



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 208634013 U

(45)授权公告日 2019.03.22

(21)申请号 201821037408.6

(22)申请日 2018.07.02

(73)专利权人 西门子股份公司

地址 德国慕尼黑

(72)发明人 张陈慧 陶海亮 黄熊辉 段瑞春

(74)专利代理机构 北京康信知识产权代理有限  
责任公司 11240

代理人 赵冬梅

(51)Int.Cl.

F04B 41/02(2006.01)

F01D 15/10(2006.01)

F25B 30/06(2006.01)

F25B 30/02(2006.01)

F25B 31/00(2006.01)

F25B 49/02(2006.01)

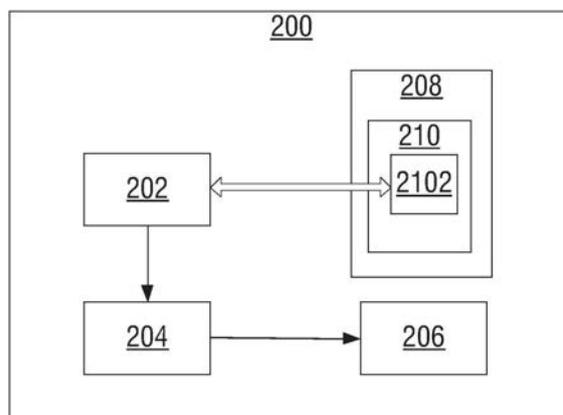
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)实用新型名称

压缩空气储能系统

(57)摘要

本实用新型涉及压缩空气储能系统,包括:至少一个压缩机,其对空气进行逐级压缩;一个储气室,其储存由压缩机压缩的高压空气;至少一个透平机,其利用储存在储气室中的高压空气进行发电;以及一个热泵系统,热泵系统包括至少一个热泵,热泵包括一个储热模块,储热模块连接至压缩机的出口,冷却从压缩机输出的高压空气,以及收集和储存在压缩过程中所产生的热量。热泵还可以包括一个加热模块,加热模块连接至透平机的进口,利用储热模块中储存的热量对从储气室输出的高压空气进行加热。根据本实用新型的实施例的压缩空气储能系统,可以实现以下技术益处中的至少一项:提高压缩机效率,提高热效率,以及避免碳排放。



1. 压缩空气储能系统(200),其特征在于,包括:  
至少一个压缩机(202),其对空气进行逐级压缩;  
一个储气室(204),其储存由所述压缩机(202)压缩的高压空气;  
至少一个透平机(206),其利用储存在所述储气室(204)中的高压空气进行发电;以及  
一个热泵系统(208),所述热泵系统(208)包括至少一个热泵(210),所述热泵(210)包括一个储热模块(2102),所述储热模块(2102)连接至所述压缩机(202)的出口,冷却从所述压缩机(202)输出的高压空气,以及收集和储存在压缩过程中所产生的热量。

2. 如权利要求1所述的压缩空气储能系统,其特征在于,  
所述热泵(310)包括加热模块(3104),所述加热模块(3104)连接至所述透平机(306)的进口,所述加热模块(3104)利用所述储热模块(2102)中储存的热量对所述透平机(306)进行发电所要利用的高压空气进行加热。

3. 如权利要求1所述的压缩空气储能系统,其特征在于,所述热泵系统(208)包括一个热泵(210),所述一个热泵(210)的储热模块(2102)连接至所述压缩机(202)中的每一级压缩机的出口。

4. 如权利要求1所述的压缩空气储能系统,其特征在于,所述热泵系统(208)包括至少两个热泵(210),所述至少两个热泵(210)各自的储热模块(2102)连接至多个压缩机(202)中的至少一个压缩机的出口。

5. 如权利要求4所述的压缩空气储能系统,其特征在于,所述热泵(210)的数目小于所述压缩机(202)的数目。

6. 如权利要求4所述的压缩空气储能系统,其特征在于,所述热泵(210)的数目等于所述压缩机(202)的数目。

7. 如权利要求2所述的压缩空气储能系统,其特征在于,所述热泵系统(408)包括一个热管理模块(412),所述热管理模块(412)控制所述热泵(310)的所述储热模块(2102)和所述加热模块(3104)的操作。

