



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109026239 A

(43)申请公布日 2018.12.18

(21)申请号 201810961700.5

(22)申请日 2018.08.22

(71)申请人 中国科学院合肥物质科学研究院

地址 230031 安徽省合肥市蜀山区蜀山湖
路350号

(72)发明人 孙陆军 柏云清 王明煌 朱志强
吴宜灿

(74)专利代理机构 合肥市上嘉专利代理事务所
(普通合伙) 34125

代理人 郭华俊

(51)Int.Cl.

F01K 27/00(2006.01)

F03G 6/06(2006.01)

F01D 15/10(2006.01)

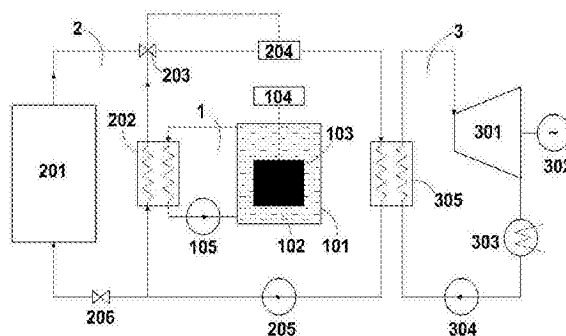
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种核反应堆联合太阳能光热发电系统

(57)摘要

本发明公开了一种核反应堆联合太阳能光热发电系统,包括第一循环回路、第二循环回路、第三循环回路,所述第一循环回路上设有核反应堆、热交换器,所述核反应堆产生的热量经过第一循环回路上循环管道传入到热交换器内,所述第二循环回路上设有太阳能集热模块和蒸汽发生器,所述第二循环回路将太阳能集热模块和核反应堆产生的热量传递到蒸汽发生器产生蒸汽,所述蒸汽运送到第三循环回路上的蒸汽推动汽轮机,所述蒸汽推动汽轮机带动发电机发电。本发明将核反应堆与太阳能光热发电相结合,形成核反应堆联合太阳能光热发电系统,解决了太阳能光热夜晚不能发电以及因此引起的机组频繁启停问题,提高了太阳能光热发电的稳定性。



1. 一种核反应堆联合太阳能光热发电系统,其特征在于:包括第一循环回路(1)、第二循环回路(2)、第三循环回路(3),所述第一循环回路(1)上设有核反应堆(101)、热交换器(202),所述核反应堆(101)产生的热量经过第一循环回路(1)上循环管道传入到热交换器(202)内,所述热交换器(202)将热量传递给第二循环回路(2),所述第二循环回路(2)上设有太阳能集热模块(201)和蒸汽发生器(305),所述第二循环回路(2)将太阳能集热模块(201)和核反应堆(101)产生的热量传递到蒸汽发生器(305)产生蒸汽,所述蒸汽运送到第三循环回路(3)上的蒸汽推动汽轮机(301),所述蒸汽推动汽轮机(301)带动发电机(302)发电。

2. 根据权利要求1所述的一种核反应堆联合太阳能光热发电系统,其特征在于:所述核反应堆(101)包括液态金属室(102)和堆芯(103),所述堆芯(103)设置在充满液态金属的液态金属室(102)内,所述液态金属室(102)与热交换器(202)之间设有出液循环管和回液循环管,所述回液循环管上设有主泵(105),所述液态金属室(102)外设有控制核反应堆(101)的功率控制单元(104)。

3. 根据权利要求1所述的一种核反应堆联合太阳能光热发电系统,其特征在于:所述第二循环回路(2)上还设有流量控制单元(203)、温度检测单元(204)、循环泵(205)、隔离阀(206),所述热交换器(202)将热量传递到第二循环回路(2)上的位置设有流量控制单元(203),所述流量控制单元(203)与蒸汽发生器(305)之间设有温度检测单元(204),所述蒸汽发生器(305)与热交换器(202)之间设有循环泵(205),所述热交换器(202)与太阳能集热模块(201)之间设有隔离阀(206)。

4. 根据权利要求1所述的一种核反应堆联合太阳能光热发电系统,其特征在于:所述第三循环回路(3)上还设有凝汽器(303)和给水泵(304),所述凝汽器(303)将蒸汽推动汽轮机(301)排出的蒸汽冷凝成液体水,所述给水泵(304)将液体水泵入到蒸汽发生器(305)。

5. 根据权利要求1-4任一项所述的一种核反应堆联合太阳能光热发电系统,其特征在于:所述太阳能集热模块(201)内设有槽式、管式、塔式或菲涅尔式太阳能集热系统中的一种。

