

基于热电解耦的火电机组供热系统优化运行策略

马翔

国家能源集团山东电力有限公司

DOI:10.32629/jsse.v3i4.17836

[摘要] 本文聚焦于基于热电解耦的火电机组供热系统优化运行策略。在当前能源转型的大背景下,热电解耦对于火电机组适应新的能源结构变化、提升运行灵活性和保障供热稳定性具有关键意义。文中阐述了热电解耦的概念、重要性以及技术手段,包括储热技术、电锅炉辅助供热等。基于这些技术,从运行模式调整、负荷分配优化、与电网的协调运行以及设备维护与管理等多个方面探讨了火电机组供热系统的优化运行策略。通过对这些策略的研究,旨在提升火电机组供热系统在热电解耦背景下的整体性能,实现能源的高效利用和系统的稳定可靠运行,为相关领域的实践提供理论参考。

[关键词] 热电解耦; 火电机组; 供热系统; 优化运行策略

中图分类号: TU833 文献标识码: A

Optimized operation strategy of thermal power unit heating system based on thermal decoupling

Xiang Ma

State Energy Group Shandong Electric Power Co., LTD.

[Abstract] This paper focuses on the optimization strategies for thermal power unit heating systems based on thermal decoupling. In the context of current energy transition, thermal decoupling plays a crucial role in enabling thermal power units to adapt to new energy structure changes, enhance operational flexibility, and ensure stable heat supply. The paper elaborates on the concept, significance, and technical approaches of thermal decoupling, including heat storage technology and electric boiler auxiliary heating. Based on these technologies, it explores optimization strategies for thermal power unit heating systems from multiple aspects such as operational mode adjustment, load distribution optimization, coordinated grid operation, and equipment maintenance management. Through this research, the aim is to improve the overall performance of thermal power unit heating systems under the thermal decoupling context, achieve efficient energy utilization and stable system operation, and provide theoretical references for practical applications in related fields.

[Key words] thermal power coupling; thermal power unit; heating system; optimized operation strategy

引言

随着我国能源结构调整,可再生能源占比持续提升,火电机组在供热期仍承担重要供热任务。传统“以热定电”模式因热电强耦合,导致机组调峰能力受限,难以适应新能源间歇性特点,且存在能源浪费与排放问题。热电解耦技术通过适度分离供热与发电,使机组在保障工业蒸汽、居民供热需求的同时,可动态响应电网调峰需求。实际应用中,供热机组已形成多元改造体系:包括打孔抽汽、高背压循环水供热、低压缸零出力等常规技术,以及柔性切缸等新型调峰手段。其中,柔性切缸受汽轮机轴系振动等设备安全限制,年切换次数需严格控制;高低旁路联合供汽虽可强化低负荷供汽保障,但热能利用率下降影响经济性。此类矛盾在山东等北方供热大省尤为突出,需在热电解耦框

架下构建经济-安全-环保多目标优化策略,对推动能源转型具有现实意义。

1 热电解耦技术概述

1.1 热电解耦的概念

热电解耦作为火电机组领域的一项关键技术理念,旨在运用特定的技术与手段,打破传统火电机组中供热和发电之间紧密且不可分割的耦合关系,实现供热与发电能够相对独立、精准地调节和控制。

在传统火电机组的运行模式里,供热和发电宛如被一根无形的绳索紧紧相连,二者相互关联、彼此影响。当供热负荷发生改变时,比如冬季寒潮来袭,居民和企业的供暖需求大幅增加,供热负荷随之上升,这就会直接导致发电出力被迫改变,以满足

供热所需的蒸汽量,进而影响电力供应的稳定性;反之,发电出力的调整也会对供热产生作用^[1]。

而热电解耦技术的出现,为解决这一问题提供了有效途径。通过增设电锅炉、储热罐等设备,机组能够在确保满足供热需求的基础上,依据电网的实时负荷需求以及能源市场的动态变化,灵活且合理地调整发电出力,显著提高机组的运行灵活性和能源利用效率,推动火电机组向更加智能、高效的方向发展。

1.2 热电解耦的重要性

热电解耦对于火电机组和整个能源系统都有着不可忽视的重要意义。对于火电机组来说,热电解耦可显著提高其调峰能力,使机组在供热期也能积极参与电网的调峰,更好地适应电网负荷的频繁变化。同时,热电解耦有助于降低机组的煤耗和污染物排放,提升机组的经济性和环保性,增强机组在市场中的竞争力。对于整个能源系统而言,热电解耦能够促进新能源的消纳,提高能源系统的稳定性和可靠性。通过增强火电机组的调峰能力,可为新能源发电创造更多的消纳空间,减少弃风、弃光等现象的发生,推动能源结构向更加清洁、高效的方向优化和转型。

2 热电解耦的技术手段

2.1 储热技术

储热技术是热电解耦领域中较为常见的一种技术手段。该技术主要是在供热系统中设置专门的储热装置,利用储热装置的特性,在机组发电负荷较高、供热负荷相对较低时,将多余的蒸汽或热水储存起来。当机组发电负荷较低、供热负荷较高时,再将储存的热量释放出来用于供热。这种方式能够有效缓解供热和发电之间的矛盾,显著提高机组的运行灵活性^[2]。

