片采用 NI公司的 DSP,型号为 TMS320LF2407A,通过逻辑控制电路控制电源模块的 IGBT、晶闸管和真空接触器,同时检测电源模块的输出电压、电流及故障信号[4]。

本控模式下,操作员通过可调电位器及按键,设置电源模块的过流、过压及欠压值和与模块运行有关的参数。发光二极管显示电源模块的各种故障状态。

在上位机控制模式下,微处理器 DSP负责处理通过 RS485总线接收的上位机指令[5],且按照上位机的通信协议给出响应,主动发送当前电源模块的输出电流、电压值及故障信息。在这种模式下,控制器不响应本地控制模式,但发光二极管与本控模式一样显示信息。

4　RS485总线及光纤 HUB

RS485总线组成的网络中可以挂接多个节点[6],具体数目可以视系统需要而定。本系统中 RS485总线挂接 104个节点。由于 RS485总线在电源主回路与远程控制计算机之间建立了电气连接,当电源异常时可能有高压信号窜入控制系统,造成控制设备损坏,为避免这种情况发生,采用约 50 m多模光纤,连接控制系统与电源模块。所以采用光纤介质的 RS485总线来实现高压电源与控制系统之间的通讯是一种较为完善的解决方案。

控制室内的 PC机要实现与 RS485总线的通讯[7],须通过 RS485转换设备。本系统采用的是 Advantech公司的 RS485服务器,型号为 EKI-2816。EKI-2816是一款特殊的 RS485服务器,能通过 PC机的网口与电源模块控制器,实现通讯。

光纤 HUB的功能是通过光纤与电源模块控制器上的光纤收发器连接,同时转换为总线信号与 EKI-2816相连接。

5　IGBT控制信号及模块故障信号

电源模块的投入和切除都由现场 PC机控制,由于电源工作时存在高压,为了避免电源异常时可能有高压信号窜入控制系统,造成控制设备损坏,我们采用约 50 m光纤,连接控制计算机与电源模块。

控制计算机通过 DO采集卡 (型号 CPCI-7249),与光信号控制箱相连,然后通过光纤控制各个电源模块。各个电源模块控制板都有一个光纤接收器,接收控制计算机发送的 IGBT控制信号。并且,该信号不进入 DSP,直接通过逻辑控制电路,控制 IGBT的分合。

电源模块的输出总电压和总电流,必须通过 AD采集卡 (型号 CPCI-7434)采入控制计算机,用于控

©

制计算机的反馈控制[8, 9]。为了避免高压信号窜入控制计算机,我们采用幅频转换芯片(AD652),然后通过光纤送入控制计算机。

由于高压电源工作于脉冲状态,因此电源工作时将产生很强的电磁干扰。为了避免 DSP在电磁干扰下出现故障,电源模块控制板将各种故障信号运算后,通过光纤发送器,发送给监控计算机。

6　上位机软件

本控制系统上位机包括控制计算机和监控计算机。控制计算机采用实时操作系统 QNX,实现各个电源模块的实时控制。监控计算机采用组态软件——力控 6.0。监控计算机界面如图 4所示。