6. 根据权利要求2所述的一种核反应堆联合太阳能光热发电系统,其特征在于:所述液态金属包括单相金属或多种金属合金。

7. 根据权利要求1所述的一种核反应堆联合太阳能光热发电系统,其特征在于:所述第二循环回路(2)的管路内采用导热油或熔盐进行导热。

8. 根据权利要求7所述的一种核反应堆联合太阳能光热发电系统,其特征在于:所述导热油为烷基苯型、烷基萘型、烷基联苯型、联苯和联苯醚低熔混合物型、烷基联苯醚型、矿物型中一种作为热载体传热用油。

9. 根据权利要求7所述的一种核反应堆联合太阳能光热发电系统,其特征在于:所述熔盐为碱金属、碱土金属的卤化物、硝酸盐、硫酸盐的熔融体、二元盐、三元盐、多元盐中的一种作为热载体传热盐。

一种核反应堆联合太阳能光热发电系统

技术领域

[0001] 本发明属于新能源与可再生能源应用技术领域,具体涉及一种核反应堆联合太阳能光热发电系统。

背景技术

[0002] 随着世界经济快速发展和对能源需求的增加,各国对新能源与可再生能源的开发和利用尤为重视。太阳能是一种资源极为丰富的可再生能源,其开发和利用清洁、无污染,有助于解决我国目前大气环境问题。太阳能光热发电是一种通过集热装置收集太阳光用于产生蒸汽,利用蒸汽推动汽轮机发电的技术,由于太阳能具有间歇性和波动性,太阳能光热发电面临夜晚不能发电以及因此引起的机组频繁启停问题,且白天发电时其受自然天气影响较大,对输出功率控制能力差,甚至影响电网的稳定运行。

[0003] 太阳能光热发电技术需要进一步发展,公开号:CN106677990A,专利名称为光热发电系统,公开了一种风力发电与太阳能光热发电互补系统,提高了风力发电利用率,解决了部分“弃风”问题,但风力发电与太阳能光热发电均受自然天气影响,两者结合后太阳能光热发电的稳定性问题并没有得到完全解决。专利申请号:201120305189.7,专利名称为一种双罐熔融盐储热系统,利用双罐熔融盐进行储热,解决了太阳能光热发电夜晚停机问题,但熔融盐罐的储热能力一般只有几小时至十几小时,太阳能光热发电仍比较被动,不具有较好的功率调节能力和调节灵活性。公开号:CN106837717A,专利名称为一种光热发电与生物质能互补发电系统,利用燃烧生物质补充蒸汽,提高了太阳能光热发电的稳定性,但燃烧生物质会产生烟气污染大气环境,使太阳能光热发电失去环保优势。公开号:CN107576083A,专利名称为槽式太阳能燃气互补热发电装置,采用燃烧燃气对太阳能光热发电系统进行补热,延长了发电小时数,但同样会产生温室气体,污染大气环境。专利申请号:201210549619.9,专利名称为太阳能与风能互补型热、电联产系统,将风力发电与太阳能光热发电互补,提高了风能利用率,但风力发电与太阳能光热发电都存在较大的波动性,均受自然天气影响,即使将两者结合也不能从根本上保证太阳能光热发电的稳定性,且其将风力发出的高品位电能转化为低品位的热能,利用这些热能重新又去加热蒸汽发电,从而降低了整个系统的效率。

[0004] 核能是一种高效清洁的能源,越来越受到公众的接受,提高核能在电力装机规模中的比重,是减少我国雾霾天气和降低大气环境污染有效方法之一。将核能与太阳能光热发电相结合,形成核反应堆联合太阳能光热发电系统,既能解决太阳能光热夜晚不能发电以及因此引起的机组频繁启停问题,又能提高太阳能光热发电的调节灵活性,特别适用于电网调峰,且不会对大气环境造成污染,实是一举多得之举。

发明内容

[0005] 本发明的目的正是为了解决上述问题,而提出一种核反应堆联合太阳能光热发电系统,将核反应堆与太阳能光热发电相结合,形成核反应堆联合太阳能光热发电系统,解决