常见的储热方式有多种类型。显热储热是通过储热介质的温度变化来储存热量,例如热水储热和蒸汽储热,其原理相对简单,成本较低,在一些小型供热系统中应用较为广泛。潜热储热则是利用储热介质的相变过程来储存热量,如熔盐储热,它具有较高的储热密度,能够在较小的体积内储存大量的热量。化学反应储热是利用化学反应的热效应来储存热量,这种储热方式具有较高的能量转换效率,但目前技术还不够成熟,应用相对较少。

2.2 电锅炉辅助供热

电锅炉辅助供热是另一种常用的热电解耦技术。在供热系统中增设电锅炉,当机组发电负荷较低、无法满足供热需求时,利用电网的电能通过电锅炉将水加热成蒸汽或热水,以此补充供热不足的部分。电锅炉辅助供热具有诸多优势,它可以在不影响机组发电出力的情况下,灵活调节供热负荷,实现热电解耦。同时,电锅炉还能够在电网低谷时段储存热量,在高峰时段释放热量,起到削峰填谷的作用,提高电网的运行效率^[3]。

电锅炉通过电能直接转化为热能实现供热,其控制灵活性可快速匹配供热负荷变化。当前主流技术分为两类:电极式电锅炉通过浸入式电极直接加热循环水,具备快速启停特性但无蓄热能力;蓄热式电锅炉则配置高温蓄热介质(如固体蓄热材料或高温水箱),可在夜间低谷电价时段将电能转化为热能储存,

白天通过热交换释放热量。这种分时蓄热模式不仅实现了热电解耦,还通过电价差值显著降低供热成本。值得注意的是,蓄热式电锅炉需配套大容量蓄热装置,而电极式锅炉更适用于需要快速调节的场景,二者在能源系统中的组合应用可形成多时间尺度的灵活供热方案。

2.3 调节汽轮机抽汽参数

通过调节汽轮机的抽汽参数,同样可以实现一定程度的热电解耦。汽轮机抽汽是火电机组供热的主要热源,通过改变抽汽的压力、温度等参数,可以灵活调整供热量的大小^[4]。在供热需求发生变化时,合理调节汽轮机抽汽参数,能够在保证供热质量的前提下,灵活调整发电出力。

例如,在供热负荷较低时,适当提高抽汽压力,可使更多的蒸汽用于发电,从而增加发电量;在供热负荷较高时,适当降低抽汽压力,保证有足够的蒸汽用于供热,满足供热需求。这种调节方式相对简单,不需要额外增加太多设备,但需要对汽轮机的运行特性有深入了解,以确保调节过程中机组的安全稳定运行。

3 基于热电解耦的火电机组供热系统优化运行策略

3.1 运行模式调整策略

在新型电力系统建设背景下,火电机组供热系统的运行模式需进行适应性调整。传统以热定电模式在三改联动政策推动下虽已部分改善,但除高背压机组外,抽汽供热与低压缸零出力技术仍受限于热电耦合特性,调峰能力仍不及纯凝工况,难以完全满足能源系统对灵活性的新要求。因此,构建热电协同运行模式成为提升系统调节能力的必然选择。

热电协同运行模式要求根据电网的负荷需求和供热负荷的变化,灵活调整机组的发电和供热出力。在电网负荷高峰时段,电力需求大,此时优先满足电网的发电需求,适当减少供热出力,确保电网的稳定运行。而在电网负荷低谷时段,电力需求相对较小,优先满足供热需求,增加发电出力,提高能源的利用效率^[5]。

同时,还需要根据不同的季节和天气条件,制定不同的运行模式。在冬季寒冷天气等供热需求高峰时期,要更加注重供热保障,但也要合理兼顾发电;在春秋季节等供热需求相对较低的时期,则可以更多地根据电网负荷需求调整发电出力。通过这种灵活的运行模式调整,能够使火电机组供热系统更好地适应各种工况,提高系统的适应性和灵活性。

3.2 负荷分配优化策略

合理的负荷分配对于火电机组供热系统的优化运行至关重要。在热电解耦的情况下,需要综合考虑机组的性能、供热负荷和发电负荷的特点,对机组的负荷分配进行优化。

对于由多台机组组成的供热系统,要根据各机组的调峰能力、热电转换效率等因素,合理分配发电和供热负荷,使各机组能够在最优工况下运行^[6]。例如,对于调峰能力较强的机组,可以适当分配更多的发电负荷,在电网需要调峰时发挥其优势;对于热电转换效率较高的机组,可以分配更多的供热负荷,提高能源利用效率。

同时,还需要根据电网的负荷需求和供热负荷的变化,实时调整机组的负荷分配。当电网负荷突然增加或供热负荷发生较大变化时,能够迅速调整各机组的负荷,保证系统的稳定运行。通过实时调整负荷分配,能够使火电机组供热系统始终处于高效运行状态,提高系统的整体运行效率^[7]。