## 压缩空气储能系统

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及能源与电力领域,更具体地,涉及压缩空气储能系统。

### 背景技术

[0002] 压缩空气储能(Compressed Air Energy Storage)是一种重要的大型储能系统。图1示出了现有CAES系统的结构的示意图,如图1所示,CAES 100通常包括压缩机102、储气室104和透平机106。压缩空气储能是利用电力系统负荷低谷时的剩余电量,由电动机带动空气压缩机102,将空气压入作为储气室104的例如密闭大容量地下洞穴中,从而将不可储存的电能转化成可储存的压缩空气的气压势能并储存于储气室104中。当系统发电量不足时,再将压缩空气经换热器与油或天然气混合燃烧,导入透平机106作功发电,满足电力系统的调峰需要。

[0003] 对于压缩机来说,压缩过程越接近于等温压缩,则压缩机的效率越高。因此,在多级压缩机中使用级间冷却器和/或后冷却器来使得压缩接近于等温压缩。由于每级压缩机之后压缩的空气的温度没有高到可以回收热量,因此,这个热量通常被放弃,这是一种能量的浪费,导致热效率降低。

[0004] 此外,通常压缩的空气储存在正常的温度下。如果使用正常温度作为透平机的吸入空气温度,可能降低透平机的效率。因此,目前的商用CAES系统在透平机之前利用补充燃烧室来提高透平机的吸入空气温度,这有助于提高整体系统效率。但是,作为结果,这引起了燃烧天然气的排放。

### 实用新型内容

[0005] 考虑到现有技术的上述问题,本实用新型的实施例提供一种压缩空气储能系统,其能够提高热效率,从而提高CAES的整体系统效率。

[0006] 根据本实用新型的实施例的一种压缩空气储能系统,包括:至少一个压缩机,其对空气进行逐级压缩;一个储气室,其储存由压缩机压缩的高压空气;至少一个透平机,其利用储存在储气室中的高压空气进行发电;以及一个热泵系统,热泵系统包括至少一个热泵,热泵包括一个储热模块,储热模块连接至压缩机的出口,冷却从压缩机输出的高压空气,以及收集和储存在压缩过程中所产生的热量。这里,利用热泵的储热模块降低每级压缩机输出的高压空气的温度,而无需在每级压缩机后面设置冷却器,即可实现接近于等温的压缩过程,从而提高压缩机的效率。通过收集和储存在压缩过程中所产生的热量,避免了热量的浪费,提高了热效率。

[0007] 在一个方面,热泵包括加热模块,加热模块连接至透平机的进口,加热模块利用储热模块中储存的热量对透平机进行发电所要利用的压缩空气进行加热。

[0008] 这里,热泵所包括的加热模块利用储存在热泵的储热模块中的热量来加热透平机进行发电所要利用的压缩空气,提高了透平机的吸入空气温度,从而提高了透平机的发电效率;同时由于无需供给燃料,而不会产生碳排放。

[0009] 在另一个方面,热泵系统包括一个热泵,该一个热泵的储热模块连接至压缩机中的每一级压缩机的出口。这里,热泵系统只包括一个热泵,其储热模块分别连接至每一级压缩机的出口,降低了每级压缩机压缩的的空气的温度,提高了压缩机的效率,同时收集和储存在压缩过程中所产生的热量,避免了热量的浪费,提高了热效率。

[0010] 在又一个方面,热泵系统包括至少两个热泵,至少两个热泵各自的储热模块连接至多个压缩机中的至少一个压缩机的出口。在一个示例中,热泵的数目小于压缩机的数目。在另一个示例中,热泵的数目等于压缩机的数目。这里,每级压缩机都连接有一个热泵的储热模块,储热模块可以降低每级压缩机压缩的的空气的温度,从而提高了压缩机的效率,同时通过收集和储存在压缩过程中所产生的热量,避免了热量的浪费,提高了热效率。

[0011] 在再一个方面,热泵系统包括一个热管理模块,热管理模块控制热泵的储热模块和加热模块的操作。这里,热管理模块可以更高效地控制储热模块和加热模块的操作,提高整体系统效率。

### 附图说明

[0012] 本实用新型的其它特征、特点、优点和益处通过以下结合附图的详细描述将变得更加显而易见。以下附图仅旨在于对本实用新型做示意性说明和解释,并不限定本实用新型的范围。其中,附图中的实心箭头方向表示气的流动方向,空心箭头表示热泵与压缩机的热交换。

[0013] 图1示出了现有技术中的CAES系统100的结构示意图。

[0014] 图2示出了根据本实用新型的一个实施例的CAES系统200的结构示意图。

[0015] 图3示出了根据本实用新型的另一个实施例的CAES系统300的结构示意图。

[0016] 图4示出了图3所示的热泵系统308的另一种配置408的结构示意图。

[0017] 其中,附图标记如下:

[0018]

