



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114233414 B

(45) 授权公告日 2024. 02. 02

(21) 申请号 202111554775.X

F01K 3/00 (2006.01)

(22) 申请日 2021.12.17

F01K 25/00 (2006.01)

F28F 27/00 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 114233414 A

(43) 申请公布日 2022.03.25

(73) 专利权人 中国科学院工程热物理研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路11号

(72) 发明人 王亮 张涵 陈海生 张双

白亚开 林曦鹏

(74) 专利代理机构 北京三聚阳光知识产权代理

有限公司 11250

专利代理师 林韵英

(51) Int. Cl.

F28D 20/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 105179033 A, 2015.12.23

CN 103993920 A, 2014.08.20

CN 110206599 A, 2019.09.06

CN 109869292 A, 2019.06.11

CN 105863752 A, 2016.08.17

GB 2494400 A, 2013.03.13

审查员 熊立红

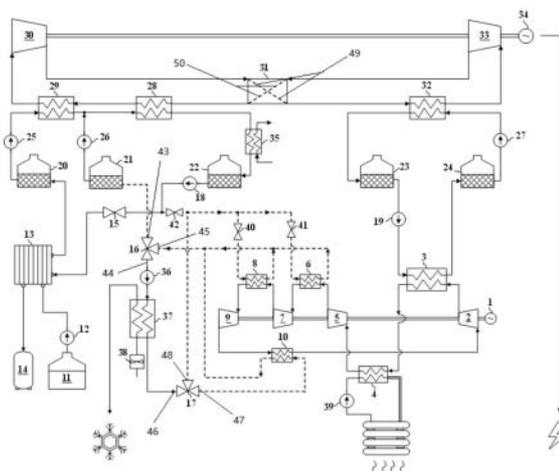
权利要求书3页 说明书9页 附图1页

(54) 发明名称

一种冷热电联产的回热式热泵储电系统

(57) 摘要

本发明涉及储能技术领域,提供了一种冷热电联产的回热式热泵储电系统,包括:回热式热机发电回路,适于在用电高峰期利用冷热电联产的回热式热泵储电系统中存储的热能与冷能进行发电;热泵制热系统,与回热式热机发电回路相连,适于在用电低谷期将多余的电能转化为回热式热机发电回路发电过程中所需的热能;LNG冷能回收系统,与回热式热机发电回路相连,适于提供回热式热机发电回路发电过程中所需的冷能。该储电系统,将LNG冷能回收系统与回热式热机发电回路进行耦合,利用LNG冷能回收系统为回热式热机发电回路提供发电过程中所需的冷能,同时利用热泵制热系统为回热式热机发电回路提供发电过程中所需的热能,实现了高品位冷能的回收利用。



1. 一种冷热电联产的回热式热泵储电系统,其特征在于,包括:

回热式热机发电回路,适于在用电高峰期利用所述冷热电联产的回热式热泵储电系统中存储的热能与冷能进行发电;

热泵制热系统,与所述回热式热机发电回路相连,适于在用电低谷期将多余的电能转化为所述回热式热机发电回路发电过程中所需的热能;

LNG冷能回收系统,与所述回热式热机发电回路相连,适于提供所述回热式热机发电回路发电过程中所需的冷能;

所述回热式热机发电回路包括低温换热器、释能压缩机组、中间换热器、高温换热器、释能膨胀机组以及发电单元;其中,所述低温换热器的出气口与所述释能压缩机组的进气口相连,所述释能压缩机组的出气口与所述中间换热器的第一通道的入口相连,所述中间换热器的第一通道的出口与所述高温换热器的进气口相连,所述高温换热器的出气口与所述释能膨胀机组的进气口相连,所述释能膨胀机组的出气口与所述中间换热器的第二通道的入口相连,所述中间换热器的第二通道的出口与所述低温换热器的进气口相连;

所述热泵制热系统包括驱动单元、制热回路压缩机组、热能吸收换热器、制热回路膨胀机组以及排散换热器;其中,所述驱动单元与所述制热回路压缩机组相连,适于所述制热回路压缩机组工作;所述制热回路压缩机组的出气口与所述热能吸收换热器的进气口相连,所述热能吸收换热器的出气口与所述制热回路膨胀机组的进气口相连,所述制热回路膨胀机组的出气口与所述排散换热器的进气口相连,所述排散换热器的出气口与所述制热回路压缩机组的进气口相连;所述热能吸收换热器的进液口与所述高温换热器的出液口相连,所述热能吸收换热器的出液口与所述高温换热器的进液口相连;

