



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103216426 A

(43) 申请公布日 2013. 07. 24

(21) 申请号 201310056686. 1

(22) 申请日 2013. 02. 22

(71) 申请人 中国科学院理化技术研究所  
地址 100190 北京市海淀区中关村东路 29 号

(72) 发明人 薛小代 王俊杰 周远

(74) 专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司 11002  
代理人 韩国胜

(51) Int. Cl.  
F04B 41/02 (2006. 01)  
F04B 39/06 (2006. 01)  
F01D 25/10 (2006. 01)

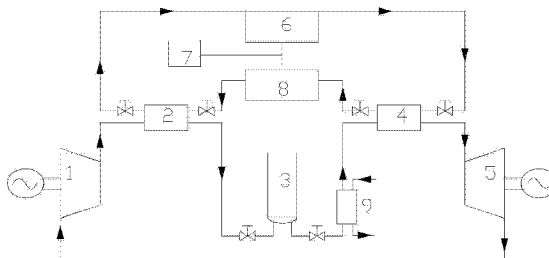
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

回热式压缩空气储能系统

(57) 摘要

本发明涉及电能储存领域,公开了一种回热式压缩空气储能系统,系统储能,冷却器和储热装置利用冷却介质将压缩空气过程中产生的热能回收储存;系统释能,储热装置储存的热通过回热器加热压缩空气,供透平发电机组发电。采用加压系统对储热装置加压,提高冷却介质的沸点,系统结构简单、储热效果好、造价低,发电效率升高,提高电能的转化率。选用水作为冷却介质,具有取材容易,不污染环境的优点。同时,还采用了环境余热、废热和太阳能作为热源对压缩空气进行预热,摒弃了天然气的补燃的方式,实现了零排放。



1. 一种回热式压缩空气储能系统,其特征在于,其包括:

压缩机组、储气装置、透平发电机组和回热系统;

所述储气装置的进口与所述压缩机组出口连接,储存压缩机组压缩的空气;所述储气装置的出口与所述透平发电机组连接,为所述透平发电机组发电提供压缩空气;

所述回热系统包括冷却器、储热装置、回热器、冷却介质储存器和加压系统,冷却介质储存器、冷却器、储热装置和回热器依次连接,所述回热器的出口与冷却介质储存器连接;所述冷却介质储存器储存低温冷却介质;所述冷却器设在所述储气装置上游,冷却器利用所述低温冷却介质至少部分回收所述压缩机组压缩空气产生的热;所述储热装置储存高温冷却介质;所述回热器设在所述储气装置下游,回热器利用所述高温冷却介质加热所述储气装置释放的压缩空气;

所述加压系统与所述储热装置连接,为所述储热装置加压。

2. 如权利要求1所述的回热式压缩空气储能系统,其特征在于,所述加压系统还与所述冷却介质储存器连接,为所述冷却介质储存器加压。

3. 如权利要求1所述的回热式压缩空气储能系统,其特征在于,所述冷却介质为水。

4. 如权利要求1至3任一项所述的回热式压缩空气储能系统,其特征在于,所述压缩机组包括压缩机和电机,所述压缩机的进口与大气连接,其出口与所述储气装置连接;所述电机利用电能驱动所述压缩机压缩空气。

5. 如权利要求4所述的回热式压缩空气储能系统,其特征在于,所述的压缩机组设有压缩机控制系统,实现变工况运转。

6. 如权利要求1至3任一项所述的回热式压缩空气储能系统,其特征在于,所述透平发电机组包括空气膨胀透平和发电机,所述空气膨胀透平进口与所述储气装置连接;空气膨胀透平利用加热的压缩空气驱动所述发电机发电。

7. 如权利要求6所述的回热式压缩空气储能系统,其特征在于,所述的透平发电机组设有透平控制系统,实现稳定工况运转。

8. 如权利要求1至3任一项所述的回热式压缩空气储能系统,其特征在于,所述储热装置的压力为 $0.1\sim 3\text{MPa}$ 。

9. 如权利要求1至3任一项所述的回热式压缩空气储能系统,其特征在于,所述回热式压缩空气储能系统还包括预热装置,所述预热装置设在所述储热装置下游,利用热源为所述压缩空气预热。

