

IGBT 电源在大功率等离子体点火装置中运用

薛纪超² 熊鹏¹ 张志新²

1.武汉天和技术股份有限公司 湖北武汉 430077

2.华能汇流河热电分公司 内蒙古 呼伦贝尔市 022150

【摘要】针对传统晶闸管全桥可控整流电源在大功率等离子体点火装置运用中表现出来的输出性能差、转换效率低、维护不便等问题,本文介绍了一种以 IGBT 为主要功率元件的直流电源。首先介绍了大功率等离子体点火装置的应用需求、主要构成等,并介绍了 IGBT 直流电源主电路结构,然后将此 IGBT 直流电源运用于大功率等离子体点火装置的实际项目中。通过实际运用情况表明,IGBT 直流电源结构简单、性能稳定、转换效率高、可灵活配置,促使大功率等离子体点火装置的稳定运行。

【关键词】IGBT; 直流电源; 大功率; 等离子体

引言

基于节能减排、深度调峰等方面的需求,等离子体点火及稳燃技术在燃煤电厂已经得到广泛的应用。但是目前国内主要厂家的等离子体发生器的额定功率偏小(通常在 100kW-200kW),使得该技术主要适用于部分灰分、挥发分符合要求的烟煤、褐煤等煤种^[1],而中国存在大量燃用劣质煤的锅炉,小功率等离子体点火装置在这些锅炉无法取得良好的使用效果。为使等离子体点火及稳燃技术能够适应范围更广的煤质,大功率(通常指 300kW 及以上功率)等离子体点火装置在近年来逐步被推广^[2]。

等离子体点火装置的基本原理是在等离子体阴阳极之间施加直流电,使压缩空气形成温度 $T > 5000K$ 的等离子体弧,以点燃煤粉。直流电源作为等离子体点火装置的重要组成部分,其性能直接影响等离子体点火装置运行稳定性。以 IGBT(绝缘栅双极晶体管)为功率元件的直流电源的电源转换效率达到 92%以上,电流纹波系数小于 3%、输出电流误差小于 1%。作为大功率等离子体点火装置的电源,IGBT 电源比传统可控硅三相全桥整流直流电源具有明显的优势。

1. 等离子体点火装置的系统简介

等离子体点火装置一般由等离子体点火设备及辅助设备组成。等离子体点火设备由等离子体发生器、等离子燃烧器组成,辅助系统主要由载体空气系统、冷却水系统、供配电系统(含隔离变压器、等离子体电源柜、引弧装置等)、图像火检系统、一次风速在线检测系统、控制系统、冷炉制粉系统等组成,如图 1 所示。

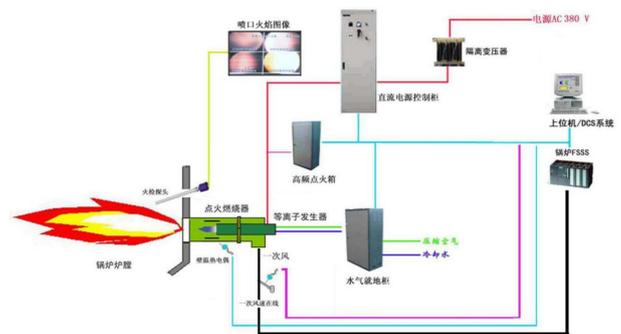


图 1 等离子体点火装置基本构成图

2. 大功率等离子体点火装置中的 IGBT 电源

2.1. 等离子体电弧特性

等离子体点火装置直流电源为等离子体弧提供能量来源,直流电源的电流及电压特性直接影响等离子体点火装置运行的稳定性及可靠性。等离子体电弧具有图 2 所示的伏安特性^[3],要使电弧稳定工作,理想的等离子体装置直流电源为恒流源,并且具有陡降的输出伏安特性、快速响应能力。