LNG冷能回收系统包括液态天然气储罐、LNG泵、LNG蒸发器以及压缩天然气储罐;其中,所述液态天然气储罐的出液口与所述LNG泵的进液口相连,所述LNG泵的出液口与所述LNG蒸发器的第一进口相连,所述LNG蒸发器的第一出口与所述压缩天然气储罐的进气口相连;所述LNG蒸发器的第二出口与所述低温换热器的进液口相连,所述低温换热器的出液口与所述LNG蒸发器的第二进口相连。

2. 根据权利要求1所述的冷热电联产的回热式热泵储电系统,其特征在于,

还包括蓄冷回路,包括第一流量控制阀门、蓄冷增压泵、常温液体储罐以及低温液体储罐;其中,所述低温液体储罐的进液口与所述LNG蒸发器的第二出口相连,所述低温液体储罐的出液口与所述低温换热器的进液口相连,所述常温液体储罐的进液口与所述低温换热器的出液口相连,所述常温液体储罐的出液口与所述LNG蒸发器的第二进口相连;

所述第一流量控制阀门设置在所述常温液体储罐与所述LNG蒸发器之间的管路上;

所述蓄冷增压泵设置在所述常温液体储罐与所述LNG蒸发器之间的管路上。

3. 根据权利要求2所述的冷热电联产的回热式热泵储电系统,其特征在于,

还包括余冷回收系统,包括余冷液体储罐;

所述余冷液体储罐的进液口与所述排散换热器的出液口相连,所述常温液体储罐的出液口与所述排散换热器的进液口相连。

4. 根据权利要求3所述的冷热电联产的回热式热泵储电系统,其特征在于,

所述制热回路膨胀机组包括串联设置的膨胀机A、膨胀机B以及膨胀机C,对应的,所述膨胀机A对应设置有排散换热器A,所述膨胀机B对应设置有排散换热器B,所述膨胀机C对应

