

Application of Intelligent Variable Frequency Constant Current Power Supply

Jianwei Liu Yanjun Kou Xiaochi Wang Xiaodong Sun Jingxuan Liang

State Power Investment Corporation Inner Mongolia Baiyinhua Coal and Electricity Co., Ltd. Chifeng New City Thermal Power Branch, Chifeng, Inner Mongolia, 024000, China

Abstract

With the continuous innovation of electrostatic precipitator technology, power sources are also constantly developing and improving. Nowadays, various types of power sources have emerged in the market to meet different electrostatic precipitator needs. Three phase power supply, high-frequency power supply, and intelligent variable frequency constant current power supply are common power supplies in high-voltage power supply for electrostatic precipitators. In the field of high-voltage power supply for electrostatic precipitators, three-phase power frequency power supply once replaced single-phase power frequency power supply as the mainstream, and now high-frequency power supply has replaced the position of three-phase power frequency power supply. In the future, intelligent variable frequency constant current power supply is expected to become the dominant technology for high-voltage power supply in electrostatic precipitators and become the mainstream of the future. The addition of these innovative features has brought the performance and application of intelligent variable frequency constant current power supplies to new heights.

Keywords

electrostatic precipitator; intelligent frequency conversion; system renovation

智能变频恒流电源的应用

刘建伟 寇艳军 王晓驰 孙晓东 梁景轩

国家电投集团内蒙古白音华煤电有限公司赤峰新城热电分公司, 中国·内蒙古 赤峰 024000

摘要

随着电除尘技术的不断创新, 电源也在不断地发展和改进。现在, 市场上出现了各种类型的电源, 以满足不同的电除尘需求。三相工频电源、高频电源和智能变频恒流电源是电除尘高压电源中较常见的电源。在电除尘高压电源领域, 三相工频电源曾经取代单相工频电源成为主流, 而现在高频电源已取代三相工频电源的地位。未来, 智能变频恒流电源有望成为电除尘高压电源的主导技术, 成为未来的主流。这些创新功能的加入, 使得智能变频恒流电源在性能和应用上都达到了新的高度。

关键词

电除尘; 智能变频; 系统改造

1 概述

1.1 电除尘技术

电除尘行业起步比较晚^[1], 但是发展迅速。20世纪50年代的时候主要进行仿真设计, 到了60—70年代开展了电除尘器的基础实验和开发了部分电除尘器系列产品, 到了80年代则开始引进西欧、北美的先进电除尘技术, 到现在已经完全掌握了电除尘的设计与生产技术, 产品不仅满足各行业应用需求, 并不断出口至全球多个国家, 甚至出口至欧美、日本等发达国家。中国对电除尘器的研究主要集中在通过数值模拟对电除尘器的研究, 对已投运电除尘器发现的问

题及其改造研究, 电除尘辅助设备的研究等。为满足国内日益提高的粉尘排放标准, 学者及电除尘器相关厂家对低低温电除尘器、移动电极电除尘器、电场电极优化配置技术(如双区电场结构、增加导电滤槽、采用与气流方向垂直的收尘极板等)、新型高压电源技术(如三相电源、高频电源、脉冲电源、调频电源等)、颗粒物凝并技术(如电凝并、声凝并、化学凝并、热凝并、磁团聚和光团聚等)展开了较多的研究及应用^[2]。

1.2 高压供电技术

国内高压供电技术是随着电除尘器本体技术引入时一同引入, 也经历了工频电源、三相电源、高频电源、脉冲电源等阶段, 早期以工频电源为主, 在国内超低排放改造阶段, 许多电厂开始采用高频电源或前电场高频电源后电场脉冲电源的配置形式, 早期高频电源主要模仿及借鉴国外相类似

【作者简介】刘建伟(1980—), 男, 中国内蒙古赤峰人, 本科, 工程师, 从事热能动力运行与检修研究。

产品,随着国内电厂应用的不断深入,国内以大维高新、龙净环保为代表的高压电源厂家,从电源的供电方式、结构组成等方面开展了大量研究,提高高频电源可靠性的同时,通过积累的电厂实际运行经验,相继开展智能变频恒流电源、变频电源、智慧电源等新型高压供电技术及装备的研究并取得了较好的成果。

2 工程概况

2.1 项目现状

赤峰新城热电 $2 \times 300\text{MW}$ 机组,每台炉配套2台双室四电场电袋复合型除尘器,每台除尘器由前级两个电除尘区+后级两个布袋区组成。电袋除尘器本体由浙江菲达环保科技有限公司设计生产,出口含尘量: $< 20\text{mg}/\text{Nm}^3$ (锅炉燃烧设计煤种和校核煤种最差工况均需保证值),本体阻力 $< 1200\text{Pa}$,设备本体漏风率 $< 2\%$ 。设计烟气量为 $1986001\text{Nm}^3/\text{h}$,烟气温度为 $100^\circ\text{C} \sim 160^\circ\text{C}$,电区比集尘面积为 $30.2\text{m}^2/\text{m}^3/\text{s}$,烟气流速 $1\text{m}/\text{s}$,电区的高压电源采用高频电源,电源额定参数为:0.8A/72kV,额定功率为64kVA,最高工作频率10kHz,每台炉配备8台,两台炉共16台。