10. 如权利要求9所述的回热式压缩空气储能系统,其特征在于,所述热源包括环境余热、废热或者太阳能。

## 回热式压缩空气储能系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电能储存领域,具体的说涉及一种回热式压缩空气储能系统。

### 背景技术

[0002] 目前,电力科学中最大的问题是电能的工程化储存,需要寻找一种经济可行的、无污染的存储技术。为解决电能大规模存储问题,耗费了巨大的人力和财力,开发了各种各样的储能方式,蓄电池组、机械飞轮、超级电容器堆、超导磁储电等等,终因效率不高,寿命短,存取不便,蓄能容量偏小,投资成本大等,难以运作。目前已经广泛采用的是抽水蓄能方式,根据 2008 年的数据,抽水蓄能在国际储能市场中容量最大,占总装机容量的 99%;排名第二的是压缩空气储能,占 0.5%;剩下包括各种电池在内的所有其他形式占 0.5%。除了抽水蓄能的“霸主”地位无法撼动,最有希望实现大幅增长的就是压缩空气储能。

[0003] 抽水蓄能电站的建站地理条件要求苛刻,上水库建在面积较大的山顶上,高度、面积、地质结构要求严格,下水库占地面积也大,并且水源、道路交通都有特定要求;投资大,建设周期长,例如装机容量 180 万 KW,投资额 65 ~ 90 亿元,建设周期 6 ~ 8 年;需要占用大片的土地,并造成生态环境的破坏,以 180 万 kW 为例,建站占地 4000 ~ 5000 亩,工程量包括上下两个水库、引水管、导流管、盘山公路、引水渠等;电站的运行还存在一定的风险,地震、滑坡、暴风雨、泥石流、岩石风化、坝体开裂、热胀冷缩破裂等都会带来致命的危险。

[0004] 而压缩空气储能无特定地理要求,山洞、山脚、荒滩、废矿井,甚至海滩、海底都可以,储气库深埋地下,几乎不占用土地,也可以采用钢制的高压储罐作为高压气体的存储空间;压缩空气采用自然界的大气作为工质,吸气和排气都在环境大气中进行,不会带来污染和生态问题,是一种真正能够实现零排放环境友好的储能方式。

[0005] 压缩空气储能系统是一种新型蓄能蓄电技术。1978 年,德国建成世界第一座示范性压缩空气蓄能电站,紧跟其后的是美国、日本和以色列。压缩空气储能发电系统的工作原理与抽水蓄能相类似,当电力系统的用电处于低谷时,系统储能,利用系统中的富余电量,压缩机驱动空气压缩机以压缩空气,把能量以压缩空气的形式储存在储气装置中;当电力系统用电负荷达到高峰发电量不足时,系统释能,储气装置将储气空间内的压缩空气释放出来,带动发电机发电,完成了电能—空气势能—电能的转化。

[0006] 为了提高电能的转化率,压缩储能系统还包括冷却器、储热装置和回热器组成的回热系统,在储能过程中,将压缩机压缩空气产生的热能回收并储存;在系统释能的过程中,回收的热能用于加热压缩空气。储能系统完成了电能—空气势能和热能—电能的转化,现有技术回收压缩空气产生的热能采用高温导热油、相变工质以及其他固体储热形式,存在成本高、储热效果差和会污染环境的问题。

### 发明内容

[0007] (一)要解决的技术问题

[0008] 本发明的目的是提供成本低、储热效果好的回热系统回收利用压缩过程中压缩机

产生的热量,提高系统的整体效率。

#### [0009] (二)技术方案

[0010] 为了解决上述技术问题,本发明提供回热式压缩空气储能系统,其包括:压缩机组、储气装置、透平发电机组和回热系统;所述储气装置的进口与所述压缩机组出口连接,储存压缩机组压缩的空气;所述储气装置的出口与所述透平发电机组连接,为所述透平发电机组发电提供压缩空气;所述回热系统包括冷却器、储热装置、回热器、冷却介质储存器和加压系统,冷却介质储存器、冷却器、储热装置和回热器依次连接,所述回热器的出口与冷却介质储存器连接;所述冷却介质储存器储存低温冷却介质;所述冷却器设在所述储气装置上游,冷却器利用所述低温冷却介质至少部分回收所述压缩机组压缩空气产生的热;所述储热装置储存高温冷却介质;所述回热器设在所述储气装置下游,回热器利用所述高温冷却介质加热所述储气装置释放的压缩空气;所述加压系统与所述储热装置连接,为所述储热装置加压。

