

燃气—蒸汽联合循环机组一次调频应用研究

卢宏建, 陈自球, 王靖华

(浙江浙能金华燃机发电有限责任公司, 浙江 金华 321000)

摘要 燃气—蒸汽联合循环机组是一种高效节能的新型热力设备, 它可以将天然气转换成高温高压蒸汽, 并将蒸汽再转化为电能或其他形式的能量输出。该装置不仅能够提高能源利用率, 还能够减少环境污染, 是实现可持续发展的重要手段之一。蒸汽轮机采用滑压运行的方式, 不具备一次调频功能, 所以燃气轮机需要承担更多的调频任务。基于此, 本研究的目的在于深入解析燃气与蒸汽共同循环的机组调节频率的技术细节, 以进一步优化该机器的工作效率和经济性。

关键词 燃气—蒸汽联合; 循环机组; 一次调频

中图分类号: TK2

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)10-0118-03

在当今能源领域, 高效、稳定和灵活的电力供应至关重要。燃气—蒸汽联合循环机组作为一种先进的能源转换技术, 具有效率高、启动迅速等优点, 在电力生产中占据着重要地位。以天然气或液化石油气为动力的燃气—蒸汽联合循环机组, 通过燃烧产生高温高压的气体, 进而驱动汽轮机进行运转, 蒸汽驱动的该装置, 能高效实现热能向机械与电能的转换。

1 蒸汽联合循环机组概述

燃气—蒸汽联合循环作为一种先进的发电技术, 它利用天然气或液化石油气作为燃料, 通过燃烧产生高温高压气体, 再与水蒸气压缩产生的蒸汽进行联用, 从而实现高效率 and 低排放。燃气—蒸汽联合循环发电机组因效率高和低消耗率, 快速启动, 灵活调节, 高可用性, 节省投资, 建设周期短, 且环境影响小, 被广泛用于工业生产和能源领域中。燃气—蒸汽联合循环机组主要由汽轮机、涡轮增压器、燃油预加热器、蒸汽发生器、冷凝器、排汽系统、锅炉、冷却塔等组成。其中, 汽轮机是整个系统的核心部件, 其工作原理是在燃煤过程中将化学能转化为机械能, 并输出动力^[1]。涡轮增压器的作用是提高燃气压力以增加发动机功率。燃油预加热器则为燃气提供足够的热量, 使得燃气能够在较低的压力下点燃。蒸汽发生器是将水蒸气压缩成高密度状态, 以便于后续使用。冷凝器则是将蒸汽冷却到液体状态, 并将其输送至锅炉内供热。冷却塔负责对废气进行处理, 使其符合环境标准。

2 蒸汽联合循环机组一次调频方案设计分析

2.1 设计必要性

在燃气—蒸汽联合循环机组中, 一次调频是一种重要的控制方式。它可以有效地提高机组的运行效率

和经济效益, 同时也能够降低排放物对环境的影响。因此, 有必要进行一次调频的设计与实现。具体理由如下: 一方面, 一次调频可以在一定程度上减少机组的能耗。一次调频则可以通过直接改变压力或温度来实现功率调整的效果。这样一来, 不仅可以避免流量调节带来的能量损失, 而且也可以更好地满足负荷变化的要求。另一方面, 一次调频还可以改善机组的可靠性。由于一次调频不需要使用流量调节器, 所以其故障率较低, 并且维护成本也相对较低^[2]。

2.2 设计可行性

蒸汽联合循环机组一次调频方案设计可以提高系统的效率和经济性, 同时也能够减少排放物对环境的影响。因此, 燃气—蒸汽联合循环机组一次调频的应用具有很高的实际意义和价值。为了保证系统的稳定运行, 必须确保各部件之间的配合度高, 并且每个环节都具备足够的容错能力。同时, 还需要考虑到设备维护成本以及维修周期等因素, 以确定最佳的一次调频方案。

2.3 设计原则

第一, 节能减排。一次调频可以有效地降低机组运行时的能耗和排放量, 从而达到节能减排的目的。同时, 一次调频还可以提高机组的效率, 减少能源浪费。第二, 经济性。一次调频不仅能够实现节能减排的效果, 还能够提高机组的经济效益。通过优化机组的工作参数, 可以在保证高效率的同时降低成本支出。第三, 可靠性。一次调频的设计应该考虑到机组的稳定性和可靠性问题。只有具备高质量的设备和可靠的技术支持, 才能确保机组的正常运转和安全使用。因此, 燃气—蒸汽联合循环机组的一次调频设计应注重节能减排、经济性和可靠性等方面的问题, 同时也要考虑环保性的需求。