了太阳能光热夜晚不能发电以及因此引起的机组频繁启停问题,提高了太阳能光热发电的稳定性。

[0006] 本发明提供了一种核反应堆联合太阳能光热发电系统,包括第一循环回路、第二循环回路、第三循环回路,所述第一循环回路上设有核反应堆、热交换器,所述核反应堆产生的热量经过第一循环回路上循环管道传入到热交换器内,所述热交换器将热量传递给第二循环回路,所述第二循环回路上设有太阳能集热模块和蒸汽发生器,所述第二循环回路将太阳能集热模块和核反应堆产生的热量传递到蒸汽发生器产生蒸汽,所述蒸汽运送到第三循环回路上的蒸汽推动汽轮机,所述蒸汽推动汽轮机带动发电机发电。

[0007] 作为优选手段,所述核反应堆包括液态金属室和堆芯,所述堆芯设置在充满液态金属的液态金属室内,所述液态金属室与热交换器之间设有出液循环管和回液循环管,所述回液循环管上设有主泵,所述液态金属室外设有控制核反应堆的功率控制单元。

[0008] 作为进一步地优选手段,所述第二循环回路上还设有流量控制单元、温度检测单元、循环泵、隔离阀,所述热交换器将热量传递到第二循环回路上的位置设有流量控制单元,所述流量控制单元与蒸汽发生器之间设有温度检测单元,所述蒸汽发生器与热交换器之间设有循环泵,所述热交换器与太阳能集热模块之间设有隔离阀。

[0009] 作为进一步地优选手段,所述第三循环回路上还设有凝汽器和给水泵,所述凝汽器将蒸汽推动汽轮机排出的蒸汽冷凝成液体水,所述给水泵将液体水泵入到蒸汽发生器。

[0010] 作为进一步地优选手段,所述太阳能集热模块内设有槽式、管式、塔式或菲涅尔式太阳能集热系统中的一种。

[0011] 作为进一步地优选手段,所述液态金属包括单相金属或多种金属合金。

[0012] 作为进一步地优选手段,所述第二循环回路的管路内采用导热油或熔盐进行导热。

[0013] 作为进一步地优选手段,所述导热油为烷基苯型、烷基萘型、烷基联苯型、联苯和联苯醚低熔混合物型、烷基联苯醚型、矿物型中一种作为热载体传热用油。

[0014] 作为进一步地优选手段,所述熔盐为碱金属、碱土金属的卤化物、硝酸盐、硫酸盐的熔融体、二元盐、三元盐、多元盐中的一种作为热载体传热盐。

[0015] 本发明有益效果:1、本发明将核反应堆与太阳能光热发电相结合,形成核反应堆联合太阳能光热发电系统,解决了太阳能光热夜晚不能发电以及因此引起的机组频繁启停问题,提高了太阳能光热发电的稳定性。

[0016] 2、相比常规带储能功能的光热发电系统,本发明功率调节范围更广,调节速度更快,调节灵活度更高,且不受白天黑夜、阴天下雨天气影响,特别适用于电网调峰。

[0017] 3、本发明太阳能光热与核反应堆共用汽轮机、发电机等设备,节约设备投资,提高了能源综合利用效率,降低发电成本。

[0018] 4、本发明保持了太阳能光热发电的环保特性,不会对大气环境造成污染。

附图说明

[0019] 图1为本发明的一种核反应堆联合太阳能光热发电系统的结构示意图。

[0020] 图中:1、第一循环回路;2、第二循环回路;3、第三循环回路;101、核反应堆;102、液态金属室;103、堆芯;104、功率控制单元;105、主泵;201、太阳能集热模块;202、热交换器;

203、流量控制单元;204、温度检测单元;205、循环泵;206、隔离阀;301、蒸汽推动汽轮机;302、发电机,303、凝汽器;304、给水泵;305、蒸汽发生器。

具体实施方式

[0021] 下面结合附图对本发明作进一步详细描述:

[0022] 本发明的一种核反应堆联合太阳能光热发电系统,包括第一循环回路1、第二循环回路2、第三循环回路3,所述第一循环回路1上设有核反应堆101、热交换器202,所述核反应堆101产生的热量经过第一循环回路1上循环管道传入到热交换器202内,所述热交换器202将热量传递给第二循环回路2,所述第二循环回路2上设有太阳能集热模块201和蒸汽发生器305,所述第二循环回路2将太阳能集热模块201和核反应堆101产生的热量传递到蒸汽发生器305产生蒸汽,所述蒸汽运送到第三循环回路3上的蒸汽推动汽轮机301,所述蒸汽推动汽轮机301带动发电机302发电。