[0011] 其中,所述加压系统还与所述冷却介质储存器连接,为所述冷却介质储存器加压。

[0012] 其中,所述冷却介质为水。

[0013] 其中,所述压缩机组包括压缩机和电机,所述压缩机的进口与大气连接,其出口与所述储气装置连接;所述电机利用电能驱动所述压缩机压缩空气。

[0014] 其中,所述的压缩机组设有压缩机控制系统,实现变工况运转。

[0015] 其中,所述透平发电机组包括空气膨胀透平和发电机,所述空气膨胀透平进口与所述储气装置连接;空气膨胀透平利用加热的压缩空气驱动所述发电机发电。

[0016] 其中,所述的透平发电机组设有透平控制系统,实现稳定工况运转。

[0017] 其中,所述储热装置的压力为  $0.1 \sim 3\text{MPa}$ 。

[0018] 其中,所述回热式压缩空气储能系统还包括预热装置,所述预热装置设在所述储热装置下游,利用热源为所述压缩空气预热。

[0019] 其中,所述热源包括环境余热、废热或者太阳能。

#### [0020] (三)有益效果

[0021] 本发明提供的回热式压缩空气储能系统,冷却器和储热装置利用冷却介质把压缩机组压缩空气产生的热部分储存起来,在释能过程中利用储存的热能加热压缩空气,压缩空气用于发电。储能过程和释能过程组成了一个完整的循环过程,完成了由电能——压缩空气内势能和冷却介质储存的热能——电能的转换过程,利用加压系统对储热装置加压,提高冷却介质的沸点,从而提高冷却介质的储热能力,等量的冷却介质存储更多的热能,对压缩空气的加热能力也提高,具有结构简单、储热效果好、造价低的优点。对比现在常用的高温导热油、相变工质以及其他固体储热形式,该系统中采用水作为冷却介质,成本低廉,且不污染环境,系统可操作性强,运行可靠。进一步的,采用了环境余热、废热和太阳能作为热源进行预热,摒弃了天然气补燃的方式,实现了零排放的效果。

#### 附图说明

[0022] 图1为本发明回热式压缩空气储能系统的结构连接图;

[0023] 图中,1:压缩机组;2:冷却器;3:储气装置;4:回热器;5:透平发电机组;6:储热装置;7:加压系统;8:冷却介质储存器;9:预热装置。

## 具体实施方式

[0024] 下面结合附图和实施例,对本发明的具体实施方式作进一步详细描述。以下实施用于说明本发明,但不用来限制本发明的范围。

[0025] 如图1所示,本发明回热式压缩空气储能系统,其包括:压缩机组1、储气装置3、透平发电机组5和回热系统,回热系统包括冷却器2、储热装置6、回热器4、冷却介质储存器8和加压系统7;压缩机组1利用电能将空气压缩成高压状态的压缩空气,储气装置3的进口与压缩机组1的出口连接,储气装置3储存压缩机组1压缩的空气;储气装置3的出口与透平发电机组5连接,为透平发电机组5发电提供压缩空气。冷却介质储存器8、冷却器2、储热装置6和回热器4依次连接,回热器4的出口与冷却介质储存器8连接;冷却介质储存器8储存有低温冷却介质;冷却器2设在储气装置3上游,优选设在压缩机组1的出口,冷却器2利用低温冷却介质至少部分回收压缩机组1压缩空气产生的热,低温冷却介质温度升高;经加热的冷却介质流向储热装置6,储热装置6储存高温冷却介质。回热器4设在储气装置3下游,回热器4利用储热装置6储存的高温冷却介质加热储气装置3释放的压缩空气;加压系统7与储热装置6连接,为储热装置6加压,使储热装置6内的压力升高;优选的,储热装置6内部的压力为 $0.1\sim 3\text{MPa}$ 。

[0026] 在用电低谷时,储能系统储能,空气被电能驱动的压缩机组1压缩形成压缩空气,通过管道将压缩空气储存到储气装置3中;同时,冷却器2利用低温冷却介质至少回收部分压缩机组1对空气进行压缩产生的热,冷却介质温度升高,将高温冷却介质储存在储热装置6中。用电高峰时,储能系统释能,储气装置3放出压缩空气;同时,回热器4利用储热装置6放出的高温冷却介质加热储气装置3放出的压缩空气,被加热的压缩空气驱动透平发电机组5发电,并对外供电。利用加压系统7对储热装置6加压,储热装置6内部的压力升高,冷却介质的沸点升高,冷却介质的储热能力增强;冷却介质温度高,用高温冷却介质加热空气,被加热的压缩空气的温度升高,等量的空气能量增大,发电效率提高,能够有效提高电能的转化率。

[0027] 进一步的,加压系统7还与冷却介质储存器8连接,为冷却介质储存器8加压。冷却介质储存器8为冷却器2提供加压的低温冷却介质,提高储热能力。优选冷却介质储存器8的压力保持跟储热装置6的压力相同,使整个回热系统各处的压力相同。

