(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 216429700 U
(45)授权公告日 2022.05.03

(21)申请号 202123017234.1

(22)申请日 2021.12.03

(73)专利权人 中国建筑科学研究院有限公司
地址 100013 北京市朝阳区北三环东路30号
专利权人 青海大学

(72)发明人 狄彦强 孔舒婷 李颜颐 张志杰 赵晨

(74)专利代理机构 成都领航高智知识产权代理有限公司 51285
代理人 王斌

(51)Int.Cl.
F01K 13/00(2006.01)
F01K 21/00(2006.01)
F01K 17/02(2006.01)
F01D 15/10(2006.01)
F01D 13/02(2006.01)
F01D 15/08(2006.01)
F04B 37/12(2006.01)
F04B 41/06(2006.01)
F04B 41/02(2006.01)

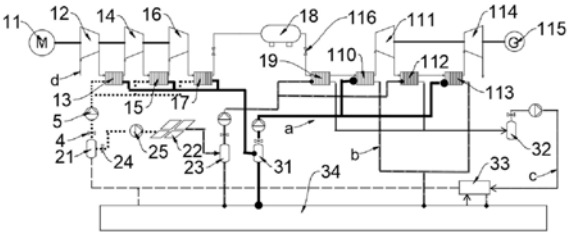
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)实用新型名称

一种基于压缩空气储能的余热梯级利用系统

(57)摘要

本实用新型属于储能技术领域，尤其为一种基于压缩空气储能的余热梯级利用系统，包括压缩空气储能模块、太阳能集热模块和梯级储热利用模块，通过集成太阳能集热模块，用于加热透平入口空气，解决了绝热压缩空气储能系统中空气温度受限的问题，保证系统高效运行，通过梯级储热利用模块，按照余热品质的高低，将不同品位的余热分别储存在不同的储热罐中，降低了高低温流体混合时造成的不可逆能量损失，且通过将不同的余热进行充分利用，有效提高了系统综合效率，充分利用风、光等可再生能源和余热资源，可同时输出热能和电能，并提供不同品位的热能，满足用户多样化需求，清洁环保，无二氧化碳排放，有助于我国“双碳”目标的实现。



CN 216429700 U

1.一种基于压缩空气储能的余热梯级利用系统,其特征在于:包括压缩空气储能模块(1)、太阳能集热模块(2)和梯级储热利用模块(3);

所述压缩空气储能模块(1)包括电动机(11)、一级压缩机(12)、第一间冷器(13)、二级压缩机(14)、第二间冷器(15)、三级压缩机(16)、第三间冷器(17)、储气罐(18)、第一回热器(19)、第二回热器(110)、一级透平(111)、第三回热器(112)、第四回热器(113)、二级透平(114)和发电机(115),且所述电动机(11)、所述一级压缩机(12)、所述第一间冷器(13)、所述二级压缩机(14)、所述第二间冷器(15)、所述三级压缩机(16)、所述第三间冷器(17)、所述储气罐(18)、所述第一回热器(19)、所述第二回热器(110)、所述一级透平(111)、所述第三回热器(112)、所述第四回热器(113)、所述二级透平(114)和所述发电机(115)依次相连接;

所述太阳能集热模块(2)包括冷罐(21)、太阳能集热器(22)和中温储热罐(23),且所述冷罐(21)、所述太阳能集热器(22)和所述中温储热罐(23)依次相连通,所述冷罐(21)的一端与所述第一间冷器(13)、所述第二间冷器(15)和所述第三间冷器(17)相连通;

所述梯级储热利用模块(3)包括高温储热罐(31)、低温储热罐(32)、热泵(33)、热用户(34),且所述高温储热罐(31)的一端与所述第二回热器(110)、所述第四回热器(113)相连通,所述第一回热器(19)和所述第三回热器(112)的一端与所述低温储热罐(32)相连通,所述低温储热罐(32)的一端与所述热泵(33)相连通,且所述高温储热罐(31)、所述热泵(33)的一端均与所述热用户(34)相连接。