2.4 设计实施

要掌握蒸汽轮机和燃气—蒸汽联合循环机组的一次调频技术,必须深入理解其工作原理,并对操作流程进行标准化规范,在采用燃气—蒸汽联合循环机组的过程中,运用一次调频技术至关重要,需实时监控电网频率与预定标准的差异,在此情况下,机组内的调节与控制系统将自动执行有功功率的调整,以保证电网频率维持在既定界限之内,例如,需要确定一次调频的具体时间点和频率范围,以便于后续的设计工作;系统中的各个部件之间需协调配合,包括气源、燃烧器、汽轮机等。在这些组件之间进行合理的匹配和优化,可以提高整个系统的效率和稳定性。其次,还需要考虑到外部环境的变化,如负荷变化、温度变化等因素的影响,以保证系统的正常运行。为了实现一次调频的效果,需要对系统进行一定的调整和改造。其中,最关键的部分就是对火炉内的燃油喷射方式进行改变。传统的燃油喷射方式是在燃料进入燃烧室后直接喷入燃烧区,而本次调频方案则采用了一种新的喷射方式,即分层喷射。这种方法可以在一定程度上减少燃油的浪费,同时也能够更好地满足燃煤的需求^[3]。最后,还需对锅炉内部结构进行相应的修改,以适应一次调频的要求。在实际操作过程中,需要注意一些细节问题。例如,对于不同的负荷情况,需要及时做出相应调整,以确保系统的稳定运行,也需要对设备进行定期维护保养,避免出现故障等问题。

3 燃气—蒸汽联合循环机组一次调频应用案例

3.1 工程概况

浙江浙能常山天然气发电有限公司的#1机组,是由M701F4(G324A)燃气轮机、NG-M701F4-R余热锅炉、TC2F-35.4蒸汽轮机以及QFR-480-2-21.5发电机等设备构成的复杂系统。按燃气轮机、蒸汽轮机、发电机的顺序由南向北排列,从发电机端往燃气轮机方向看,机组转向为顺时针方向,功率输出方式为冷端输出。机组设有8个支持轴承,燃机排气侧为#1轴承,发电机励端为#8轴承,在燃机侧设有1个推力轴承,转子的死点在推力轴承处。

压气机将气体压缩后,送入围绕燃气轮机主轴的分支燃烧室中,天然气在经历了调压、分离、过滤和加热等一系列处理之后,进入燃烧室与压缩空气混合,并通过燃料喷嘴进行燃烧,这一过程产生了高温烟气,推动透平膨胀从而驱动燃气轮机旋转,最终,燃气轮机的转动促使发电机产生电力,高温烟气在经过烟道

传输之后,其热能得以被余热锅炉全面吸收并转化为蒸汽,进而驱动蒸汽轮机完成能量转换过程,高压蒸汽依次流经高压主汽门和高压调门,随后进入汽轮机中的高压缸进行膨胀做功,然后从汽轮机高压缸排出与中压过热蒸汽汇合并流回到余热锅炉进行再热,再热蒸汽作为中压蒸汽返回汽轮机做功。

3.2 工作内容

(1) AGC 方案编制:根据现场机组运行情况,分析机组 AGC 控制性能存在的问题,有针对性地编制一份完整的包括 AGC 改造、调试、优化及试验的技术方案;

(2) 余热锅炉 DCS 侧相关逻辑、画面的设计和修改:包括原 AGC 相关信号的屏蔽、新的负荷控制回路的设计及组态、新的负荷控制相关人机界面的设计及修改;

(3) TCS 侧相关逻辑、画面的设计和修改:包括 AGC 快速响应回路的设计和组态、TCS 负荷控制回路的修改、负荷速率限制及保护回路的设计及组态、TCS 负荷控制人机界面的完善等;(4) AGC 改造相关信号电缆的敷设、接线;(5) AGC 功能的静态测试:包括信号核对、保护功能测试、自动回路无扰切换功能测试以及速率、量纲的测试;(6) 燃机 AGC 控制优化:优化燃机负荷闭环控制系统,并且调整燃烧动态,确保在燃烧稳定的情况下更加快速地响应 AGC 指令^[4]。

3.3 工作方法

3.3.1 燃气轮机组一次调频

燃气轮机组一次调频工作原理是通过改变气缸的工作状态和工作时间来实现能量利用率的最大化。具体调频方法如下:当燃气轮机处于空燃模式时,可以将一部分燃烧气体直接注入汽轮机内进行发电,也可以将部分燃料用于加热锅炉内的水蒸气压力,从而提高热效率并降低能源消耗。此外,一次调频技术的应用需要考虑多种因素,如机组负荷变化、供暖需求的变化以及外部环境的影响等。因此,在实际操作中需要对机组参数进行实时监测和调整,以确保系统的稳定性和可靠性。同时,还需要建立相应的控制系统和监控设备,以便及时发现问题并采取相应措施加以解决。现阶段,一次调频技术已经得到了广泛的应用和发展。例如,一些大型工业企业采用了该技术来优化生产流程和节约能源成本,取得了显著的效果,随着环保意识的不断增强和社会经济的发展,该技术也将得到更多的关注和推广。

