

HT-7 超导托卡马克装置纵场线圈供电电源微机远程控制系统的实现

胡燕兰, 朱则英, 吕环宇

(中科院合肥分院等离子体物理研究所六室, 合肥 230031)

摘要: HT-7 超导托卡马克装置纵场电流由一台他励式直流发电机供电, 纵场线圈在装置运行时处在超导态, 提供稳态场。最大工作电流为 5 000 A, 电流稳定度需要达到 0.5%。介绍了 HT-7 装置上纵场电源供电系统结构及存在电流稳定度低等主要问题。考虑到在不需大经费进行电源改造同时又能兼顾满足装置实验要求, 提出了如何对现有系统进行改造的方案, 并实现了微机远程控制电源系统。升级后系统在实验运行中操作方便, 稳定可靠, 电流稳定度可达 0.1%。

关键词: 托卡马克装置; 纵场电流; 微机远程控制; 励磁系统

中图分类号: TL 62+3 **文献标识码:** A **文章编号:** 0258-0934(2010)03-0562-03

HT-7 超导托卡马克装置的纵场在装置运行实验时处于超导态, 也是稳态场。纵场线圈为感性负载, 电感为 1 H, 在运行时处于超导态, 装置运行时最大纵场电流为 5 kA。HT-7 纵场电源供电是通过一台他励式发电机实现的。HT-7 纵场供电主回路图如图 1 所示。由于纵场负载是感性负载(电感为 1 H), 所以通过调节发电机的励磁电压(励磁电压和发电机出口端电压成正比), 可以改变发电机出口端电压, 从而使纵场电流以可控的速率上升或下降达到并维持到所设定的纵场电流。

$U = IR + L di/dt$ (U 为发电机出口端电压, R 为母排及接触电阻(3.8 mΩ), di/dt 为电流变化率, I 为纵场电流, L 为纵场线圈电感)

如何实现对发电机励磁电压的控制?

原系统采用的是人工手动调节励磁法(见图 2), 通过调节一台 380 V 三相调压器产生不同的交流输出电压, 再通过降压变压器及整流

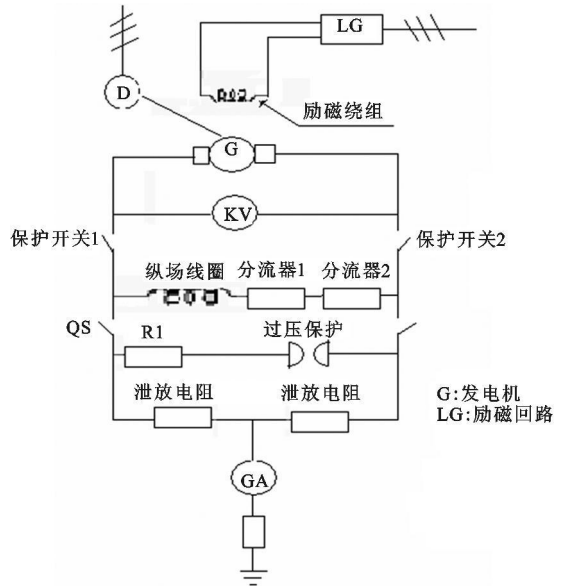


图 1 HT-7 纵场供电主回路图

桥产生需要的直流电压做为发电机励磁电压。通过对发电机励磁电压的控制, 从而改变发电机出口端电压。

收稿日期: 2008-03-26

作者简介: 胡燕兰(1974), 女, 江苏人, 高级工程师, 在读博士研究生, 从事核技术及应用。

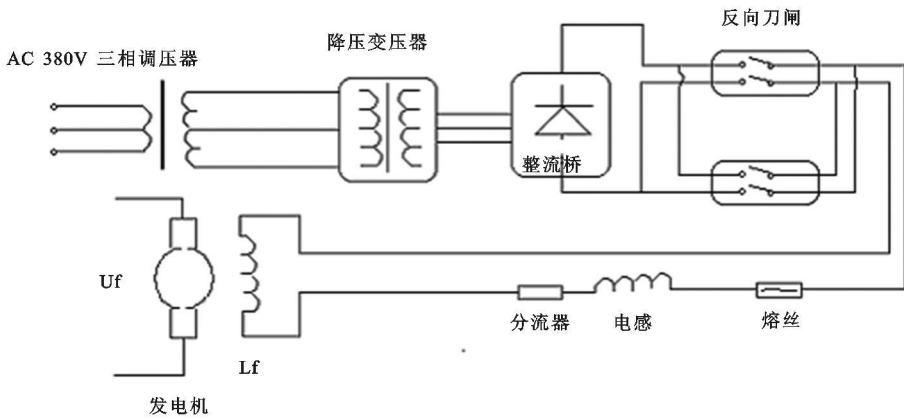


图2 原纵场供电手动励磁电路图

1 纵场供电系统存在的问题

采用人工手动调节励磁存在以下问题:

(1) 由于原有励磁控制系统需要通过人工调节来改变发电机励磁电压,所以在纵场升磁和退磁过程中随着电流的变化要维持一定的励磁速率,需要人工不停调节调压器的输出,操作很频繁。

(2) 由于电网波动及发电机老化导致状况的不稳定,造成电流稳定度较低,电流漂移很严重,3个小时左右纵场电流上下漂移60~80 A。而纵场在托卡马克装置是稳态场,要求纵场能够长时间提供稳定的磁场,而纵场电流的漂移过大,难以长时间给出稳定的磁场,严重影响了实验高质量地进行。尤其HT-7实验装置是昼夜运行实验,电流稳定度过低,需要人工频繁调节,加大了值班人员的工作压力。