2.根据权利要求1所述的一种基于压缩空气储能的余热梯级利用系统,其特征在于:所述储气罐(18)的两端均固定安装有节流阀(116)。

3.根据权利要求1所述的一种基于压缩空气储能的余热梯级利用系统,其特征在于:所述冷罐(21)、所述中温储热罐(23)、所述高温储热罐(31)与所述压缩空气储能模块(1)相连接端以及所述低温储热罐(32)与所述热泵(33)连接端均固定安装有第一控制阀(4)和循环泵(5)。

4.根据权利要求1所述的一种基于压缩空气储能的余热梯级利用系统,其特征在于:所述冷罐(21)与所述太阳能集热器(22)连接的中间位置分别固定安装有第二控制阀(24)和集热循环泵(25)。

5.根据权利要求1所述的一种基于压缩空气储能的余热梯级利用系统,其特征在于:所述中温储热罐(23)的一端与所述第一回热器(19)、所述第三回热器(112)相连通,且所述第一间冷器(13)、所述第二间冷器(15)和所述第三间冷器(17)分别与所述高温储热罐(31)相连通。

6.根据权利要求1所述的一种基于压缩空气储能的余热梯级利用系统,其特征在于:所述中温储热罐(23)、所述高温储热罐(31)、所述第二回热器(110)和所述第四回热器(113)的一端与所述热泵(33)相连通,且所述热泵(33)与所述热用户(34)的一端均与所述冷罐(21)相连通。

7.根据权利要求1所述的一种基于压缩空气储能的余热梯级利用系统,其特征在于:所述电动机(11)与所述一级压缩机(12)、所述二级压缩机(14)和所述三级压缩机(16)之间为驱动连接。

8.根据权利要求1所述的一种基于压缩空气储能的余热梯级利用系统,其特征在于:所

述电动机(11)与所述一级透平(111)、所述二级透平(114)之间为驱动连接。

一种基于压缩空气储能的余热梯级利用系统

技术领域

[0001] 本实用新型属于储能技术领域，具体为一种基于压缩空气储能的余热梯级利用系统。

背景技术

[0002] 近年来，全球气候变暖问题逐渐引起国际社会的重视，中国是世界上最大的能源消费和温室气体排放国，为应对气候变化，中国提出于2030年实现“碳达峰”，争取在2060年前实现“碳中和”，大力发展可再生能源，是实现“双碳”目标的重要途径，然而，可再生能源受昼夜转换、天气变化等影响具有明显的不连续、波动性大等特征，无法得到稳定的能量输出，压缩空气储能以其高可靠性、低维护成本、宽工况调节能力而受到广泛关注，先进绝热压缩空气储能通过回收储能阶段产生的压缩热预热透平入口空气，无需燃烧化石燃料，可实现零碳排放，但仅利用回收的压缩热预热空气，温度很难达到与传统CAES系统同一水平，导致产生的电能有限，可能无法满足用户需求，常用的解决方法是在系统中集成电加热器或太阳能光热，提高透平入口空气温度，但这种做法往往会造成系统中存在大量余热，导致能量浪费。

实用新型内容

[0003] (一)解决的技术问题

[0004] 针对现有技术的不足，本实用新型提供了一种基于压缩空气储能的余热梯级利用系统，具备综合能源利用率高，系统安全、稳定、高效运行的优点，解决了现有系统中多余的热量不便回收利用，能量浪费的问题。

[0005] (二)技术方案

[0006] 为实现上述目的，本实用新型提供如下技术方案：一种基于压缩空气储能的余热梯级利用系统，包括压缩空气储能模块、太阳能集热模块和梯级储热利用模块；

[0007] 所述压缩空气储能模块包括电动机、一级压缩机、第一间冷器、二级压缩机、第二间冷器、三级压缩机、第三间冷器、储气罐、第一回热器、第二回热器、一级透平、第三回热器、第四回热器、二级透平和发电机，且所述电动机、所述一级压缩机、所述第一间冷器、所述二级压缩机、所述第二间冷器、所述三级压缩机、所述第三间冷器、所述储气罐、所述第一回热器、所述第二回热器、所述一级透平、所述第三回热器、所述第四回热器、所述二级透平和所述发电机依次相连接；

[0008] 所述太阳能集热模块包括冷罐、太阳能集热器和中温储热罐，且所述冷罐、所述太阳能集热器和所述中温储热罐依次相连通，所述冷罐的一端与所述第一间冷器、所述第二间冷器和所述第三间冷器相连通；