3.3.2 余热锅炉组一次调频

在燃气—蒸汽联合循环机组的运行中,余热锅炉组是一个重要的组成部分,其作用是将高温废气转化

为低温热水或蒸汽,并将其输送到其他设备中进行利用。因此,余热锅炉组的性能和效率直接影响到整个系统的经济性和环保性。为了提高余热锅炉组的效率,本研究提出了一种新的一次调频控制方法。该方法通过对锅炉内的温度分布进行实时监测,并根据实际情况调整加热器的工作参数来实现节能降耗的效果。具体来说,当锅炉内部温度过高时,加热器工作频率会降低;反之,当锅炉内部温度过低时,加热器工作频率会上升。这种方式可以有效地避免锅炉内温度波动带来的能量浪费现象,同时提高锅炉的使用率和稳定性。此外,本研究还针对余热锅炉组进行了仿真分析,以验证所提出的一次调频控制方法的有效性。结果表明,采用本次调频的方法能够显著提升余热锅炉组的效率,并且可以在一定程度上减少能源消耗。同时,该方法还能够保证锅炉的稳定运行和安全性能。

3.3.3 凝汽器一次调频

其作用是将高温高压的蒸汽转化为低温低压的水蒸气,从而实现对热源的高效利用和节能降耗的效果。因此,凝汽器的设计和运行状态直接影响到整个系统的性能表现。首先,凝汽器需要具备较高的效率和稳定性。由于凝汽器的工作环境非常苛刻,温度差大、压力变化快等因素都会对其产生不利影响。因此,凝汽器的设计必须考虑到这些因素,采用合适的材料和结构来提高其工作效率和稳定性。同时,还需要进行合理的调节和维护,以确保其长期稳定运行。其次,凝汽器的大小也是一个重要的设计参数。一般来说,凝汽器越大越好,因为较大的体积可以容纳更多的蒸汽,从而更好地满足系统的需求。但是,过大的凝汽器也会增加设备成本和占地面积,同时也会带来一些不便之处。因此,在实际操作中需要权衡利弊,选择适当大小的凝汽器。最后,凝汽器的控制也非常重要。通过对凝汽器内部的压力、流量等方面进行实时监测和调整,可以有效地保证其正常运转。此外,还可以使用传感器和自动化控制系统来进一步优化凝汽器的运行效果。在燃气—蒸汽联合循环机组的一次调频系统中,凝汽器扮演着至关重要的角色,只有当凝汽器经过恰当的设计与操作,它才能实现最优性能,从而为整个系统的节能减排做出贡献。

3.4 工作效果

在实际运行中,发现该装置能够有效地提高能源利用率和降低排放量,从而实现节能减排的目标。具体来说,通过一次调频的应用,可以控制燃气—蒸汽联合循环机组的工作参数,使其在不同工况下进行最

佳工作状态调整。例如,在低负荷情况下,可以将蒸汽流量减小到最低值,以减少热损失;而在高负荷的情况下,则需要增加蒸汽流量来满足需求。同时,还可以对燃烧温度、压力等因素进行调节,进一步优化设备性能^[5]。此外,一次调频还为燃气—蒸汽联合循环机组提供了更好的可靠性保障。由于其能够实时监测设备的状态并自动调整工作参数,因此即使出现故障或异常情况时也能够及时采取措施,保证设备正常运转。这不仅提高了设备的安全性能,也大大减轻了维护人员的工作负担。

综上所述,燃气—蒸汽联合循环机组的一次调频应用具有显著的效果,既可提高能源利用效率,又可改善设备可靠性。在未来的研究中,将继续探索该技术在其他领域的应用潜力,为其发展提供更多的支持与帮助^[6-7]。

4 结束语

电力系统在操作内部发电机组时,可利用一次调频技术,恰当控制发电机组的内部数值变化,燃气—蒸汽联合循环机组这一新型发电方式,其实际操作程序通过高效试验得到了规范,从而明确了并网状态,进而提升了机组运作的成效,在科技进步和社会经济发展的推动下,燃气—蒸汽联合循环机组因其高效节能特性,将受到更广泛的实际应用和推广。

参考文献:

- [1] 孙国斌,罗庆宏,王世朋,等.电储能系统辅助燃气-蒸汽联合循环机组一次调频研究[J].节能,2023,42(02):62-65.
- [2] 嵇国军,蒋勇.燃气轮机机组一次调频控制策略优化[J].热力透平,2020,49(04):262-266.
- [3] 高奎,孔庆龙,谭祥帅,等.基于现货市场下的燃气—蒸汽联合循环机组辅助调频协调控制系统优化研究与应用[J].电气技术与经济,2023(01):36-44.
- [4] 王开柱,谭峰,焦道顺,等.燃气轮机及燃气-蒸汽联合循环机组一次调频技术发展[J].能源与节能,2021(12):91-93,104.
- [5] 王哲生,张瑶.燃机一次调频控制对策及应用分析[J].大众标准化,2020(24):148-149.
- [6] 孙国斌,罗庆宏,王世朋,等.电储能系统辅助燃气-蒸汽联合循环机组一次调频研究[J].节能,2023,42(02):62-65.
- [7] 高健,苏俊,林祖宇.燃气—蒸汽联合循环机组一次调频应用研究[J].机电信息,2016(15):28-29,31.