设置有排散换热器C；

所述排散换热器C的出气口与所述制热回路压缩机组的进气口相连，所述制热回路压缩机组的出气口与所述膨胀机A的进气口相连；

所述排散换热器A、排散换热器B以及排散换热器C的出液口均与所述余冷液体储罐的进液口相连；

所述排散换热器A、排散换热器B以及排散换热器C的进液口均与所述常温液体储罐的出液口相连。

5. 根据权利要求4所述的冷热电联产的回热式热泵储电系统，其特征在于，

还包括供热回路，包括供热换热器以及供热回路给水泵；

其中，所述供热换热器的进气口与所述热能吸收换热器的出气口相连，所述供热换热器的出气口与所述膨胀机A的进气口相连；

所述供热换热器的进液口与出液口通过管路与待供热设备相连呈闭合回路，所述供热回路给水泵设置在所述供热换热器与待供热设备之间的管路上。

6. 根据权利要求4所述的冷热电联产的回热式热泵储电系统，其特征在于，

还包括供冷系统，包括供冷增压泵、供冷换热器、供冷循环风机、三通阀门A、三通阀门B、第二流量控制阀门、第三流量控制阀门以及第四流量控制阀门；

所述供冷换热器位于所述余冷液体储罐与所述排散换热器C之间，且通过管路与所述余冷液体储罐与所述排散换热器C均相连；

所述三通阀门A位于所述供冷换热器与所述余冷液体储罐之间的管路上，所述三通阀门B位于所述供冷换热器与所述排散换热器C之间的管路上；

所述第二流量控制阀门位于所述排散换热器B与所述常温液体储罐之间的管路上；

所述第三流量控制阀门位于所述排散换热器A与所述常温液体储罐之间的管路上；

所述第四流量控制阀门位于所述常温液体储罐与所述三通阀门B之间的管路上；

所述供冷增压泵设置在所述供冷换热器与所述三通阀门A之间的管路上；

所述供冷换热器的进气口与所述供冷循环风机的出气口相连，所述供冷换热器的出气口与待供冷的设备相连，所述供冷循环风机的进气口与外界相连通。

7. 根据权利要求3所述的冷热电联产的回热式热泵储电系统，其特征在于，

还包括余冷吸收换热器与余热排散换热器；

所述余冷吸收换热器的出气口与所述低温换热器的进气口相连，所述余冷吸收换热器的进气口与所述中间换热器的第二通道的出口相连；

所述余冷吸收换热器的进液口与所述低温换热器的出液口相连，且所述余冷吸收换热器的进液口与所述余冷液体储罐的出液口相连；

所述余热排散换热器的第一进液口与所述余冷吸收换热器的出液口相连，所述余热排散换热器的第一出液口与所述常温液体储罐的进液口相连；

所述余热排散换热器的第二进液口适于与室温冷却水源相连，所述余热排散换热器的第二出液口适于与外界相连通。

8. 根据权利要求7所述的冷热电联产的回热式热泵储电系统，其特征在于，

还包括蓄热回路，包括蓄热增压泵、次高温液体储罐以及高温液体储罐；

其中，所述次高温液体储罐的出液口与所述热能吸收换热器的进液口相连，所述热能

吸收换热器的出液口与所述高温液体储罐的进液口相连,所述高温液体储罐的出液口与所述高温换热器的进液口相连,所述高温换热器的出液口与所述次高温液体储罐的进液口相连;

所述蓄热增压泵设置在所述次高温液体储罐与所述热能吸收换热器之间的管路上。

9. 根据权利要求8所述的冷热电联产的回热式热泵储电系统,其特征在于,还包括低温增压泵、余冷增压泵以及高温增压泵;

所述低温增压泵设置在低温液体储罐与所述低温换热器之间的管路上;

所述余冷增压泵设置在所述余冷液体储罐与所述余冷吸收换热器之间的管路上;

所述高温增压泵设置在所述高温液体储罐与所述高温换热器之间的管路上。

## 一种冷热电联产的回热式热泵储电系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及储能技术领域,具体涉及一种冷热电联产的回热式热泵储电系统。

### 背景技术

[0002] 液态天然气(LNG)转化为压缩天然气(CNG)的过程中将释放-162℃的深冷。这部分的冷能品质较高,具有很高的回收价值。目前LNG冷能回收受到越来越多的关注。常规的热泵储电系统在储电过程中将低谷电、无法消耗的可再生能源转化为高温热能和低温冷能存储。在释电过程中将存储的冷热能再转化为电能释放。LNG冷能的温度区间和热泵储电系统储能过程中存储的冷能的温度区间相对吻合,如何将LNG冷能与热泵储电技术结合成为亟待解决的问题。

### 发明内容

[0003] 因此,本发明要解决的技术问题在于如何将LNG冷能与热泵储电技术相结合,从而提供一种冷热电联产的回热式热泵储电系统。

[0004] 为解决上述技术问题,本发明的技术方案如下:

[0005] 一种冷热电联产的回热式热泵储电系统,包括:回热式热机发电回路,适于在用电高峰期利用所述冷热电联产的回热式热泵储电系统中存储的热能与冷能进行发电;热泵制热系统,与所述回热式热机发电回路相连,适于在用电低谷期将多余的电能转化为所述回热式热机发电回路发电过程中所需的热能;LNG冷能回收系统,与所述回热式热机发电回路相连,适于提供所述回热式热机发电回路发电过程中所需的冷能。

[0006] 进一步地,所述回热式热机发电回路包括低温换热器、释能压缩机组、中间换热器、高温换热器、释能膨胀机组以及发电单元;其中,所述低温换热器的出气口与所述释能压缩机组的进气口相连,所述释能压缩机组的出气口与所述中间换热器的第一通道的入口相连,所述中间换热器的第一通道的出口与所述高温换热器的进气口相连,所述高温换热器的出气口与所述释能膨胀机组的进气口相连,所述释能膨胀机组的出气口与所述中间换热器的第二通道的入口相连,所述中间换热器的第二通道的出口与所述低温换热器的进气口相连;

[0007] 所述热泵制热系统包括驱动单元、制热回路压缩机组、热能吸收换热器、制热回路膨胀机组以及排散换热器;其中,所述驱动单元与所述制热回路压缩机组相连,适于所述制热回路压缩机组工作;所述制热回路压缩机组的出气口与所述热能吸收换热器的进气口相连,所述热能吸收换热器的出气口与所述制热回路膨胀机组的进气口相连,所述制热回路膨胀机组的出气口与所述排散换热器的进气口相连,所述排散换热器的出气口与所述制热回路压缩机组的进气口相连;所述热能吸收换热器的进液口与所述高温换热器的出液口相连,所述热能吸收换热器的出液口与所述高温换热器的进液口相连;