100:CAES系统	102:压缩机
104:储气室	106:透平机
200:CAES系统	202:压缩机
204:储气室	206:透平机
208:热泵系统	210:热泵
2102:储热模块	300:CAES系统
306:透平机	308:热泵系统
310:热泵	3104:加热模块
408:热泵系统	412:热管理模块

### 具体实施方式

[0019] 现在将参考示例实施方式讨论本文描述的主题。应该理解,讨论这些实施方式只是为了使得本领域技术人员能够更好地理解从而实现本文描述的主题,并非是对权利要求书中所阐述的保护范围、适用性或者示例的限制。可以在不脱离本公开内容的保护范围的情况下,对所讨论的元素的功能和排列进行改变。各个示例可以根据需要,省略、替代或者

添加各种过程或组件。例如,所描述的方法可以按照与所描述的顺序不同的顺序来执行,以及各个步骤可以被添加、省略或者组合。另外,相对一些示例所描述的特征在其它例子中也可以进行组合。

[0020] 如本文中使用的,术语“包括”及其变型表示开放的术语,含义是“包括但不限于”。术语“基于”表示“至少部分地基于”。术语“一个实施例”和“一实施例”表示“至少一个实施例”。术语“另一个实施例”表示“至少一个其他实施例”。术语“第一”、“第二”等可以指代不同的或相同的对象。下面可以包括其他的定义,无论是明确的还是隐含的。除非上下文中明确地指明,否则一个术语的定义在整个说明书中是一致的。

[0021] 在现有的CAES系统中,每级压缩机所产生的热量被放弃,从而造成能量的浪费,导致热效率降低;此外,在透平机进行发电时,需要利用补燃器来提高透平机的吸入空气温度的过程中,产生了燃料燃烧和碳排放。

[0022] 本实用新型的实施例的技术方案在CAES系统中结合了热泵系统,能够解决现有技术的上述问题中的至少一项。

[0023] 下面,将参照附图详细描述本实用新型的具体实施例。

[0024] 现在参见图2,其示出了根据本实用新型的一个实施例的压缩空气储能系统(CAES)的结构示意图。

[0025] 如图2所示,CAES 200包括压缩机202、储气室204、透平机206和热泵系统208,热泵系统208包括热泵210,热泵210包括储热模块2102。出于简化的目的,图2中只示出了一个压缩机、一个透平机和一个热泵,本领域技术人员可以理解,在根据本实用新型的一个实施例的CAES系统中,压缩机、透平机和热泵的数目并不限于图中所示出的一个,也可以是两个或者更多个。图3和图4也进行了类似的简化,在此不再赘述。

[0026] 压缩机202例如在电力系统负荷低谷时,通过剩余电量带动来对空气进行逐级压缩。储气室204储存由压缩机202压缩的高压空气。储气室204例如可以是密闭的地下洞穴或者岩洞。

[0027] 在压缩机202对空气的压缩过程中,压缩空气的温度会上升。现有技术中,这个热量通常被放弃,造成了能量的浪费。在根据本实用新型的一个实施例的CAES系统中,包括了一个热泵系统208。热泵系统208包括至少一个热泵210,热泵210包括一个储热模块2102,储热模块2102连接至压缩机202的出口,用于冷却从压缩机202输出的高压空气,以及收集和储存在压缩过程中所产生的热量。

[0028] 这里,利用热泵210的储热模块2102来降低每级压缩机输出的高压空气的温度,而无需在每级压缩机后面设置冷却器,即可实现接近于等温的压缩过程,从而提高了压缩机202的效率。同时,在压缩过程中所产生的热量被储热模块2102收集并储存,避免了热量的浪费,提高了热效率。

[0029] 当电力系统发电量不足时,透平机206可以利用储存在储气室204中的高压空气进行发电。而在将高压空气导入透平机206进行发电之前,如果提高透平机的吸入空气温度,则可以提供透平机的效率。因此,图3示出了根据本实用新型的另一实施例的CAES300的结构示意图。

[0030] 如图3所示,CAES 300包括压缩机202、储气室204、透平机306和热泵系统308,热泵系统308包括热泵310,热泵310包括储热模块2102和加热模块3104。

[0031] 图3中的压缩机202、储气室204以及储热模块2102的配置与图2压缩机202、储气室204以及储热模块2102的配置类似,在此不再赘述。

[0032] 在图3中,热泵310除了包括储热模块2102之外,还包括加热模块3104。加热模块3104连接至透平机306的进口,加热模块3104利用储热模块2102中储存的热量对透平机306进行发电所要利用的、从储气室204输出的高压空气进行加热。通过对高压空气进行加热,提高了透平机306的吸入空气温度,从而可以提高透平机的发电效率。同时由于无需供给燃料,而不会产生碳排放。