[0009] 所述梯级储热利用模块包括高温储热罐、低温储热罐、热用户、热泵，且所述高温储热罐的一端与所述第二回热器、所述第四回热器相连通，所述第一回热器和所述第三回热器的一端与所述低温储热罐相连通，所述低温储热罐的一端与所述热泵相连通，且所述

高温储热罐、所述热泵的一端均与所述热用户相连接。

[0010] 优选的，所述储气罐的两端均固定安装有节流阀。

[0011] 通过采用上述方案，通过所述节流阀，提高在流经所述储气罐时的稳定性。

[0012] 优选的，所述冷罐、所述中温储热罐、所述高温储热罐与所述压缩空气储能模块相连接端以及所述低温储热罐与所述热用户连接端均固定安装有第一控制阀和循环泵。

[0013] 通过采用上述方案，便于进行启闭控制，且便于进行动力输出，进行循环。

[0014] 优选的，所述冷罐与所述太阳能集热器连接的中间位置分别固定安装有第二控制阀和集热循环泵。

[0015] 通过采用上述方案，便于所述冷罐的储热介质进入到所述太阳能集热器的内部进行吸热升温。

[0016] 优选的，所述中温储热罐的一端与所述第一回热器、所述第三回热器相连通，且所述第一间冷器、所述第二间冷器和所述第三间冷器分别与所述高温储热罐相连通。

[0017] 通过采用上述方案，便于对所述中温储热罐中的储热介质进行热量交换，且便于对储热介质注入到所述高温储热罐中进行储存。

[0018] 优选的，所述中温储热罐、所述高温储热罐、所述第二回热器和所述第四回热器的一端与所述热用户相连通，且所述热用户与所述热泵的一端均与所述冷罐相连通。

[0019] 通过采用上述方案，便于对所述热用户提供不同品位的热能。

[0020] 优选的，所述电动机与所述一级压缩机、所述二级压缩机和所述三级压缩机之间为驱动连接。

[0021] 通过采用上述方案，便于对所述一级压缩机、所述二级压缩机和所述三级压缩机进行驱动，使得所述压缩空气储能模块工作。

[0022] 优选的，所述电动机与所述一级透平、所述二级透平之间为驱动连接。

[0023] 通过采用上述方案，便于对所述电动机进行驱动，将所述一级透平、二级透平输出的机械能转化为热能。

[0024] (三)有益效果

[0025] 与现有技术相比，本实用新型提供了一种基于压缩空气储能的余热梯级利用系统，具备以下有益效果：

[0026] 本实用新型通过集成太阳能集热模块，用于加热透平入口空气，解决了绝热压缩空气储能系统中空气温度受限的问题，保证系统高效运行，通过梯级储热利用模块，按照余热品质的高低，将不同品位的余热分别储存在不同的储热罐中，降低了高低温流体混合时造成的不可逆能量损失，且通过将不同的余热进行充分利用，有效提高了系统综合效率，充分利用风、光等可再生能源和余热资源，可同时输出热能和电能，并提供不同品位的热能，满足用户多样化需求，清洁环保，无二氧化碳排放，有助于我国“双碳”目标的实现。

附图说明

[0027] 图1为本实用新型的整体系统图；

[0028] 图2为本实用新型整体细分的系统图；

[0029] 图3为本实用新型中太阳能集热模块系统图；

[0030] 图4为本实用新型中压缩空气储能模块系统图；

[0031] 图中：

[0032] 1、压缩空气储能模块；11、电动机；12、一级压缩机；13、第一间冷器；14、二级压缩机；15、第二间冷器；16、三级压缩机；17、第三间冷器；18、储气罐；19、第一回热器；110、第二回热器；111、一级透平；112、第三回热器；113、第四回热器；114、二级透平；115、发电机；116、节流阀；

[0033] 2、太阳能集热模块；21、冷罐；22、太阳能集热器；23、中温储热罐；24、第二控制阀；25、集热循环泵；

[0034] 3、梯级储热利用模块；31、高温储热罐；32、低温储热罐；33、热泵；34、热用户；

[0035] 4、第一控制阀；

[0036] 5、循环泵；

[0037] a.高品位热能；b.中品位热能；c.低品位热能；d.空气。

具体实施方式

[0038] 下面将结合本实用新型实施例中的附图，对本实用新型实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本实用新型一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本实用新型中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本实用新型保护的范围。