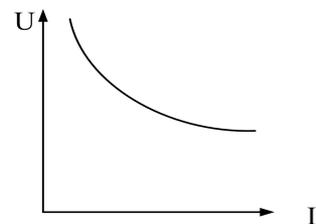


图 2 等离子体电弧伏安特性曲线

2.2. IGBT 电源结构

由于 IGBT 具有易驱动、自关断、开关频率高等特点^[4],以 IGBT 为功率元件的等离子体直流电源具备良好的恒流源特性,符合等离子体电弧稳定工作的要求。本文介绍的等离子体点火装置中的 IGBT 电源主电路如图 3

所示, 主要由低压开关、隔离变压器、交流接触器、整流电路、IGBT 斩波电路、LC 滤波电路等组成。

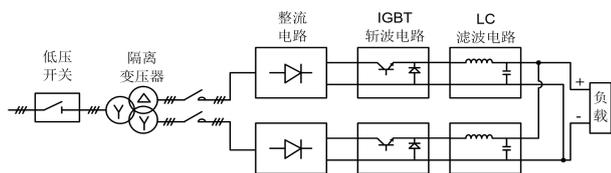


图 3 等离子体点火装置 IGBT 电源主电路图

三相 380V 交流电源由隔离变压器转换为与等离子体发生器的匹配的电压等级, 隔离变压器的容量根据等离子体发生器的额定功率确定。整流电路将三相交流电源转换为直流电源, IGBT 斩波电路实现直流电的无极调压及续流, 输出的直流电经 LC 滤波电路后将平滑、稳定的直流电输出至等离子体发生器。整流电路、IGBT 斩波电路采用模块化设计, 根据等离子体装置运行功率进行灵活配置。采样电路将直流电源输出端的电流、电压信号传送至控制器, 控制器计算后实时输出调节信号, IGBT 斩波电路根据调节信号控制 IGBT 以 5kHz 的工作频率执行调节指令, 使直流输出电流误差被控制在 1% 以内。

3. IGBT 电源在大功率等离子体点火装置中的运用

本 IGBT 直流电源已运用于华能吉林发电有限公司长春热电厂 1 号机组 A 层等离子体改造项目的大功率等离子体点火装置中。

3.1. 锅炉燃烧设备及煤质

华能吉林发电有限公司长春热电厂 1 号机组为哈尔滨锅炉厂制造的超临界 350MW 锅炉。锅炉为一次中间再热、超临界压力变压运行, 采用不带再循环泵的大气扩容式启动系统的直流锅炉, 单炉膛、平衡通风、固态排渣、全钢架、全悬吊结构、 π 型布置、紧身封闭。锅炉采用中速磨直吹式制粉系统, 配备 6 台 HP863 磨煤机, 5 运 1 备; 煤粉细度 $R_{90}=37\%$ 。锅炉采用墙式切圆燃烧方式, 主燃烧器布置在水冷壁的四面墙上, 每层 4 只对应一台磨煤机。

锅炉点火用煤为高水分、低热值的伊敏煤(全水分 $\geq 39\%$, 低位发热量低至 2857kcal/kg) 其具有水分高、热值低、煤粉颗粒度大的特点。

3.2. 大功率等离子体发生器

本项目采用武汉天和技术有限公司制造的 THP-300/600 型大功率等离子体发生器, 额定功率 300kW。该等离子体发生器使用双路载体风来产生高温等离子体, 它由阴极、阳极、前进气室、后进气室、引

弧装置、开关电源、冷却水腔等组成。等离子体发生器采用同轴双气室结构, 等离子体弧采用空气压缩形式, 在阴、阳电极间加稳定的大电流, 将电极空心筒体中的压缩空气电离形成具有高温导电特性等离子体。前进气室进来的压缩空气将等离子体压缩, 并由后进气室进来的压缩空气将等离子体吹出阳极筒体, 形成连续稳定的高温等离子体流。

3.3. IGBT 直流电源

隔离变压器采用轴向双分裂干式变压器, 可有效消除变压器的网侧谐波, 容量为 400kVA, 电压为 380V/575V。交流电源经隔离变压器分为两路电源后, 经交流接触器进入型号、性能参数完全相同的两组整流电路。