[0033] 在一个示例中,图2所示的热泵系统208和图3所示的热泵系统308可以只包括一个热泵,该热泵的储热模块连接至压缩机202中的每一级压缩机的出口。通过一个储热模块实现了降低每级压缩机压缩的的空气的温度,提高压缩机的效率,同时通过储热模块收集和储存在压缩过程中所产生的热量,避免了热量的浪费,提高了热效率。

[0034] 在另一个示例中,图2所示的热泵系统208和图3所示的热泵系统308可以包括至少两个热泵,至少两个热泵各自的储热模块连接至多个压缩机202中的至少一个压缩机的出口。

[0035] 其中,热泵系统包括的热泵的数目可以小于压缩机的数目。例如,热泵系统包括两个热泵,而CASE系统包括四个压缩机,则一个热泵的储热模块可以连接两个压缩机。

[0036] 其中,热泵系统包括的热泵的数目可以等于压缩机的数目。在这种情况下,每个热泵的储热模块与压缩机一对一连接。

[0037] 本领域技术人员可以理解,热泵与压缩机各自的数目可以根据CASE系统的需要而设定,并且热泵与压缩机之间的连接关系也可以根据需要而设定,只要确保每个压缩机连接有一个热泵,而并不限于以上的举例说明。

[0038] 这里,无论热泵和压缩机的数目如何,每级压缩机都连接有一个热泵的储热模块,储热模块可以降低每级压缩机压缩的的空气的温度,从而提高了压缩机的效率,同时通过收集和储存在压缩过程中所产生的热量,避免了热量的浪费,提高了热效率。

[0039] 图4示出了图3所示的热泵系统308的另一种配置408的示意图。

[0040] 在图4中,热泵系统408除了包括热泵310之外,还包括一个热管理模块412,热管理模块412控制热泵310的储热模块2102和加热模块3104的操作。通过这样的配置,热管理模块可以更高效地控制储热模块2102和加热模块3104的操作,提高整体系统效率。

[0041] 具体来说,根据本实用新型的实施例的CAES系统至少可以实现以下技术效果中的一项或多项。

[0042] 通过在每级压缩之后利用热泵来降低高压空气的温度使得压缩过程接近于等温,因此提高了压缩机的效率。

[0043] 利用热泵来加热透平机进行发电所要利用的高压空气,而热泵的加热效率可以达到使用同样电力的简单的电阻抗加热器的三到四倍。

[0044] 在压缩过程中所产生的、现有技术中被放弃的少量的热量被热泵收集,然后这个热量在储存的高压空气被引入透平机之前被返回到高压空气,因此透平机的吸入空气温度被提高,而无需燃料供给,避免了碳排放。

[0045] 应当理解,虽然本说明书是按照各个实施例描述的,但并非每个实施例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

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。

[0046] 以上所述仅为本实用新型示意性的具体实施方式,并非用以限定本实用新型的范围。任何本领域的技术人员,在不脱离本实用新型的构思和原则的前提下所作的等同变化、修改与结合,均应属于本实用新型保护的范围。