(3) 对有关数据只能靠人工记录,不便于数据保存及问题查找。

2 对纵场供电控制系统的改造

要实现纵场电流的自动调节,同时提高纵场电流的稳定性,必须增加负反馈控制。考虑用工控机对纵场电流和励磁速率跟踪,不断修定励磁电压的输出,从而能够及时改变励磁速率,使电流能够按照设定速度自动进行升降,并能长时间稳定在设定电流值上。改造后电流长时间(若干天)误差1~2A,比预期效果还要好。

2.1 励磁电源的选择

为发电机提供的励磁电压需要在0~30 V之间,最大励磁电流可达4.5 A。现在选用北京大华电源出产的DH1716-4D电源,其输出

电压在0~35 V,最大输出电流可达20 A。同时可以利用外控电压远程控制输出电压,其输出电压和控制电压成正比,外控电压大约是输出电压的3.5倍,其控制电压只需100 mA即可。

2.2 对纵场电流反馈控制的实现

通过传感器获得纵场电流及励磁速率信号,选用ADLINK公司12位PCI-9118DG为采集卡,将获得的实时纵场电流及励磁速率信号做为负反馈信号,通过一定算法控制调节采集卡模拟通道的输出电压,将此电压隔离后作为励磁电源的外控电压,从而能够控制励磁电压的输出。

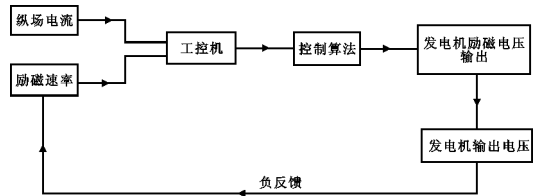


图3 纵场电源自动励磁系统结构图

2.3 自动励磁系统的应用

基于手动励磁系统的诸多不便,通过微机控制实现了对纵场电源励磁系统的自动化改造。采用windows2000为平台,界面友好,使用非常方便、灵活。只需预先将所需纵场电流和励磁速率设定,通过微机反馈控制发电机输出电压,可以很方便地使电流按设定的速率稳定在需要的电流值上。由于采用励磁速度和纵场电流为作为负反馈信号,完全克服以往需要频繁调节调压器以维持固定励磁速度的操作;同时纵场电流也克服了长时间运行漂移的状况。实验记录纵场电流长时间漂移在2 A以内,电流稳定度可达0.1%,也大大减轻了值班

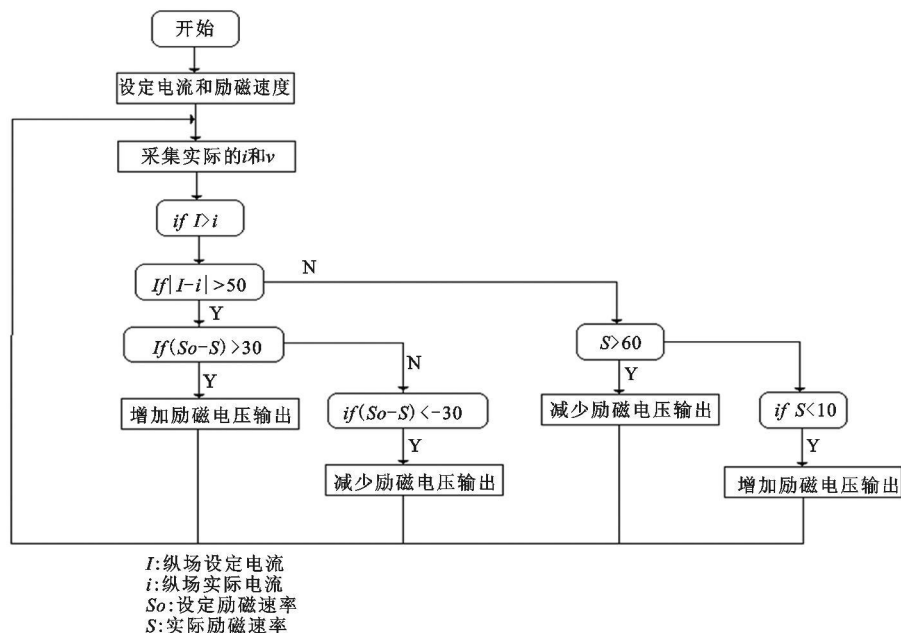


图4 纵场电源自动励磁升磁程序流程图

3 结束语

HT-7 超导托卡马克装置纵场电源微机远程控制系统在经过近两轮近 100 天实验运行中系统整体运行精确度高,安全可靠,同时大大减轻了运行人员的工作负担,确保了实验高质量的运行。

参考文献:

- [1] 陈辉. Windows 2000 环境下 Visual C++ 编程从入门到精通[M]. 北京: 电子工业出版社, 2000.
- [2] David J. kruglinski. Visual C++ 技术内幕[M]. 潘爱民, 王国印译, 北京: 清华大学出版社, 1999.

TF Power Excitation System Realize Automatic Control in HT-7 Device

HU Yarr lan, ZHU Ze ying, LV Huar yu

(Institute of Plasma Physics, Chinese Academy of Science, Hefei 230031)

Abstract: A DC generator supplies toroidal current in HT-7 Tokamak device. Toroidal coils in Tokamak device which supply stable field operate in superconducting state. The maximum TF current can reach 5kA and the stability degree of current cannot less than 0.5 percent. It mainly talk about the basic structure of power supply system for Toroidal coils and main problems existed in the old system such as high current fluctuation and frequent manual operation etc. Also a new improvement method is emphasized to realize automatic control in toroidal coil power supply system. Upgrade system is now applied to Tokamak experiments and proved to be effectivity and good stability.

Key words: Tokamak Device, toroidal current, excitation system, automatic control system