[0008] LNG冷能回收系统包括液态天然气储罐、LNG泵、LNG蒸发器以及压缩天然气储罐;其中,所述液态天然气储罐的出液口与所述LNG泵的进液口相连,所述LNG泵的出液口与所

述LNG蒸发器的第一进口相连,所述LNG蒸发器的第一出口与所述压缩天然气储罐的进气口相连;所述LNG蒸发器的第二出口与所述低温换热器的进液口相连,所述低温换热器的出液口与所述LNG蒸发器的第二进口相连。

[0009] 进一步地,该冷热电联产的回热式热泵储电系统还包括蓄冷回路,包括第一流量控制阀门、蓄冷增压泵、常温液体储罐以及低温液体储罐;其中,所述低温液体储罐的进液口与所述LNG蒸发器的第二出口相连,所述低温液体储罐的出液口与所述低温换热器的进液口相连,所述常温液体储罐的进液口与所述低温换热器的出液口相连,所述常温液体储罐的出液口与所述LNG蒸发器的第二进口相连;所述第一流量控制阀门设置在所述常温液体储罐与所述LNG蒸发器之间的管路上;所述蓄冷增压泵设置在所述常温液体储罐与所述LNG蒸发器之间的管路上。

[0010] 进一步地,该冷热电联产的回热式热泵储电系统还包括余冷回收系统,包括余冷液体储罐;所述余冷液体储罐的进液口与所述排散换热器的出液口相连,所述常温液体储罐的出液口与所述排散换热器的进液口相连。

[0011] 进一步地,所述制热回路膨胀机组包括串联设置的膨胀机A、膨胀机B以及膨胀机C,对应的,所述膨胀机A对应设置有排散换热器A,所述膨胀机B对应设置有排散换热器B,所述膨胀机C对应设置有排散换热器C;所述排散换热器C的出气口与所述制热回路压缩机组的进气口相连,所述制热回路压缩机组的出气口与所述膨胀机A的进气口相连;所述排散换热器A、排散换热器B以及排散换热器C的出液口均与所述余冷液体储罐的进液口相连;所述排散换热器A、排散换热器B以及排散换热器C的进液口均与所述常温液体储罐的出液口相连。

[0012] 进一步地,该冷热电联产的回热式热泵储电系统还包括供热回路,包括供热换热器以及供热回路给水泵;其中,所述供热换热器的进气口与所述热能吸收换热器的出气口相连,所述供热换热器的出气口与所述膨胀机A的进气口相连;所述供热换热器的进液口与出液口通过管路与待供热设备相连呈闭合回路,所述供热回路给水泵设置在所述供热换热器与待供热设备之间的管路上。

[0013] 进一步地,该冷热电联产的回热式热泵储电系统还包括供冷系统,包括供冷增压泵、供冷换热器、供冷循环风机、三通阀门A、三通阀门B、第二流量控制阀门、第三流量控制阀门以及第四流量控制阀门;所述供冷换热器位于所述余冷液体储罐与所述排散换热器C之间,且通过管路与所述余冷液体储罐与所述排散换热器C均相连;所述三通阀门A位于所述供冷换热器与所述余冷液体储罐之间的管路上,所述三通阀门B位于所述供冷换热器与所述排散换热器C之间的管路上;所述第二流量控制阀门位于所述排散换热器B与所述常温液体储罐之间的管路上;所述第三流量控制阀门位于所述排散换热器A与所述常温液体储罐之间的管路上;所述第四流量控制阀门位于所述常温液体储罐与所述三通阀门B之间的管路上;所述供冷增压泵设置在所述供冷换热器与所述三通阀门A之间的管路上;所述供冷换热器的进气口与所述供冷循环风机的出气口相连,所述供冷换热器的出气口与待供冷的设备相连,所述供冷循环风机的进气口与外界相通。

[0014] 进一步地,该冷热电联产的回热式热泵储电系统还包括余冷吸收换热器与余热排散换热器;所述余冷吸收换热器的出气口与所述低温换热器的进气口相连,所述余冷吸收换热器的进气口与所述中间换热器的第二通道的出口相连;所述余冷吸收换热器的进液口

与所述低温换热器的出液口相连,且所述余冷吸收换热器的进液口与所述余冷液体储罐的出液口相连;所述余热排散换热器的第一进液口与所述余冷吸收换热器的出液口相连,所述余热排散换热器的第一出液口与所述常温液体储罐的进液口相连;所述余热排散换热器的第二进液口适于与室温冷却水源相连,所述余热排散换热器的第二出液口适于与外界相连通。