3.3 与电网的协调运行策略

火电机组供热系统与电网的协调运行是实现热电解耦和优化运行的关键环节。在热电解耦的背景下,火电机组需要更加灵活地响应电网的负荷需求,积极参与电网的调峰、调频等辅助服务。

因此,建立火电机组供热系统与电网的协调运行机制十分必要。需强化双方信息交互与协同调控,电网应结合机组供热负荷特性及发电功率曲线,科学安排0模式(基荷运行)与R模式(调频备用)切换策略,通过运行模式调整为机组预留调峰空间。例如,电网可依据负荷预测结果指导机组在R模式下保持调节能力,确保热电系统灵活响应电网需求。

同时,火电机组供热系统要根据电网的负荷需求和调度指令,灵活调整发电和供热出力,实现与电网的协同运行。当电网需要调峰时,机组能够迅速减少发电出力,增加供热出力或通过其他方式进行调峰;当电网需要增加发电时,机组能够及时提高发电出力^[9]。

3.4 设备维护与管理策略

设备的维护与管理是保证火电机组供热系统安全稳定运行的基础。在热电解耦的背景下,由于机组的运行方式和负荷变化更加复杂,对设备的可靠性和稳定性提出了更高的要求。

因此,需要加强设备的维护与管理,建立完善的设备维护计划。定期对设备进行检查、维护和保养,包括对汽轮机、锅炉、储热装置、电锅炉等关键设备的检查,确保设备的正常运行^[8]。例如,定期检查汽轮机的叶片磨损情况、锅炉的受热面腐蚀情况等,及时发现潜在问题并进行处理。

同时,建立设备的故障预警和诊断系统。通过先进的监测技术和数据分析方法,实时监测设备的运行状态,及时发现设备故障的早期迹象,并进行准确的诊断。一旦发现设备故障,能够迅速采取措施进行修复,减少设备停机时间,降低对系统运行的影响^[10]。

此外,加强对设备操作人员的培训也十分重要。提高操作人员的操作技能和应急处理能力,使其能够熟练掌握设备的操作方法和应急处理流程。在遇到突发情况时,操作人员能够迅速、正确地做出反应,保证设备的安全稳定运行。

4 结论

热电解耦是解决火电机组供热系统热电耦合问题、提升机组运行灵活性和能源利用效率的有效途径。通过采用储热技术、电锅炉辅助供热等热电解耦技术手段,能够实现供热和发电的

相对独立调节,为火电机组供热系统的优化运行奠定了基础。

在此基础上,通过运行模式调整、负荷分配优化、与电网的协调运行以及设备维护与管理等优化运行策略,可以进一步提升火电机组供热系统的整体性能和稳定性。运行模式调整使系统能够更好地适应电网负荷和供热需求的变化;负荷分配优化提高了能源利用效率,使各机组在最优工况下运行;与电网的协调运行增强了系统的灵活性和稳定性,促进了新能源的消纳;设备维护与管理则保障了系统的安全可靠运行。

在实际应用中,需要根据火电机组的具体情况、供热需求和电网特点,综合考虑各种因素,选择合适的热电解耦技术和优化运行策略。同时,要不断加强技术创新和管理创新,提高火电机组供热系统的智能化水平和运行管理水平。随着能源结构的进一步调整和技术的不进步,热电解耦技术将在火电机组供热系统中得到更广泛的应用,为我国能源的高效利用和环境保护做出更大的贡献,推动我国能源领域朝着更加清洁、高效、可持续发展的方向发展。

【参考文献】

[1]柳磊,杨建刚,王东,等.火电汽轮机热电解耦技术研究[J].宁夏电力,2017,(06):62-66.

[2]申景波.浅谈几种热电解耦技术改造[J].神华科技,2018,16(09):57-60.

[3]邓拓宇,田亮,刘吉臻.供热机组热电耦合特性分析与解耦协调控制[J].系统仿真学报,2017,29(10):2593-2599.

[4]居文平,吕凯,马汀山,等.供热机组热电解耦技术对比[J].热力发电,2018,47(09):115-121.

[5]申融容,玄婉玥,张健,等.面向电源侧灵活性提升的热电解耦技术综述[J].中国能源,2021,43(05):51-59.

[6]袁桂丽,王琳博,王宝源.基于虚拟电厂“热电解耦”的负荷优化调度及经济效益分析[J].中国电机工程学报,2017,37(17):4974-4985+5217.

[7]王克.“双碳”目标下供热机组灵活性调峰热电解耦技术探讨[J].特种设备安全技术,2023,(01):8-10.

[8]李志强,陈晓利,高继录,等.350MW火电机组热电解耦深度调峰技术研究[J].汽轮机技术,2020,62(05):389-392.

[9]郑淇薇,王华霆,陈衡,等.深度调峰背景下火电机组热电解耦技术路径对比分析[J].发电技术,2024,45(02):207-215.

[10]吴彦廷,尹顺永,付林,等.“热电协同”提升热电联产灵活性[J].区域供热,2018,(01):32-38.

作者简介:

马翔(1988—),男,汉族,山东临沂人,工程硕士,经济师,国家能源集团山东电力有限公司科技主管,主要研究领域为清洁低碳灵活燃煤发电、智能智慧电厂建设。