2.2 智能变频恒流源技术方案

通过脉宽调制(PWM)控制技术以及智能化功能的开发,DCS系统与智能变频恒流电源通过硬接线与通信双重控制方式实现冗余,显著增强了高压电源系统的灵活性与可靠性。

智能变频恒流电源在功能方面的创新出PWM与PFM自动切换控制外,还包括:①具备多种配方功能,可以根据不同的应用场景,提供多种电源配置方案;②自动故障定位功能,能够快速准确地定位故障点,提高维修效率;③预警功能,能够提前预警潜在的故障风险,防患于未然;④SD卡参数复制功能,方便用户快速复制和恢复设备参数设置;⑤电气化参数展示功能,实时展示电气设备的运行参数,便于监控和分析;⑥故障录波功能,记录故障发生时的电气波形,便于故障分析和诊断;⑦动态闪络处理与恢复功能,能够有效处理和恢复因闪络引起的故障;⑧纯数字变频功能,通过数字控制技术,实现更精确的变频控制;⑨充电比变频模式,提供灵活的充电比控制,适应不同的充电需求;⑩特有的恒流技术^[1],确保输出电流的稳定性和精确性,提高设备的运行效率和可靠性。

3 智能变频恒流电源(IFCC-II)介绍

3.1 产品信息

浙江大维高新技术股份有限公司(国家高新技术企业)生产的IFCC-II系列电除尘用智能变频恒流电源(以下简称IFCC-II)是目前国际上先进的新型电除尘器高压电源,是大维高新在EHC-II产品基础上,斥巨资升级的高端产品,具有完全自主知识产权。

IFCC-II是一个高度集成的大功率开关电源,是传统变

压器和高压控制柜的结合体,它为高压静电除尘器电场提供所必需的设备以及这些设备的控制系统。它由整流变压器及逆变箱、控制箱、散热系统等组成。高压采用侧出线方式,安装简单,与隔离开关连接方便,可户外安装在电除尘器顶部。可通过触摸屏手操器,也可以采用RS485总线或TCP/IP以太网在上位机进行集中管理、远程操作、参数修改、节能优化等如图1所示。

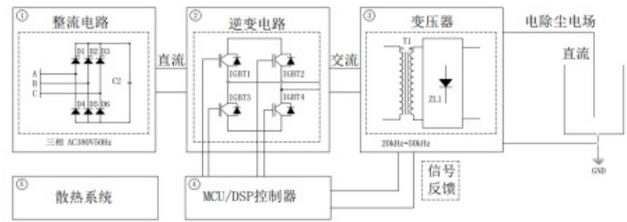


图1 控制原理图

首先输入的三相工频交流电源经过可控硅调压整流滤波后变成低压直流电(见图1第①部分整流电路),再经过全桥IGBT等逆变电路装置逆变控制,产生高频交流脉冲(见图1第②部分逆变电路),高频高压整流变压器最后将低压高频交流脉冲升压整流后(见图1第③部分变压器),供电给电除尘器电场使用。控制系统(见图1第④部分MCU/DSP控制器)主要控制电源工作运行及故障保护。散热系统(见图1第⑤部分散热系统)主要为变压器、整流、逆变系统提供散热。

3.2 工作方式

工作方式:分为充电比间歇控制方式、变频控制方式、自动跟踪控制方式。

①充电比节能控制方式:IFCC-II控制器不但调节IGBT逆变器频率,而且对电除尘电场粉尘荷电时间进行控制,脉冲宽度为电场粉尘荷电时间,脉冲周期减去脉冲宽度为电场荷电粉尘在阳极板的放电时间。通过不同充电比脉冲宽度与脉冲周期的组合,可以适应各种类型的粉尘比电阻,降低及杜绝反电晕的发生,同时极大的降低了电除尘的能耗。

②变频控制方式:通过改变智能变频恒流电源的工作频率,改变智能变频恒流电源的输出电流电压。由于可以输入任意的频率(0~30k)数值,从而可以细微地调节输出功率,达到最佳的效果。

③自动跟踪控制方式:IFCC-II控制器根据现场工况自动控制IGBT逆变器频率(频率范围0~30kHz),从而调节输入到电除尘电场的功率,提供合适的电晕电压电流。

3.3 智能变频恒流电源专用先进功能

3.3.1 电路参数显示功能

行业内首次实现此项应用,此举彻底革新了传统仅依赖文字和图片进行参数堆叠的呈现方式。通过深度融合电路原理,该应用能够协助运维人员迅速领悟各参数的实质内

涵,进而精准把握电源各功能回路的实时状态。这一创新举措的推出,无疑将大幅提升运维工作的效率与精准度。

3.3.2 SD卡参数镜像、故障录波功能

故障录波功能旨在精确记录故障发生时刻的各项运行参数与状态信息。具体而言,该功能能够捕获并记录该时刻电源的关键运行参数,包括但不限于一次侧与二次侧的电压电流数据、工作频率以及温度等关键指标。通过收集这些详尽的数据,故障录波为后续的故障分析提供了坚实且关键的基础分析资料,从而能够迅速且准确地定位故障源头,为故障排查与修复工作提供有力支持。

