

DNB 电源监控系统的设计探讨

苏禹¹, 刘保华¹, 匡光力¹, 杜少武², 黄河³, 丁同海¹, 张健¹

(1. 中国科学院等离子体物理研究所, 安徽合肥 230031; 2. 合肥工业大学电气与自动化工程学院, 安徽合肥 230009; 3. 美国得克萨斯大学聚变研究中心)

摘要: DNB(中性束诊断)电源监控系统是 DNB 装置的重要组成部分, 对整个装置的安全、可靠运行起着关键作用。介绍了 DNB 装置的原理及结构, 特别是 DNB 装置的电源系统, 重点对 DNB 电源监控系统的设计思想、体系结构和控制功能作了详细探讨。最后对该监控系统的电磁兼容性问题作了简要叙述。

关键词: DNB; 电源; 监控系统; 设计

中图分类号: TN876.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 0258-0934(2006)06-0845-04

等离子体的很多参数及其行为不可能直接观察, 而必须通过特殊设计的仪器对等离子体发出的光信号、电磁信号和粒子束等进行直接或间接的测量, 然后根据物理规律来判断。中国科学院等离子体物理研究所正在研制和恢复的 DNB(中性束诊断)系统是国家重大科学工程 HT-7 托卡马克核聚变实验研究装置的组成部分。托卡马克聚变装置具有很强的环向磁场, 带电离子束不能自由地横越磁力线进入装置的中心区进入等离子体芯部而沉积在边缘, 大部分离子会很快碰壁并损失^[1]。因此, 必须将离子源引出的高能离子中性化成中性束后再注入到等离子体中去。该套装置主要是对托卡马克提供诊断的中性束流, 它将离子源引出的高能离子中性化后注入到托卡马克中等离子体的芯部, 以此来诊断托卡马克中等离子体的物理参数。

1 系统原理组成

系统的原理是: 阴极灯丝加热, 达到发射温度时通入工作气体(H_2 或 D_2), 接通阳极弧压, 只要参数匹配合理, 在放电室就会产生弧流。当在引出系统上施加加速极电压和抑制极电压(即正负高压)时, 在加速电场的作用下, 正离子穿过引出电极孔进入中性化室, 通过与剩余工作气体的碰撞作用被中性化。被中性化了的中性粒子注入到托卡马克装置中用以诊断等离子体, 未中性化的带电粒子则通过偏转磁场的偏转吞食掉, 使他们脱离高能中性束。

整个系统由束源系统和电源系统两大部份组成。束源部分包括: 离子源、中性化室、主真空室、偏转磁体、漂移管道、真空抽气系统等。而 DNB 电源系统则由 9 路电源组成: 4 路灯丝电源、弧电源、偏置换冲电源、抑制器电源、偏转磁体电源和加速器电源^[2]。电源系统结构如图 1 所示。该电源系统的运行参数如下:

其中 4 路灯丝电源、弧电源和缓冲偏置器电源是以加速器电源作为参考电压(宽度为 100ms, 50kV 的高压脉冲); 而偏转磁体电源和抑制器电源则是以地电压为参考。