[0039] 实施例一

[0040] 一种基于压缩空气储能的余热梯级利用系统，包括压缩空气储能模块1、太阳能集热模块2和梯级储热利用模块3；

[0041] 压缩空气储能模块1包括电动机11、一级压缩机12、第一间冷器13、二级压缩机14、第二间冷器15、三级压缩机16、第三间冷器17、储气罐18、第一回热器19、第二回热器110、一级透平111、第三回热器112、第四回热器113、二级透平114和发电机115，且电动机11、一级压缩机12、第一间冷器13、二级压缩机14、第二间冷器15、三级压缩机16、第三间冷器17、储气罐18、第一回热器19、第二回热器110、一级透平111、第三回热器112、第四回热器113、二级透平114和发电机115依次相连接；

[0042] 太阳能集热模块2包括冷罐21、太阳能集热器22和中温储热罐23，且冷罐21、太阳能集热器22和中温储热罐23依次相连通，冷罐21的一端与第一间冷器13、第二间冷器15和第三间冷器17相连通。

[0043] 储气罐18的两端均固定安装有节流阀116。

[0044] 冷罐21与太阳能集热器22连接的中间位置分别固定安装有第二控制阀24和集热循环泵25。

[0045] 电动机11与一级压缩机12、二级压缩机14和三级压缩机16之间为驱动连接。

[0046] 参阅图1-4，在使用时，富余的电能向电动机11供电，电动机11与一级压缩机12、二级压缩机14和三级压缩机16驱动连接，使得一级压缩机12、二级压缩机14和三级压缩机16运行，且一级压缩机12的排气端经第一间冷器13与二级压缩机14的进气端连接，二级压缩机14的排气端经第二间冷器15与三级压缩机16的进气端连接，三级压缩机16的排气端经第三间冷器17和节流阀116与储气罐18连通，将空气压缩并储存在储气罐18中，储气罐18通过节流阀116、第一回热器19和第二回热器110与一级透平111的进气端连接，一级透平111的

排气端通过第三回热器112和第四回热器113与二级透平114连接，一级透平111和二级透平114的输出端与发电机115的驱动连接，发电机115在一级透平111和二级透平114的驱动下输出电能，向用户供电。

[0047] 太阳能集热器22的输出端与中温储热罐23连接，冷罐21中含有蓄热介质，在太阳能集热器22中吸热升温后，将中品位热能储存于中温储热罐23中，可用于预热透平入口空气，解决了绝热压缩空气储能系统中空气温度受限的问题。

[0048] 实施例二

[0049] 在实施例一的基础上增加了热能梯级利用的方式。

[0050] 梯级储热利用模块3包括高温储热罐31、低温储热罐32、热用户34、热泵33，且高温储热罐31的一端与第二回热器110、第四回热器113相连通，第一回热器19和第三回热器112的一端与低温储热罐32相连通，低温储热罐32的一端与热泵33相连通，且高温储热罐31、热泵33的一端均与热用户34相连接。

[0051] 冷罐21、中温储热罐23、高温储热罐31与压缩空气储能模块1相连接端以及低温储热罐32与热用户34连接端均固定安装有第一控制阀4和循环泵5。

[0052] 中温储热罐23的一端与第一回热器19、第三回热器112相连通，且第一间冷器13、第二间冷器15和第三间冷器17分别与高温储热罐31相连通。

[0053] 中温储热罐23、高温储热罐31、第二回热器110和第四回热器113的一端与热用户34相连通，且热用户34与热泵33的一端均与冷罐21相连通。

[0054] 参阅图1-4，当有富余电能时，富余电能向电动机11供电，驱动一级压缩机12、二级压缩机14和三级压缩机16运行，空气经压缩和冷却后，储存于储气罐18中，同时，储存于冷罐21中的蓄热介质分别进入第一间冷器13、第二间冷器15、第三间冷器17中与空气换热，将压缩过程产生的余热作为高品位热能收集并储存于高温储热罐31中。