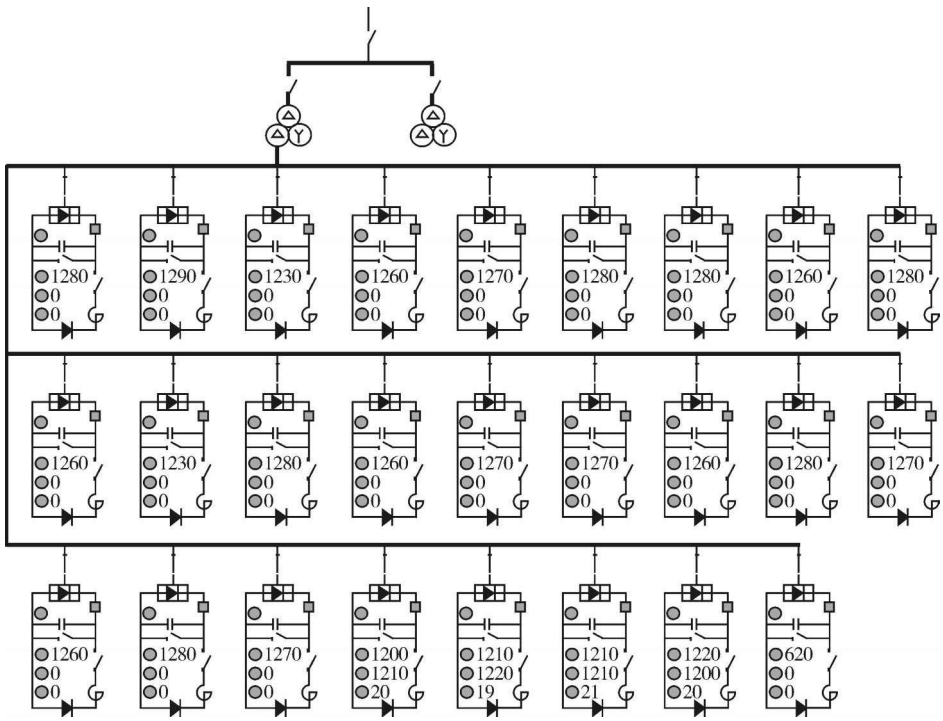


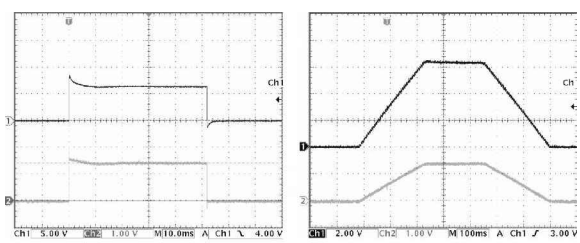
图 4　监控计算机界面

监控程序开发前,首先制定了力控 6.0软件与电源模块控制器间 RS485通信的具体协议,协议中包括电源模块各种状态的定义及发送数据的格式。这样,通过监控计算机,我们就可以实时了解各个电源模块的状态。软件在显示实时数据的同时,将每次电源模块运行时接收到的数据存入数据库,以便查询历史数据。

7　实验调试

实验采用 52个电源模块串联,通过计算机控制电源模块的运行,并且通过 RS485总线实时监控各个电源模块的状态。能够满足实时监控 52个电源模块的要求,52个电源模块循检时间小于 100 ms。

图 5(a)为 50个电源模块同时投切波形图,波形 1为电压波形(1 V = 10 kV),波形 2为电流波形(1 V = 70 A)。从波形 1可看出,最高输出电压为 60 kV左右,运行时间 52 ms,开通及关断时间为微秒级;从波形 2可看出,最大输出电流为 100 A左右。图 5(b)为 50个模块阶梯投切波形图,波形 1为 50个电源模块,每隔 5 ms投切一个电源模块,平顶运行时间 200 μs。从图中可以看出最高输出电压为 60 kV,最大电流约 100 A。



(a) 50个模块同时投切波形　　(b) 50个模块阶梯投切波形

图 5　投切波形图

8　结　论

通过 RS485总线通信的方法,监控计算机实现对各个电源模块状态的监控;控制计算机通过 DO采集卡与电源模块控制板通讯,实现对各个电源模块的投切控制,这样实现高压电源的远程控制。为了保证安全和增加抗干扰能力,RS485总线及控制计算机与电源模块控制板通讯的传输介质,都采用光纤。操作员通过操作计算机,可实现对电源模块

©

的控制及监控。通过对 52个电源模块的串联调试,我们可以看出,采用光纤的 RS485总线及分布式控制网络,完全满足设计需求。

参考文献:

[1] 王付胜,刘小宁,潘圣民. 基于 DSP和 CPLD的三相电流源型变流器[J]. 电工电能新技术, 2005, 24(4): 33 - 39.

[2] 潘圣民,傅　鹏,蒋　力,等. 基于 QNX和力控 6.0的高压脉冲电源监控系统设计[J]. 化工自动化及仪表, 2009, 36(2): 47 - 50.

[3] 王君红,刘　宝,袁若泉,等. 基于电力载波通讯的远程控制系统设计及应用[J]. 化工自动化及仪表, 2009, 36(1): 49 - 52.

[4] 潘圣民,刘小宁,杨　雷. 基于 DSP的光纤数据采集网络的研制[J]. 微计算机信息, 2006, 12 - 1: 24 - 25.

[5] WOLF R, HU Wei, BRUINS S, et al. Digital Power Supply Controller for Control of Extremely Precise Power Supplies [C]//2007 European Conference on Power Electronic and Applications. 2007: 1 - 6.