收稿日期: 2005-06-04

基金项目: 国家重大科学 HT-7 装置项目

作者简介: 苏禹(1979—), 男, 贵州贵阳人, 博士生, 从事电子线路和自动控制方面的研究

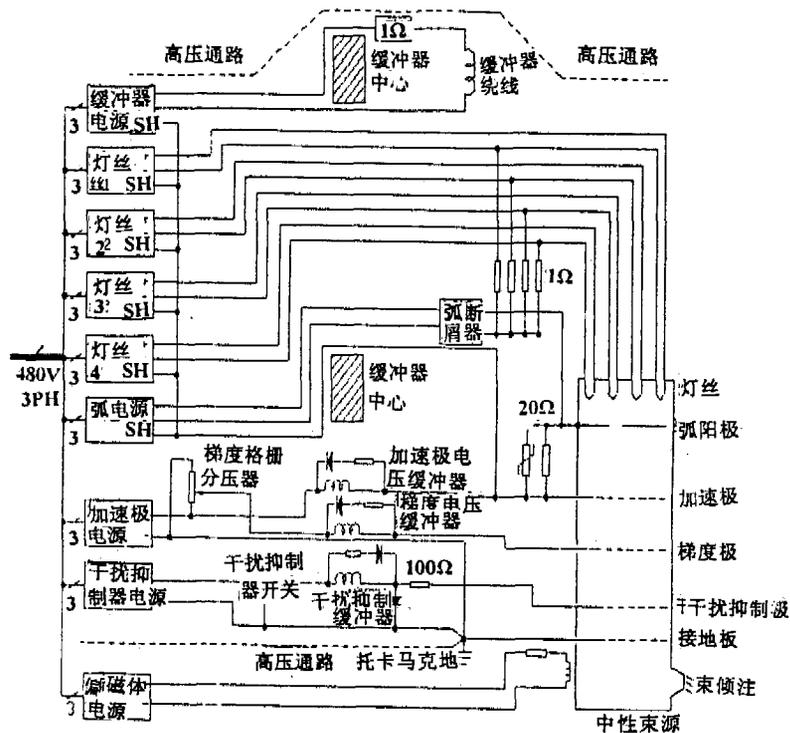


图1 DNB电源结构图

表1 DNB电源系统运行参数

电源	灯丝	弧	偏置缓冲	加速极	梯度极	干扰抑制	偏转磁体
直流/V	12	210	20	50 000	44 000	-2 500	120
直流(I)	160	230	20	7.3	≤0.2	1.5	200

2 电源监控系统的设计

基于整个系统的控制要求,在参考了国际上同类装置及相关装置(如:NBI)的有关控制系统的设计基础之上,并吸取了原来系统中的一些思想,如分布式控制、故障保护快速、系统易于扩展^[3]等,本系统采用集散控制系统的控制模式。集散控制系统其核心思想是集中管理、分散控制,即管理与控制相分离,上位机用于集中监视管理功能,若干台下位机下放分散到现场实现分布式控制,上下位机之间用控制网络互连以实现相互之间的信息传递,是一种分布式的控制体系结构。DNB电源控制系统的结构如图2所示。

1)控制计算机与PLC:该控制系统采用PLC作为上位机与现场的接口,将配有运行于标准Windows操作系统的人机界面监控组态软件WinCC构成上位机,组建良好的人机画面,控制现场装置,显示各个子系统

当前状态,并进行状态与故障信号的综合实现现场装置的联锁和互锁。SIMATIC WinCC具有组态软件开放性、实时性、可靠性、易用性的特点,同时它还是一个使用新的32位

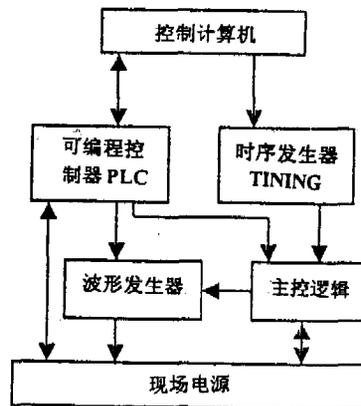


图2 DNB电源控制系统的结构框图

技术的过程监视系统,它是在生产和过程自动化中解决可视化控制任务的工业技术中性系统,提供了适用于工业的图形显示、消息、归档以及报表的功能模板。高性能的过程耦合、快速的画面更新,以及可靠的数据使其具有高度的实用性。另外它可以集成通过ODBC和SQL方式的归档数据访问,以及通过OLE2.0和ActiveX空间的对象和文档的链接^[4]。而PLC除了可取性高、抗干扰能力强;编程方便;扩充方便、配置灵活等优点外,还有一个特点:功能完善,不仅具有逻辑运算、算术运算、定时及计数等基本功能,还可提供许多如数据传送、