[0055] 当电能不足以满足用户需求时，储气罐18释放高压空气，经节流阀116调至稳定压力后，进入第一回热器19中，被来自中温储热罐23的蓄热介质预热，然后进入第二回热器110中，被来自高温储热罐31的蓄热介质进一步加热升温后在一级透平111中膨胀做功发电，做功后的空气压力仍较高，经中温储热罐23和高温储热罐31的蓄热介质先后加热后进入二级透平114中做功发电，最后排入大气。

[0056] 冷罐21中的蓄热介质一部分用于回收压缩余热，一部分用于太阳能集热器22中进行吸热，吸收太阳辐射后进入中温储热罐23储存，中温储热罐23的蓄热介质一部分用于预热高压空气，温度降低后进入低温储热罐32中储存，一部分用于向用户提供中品位热能，换热后回到冷罐21中，高温储热罐31的蓄热介质一部分用于进一步加热透平入口空气，温度降低后向用户提供中品位热能，另一部分用于向用户提供高品位热能，换热后回到冷罐21，低温储热罐32的蓄热介质作为热泵33一侧的低温热源，换热后回到冷罐21中，热泵33另一侧的供热回水经提升为中品位后向用户供热。

[0057] 本实用新型中的富余电能来源于低谷电、富余风电或富余光电，蓄热介质为导热油，热泵33为水源热泵，高品位热能来源于压缩过程产生的压缩余热，中品位热能来源于太阳能光热、热泵产热和第二回热器110、第四回热器113出口的蓄热介质，低品位热能来源于第一回热器19、第三回热器112出口的蓄热介质。

[0058] 尽管已经示出和描述了本实用新型的实施例，对于本领域的普通技术人员而言，

可以理解在不脱离本实用新型的原理和精神的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型，本实用新型的范围由所附权利要求及其等同物限定。

