

# 热控系统电源可靠性的关键技术研究与实践

姜肇雨<sup>1</sup> 庄琰<sup>2</sup> 李娜<sup>3</sup>

1 华能日照电厂 2 华能临沂发电有限公司 3 华能青岛热电有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i1.11737

**[摘要]** 热电厂热控系统作为确保机组安全稳定运行的关键系统,其电源可靠性直接关系到电厂生产运行的连续性和安全性,热控系统电源故障可能导致系统瞬时失电,引发机组非计划停运等严重后果,因此提升热控系统电源的可靠性刻不容缓。基于此,本文深入分析了热控系统电源的关键技术,包括供配电系统冗余设计、不间断电源、双电源自动切换和蓄电池组管理等,剖析了系统运行中存在的实际问题,如供电系统可靠性不足、UPS维护管理不善、电源切换故障风险高、蓄电池组性能衰减加剧等。从优化供电系统冗余设计、完善UPS运维管理体系、改进电源切换控制方案、加强蓄电池组全生命周期管理等方面,提出了全面提升系统电源可靠性的策略。以期为热电厂热控系统电源建设和运维管理提供有益参考和借鉴。

**[关键词]** 热控系统; 电源可靠性; 供电冗余; UPS; 电源切换; 蓄电池组

**中图分类号:** TG434.1 **文献标识码:** A

## Research and Practice on Key Technologies for Reliability of Thermal Control System Power Supply

Zhaoyu Jiang<sup>1</sup> Yan Zhuang<sup>2</sup> Na Li<sup>3</sup>

1 Huaneng Rizhao Power Plant 2 Huaneng Linyi Power Generation Co., Ltd.

3 Huaneng Qingdao Thermal Power Co., Ltd.

**[Abstract]** As a key system to ensure the safe and stable operation of thermal power plants, the power supply reliability of the thermal control system is directly related to the continuity and safety of power plant production and operation. Power failure of the thermal control system may lead to instantaneous power loss of the system, causing serious consequences such as unplanned shutdown of the unit. It is urgent to improve the reliability of the thermal control system source. This article deeply analyzes the key technologies of thermal control system power supply, including redundant design of power supply and distribution system, uninterruptible power supply, automatic switching of dual power sources, and battery pack management. It also analyzes the practical problems that exist in the operation of the system, such as insufficient reliability of the power supply system, poor maintenance and management of UPS, high risk of power switching failure, and intensified degradation of battery pack performance. A comprehensive strategy to enhance the reliability of system power supply has been proposed, including optimizing the redundancy design of the power supply system, improving the UPS operation and maintenance management system, improving the power switching control scheme, and strengthening the full lifecycle management of the battery pack. In order to provide useful reference and guidance for the construction and operation management of thermal control system power supply in thermal power plants.

**[Key words]** thermal control system; Power supply reliability; Power supply redundancy; UPS; Power switching; Battery pack

热电厂热控系统肩负着汽轮机启动、停机、事故处理、安全保护等重要功能。是确保机组安全、经济、稳定运行的关键,热控系统的安全稳定运行离不开可靠持续的电源保障,热控

系统电源作为其核心基础设施,包括供配电系统、不间断电源、应急柴油发电机组等,共同构成了一套完整的供电保障体系。其可靠性对热控系统乃至整个机组的安全稳定至关重要。受设备

老化、维护不善、管理不到位等因素影响,热控系统电源故障时有发生,轻则引起热控系统瞬时中断,重则导致机组非计划停运,造成严重的安全和经济损失,威胁着电厂安全生产。

## 1 热控系统电源的关键技术分析

### 1.1 供配电系统技术

热控系统供配电通常采用一备一用、双母线段或双电源等冗余设计方案,满足系统对供电可靠性和连续性的高要求。供配电系统选用性能优异、质量可靠的断路器、隔离开关、继电器保护等核心元件,确保供电系统的安全稳定运行,系统还配置了电能质量监测装置,实时监控电压、电流、频率等关键指标,及时发现和预警电能质量异常问题,供电线路布置合理,高低压母线严格分段,避免相互干扰引起连锁跳闸。系统还设置了完善的故障隔离和切换装置,一旦某路电源发生故障,可快速切除故障支路,由备用电源继续供电,提高系统的电源切换能力。供配电系统普遍采用了TN-S、IT等先进的接地保护方式,可有效防止系统发生单点接地故障时引发电气安全事故<sup>[1]</sup>。

### 1.2 不间断电源(UPS)技术

热控系统DCS、PLC等核心控制单元对供电质量要求极高,需要不间断电源提供稳定可靠的市电保障。UPS能在外部电网发生故障时,依靠内部蓄电池继续为系统供电,直至外部电源恢复或汽轮机组安全停机,从而保障热控系统的连续可靠运行,目前,热控UPS普遍采用在线式双变换拓扑结构,由整流器、逆变器、旁路开关、蓄电池等部件组成,实现了市电-直流-交流的能量转换,UPS具有完善的过压、欠压、过载等保护功能,可有效抑制电网扰动,为热控系统提供稳定可靠的交流电源。热控UPS普遍配备了功能强大的监控管理系统,可实时采集UPS各项运行参数,并通过人机界面直观呈现,为运维人员监测设备状态、诊断隐患提供了有力支撑<sup>[2]</sup>。