在分析处理 IGBT 故障等瞬发类信号的发生原因方面,提供了有效的手段,成功解决了行业痛点。

3.3.3 SD卡参数存储

电源关键设定参数支持通过 SD 卡进行存储和读取操作。当需要在新控制器上应用已保存的设定参数时,只需将 SD 卡装置于新控制器上,即可自动复制所有存储在 SD 卡中的设定参数,从而实现设定参数在控制器之间的快速复制功能。

3.3.4 配方功能

配方功能:该功能支持上位机系统通过选择特定的配方号,实现对各关键设定参数的快速配置,避免了逐一设置参数的繁琐过程。配合智慧电除尘器软件包的应用,能够实现对电除尘系统整体性能的最优控制,并展开配方效果的综合评价。该评价过程能够综合考虑不同工艺与工况的实际需求,确保配方选择的合理性和高效性。同时,借助配方、功耗及排放数据的大规模分析,本系统可从排放与能耗两大关键维度出发,对各类配方进行全面的性能评估,从而进一步优化系统运行状态,实现智能控制的精确性与高效性。

3.3.5 故障自动定位功能

故障报警信息现已进行升级优化,在故障发生时,系统能够全面记录故障现场的综合参数,以便后续深入分析。

此外,故障定位与可视化功能得到显著增强。一旦故障报警触发,系统能够自动精确地定位故障位置,并在监控画面上以 3D 形式直观展示,使得故障情况一目了然。同时,系统还会提供详尽的故障分析,帮助运维人员快速理解故障原因,并给出具体的检修建议与作业指导,从而有效提升故障处理效率。

该系统具备对各类异常状态或故障状态的准确诊断能力,能够对设备进行针对性的指导,并提供切实可行的维修建议,确保设备的稳定运行和高效维护。

4 施工方案

4.1 电气部分

①拆除一、二电场高频电源、隔离开关箱、连接圆筒、穿墙套管、阻尼电阻,吊至除尘器底部,并运至业主指定位置。

②在原位安装智能变频恒流电源、隔离开关箱、连接圆筒、穿墙套管、阻尼电阻,每台炉共 8 套电源。

③在除尘器顶部安装 1 只通讯箱,智能变频恒流电源的信号先接入通讯箱,再由通讯箱统一和 DCS 通讯,通讯协议可采用 MODBUS TCP/IP 或者 MODBUS RTU,具体视 DCS 的通讯协议而定。

④拆除所有就地操作箱,吊至除尘器底部,并运至业主指定位置。在原位安装新的操作箱。

⑤检查并更换损坏的低压动力元器件。

⑥新增 DCS 卡件,DCS 卡件安装在现场柜内。

⑦在配电室安装一只安全连锁箱,用于智能变频恒流电源的连锁保护。

⑧在配电室安装一只就地优化控制箱,内装嵌入式主机,和上位机通过以太网通讯,实现运行优化功能,读取上位机里高低压参数,对电除尘运行进行自动调节。

⑨安装一台上位机,上位机和 DCS 通过以太网通讯,读取 DCS 的数据。

⑩电缆敷设:包括通讯电缆(智能变频恒流电源到通讯箱之间、通讯箱到 DCS 之间、DCS 到上位机之间、上位机到就地优化控制箱之间)、控制电缆(智能变频恒流电源到 DCS 之间)、动力电缆(如有)。

⑪电缆桥架:在除尘器顶部新增电缆桥架,用于敷设通讯电缆;在顶部和电除尘竖井之间新增电缆桥架,用于敷设控制电缆。

4.2 机务部分

①对除尘器绝缘件如瓷套瓷轴进行绝缘检测,发现有爬电现象的全部更换,按供货清单的数量先更换,已损坏件若超过清单数量的我公司免费提供。对绝缘件配套的电加热进行全部更新。对绝缘子配套的绝缘子保温箱进行修复,重点对保温箱进行保温更新、密封件更新、法兰和盖板更新,确保保温箱具备良好的保温性能。

②电除尘器的正常运行需要电场本体处在良好的状态,对供电电源的性能提高离不开本体的具有良好的性能,为此我公司将对本体部分进行全面检查,并提出合理建议供本体维修单位进行修复。

5 结论

综上所述,上述施工方案已在多个类似项目中得到实际应用。这表明,智能变频恒流电源的运用显著提升了在特殊工况下电区的除尘效率,确保了电袋除尘器的稳定运行,增强了自动化控制水平,并有效减轻了运行和维护人员的工作负担。

参考文献

- [1] 张伟,李明,王强.电除尘电源系统的优化设计研究[J].环境科学与技术,2018,41(3):45-50.
- [2] 刘涛,陈晓.高压直流电源在电除尘中的应用研究[J].电力系统自动化,2019,43(12):78-84.
- [3] 王芳,赵鹏.脉冲电源对电除尘效率影响的实验研究[J].中国环境科学,2020,40(5):2150-2157.