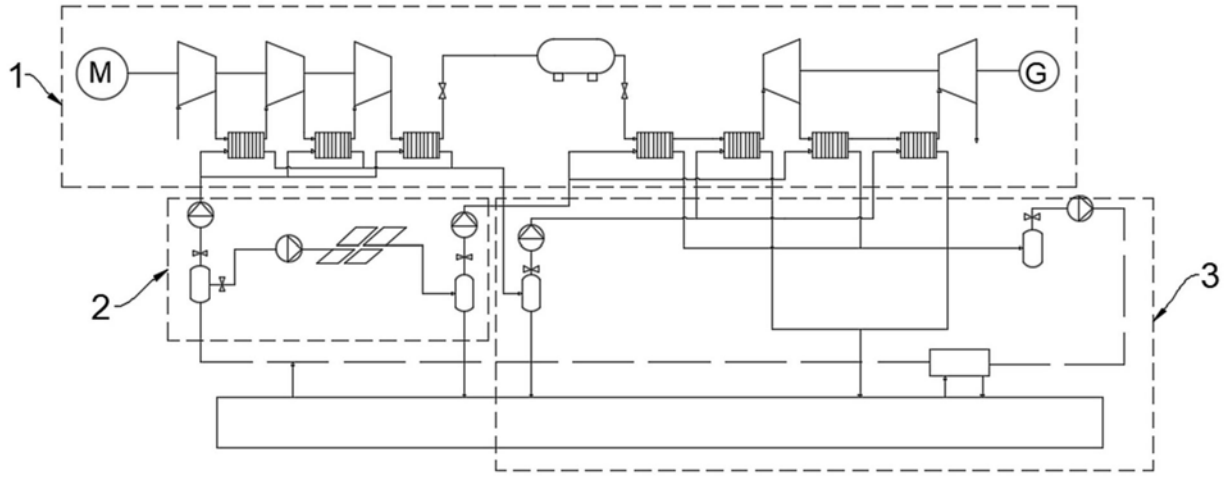

1
M
G
2
3

图1

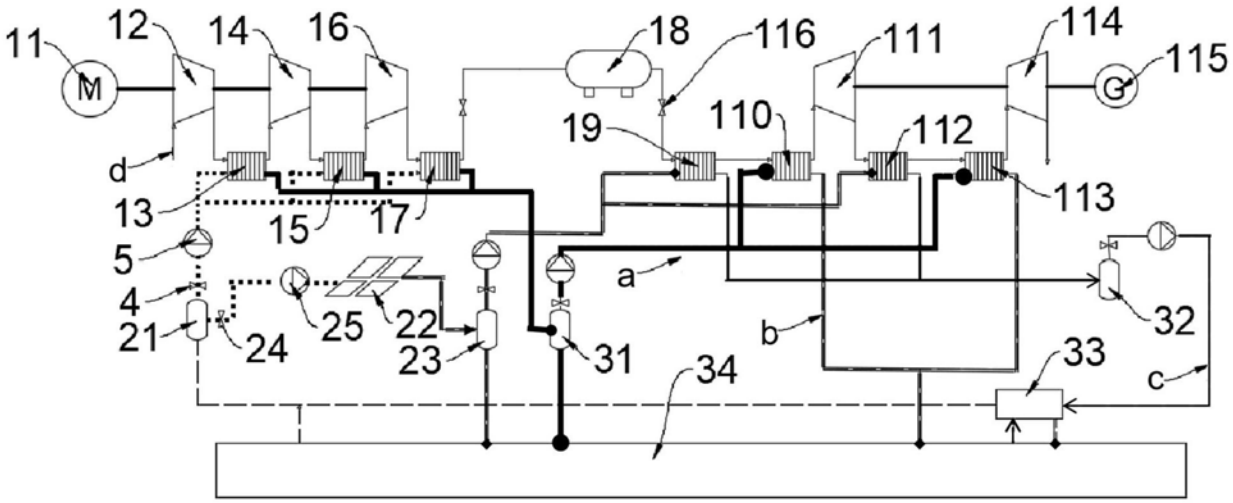

11
12
14
16
18
116
111
114
115
M
G
19
110
112
d
13
15
17
113
5
4
21
24
25
22
23
31
a
b
32
33
34
c

图2

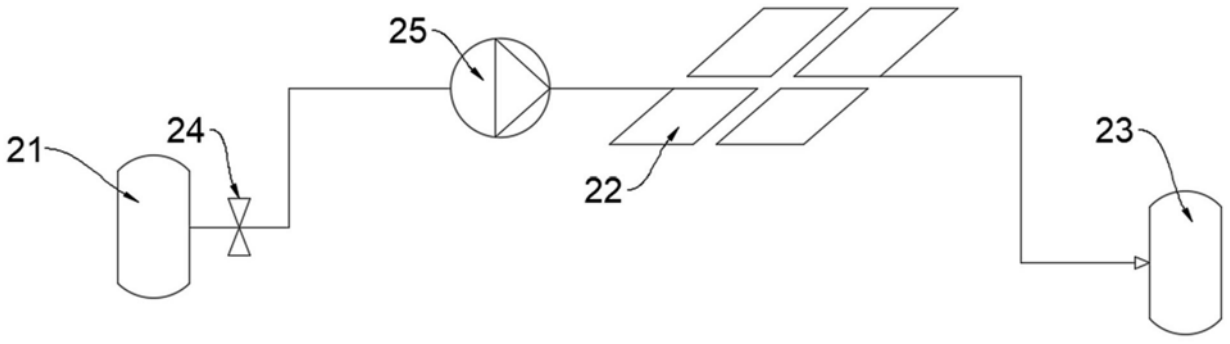

25
21
24
22
23

图3

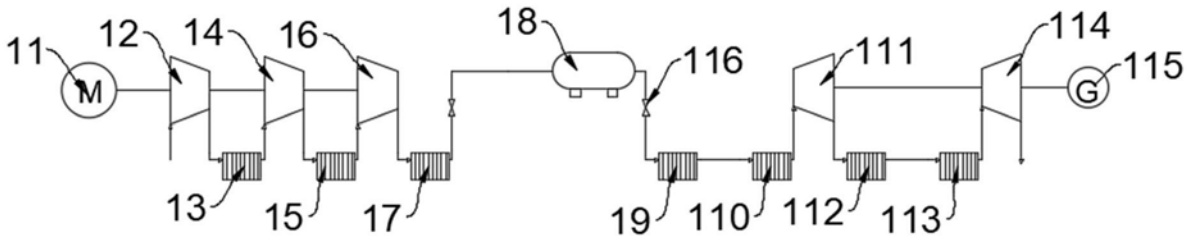


图4