### 1.3 双电源自动切换技术

为进一步提高热控系统供电可靠性,在传统供电方案基础上,增加备用电源,形成双电源供电格局,并配置自动切换装置,是目前热电厂普遍采用的供电冗余策略。系统同时设置工作电源和备用电源两个独立的供电通道,在常规运行时由工作电源供电,当工作电源发生故障时,备用电源能够快速投入,继续为系统供电,从而最大限度地消除电源单点故障风险。保证系统的连续可靠运行,目前,热控系统电源切换普遍采用静态切换或机械切换两种方式,静态切换采用硅控整流器(SCR)、可控硅等先进的固态无触点器件,切换速度快,调节精度高,切换过程平稳,不会对负荷设备产生扰动。而机械切换则一般采用双投双切开关、接触器等常规有触点器件,切换时间相对较长,但造价更低,在经济性要求较高的场合仍有广泛应用<sup>[3]</sup>。

### 1.4 蓄电池组管理技术

蓄电池组是热控UPS系统的能量存储单元和应急备用电源,其性能的优劣直接影响UPS的供电可靠性和后备保障时间。加强蓄电池组的精细化管理是确保电源系统安全可靠的关键措施,目前,先进的蓄电池监控管理系统能够实时采集电池电压、电

流、内阻等关键参数,评估荷电状态(SOC)、健康状态(SOH)等电池性能指标,及时发现和预警电池异常,管理系统还具备了均衡充电、温度补偿等智能控制策略,可有效抑制电池不均衡,延缓电池老化进程,提升电池使用寿命。蓄电池管理系统能够根据设定的维护周期,自动生成保养任务提醒,引导检修人员定期开展电池放电测试、清洁、紧固等例行保养操作,及时发现和处置性能退化电池,从而保障电池组的整体性能,提高UPS的供电可靠性水平。

## 2 热控系统电源运行中的实践问题

### 2.1 供电系统可靠性不足问题

当前,部分热电厂热控系统供电线路设计不够合理,缺乏必要的冗余和隔离措施,一旦其中一路电源发生故障,极易殃及其他电源或负荷,引发连锁跳闸,导致系统全停。个别电厂的供配电设备长期超期服役,存在严重老化和损耗,绝缘性能下降,时常出现跳闸、烧损等故障,严重影响供电可靠性。还有少数电厂尚未配置电能质量治理装置,存在电压暂降、谐波污染等问题,给热控系统二次设备的安全稳定运行埋下隐患。供配电系统接地故障时有发生,地网电位超标、中性点多点接地等问题普遍存在,极大增加了人身触电和设备损坏风险,亟需采取有效的整治和防范措施。

### 2.2 UPS系统维护管理难题

作为热控系统的“守护神”,UPS的正常运行对保障控制系统的安全可靠至关重要,但在实际运行管理中,部分热电厂对UPS的维护重视程度不够。日常巡检流于形式,隐患排查不彻底,个别UPS设备因长期缺乏保养,出现电容损坏、风扇故障、温度异常等问题,严重影响设备投运时的可靠性。UPS系统的操作不当问题也时有发生,值班员工技术能力不足、责任意识淡薄,出现误操作、盲目处置等错误行为。极易引发UPS故障跳闸或瞬间中断事件,造成热控系统瞬时失电,影响机组的安稳运行,UPS系统的专业化、精细化管理水平亟待提升,已成为制约热控系统电源可靠性的突出短板。

### 2.3 电源切换故障风险

随着热控系统功能日益复杂,负荷不断增长,单一电源供电的传统模式已不能满足高可靠性要求。越来越多的电厂采用了双电源供电方案,双电源切换虽然从整体上提高了系统供电可靠性,但切换装置本身也可能成为新的故障点,静态切换器件参数整定不合理,延时过短或过长,可能引发切换失败或误切换,机械式切换开关触头接触不良、弹簧失效等机械故障,也会导致电源切换失败,使热控系统长时间处于失电状态,后果不堪设想。频繁电源切换操作也会对热控系统设备产生不利影响,引起继电保护误动、控制系统重启等次生问题,加剧系统的不稳定性,值得高度重视。

### 2.4 蓄电池组性能衰减问题

蓄电池作为热控UPS系统的“心脏”,其性能的稳定性决定着UPS的供电持续时间和可靠性,然而,在实际使用中,热控系统蓄电池组普遍存在衰减加剧、使用寿命缩短等问题,给系统

安全运行带来隐患,究其原因。前期设计阶段对蓄电池组容量估算不足,未充分考虑负荷发展需求,导致电池实际运行时处于过放电状态。日常维护不到位、机房环境恶劣等因素,加剧了电池的容量损失,实际供电时间大幅缩短,使热控UPS系统名不副实,其应急供电和保障功能难以发挥,亟需引起重视并采取针对性的改进措施。

