

槽式太阳能热与燃煤互补发电系统的耦合机理与集成优化研究

朱泽丰 于凡 申佳齐

南京工程学院 江苏南京 210000

摘要: 太阳能是一种清洁、廉价和可以一直使用的可再生能源。假设把太阳能热和燃煤进行结合来完成发电过程, 两者互补利用火力发电厂的稳定性因素来保持太阳能热的稳定, 以此来保持发电系统不受外界影响, 这样可以避免产生很大的储能成本, 减少了成本, 还和火力发电厂共同使用发电的机器, 可以进一步提高太阳能热发电的效率。

关键词: 太阳能热与燃煤; 互补发电; 耦合机理

从二十一世纪开始, 太阳能发电系统的发电机机器总体积在全世界范围内的迅速增加, 当然, 发电的技术含量也在逐步的增强。能源是人类社会存在和发展的物质基础, 但由于太阳能的不稳定性和周期性等弱点, 简单的太阳能系统在发热发电方面非常微弱。而为了提高发电的稳定性和长期性, 太阳能热系统往往需要大容量的储能电池, 导致成本高、反馈时间长。现如今, 全世界都以石油、天然气和煤炭等化石燃料作为基础能源。鉴于全球化石能源的枯竭和废物能源对环境的污染以及生态的破坏, 太阳能、风能等可再生能源变得越来越重要, 世界上的各个国家也在争相开发。而太阳能热与燃煤互补发电系统能够以时尚的方式使用太阳能, 并且拥有着光明的前所未有的发展机会。

一、太阳能热力发电系统中的槽式太阳能热发电系统

如今的燃煤电厂主要使用一些热力和再循环系统, 建立在长周期的基础上, 以提高整个系统的平均温度和热效率。该系统包括锅炉、燃气轮机、热水系统等等部件。锅炉中的沸水通过压力输送至泵, 并通过加压后进入锅炉, 在锅炉中, 沸水吸收了冷却煤供应产生的热量, 从而产生高温高压蒸汽。主蒸汽使蒸汽高压的压力缸膨胀, 其中部分蒸汽被输送至锅炉进行高压加热, 再热蒸汽再次蒸发到锅炉中。

太阳能热发电系统是将太阳能转化为热能的系统: 通过热能发电。热力学原理上也是通过从热到电的循环来工作的, 只是这两种热力源不同。因此, 在温度正合适的情况下, 是可以实现太阳能光热发电与常规火力发电厂的耦合互补的。这样可以让能源的使用情况利用率达到最大化。聚光型太阳能热发电系统分为塔式太阳能热发电系统、碟式太阳能热发电系统和槽式太阳能热发电系统。

在这三个发电系统中, 槽式太阳能热发电系统的参数比较低, 相对来说风险也小, 它的聚光比在10到100度以内, 可以传递的温度能够达到400摄氏度。

槽式太阳能集热系统和油水换热器是原燃煤电机改造的一种新型系统。槽式太阳能集热系统主要由太阳能装置和蓄热装置组成。锅炉中的沸水通过压力输送至泵, 并通过加压后进入锅炉, 在锅炉中, 沸水吸收了冷却煤供应产生的热量, 从而产生高温高压蒸汽。主蒸汽使蒸汽高压的压力缸膨胀, 其中部分蒸汽被输送至锅炉进行高压加热, 再热蒸汽再次蒸发到锅炉中。为了提高系统性能, 必须降低蒸汽和煤炭。如果太阳能能提供比煤炭发动机所能承受的更多的热量, 那么多余的热量就会储存在太阳能电池中, 以便在紧急情况下为集热系统增加能量。

二、优化研究

随着时间的推移, 能源的补充利用已成为能源系统发展的重要一步。我国70%的电力来自燃煤发电站, 考虑到目前的资源限制和能源储备的适应性, 节能意识的疏忽, 导致许多用碳量适中和用碳多发电厂的性能下降。太阳能因其独特的优势而成为取之不尽、用之不竭的能源, 但由于存储技术成本较低, 它阻止了太阳能的更大储存。基于这一背景研究, 利用太阳能和风能的具体特点, 将其机制结合起来, 建造太阳能热和火力发电厂结合的技术系统, 在建造储能厂方面节省了很多没必要的昂贵的投资, 并减少了火力发电厂的千瓦时数用煤量。