[0015] 进一步地,该冷热电联产的回热式热泵储电系统还包括蓄热回路,包括蓄热增压泵、次高温液体储罐以及高温液体储罐;其中,所述次高温液体储罐的出液口与所述热能吸收换热器的进液口相连,所述热能吸收换热器的出液口与所述高温液体储罐的进液口相连,所述高温液体储罐的出液口与所述高温换热器的进液口相连,所述高温换热器的出液口与所述次高温液体储罐的进液口相连;所述蓄热增压泵设置在所述次高温液体储罐与所述热能吸收换热器之间的管路上。

[0016] 进一步地,该冷热电联产的回热式热泵储电系统还包括低温增压泵、余冷增压泵以及高温增压泵;所述低温增压泵设置在低温液体储罐与所述低温换热器之间的管路上;所述余冷增压泵设置在所述余冷液体储罐与所述余冷吸收换热器之间的管路上;所述高温增压泵设置在所述高温液体储罐与所述高温换热器之间的管路上。

[0017] 本发明技术方案,具有如下优点:

[0018] 本发明提供的冷热电联产的回热式热泵储电系统,将LNG冷能回收系统与回热式热机发电回路进行耦合,利用LNG冷能回收系统为回热式热机发电回路提供发电过程中所需的冷能,同时利用热泵制热系统为回热式热机发电回路提供发电过程中所需的热能,实现了高品位冷能的回收利用。

## 附图说明

[0019] 为了更清楚地说明本发明具体实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对具体实施方式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施方式,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0020] 图1为本发明实施例中冷热电联产的回热式热泵储电系统的结构示意图。

[0021] 附图标记说明:

- |                     |             |
|---------------------|-------------|
| [0022] 1、驱动单元;      | 2、制热回路压缩机组; |
| [0023] 3、热能吸收换热器;   | 4、供热换热器;    |
| [0024] 5、膨胀机A;      | 6、排散换热器A;   |
| [0025] 7、膨胀机B;      | 8、排散换热器B;   |
| [0026] 9、膨胀机C;      | 10、排散换热器C;  |
| [0027] 11、液态天然气储罐;  | 12、LNG泵;    |
| [0028] 13、LNG蒸发器;   | 14、压缩天然气储罐; |
| [0029] 15、第一流量控制阀门; | 16、三通阀门A;   |
| [0030] 17、三通阀门B;    | 18、蓄冷增压泵;   |
| [0031] 19、蓄热增压泵;    | 20、低温液体储罐;  |
| [0032] 21、余冷液体储罐;   | 22、常温液体储罐;  |

[0033]	23、次高温液体储罐；	24、高温液体储罐；
[0034]	25、低温增压泵；	26、余冷增压泵；
[0035]	27、高温增压泵；	28、余冷吸收换热器；
[0036]	29、低温换热器；	30、释能压缩机组；
[0037]	31、中间换热器；	32、高温换热器；
[0038]	33、释能膨胀机组；	34、发电单元；
[0039]	35、余热排散换热器；	36、供冷增压泵；
[0040]	37、供冷换热器；	38、供冷循环风机；
[0041]	39、供热回路给水泵；	40、第二流量控制阀门；
[0042]	41、第三流量控制阀门；	42、第四流量控制阀门；
[0043]	43、三通阀门A的第一接口；	44、三通阀门A的第二接口；
[0044]	45、三通阀门A的第三接口；	46、三通阀门B的第一接口；
[0045]	47、三通阀门B的第二接口；	48、三通阀门B的第三接口；
[0046]	49、中间换热器的第一通道；	50、中间换热器的第二通道。

### 具体实施方式

[0047] 下面将结合附图对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,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,都属于本发明保护的范围。

[0048] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语“中心”、“上”、“下”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。此外,术语“第一”、“第二”、“第三”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0049] 在本发明的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0050] 此外,下面所描述的本发明不同实施方式中所涉及的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互结合。

[0051] 图1为本发明实施例中冷热电联产的回热式热泵储电系统的结构示意图,如图1所示,本实施例提供一种冷热电联产的回热式热泵储电系统,包括:回热式热机发电回路,适于在用电高峰期利用冷热电联产的回热式热泵储电系统中存储的热能与冷能进行发电;热泵制热系统,与回热式热机发电回路相连,适于在用电低谷期将多余的电能转化为回热式热机发电回路发电过程中所需的热能;LNG冷能回收系统,与回热式热机发电回路相连,适于提供回热式热机发电回路发电过程中所需的冷能。