[0023] 热交换器202达到热交换效果都可以,市场购买。

[0024] 核反应堆101是核裂变反应堆,包括快中子反应堆和热中子反应堆等各种堆型,反应堆101所用的冷却剂为液态金属。

[0025] 第一循环回路1、第二循环回路2、第三循环回路3三条循环回路内的循环介质是相互隔离的。其中,第一循环回路1是液态金属循环回路,用于将核反应堆101内产生的核热带出,从核反应堆101流出的高温液态金属102通过热交换器202与第二循环回路2中的介质进行对流换热,将热量传递给第二循环回路2。第二循环回路2是导热油或熔盐循环回路,第二循环回路2包括太阳能集热模块201和热交换器202上的两个支路,太阳能集热模块201是将太阳光转变为热能的场所,热交换器202用于吸收核反应堆101产生的核热,两个支路在流量控制单元203处汇合,通过蒸汽发生器305加热第三循环回路3中的凝结水产生蒸汽。第三循环回路3是蒸汽循环回路,利用蒸汽发生器305产生的蒸汽推动汽轮机301转动以带动发电机302发电,实现将太阳能和核能转变为电能。本发明能够解决太阳能光热夜晚不能发电以及因此引起的机组频繁启停问题,提高了太阳能光热发电的稳定性。例如,夜晚时太阳能集热模块201无法集热,通过热交换器202支路继续向第三循环回路3供热产生蒸汽,汽轮机301和发电机302可持续发电,不必停机待第二天重新启动。

[0026] 所述核反应堆101包括液态金属室102和堆芯103,所述堆芯103设置在充满液态金属的液态金属室102内,所述液态金属室102与热交换器202之间设有出液循环管和回液循环管,所述回液循环管上设有主泵105,所述液态金属室102外设有控制核反应堆101的功率控制单元104。功率控制单元104用于控制核反应堆101中堆芯103的核裂变反应速度,现有能达到控制效果的控制单元均可。

[0027] 经堆芯103加热的高温液态金属102进入热交换器202被冷却后,通过主泵105驱动回到反应堆101内,再经堆芯103加热后进入下一循环。功率控制单元104用于控制核反应堆101的核裂变反应速度,主泵105用于控制第一循环回路1内液态金属的流动速度,功率控制单元104与主泵105配合用于控制核反应堆101的热输出功率。例如,当需要增加核反应堆101的热输出功率时,首选通过主泵105提高液态金属的流动速度,快速达到目标值热输出功率,由于液态金属运行温度很高,可达1000℃甚至更高,同时反应堆101内有一定的高温液态金属储量,液态金属的降温过程给了功率控制单元104足够的时间去调节核反应堆101

的热功率,使之满足需求。功率控制单元104和液态金属室102的设置,使本发明相比常规液态金属核反应堆产生了功率调节范围更广、调节速度更快的有益效果。

[0028] 所述第二循环回路2上还设有流量控制单元203、温度检测单元204、循环泵205、隔离阀206,所述热交换器202将热量传递到第二循环回路2上的位置设有流量控制单元203,所述流量控制单元203与蒸汽发生器305之间设有温度检测单元204,所述蒸汽发生器305与热交换器202之间设有循环泵205,所述热交换器202与太阳能集热模块201之间设有隔离阀206。流量控制单元203与隔离阀206配合,用于控制太阳能集热模块201与热交换器202两支路分别单独运行或同时联合运行,灵活性高。例如,当太阳能模块201检修时,可通过流量控制单元203和隔离阀206停止该支路运行,而热交换器202支路和核反应堆101可继续发电。流量控制单元203为流量控制阀,用于控制导热油或熔盐的流动速度,市场购买。温度检测单元204用于检测第二循环回路2上导热油或熔盐的温度,具有数显功能。

[0029] 第二循环回路2由太阳能集热模块201依次连接流量控制单元203、温度检测单元204、蒸汽发生器305、循环泵205、隔离阀206组成。其中,热交换器202支路与太阳能集热模块201支路并联,即第二循环回路有太阳能和核能两种能量输入,流量控制单元203用于控制太阳能和核能两种能量的输入比例,流量控制单元203配合温度检测单元204用于分别控制太阳能集热模块201和核反应堆101的热输出功率以及第二循环回路2的总热输出功率。例如,当总需求热功率为100%,而当时环境下太阳能集热模块201最大能够提供70%,流量控制单元203可以控制核反应堆101提供剩下的30%,也可以控制两者分别提供50%或其他比例;流量控制单元可以与温度检测单元204、循环泵205配合,通过改变第二循环回路2的温度和流量参数,改变第二循环回路2的总热输出功率。相比常规带储能功能的光热发电系统,本发明功率调节更加灵活,且不受白天黑夜、阴天下雨天气影响,特别适用于电网调峰。