[6] 王亚刚,郑德忠,戴自祥,等. 基于 LONWORKS现场总线的自整定 PID控制系统[J]. 化工自动化及仪表, 2000, 27(3): 32 - 36.

[7] 刘法治. PLC在矿井通风控制系统的应用[J]. 化工自动及仪表, 2007, 34(6): 88 - 89.

[8] STRUNZ K, MARTINOLE P, MULLER S, et al. Control System Testing in Electricity Market Places[C]//22nd IEEE Power Engineering Society International Conference on Power Industry Computer Applications, 2001. Innovative Computing for Power-Electric Energy Meets the Market. 2001: 99 - 103.

[9] O'SULLIVAN M, DOBECK N, FLOOD R, et al. CEBAF Beam Transport Magnet Power Supply Control System[C]//Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference. Conference Record of the 1991 IEEE, 1991: 952 - 956.

Research of Control System of 100 kV High Voltage Power Based on Fiber Optic

PAN Sheng-min[a], FU Peng[a], LI Yun-na[b], YANG Lei[a], JIANG Li[a]

(a. Institute of Plasma Physics; b. Anhui Institute of Optics & Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China)

Abstract: A control system for 100 kV high voltage power based on fiber optic was introduced. The communication between the power modules and PC was constituted by using fiber optic RS485 BUS and I/O equipment. Therefore the power modules were controlled by the host PC and the power modules' states and wave were recorded. Simulation experiments show that the scheme is available.

Key words: fiber optic; control system; high voltage power; DSP; CPLD

(上接第 49页)

法[J]. 仪器仪表学报, 2008, 29(3): 633 - 637.

[3] 李　元,谢　植,周东华,等. MPCA在间歇反应过程故障诊断中的应用[J]. 化工自动化及仪表, 2003, 30(4), 10 - 12.

[4] LU N Y, YAO Y, GAO F R. Two dimensional Dynamic PCA for Batch Process Monitoring[J]. AIChE Journal, 2005, 51: 3300 - 3304.

[5] YAO Y, LU N Y, GAO F R. Two-dimensional Dynamic PCA with Auto-selected Support Region[C]//Proceeding of DYCOPS2007. Cancun, Mexico, 2007, 1: 69 - 74.

[6] YAO Y, DIAO Y H, LU N Y, et al. Two-Dimensional Dynamic Principal Component Analysis with Auto-determined Support Region[J]. Industrial & Engineering Chemistry Research, 2009, 48(2): 837 - 843.

[7] YAO Y, GAO F R. Batch Process Monitoring in Score Space of Two-dimensional Dynamic PCA[J]. Industrial & Engineering Chemistry Research, 2007, 46(24): 8033 - 8043.

[8] 刁英湖,陆宁云,姜　斌. 一种针对间歇过程过渡状态的故障诊断方法[J]. 化工学报, 2008, 59(7): 1178 - 1182.

[9] KAMAL M, PATTERSON W, GOMES V. An Injection Molding Study. Part I: Melt and Barrel Temperature Dynamics[J]. Polymer Engineering and Science, 1986, 26(12): 854 - 866.

[10] PFEIFEER B. Towards Plug and Control: Self-tuning Temperature Controller for PLC[J]. International Journal of Adaptive Control and Signal Processing, 2000, 14(5): 519 - 532.

[11] YAO K, GAO F R. Optimal Start-up Control of Injection Molding Barrel Temperature[J]. Polymer Engineering and Science, 2007, 47(3): 254 - 263.

Performance Monitoring and Fault Diagnosis of Start-up Dynamics in Injection Molding Process

LU Ning-yun[1], DIAO Ying-hu[1], YANG Yi[2], GAO Fu-rong[2]

(1. College of Automation Engineering, Nanjing Univ. of Aeronautics & Astronautics, Nanjing 210016, China;
2. Dept. of Chemical Engineering, Hong Kong Univ. of Science & Technology, Kowloon, HONG KONG)

Abstract: Injection molding process exhibits complicated process behaviors during start-ups. It is prone to subject to various disturbances, process malfunctions or even faults in that period. An online performance monitoring and fault diagnosis method was applied to injection molding to save production resources and improve production efficiency. Two-dimensional dynamic multivariable statistical model was built for barrel temperatures, based on which, the online monitoring and fault diagnosis method could effectively detect and identify the commonly occurred heating coil faults and sensor faults during process start-ups.

Key words: injection molding process; process start-ups; performance monitoring; fault diagnosis

©