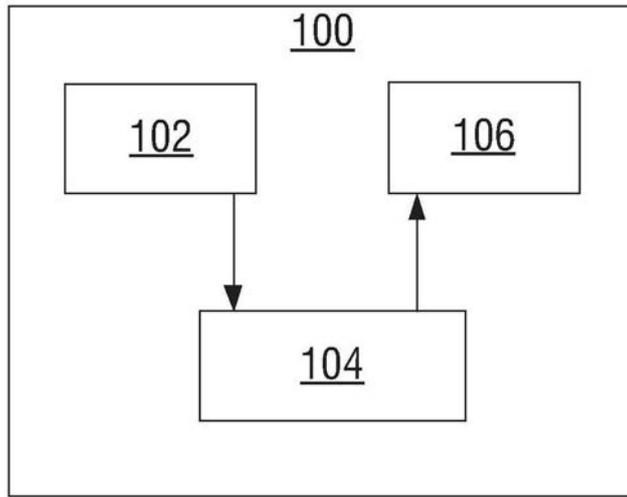


图1

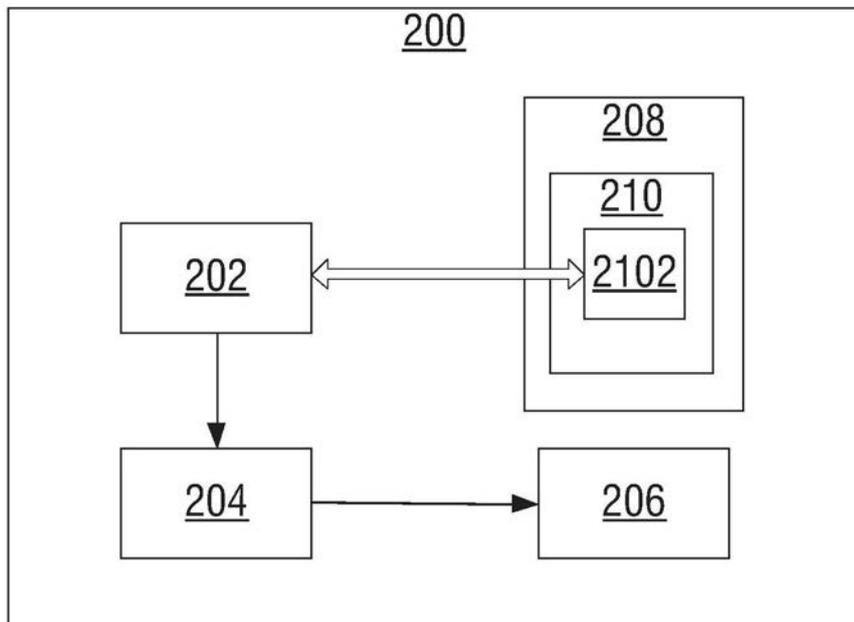


图2

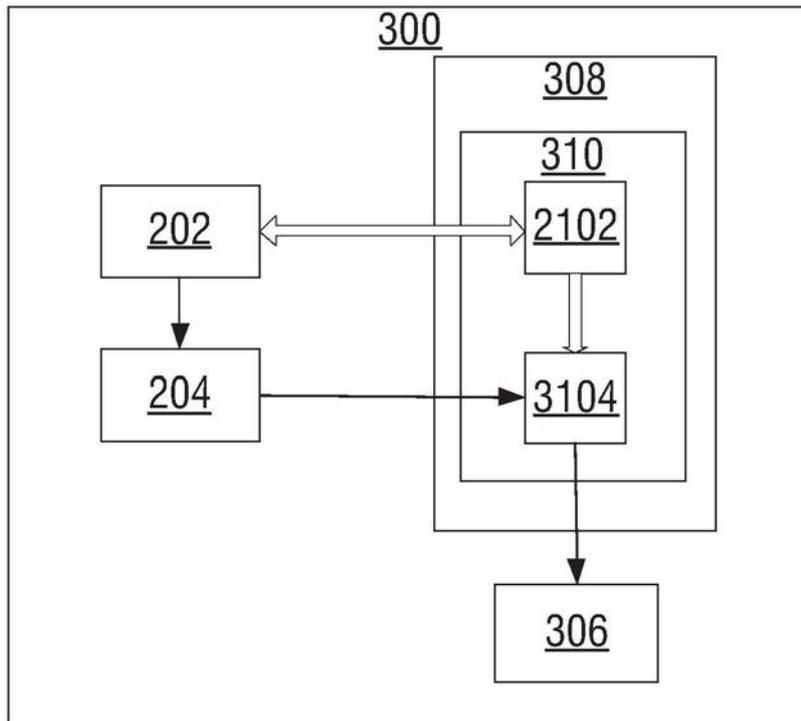


图3

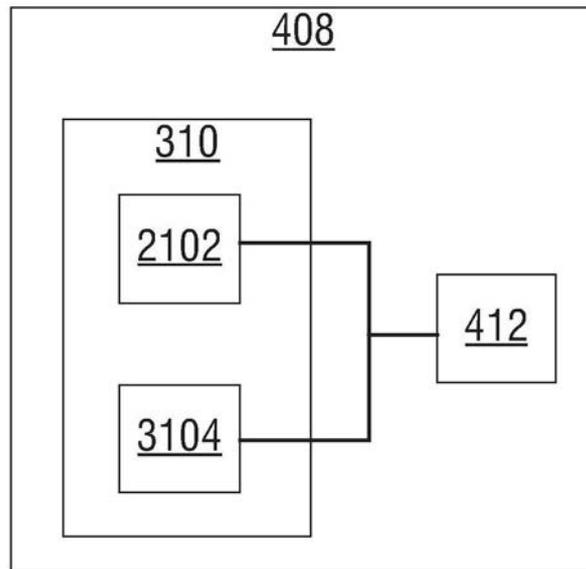


图4