[0030] 所述第三循环回路3上还设有凝汽器303和给水泵304,所述凝汽器303将蒸汽推动汽轮机301排出的蒸汽冷凝成液体水,所述给水泵304将液体水泵入到蒸汽发生器305。

[0031] 所述太阳能集热模块201内设有槽式、管式、塔式或菲涅尔式太阳能集热系统中的一种。

[0032] 所述液态金属包括单相金属或多种金属合金。例如钠、铅、铅合金等。液态金属的导热系数高,增加了核反应堆101的调节速度。

[0033] 所述第二循环回路2的管路内采用导热油或熔盐进行导热。所述导热油为烷基苯型、烷基萘型、烷基联苯型、联苯和联苯醚低熔混合物型、烷基联苯醚型、矿物型中一种作为热载体传热用油。所述熔盐为碱金属、碱土金属的卤化物、硝酸盐、硫酸盐的熔融体、二元盐、三元盐、多元盐中的一种作为热载体传热盐。

[0034] 对于本领域技术人员而言,显然本发明不限于上述示范性实施例的细节,而且在不背离本发明的精神或基本特征的情况下,能够以其他的具体形式实现本发明。因此,无论从哪一点来看,均应实施例看作是示范性的,而且是非限制性的,本发明的范围由所附权利要求而不是上述说明限定,因此旨在将落在权利要求的等同要件的含义和范围内的所有变化囊括在本发明内。

[0035] 此外,应当理解,虽然本说明书按照实施方式加以描述,但并非每个实施方式仅包含一个独立的技术方案,说明书的这种叙述方式仅仅是为清楚起见,本领域技术人员应当将说明书作为一个整体,各实施例中的技术方案也可以经适当组合,形成本领域技术人员

可以理解的其他实施方式。

[0036] 本发明不限于以上对实施例的描述,本领域技术人员根据本发明揭示的内容,在本发明基础上不必经过创造性劳动所进行的改进和修改,都应该在本发明的保护范围之内。

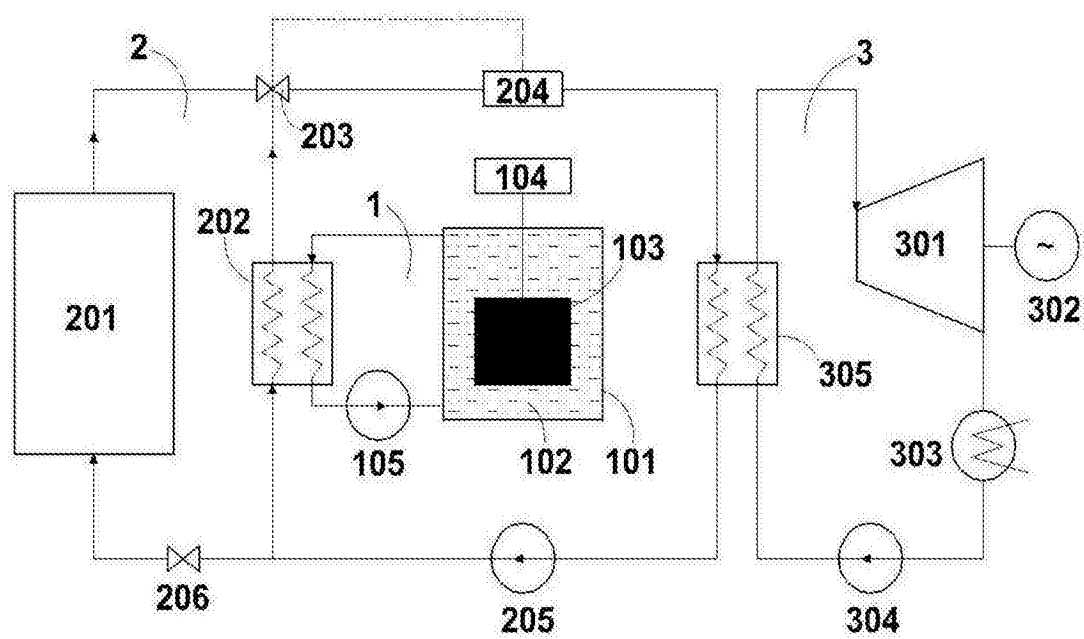


图1