(一) 太阳能辅助燃煤发电系统的稳态变工况热力学特性与耦合机理研究

在互补发电系统建模与热力特性算法优化的基础上, 急需对太阳能辅助燃煤发电系统的稳态变工况热力学特性与耦合机理进行研究。探索在多种集成方案下, 引入

太阳能热对互补发电系统蒸汽参数与热力性能的影响。引入太阳能热对蒸汽参数的影响情况与太阳能的集成位置有密切关系。

当太阳能集成位置位于再热蒸汽入口之前,太阳能的引入会导致再热系数发生变化,锅炉的热负荷分配不均。一方面,再热温度下降、再热蒸汽做功能力变差,进而导致互补发电系统的循环效率和太阳能热电转化效率下降;另一方面锅炉再热温度降低不利于锅炉的安全运行。由此可知,“黑箱算法”不能用于太阳能集成位置位于再热蒸汽入口之前的情形,该算法所依据的假设与实际不符。

当太阳能集成位置位于再热蒸汽之后,太阳能的引入不影响再热系数,再热蒸汽出口温度恒定,不影响其做功能力,此时,互补发电系统的循环效率和太阳能热电转化效率不随太阳能的引入量而发生变化。因此,被太阳能取代的抽汽压力越高,互补发电系统的循环效率和太阳能热电转化效率也越高。此时,“黑箱算法”和“改进算法”得到了相同的结论,两种算法均可用于太阳能集成位置位于再热蒸汽入口之后的情形。

针对本文所研究的案例,即节煤型330 MW太阳能辅助燃煤发电系统,用太阳能热取代第三级抽汽的方案无论从太阳能光热转化效率、太阳能发电量等热力学指标,还是从锅炉安全性而言,都优于其他集成方案。

(二) 互补发电系统的参数设计及优化方法

在互补发电系统稳态热力学特性和耦合机理分析的基础上,通过研究互补发电系统的能量转化过程、稳态热力学效率和年经济性,提出了互补发电系统参数优化的通用方法,从而进一步提高互补发电系统的能量转化效率,降低系统投资运行成本。

研究可以发现,导热油进出口温降及换热温差将会影响油水换热器的换热面积、换热效率与所需的集热面积。导热油进出口温降是决定油水换热器换热面积的因素之一,其值选取过小,会导致换热温差降低、换热面积增加;其值选取过大,导致换热系数降低、换热面积增加。因此,才导热油进出口温降得最优值应当使油水换热器换热面积最小。集热温度的选取同时决定了油水换热器的换热面积和所需的集热场集热面积。随着算术

平均温差的增加,油水换热器的对数平均温差增加,换热面积减小,油水换热器成本降低;但同时也导致了太阳能光热转化效率的降低,所需的集热面积增加,集热场成本增加。因此,导热油进出口温降及算术平均温差的优化需要使得集热场与换热器的总投资最小。

可以定义与优化单双轴跟踪系统的年集热比,可对集热场的跟踪方式进行优化研究,以评价各种单轴跟踪方式的集热性能。结果表明,南北轴极轴跟踪方式的单双轴跟踪系统的年集热比可达93.2%,比南北轴水平跟踪高11.4%,比东西轴水平跟踪方式高33.8%。可以分析太阳能整体的光电转化效率和年经济性,对互补发电系统列间距、集热面积和蓄热量进行优化表明,列间距的优化选取决定于集热场的跟踪方式与用地费用在总成本中的占比,集热面积过大将会导致互补发电系统产生“弃光”现象,蓄热面积过大将会导致其利用率过低,因此,集热面积与蓄热量存在最优的配比,而集热面积与蓄热量成本的变化也会导致其最优配比发生改变。

三、结语

太阳能是人们怎么都用不完的可再生能源,它是可以用在各个领域的,同时在发电方面也发挥着天赋异禀的意义。太阳能电,在工业、农业和公共设施中的应用也得到推广,军事和航天领域也在使用。对于太阳能电池的使用,主要集中在偏远地区、沙漠地区和岛屿,这大大降低了输电成本。太阳能电池作为一种系统能源的来源,不仅稳定了发电系统的功能,而且影响其质量和可靠性。把太阳能热和燃煤进行结合来完成发电过程,两者互补利用火力发电厂的稳定性因素来保持太阳能热的稳定,以此可以保持发电系统不受任何影响,依旧平稳运行。

参考文献:

- [1] 吴俊杰.槽式太阳能热与燃煤互补发电系统的耦合机理与集成优化研究[D].华北电力大学(北京),2018.
- [2] 胡永生.太阳能与燃煤机组互补电站热力特性与集成机理研究[D].华北电力大学,2014.
- [3] 刘洪涛.槽塔结合的太阳能辅助燃煤系统耦合机理与运行特性研究[D].华北电力大学(北京),2021.