矩阵处理、PID 调节功能、智能 I/O 功能、网络通信等高级功能。本系统采用西门子 S7-300 系列的 PLC 产品。该 PLC 由：中央处理单元、信号模块、通讯处理器、功能模块、负载电源模块、接口模块等组成。上位机和下位机 PLC 之间采用 MPI 通讯链接，MPI 是 Multi Point Interface (多点接口) 的缩写。它是支持多用户的一种通讯链接。通过以下方式建立与通讯网络的连接：

(1) 在 PLC 中，通过 CPU 的 MPI 接口或通讯模块；

(2) 在 WinCC 中，通过集成的 MPI 接口，例如编程器或通讯处理器(网卡)。

其传送速率为 0.1875~12Mbit/s，传输距离为 50~100m。

2) 现场装置：现场装置接收上位机的控制指令，把现场的状态信号和故障信号返回给上位机，与此同时把故障信号发送给主控逻辑 MCL。每路电源只有当两路控制信号：电源启动信号(Pulse)和给定参考信号(Vref)均有效时电源才有输出。

3) 时序发生器(Timing)：对各路电源、进气系统及光谱测量的投入时刻和持续时间作精确控制。这是整个 DNB 系统运行的关键。它采用上下位机通过串行通讯实现控制的模式，在脉冲参数设定完毕并满足发送条件时由 PLC 发送触发指令，产生时序脉冲。另外它还给每路电源发出两路脉冲控制信号：使能信号和封锁信号。使能信号送到主控逻辑 MCL (Main Control Logic) 分为两路，一路作为电源启动的 Pulse 信号，另一路送到波形发生器作为波形产生的启动信号，封锁信号经 MCL 与 DNB 电源系统的状态和故障信号综合后送到波形发生器，作为波形发生器的输出封锁信号。

4) 主控逻辑 MCL (Main Control Logic)：它负责电源系统的控制时序和故障信号的综合及电源系统的保护。MCL 接收从电源送来的故障信号和时序发生器送来的时序信号以及从 PLC 送来的 DNB 系统状态综合信号。它将时序发生器送来的使能信号分为两路，一路作为电源输出脉冲的控制信号，一路作为波形发生器的输出控制信号；它接收到电源送来的故障信号后封锁电源输出并采取相关的保护措施。

5) 波形发生器：它负责把参考信号(Vref)

送给各路电源。经 MCL 与 DNB 电源系统的状态和故障信号综合后的封锁信号和经 MCL 送来的使能信号一起控制波形发生器的波形输出。波形发生器的控制面板可以设定输出的波形(斜坡、指数曲线、阶跃)和上升沿。波形的幅值通过上位机设定后由 PLC D/A 模块输出，波形的脉宽由使能信号决定。

3 控制系统的设计流程和功能

以 PC 机为基础的控制系统，配以成熟的监控组态软件，是目前控制领域发展的一个重要方向。控制组态软件集成了图形技术、人机界面技术、数据库技术、控制技术和网络与通信技术，并通过可视化的组态方式，完成控制设计。控制系统的组态流程见图 3^[5]：

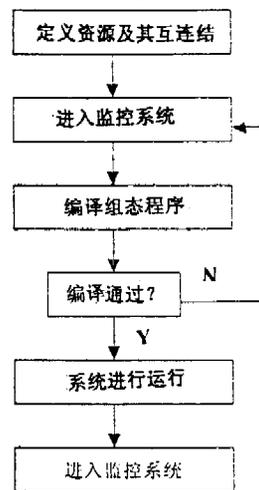


图3 控制系统的组态流程

DNB 电源监控系统的控制站运行软件模块，主要完成以下功能：

1) 监控功能：通过图形和对象选项创建的人机界面将复杂的控制操作简化，并使用动作编程将动态添加到单个图形对象上，运用控制计算机的鼠标和键盘发送命令、触发事件，以此实现对各个分散子系统的控制以及实验参数的设置和修改等。设备状态监控用来对设备的当前状态和运行参数进行实时监测，并将系统运行的结果作为画面显示。