交流接触器负责整流电路动力电源的开断。在主回路上并联串电阻启动回路, 以防止在接通电源时过大的冲击电流损坏整流桥等电气元件, 在整流电路启动后再切换回主接触器回路。

整流电路采用最高电压为 800V, 最高电流为 300A 的二极管桥式整流模块, 共两组。每组整流模块后连接三组最高电压为 700V, 最高电流为 100A 的 IGBT 斩波模块, 三组 IGBT 斩波模块并联均流运行。经过滤波电路后, 将平滑的直流输送至等离子体发生器。

3.4. 控制系统

控制器采用 PLC, 以直流输出电流、电压的采集信号为反馈量, 通过计算, PLC 输出设定值至 IGBT 斩波模块, 形成直流电流闭环控制。

大功率等离子体点火装置采用优化烧蚀控制算法, 以保证等离子体阴阳极的使用寿命。在等离子体发生器进入运行阶段后, PLC 控制器控制等离子体发生器阴阳极之间的直流电压及直流电流的不断变化, 使等离子体发生器阴阳极烧蚀区不断变化, 并保持功率的稳定。

同时, 等离子体点火装置的其他元器件(如比例阀、引弧装置等)也由 PLC 进行监控, 形成一套完整的自动化控制系统, 并在触摸屏上显示实时曲线、参数设置、故障记录等信息。

4. 运用分析

在调试完成后, 大功率等离子体点火装置在锅炉点火期间成功运行, 从运行数据可以看出:

(1) 起弧成功率: 大功率等离子体点火装置起弧 15 次, 起弧成功率为 100%。从起弧成功率可以看出, IGBT 电源在负载特性突变的情况下, 响应速度能够满足大功率等离子体点火装置的需求;

(2) 电流跟随性: 在功率设定为 300kW, 系统运行优化烧蚀模式时, 直流电压在 550V~650V 范围内波动, 直流电流能够稳定跟随变化, 使功率在 295kW~305kW 范文内变化。考虑到采样元件精度、模拟量传输误差等因素, 直流电流输出值与设定值的误差在 1%以内。

(3) 电弧断弧率: 电弧断弧率可以反映出等离子体点火装置的运行稳定性, 在断弧后控制系统会自动重新拉弧一次。本次锅炉点过过程中, 大功率等离子体点火装置的运行断弧次数为 0, 说明 IGBT 电源满足大功率等离子体点火装置稳定运行需求。

(4) 电源转换效率: 大功率等离子体点火装置在 300kW 功率运行时, 查看 380V 低压开关柜上电流显示为 491A 左右, 可得交流输入有效值为约 323kW, 电源转换效率为 92.9%, 相比于传统可控硅全桥整流装置的 70%左右的转换效率, 有显著的提高。

5. 结语

通过现场实际应用表明, 本文提出的 IGBT 直流电源方案能够适配大功率等离子体点火装置的运行特性, 提

供稳定、可靠的直流电源, 对比传统可控硅整流模式, 在电源转换效率、起弧成功率、电流稳定性等方面有着明显的优势。

【参考文献】

[1]陈牧.节油点火装置点火及稳燃适应性条件分析[J].华中电力,2010(4):33—36.

[2]冯文会,王天龙.330MW 低挥发分贫煤机组大功率等离子点火装置应用[J].河北电力技术,2016 (5) .

[3]张海,邱旺成.大功率等离子点火装置点燃混合煤应用分析[J].华电技术,2018 (2) .

[4]李军,范雷.大功率等离子点火装置的应用[J].电力安全技术,2016 (4) .

[5]过增元,赵文华.电弧和热等离子体[M].北京: 科学出版社,1986.

[6]张为国,张俊,唐世弋. IGBT 结构及发展趋势[J]. 电子元器件与信息技术,2021 (4) .

基金项目: 受华能集团总部科技项目'HNKJ21-HF242 技术研究'资助