[0028] 进一步的,使用水作为冷却介质,水具有较高的比热容,而且廉价易得,无污染。

[0029] 进一步的,压缩机组1包括至少一台压缩机和一台电机,压缩机的进口与大气连接,其出口与储气装置3连接;电机利用低谷电、弃风电、弃水电、弃光电等剩余电能驱动压缩机压缩空气。压缩机组1也可以采用一种电机机型或者多种电机机型的组合形式;多台压缩机采用并联或者串联的形式,其压力的输出范围在 $3\text{MPa}$ 至 $30\text{MPa}$ 之间。优选的,电机选用旋转电机。

[0030] 进一步的,压缩机组设有压缩机控制系统,根据需要实现变工况运转,使系统的效率提高。

[0031] 进一步的,透平发电机组5包括一台空气膨胀透平和一台发电机,空气膨胀透平进口与储气装置3出口连接,经过回热器4加热的压缩空气流入空气膨胀透平;空气膨胀透平利用加热的压缩空气驱动发电机发电,并对外供电。优选的,空气膨胀透平的进口压力在

20MPa 至 0.3MPa 之间;空气膨胀透平采用分级膨胀级间加热的方式,同时可以使用多台空气膨胀透平并联的方式。

[0032] 进一步的,透平发电机组设有透平控制系统,实现稳定工况运转,使系统的效率提高。

[0033] 进一步的,回热式压缩空气储能系统还包括预热装置 9,预热装置 9 设置在储气装置 3 和回热器 4 之间的管道上,利用热源为压缩空气预热。热源可以利用环境余热、废热或者太阳能等。通过预热,压缩空气的温度升高,使压缩空气在进入回热器的温度较高,节约高温冷却介质使用,摒弃天然气补燃的方式。

[0034] 上述实施例所述的回热式压缩空气储能系统,在用电低谷时,系统储能,冷却器和储热装置利用冷却介质将压缩空气过程中产生的热能回收储存;在用电高峰时,系统释能,储热装置储存的热通过回热器加热压缩空气,供透平发电机组发电。采用加压系统对储热装置加压,提高冷却介质的沸点,等量的冷却介质能够存储更多的热能,储热能力提高;储存在储热装置中的冷却介质温度高,加热空气的能力增强,被加热的压缩空气能量增大,驱动透平的能力提高,发电效率提高,提高电能-电能的转化率。选用水作为冷却介质,具有取材容易,不污染环境的优点。同时,还采用了环境余热、废热和太阳能作为加热的热源,摒弃了天然气的补燃的方式,实现了零排放的效果。

[0035] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

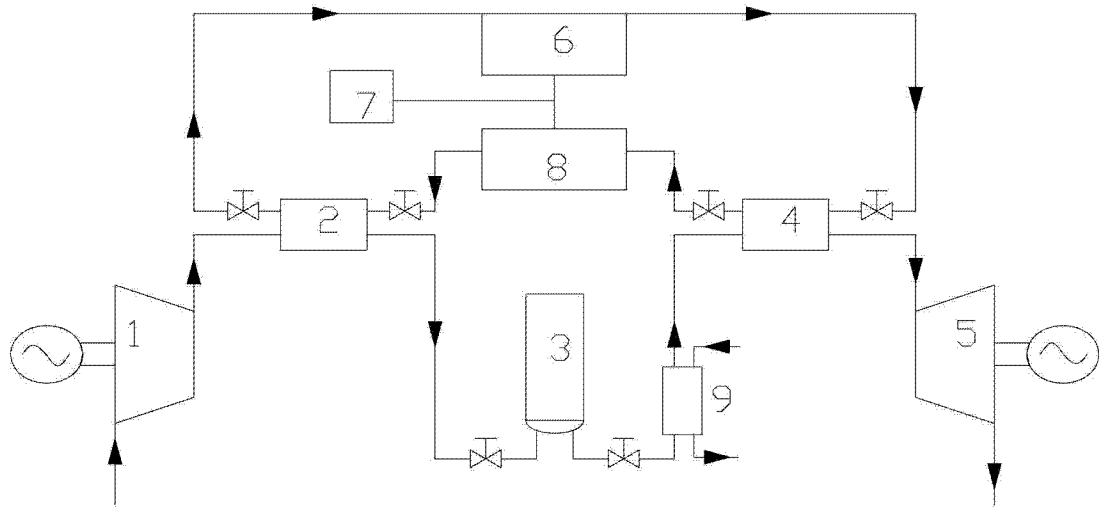


图 1