2) 数据采集功能：数据采集是系统进行实时控制的基础，控制系统从正在进行的控制过程中采集现场数据并将调理后的数据实时显示在界面上，数据的变化以曲线的形式或数据表格的形式实时反映，并且用户能自由的设置存档的数据格式。

3)报警记录功能:该功能要提供关于过程故障和操作状态的综合信息。系统用图像和声音等形式报告记录下来自监控过程中的消息(越限状态、报警事件、故障状态等),这样有利于操作者及早监测重要情况,识别临界状态,避免和减少系统的故障,提高系统的 DNB 系统的运行质量。

4)数据库功能:每一次放电实验后,对这次实验的实验数据(如:参数设置及实验结果等)的分析比较,是物理研究的组成部分。因此在装置运行过程中,需要把数据按照相应的格式存入 ACCESS 数据库中,以供查询和访问。该数据库至少包含两部分数据:

(1)实时数据:包括实时采集的数据,向装置实时发送的控制参数,以及实验过程中产生的中间数据。

(2)历史数据:它反映了装置运行及发展的情况,对进一步的物理研究和总结实验经验有重要参考价值。

5)报表功能:创建有关用户需求的数据,当前的和归档的过程值,当前的和归档的各类消息,以及用户自己的系统文件的报表,并通过打印机打印输出。

6)访问管理功能:实现分配和监控用户对控制系统的登录和访问权限。这样以适应各级管理,更好的维护系统的安全运行。

4 控制系统的电磁兼容性讨论

整套监控系统处在强电电路和强电设备所形成的恶劣电磁环境中,并与托克马克及其辅助设备或子系统处于同一实验大厅,因此在该

监控系统工作时,常受到内部和外部的电器干扰,如静电感应、电磁感应、漏电流、接触电位差、接地电位差等^[6]。所以在该监控系统的设计、安装、调试和维护阶段主要采用以下几种常用的抑制电磁干扰措施:

1)用电路和电子器件抑制电磁干扰;

2)用电阻、电感和电容构成滤波网络;

3)通过各种屏蔽物体对外来电磁干扰进行吸收或反射;

4)通过合理的布线(包括导线的种类、线径的粗细、走线的方式等),防止电磁干扰;

5)通过构建良好的接地系统,防止接地环路形成。

参考文献:

- [1]石秉仁. 磁约束聚变原理与实践[M]. 北京:原子能出版社,1999.
- [2] David R. Terry, et al. Power System for the TEXT Diagnostic Neutral Beam Source[A]. Twelfth Symposium on Fusion Engineering[C]. Monterey, California, October 12-16, 1987.
- [3] David A. Pavlovsky, et al. Control System for the TEXT Diagnostic Neutral Beam Source [A]. Twelfth Symposium on Fusion Engineering [C]. Monterey, California, October, 1987.
- [4]西门子(中国)有限公司. SIMATIC WINCC V5 手册[Z]. 北京:西门子(中国)有限公司,2000.
- [5]邹益仁,等. 现场总线控制系统的设计和开发[M]. 北京:国防工业出版社,2003.
- [6]张松春,等. 电子控制设备抗干扰技术及应用[M]. 北京:机械工业出版社,1995.

Study on design of supervision and control system in DNB supply

SU Yu¹, LIU Bao-hua¹, KUANG Guang-li¹, DU Shao-wu², HUANG He³,
DING Tong-hai¹, ZHANG Jian¹

(1. Institute Of Plasma Physics of Chinese Academy of Sciences, Hefei of Anhui Prov. 230031, China;

2. Hefei University of Technology, Hefei of Anhui Prov. 230009, China;

3. Fusion Research Center University of TEXAS, USA)

Abstract The supervision and control system of power supply is one of the important components in DNB (Diagnostic Neutral Beam) installation. It plays a critical role in running of DNB installation. The principle and structure of DNB installation, especially power supply system, are described in this paper. Meanwhile, system design, architecture and function of supervision and control system are discussed in detail. In the last of this paper, several anti-interference methods are introduced.

Key words: DNB; power supply; supervision and control system; design