[0052] 其中,回热式热机发电回路包括低温换热器29、释能压缩机组30、中间换热器31、高温换热器32、释能膨胀机组33以及发电单元34;其中,低温换热器29的出气口与释能压缩

机组30的进气口相连,释能压缩机组30的出气口与中间换热器的第一通道49的入口相连,中间换热器的第一通道49的出口与高温换热器32的进气口相连,高温换热器32的出气口与释能膨胀机组33的进气口相连,释能膨胀机组33的出气口与中间换热器的第二通道50的入口相连,中间换热器的第二通道50的出口与低温换热器29的进气口相连;

[0053] 热泵制热系统包括驱动单元1、制热回路压缩机组2、热能吸收换热器3、制热回路膨胀机组以及排散换热器;其中,驱动单元1与制热回路压缩机组2相连,适于制热回路压缩机组2工作;制热回路压缩机组2的出气口与热能吸收换热器3的进气口相连,热能吸收换热器3的出气口与制热回路膨胀机组的进气口相连,制热回路膨胀机组的出气口与排散换热器的进气口相连,排散换热器的出气口与制热回路压缩机组2的进气口相连;热能吸收换热器3的进液口与高温换热器32的出液口相连,热能吸收换热器3的出液口与高温换热器32的进液口相连;

[0054] LNG冷能回收系统包括液态天然气储罐11、LNG泵12、LNG蒸发器13以及压缩天然气储罐14;其中,液态天然气储罐11的出液口与LNG泵12的进液口相连,LNG泵12的出液口与LNG蒸发器13的第一进口相连,LNG蒸发器13的第一出口与压缩天然气储罐14的进气口相连;LNG蒸发器13的第二出口与低温换热器29的进液口相连,低温换热器29的出液口与LNG蒸发器13的第二进口相连。

[0055] 其中,该冷热电联产的回热式热泵储电系统还包括蓄冷回路,包括第一流量控制阀门15、蓄冷增压泵18、常温液体储罐22以及低温液体储罐20;其中,低温液体储罐20的进液口与LNG蒸发器13的第二出口相连,低温液体储罐20的出液口与低温换热器29的进液口相连,常温液体储罐22的进液口与低温换热器29的出液口相连,常温液体储罐22的出液口与LNG蒸发器13的第二进口相连;第一流量控制阀门15设置在常温液体储罐22与LNG蒸发器13之间的管路上;蓄冷增压泵18设置在常温液体储罐22与LNG蒸发器13之间的管路上。

[0056] 其中,该冷热电联产的回热式热泵储电系统还包括余冷回收系统,包括余冷液体储罐21;余冷液体储罐21的进液口与排散换热器的出液口相连,常温液体储罐22的出液口与排散换热器的进液口相连。

[0057] 其中,制热回路膨胀机组包括串联设置的膨胀机A5、膨胀机B7以及膨胀机C9,对应的,膨胀机A5对应设置有排散换热器A6,膨胀机B7对应设置有排散换热器B8,膨胀机C9对应设置有排散换热器C10;排散换热器C10的出气口与制热回路压缩机组2的进气口相连,制热回路压缩机组2的出气口与膨胀机A5的进气口相连;排散换热器A6、排散换热器B8以及排散换热器C10的出液口均与余冷液体储罐21的进液口相连;排散换热器A6、排散换热器B8以及排散换热器C10的进液口均与常温液体储罐22的出液口相连。

[0058] 其中,该冷热电联产的回热式热泵储电系统还包括供热回路,包括供热换热器4以及供热回路给水泵39;其中,供热换热器4的进气口与热能吸收换热器3的出气口相连,供热换热器4的出气口与膨胀机A5的进气口相连;供热换热器4的进液口与出液口通过管路与待供热设备相连呈闭合回路,供热回路给水泵39设置在供热换热器4与待供热设备之间的管路上。

[0059] 其中,该冷热电联产的回热式热泵储电系统还包括供冷系统,包括供冷增压泵36、供冷换热器37、供冷循环风机38、三通阀门A16、三通阀门B17、第二流量控制阀门40、第三流量控制阀门41以及第四流量控制阀门42;供冷换热器37位于余冷液体储罐21与排散换热器