### 3 热控系统电源可靠性提升策略

#### 3.1 优化供电系统冗余设计

针对当前热控系统供电可靠性不足的问题,热电厂应从优化供电系统总体方案入手,进一步强化冗余设计,提高系统灵活性和可靠性。增设备用电源,在现有供电线路的基础上,新上一路独立的工作电源,与原有电源形成双电源供电格局,并配置自动切换开关,实现主备电源间的无缝切换。细化母线分段,高低压母线按照负荷重要等级进行合理分区,并设置连锁控制和故障隔离装置,防止局部故障扩大化。定期开展供配电设备预防性试验和状态检修,强化电能质量治理,因地制宜配置有源电力滤波器(APF)、动态电压恢复器(DVR)等装置,提高供电质量,减少谐波、暂降等扰动对热控系统的不利影响。优化接地系统设计,完善工作接地和保护接地措施,提高供电系统抗干扰能力,定期开展接地电阻测试,发现超标及时处理,消除接地隐患。

#### 3.2 完善UPS运维管理体系

针对UPS系统维护管理不到位的问题,热电厂要建立健全UPS运行维护管理制度和标准,加强UPS设备全生命周期精细化管理。加强运行人员培训、定期开展UPS应急演练、制定UPS运行巡视、定期保养、故障处置等管理制度,明确管理职责和操作规范,强化过程管控,杜绝擅离职守、误操作等违规行为。加强UPS系统备品备件管理,合理配置关键部件,缩短故障停机时间。对于电厂技改扩建、负荷增加的情况,应及时开展UPS容量校核,必要时实施UPS扩容改造,满足热控系统负荷需求。积极应用在线监测、故障诊断等智能化技术手段,搭建UPS集中监控管理平台,实现对UPS运行状态的可视化,为UPS精益化运维提供数据支撑。

#### 3.3 改进电源切换控制方案

电源切换作为提高热控系统供电可靠性的重要手段,其切换可靠性和有效性至关重要,针对切换故障问题,要从完善切换控制逻辑、优化切换参数整定入手,提升切换可靠性。优化静态切换控制逻辑,切换触发条件要全面考虑电压、电流、频率等因素,避免单一电气量超限引起误切换。整定值要留有合理裕度,防止因瞬时扰动引起频繁切换。加强机械式切换装置的定期检修,重点检查开关触头、弹簧等传动机构,测试切换时间,及时调整接触间隙,确保切换动作可靠。强化运行人员的切换操作技能,

严格执行操作票、操作规程,加强监护,防止误操作。优选电厂负荷较低且电网较为稳定的时段,开展电源切换操作,减少对生产过程的影响。

#### 3.4 加强蓄电池组全生命周期管理

蓄电池组的性能直接影响UPS的应急保障能力,必须采取有效措施加强全生命周期管理,保障其安全、可靠、高效运行。要优选蓄电池供应商,选用性能优异、型号匹配的铅酸免维护电池,并科学估算系统负荷,合理配置电池容量,满足系统对后备供电时间的要求。要加强电池运行环境监测,合理控制UPS机房温、湿度,延缓电池老化进程,应定期开展电池健康状态评估,重点检查电解液比重、极柱和连接线路,及时调整不平衡电池,针对不同使用年限的电池,制定差异化维护方案,延长电池使用寿命。要加强蓄电池充放电管理,严格执行电池均充制度,定期进行大容量放电实验,准确评估容量状态,防止电池过充过放。还应利用智能化的蓄电池监控管理系统,实时采集电池电压、电流、温度等数据,评估荷电状态(SOC)、健康状态(SOH)等关键性能指标,及时发现单体电池故障,为蓄电池维护、检修、更换提供数据支撑,最后,应加强蓄电池全生命周期档案管理,动态记录电池配置参数、运行工况、性能变化等,为优化蓄电池管理提供可追溯的依据。只有切实加强蓄电池组的全生命周期精益化管理,才能确保其性能、延长其寿命,充分发挥UPS系统的应急保障作用,筑牢热控系统安全稳定运行的坚实后盾。

### 4 结语

热控系统作为现代化热电厂的“神经中枢”,其安全稳定运行关乎机组的经济效益和电厂的长治久安,新时期,热电厂必须顺应智慧电厂、智能热控的发展趋势,站在新的历史起点。广大热控系统从业者责无旁贷,使命在肩。必须不忘初心、牢记使命,锐意进取、奋发有为,以“慧”聚合力,以“智”促发展,用丰硕的创新实践成果,用过硬的供电可靠性保障,助力智慧热电厂建设,为服务国家能源战略、保障电力安全稳定供应作出新的更大贡献。

#### [参考文献]

- [1]许震.对热控系统直流电源可靠性的分析与改进[J].电力与能源,2021,42(01):103-105+109.
- [2]孙亚伟,赵国庆,宋超楠.热控系统直流电源可靠性的分析与改进[J].电力安全技术,2019,21(06):51-54.
- [3]张伟.发电厂热控保护可靠性分析[J].中国高新技术企业,2015,(22):149-150.

#### 作者简介:

姜肇雨(1975--),男,汉族,山东临沂人,大学本科,高级工程师,研究方向:火电厂热工仪表检测、自动调节、智能控制。