C10之间,且通过管路与余冷液体储罐21与排散换热器C10均相连;三通阀门A16位于供冷换热器37与余冷液体储罐21之间的管路上,三通阀门B17位于供冷换热器37与排散换热器C10之间的管路上;第二流量控制阀门40位于排散换热器B8与常温液体储罐22之间的管路上;第三流量控制阀门41位于排散换热器A6与常温液体储罐22之间的管路上;第四流量控制阀门42位于常温液体储罐22与三通阀门B17之间的管路上;供冷增压泵36设置在供冷换热器37与三通阀门A16之间的管路上;供冷换热器37的进气口与供冷循环风机38的出气口相连,供冷换热器37的出气口与待供冷的设备相连,供冷循环风机38的进气口与外界相连通。

[0060] 其中,该冷热电联产的回热式热泵储电系统还包括余冷吸收换热器28与余热排散换热器35;余冷吸收换热器28的出气口与低温换热器29的进气口相连,余冷吸收换热器28的进气口与中间换热器的第二通道50的出口相连;余冷吸收换热器28的进液口与低温换热器29的出液口相连,且余冷吸收换热器28的进液口与余冷液体储罐21的出液口相连;余热排散换热器35的第一进液口与余冷吸收换热器28的出液口相连,余热排散换热器35的第一出液口与常温液体储罐22的进液口相连;余热排散换热器35的第二进液口适于与室温冷却水源相连,余热排散换热器35的第二出液口适于与外界相连通。

[0061] 其中,该冷热电联产的回热式热泵储电系统还包括蓄热回路,包括蓄热增压泵19、次高温液体储罐23以及高温液体储罐24;其中,次高温液体储罐23的出液口与热能吸收换热器3的进液口相连,热能吸收换热器3的出液口与高温液体储罐24的进液口相连,高温液体储罐24的出液口与高温换热器32的进液口相连,高温换热器32的出液口与次高温液体储罐23的进液口相连;蓄热增压泵19设置在次高温液体储罐23与热能吸收换热器3之间的管路上。

[0062] 其中,该冷热电联产的回热式热泵储电系统还包括低温增压泵25、余冷增压泵26以及高温增压泵27;低温增压泵25设置在低温液体储罐20与低温换热器29之间的管路上;余冷增压泵26设置在余冷液体储罐21与余冷吸收换热器28之间的管路上;高温增压泵27设置在高温液体储罐24与高温换热器32之间的管路上。

[0063] 该冷热电联产的回热式热泵储电系统的工作过程如下:

[0064] 储释过程气体工质流动方向及状态变化:

[0065] 在储能过程中,使用电能制热,并从LNG中回收高品位冷能并存储。

[0066] 通过热泵制热系统将电能转化为热能并存储。制热回路压缩机组2和制热回路热机膨胀机组传动连接,驱动单元1与制热回路压缩机组2驱动连接。

[0067] 驱动单元1消耗电能驱动制热回路压缩机组2,将常温常压的气体工质压缩至高温、中/高压状态,随后气体工质流经热能吸收换热器3释放热能至次高温、中/高压状态。

[0068] 次高温的气体工质流入供热换热器4中继续释放热能至常温、中/高压状态。在制热回路中,每一个膨胀机后连接一个排散换热器。即,膨胀机A5、排散换热器A6、膨胀机B7、排散换热器B8、膨胀机C9以及排散换热器C10依次串联。常温中/高压的气体工质随后流入膨胀机A5、膨胀机B7以及膨胀机C9中膨胀至低温状态。排散换热器A6、排散换热器B8以及排散换热器C10的作用是将气体工质中的冷能传递到余冷回收系统或者供冷系统中。从最后一级的排散换热器C10中流出的气体工质的状态为常温常压,随后常温常压的气体工质重新进入制热回路压缩机组2,如此反复,不断的将电能转化为热能和冷能。

[0069] 与此同时,启动蓄热增压泵19,驱动次高温液体储罐23中的液体蓄热工质流入热

能吸收换热器3中吸收热能至高温状态,高温的液体蓄热工质流入高温液体储罐24中存储。

[0070] 本申请中的方案可以回收制热回路运行的过程中产生的冷能。此时控制三通阀门A的第三接口45与三通阀门A的第一接口43连通,三通阀门A的第二接口44截止;控制三通阀门B的第三接口48和三通阀门B的第二接口47连通,三通阀门B的第一接口46截止。

[0071] 第一流量控制阀门15、第二流量控制阀门40、第三流量控制阀门41以及第四流量控制阀门42均打开,从常温液体储罐22流出的液体蓄冷工质,由管路一分为二,其中一部分液体蓄冷工质流向LNG蒸发器13吸收冷能,另一部分液体蓄冷工质流向排散换热器A6、排散换热器B8以及排散换热器C10吸收余冷。由蓄冷增压泵18的转速和第一流量控制阀门15共同作用来调节两个支路中的液体蓄冷工质的比例。其中,流向制热回路的液体蓄冷工质可以均匀或者不均匀的流入排散换热器A6、排散换热器B8以及排散换热器C10吸收冷能。流入排散换热器A6、排散换热器B8以及排散换热器C10的流量由第二流量控制阀门40以及第三流量控制阀门41调节、分配。

[0072] 从排散换热器A6、排散换热器B8以及排散换热器C10流出的液体蓄冷工质汇总后,经三通阀门A的第三接口45与三通阀门A的第一接口43流入余冷液体储罐21中存储。

[0073] 在储能过程中,通过LNG冷能回收系统从液态天然气中吸收冷能。低温的液态天然气经过LNG泵12的驱动,从液态天然气储罐11中流出,进入LNG蒸发器13释放冷能,液态天然气在LNG蒸发器13中吸热蒸发至压缩天然气状态(CNG),沿管路流入压缩天然气储罐14中存储。与此同时,启动蓄冷增压泵18,驱动常温液体储罐22中的液体蓄冷工质流入LNG蒸发器13中吸收冷能至低温状态,低温的液体蓄冷工质流入低温液体储罐20中存储。

[0074] 当处于用电高峰期,系统向外释电。

[0075] 将储能阶段存储的高品位热能和冷能通过热机循环转化为动能,再通过发电单元34转化为电能释放。

[0076] 首先,可以启动余冷增压泵26,驱动低温液体工质从余冷液体储罐21中流出,到余冷吸收换热器28中释放冷能。

[0077] 与此同时,启动低温增压泵25,驱动低温液体工质从低温液体储罐20中流出,依次流经低温换热器29和余冷吸收换热器28中释放冷能。

[0078] 在低温换热器29和余冷吸收换热器28中释放完冷能的液体工质回到常温液体储罐22中存储。

[0079] 启动高温增压泵27,驱动高温液体蓄热工质从高温液体储罐24中流出,流入高温换热器32中释放热能。随后次高温的液体蓄热工质回到次高温液体储罐23中存储。

[0080] 回热式热机发电回路中的气体工质依次流经余冷吸收换热器28、低温换热器29吸收冷能至低温常压状态。低温常压的气体工质进入释能压缩机组30压缩至常温、中高压状态。常温、中高压的气体工质流经中间换热器的第一通道49吸收热能至次高温、中高压状态。随后气体工质从中间换热器的第一通道49流出,流入高温换热器32中吸收热量至高温状态。高温、中/高压的气体工质流入释能膨胀机组33膨胀做功至次高温常压状态。次高温常压的气体工质流入中间换热器的第二通道50释放热能至常温常压状态。释能膨胀机组33与发电单元34驱动连接,发电单元34将动能转化为电能释放。常温常压的气体工质再次进入余冷吸收换热器28、低温换热器29吸收冷能。如此循环往复,不断的将冷能与热能转化为电能释放。释电过程中释能膨胀机组33的不可逆损失可以通过余热排散换热器35排散到环

境中。

[0081] 当有供冷需求时,系统向用户侧提供冷能。

[0082] 供冷系统分为系统侧和用户侧

[0083] 其中,将冷能从系统侧传递到用户侧有两个方案:

[0084] 第一种方案为:当热泵制热回路开启时,控制三通阀门A的第二接口44与三通阀门A的第三接口45接通,三通阀门A的第一接口43关闭;控制三通阀门B的第一接口46、三通阀门B的第二接口47以及三通阀门B的第三接口48全部开启。关闭第四流量控制阀门42。流体在供冷增压泵36的驱动下流动。从三通阀门B的第一接口46流入,从三通阀门B的第三接口48与三通阀门B的第二接口47流出,经过第二流量控制阀门40、第三流量控制阀门41分配到排散换热器A6、排散换热器B8以及排散换热器C10中吸收冷能。从排散换热器A6、排散换热器B8以及排散换热器C10流出的带有余冷的工质汇总后,经三通阀门A的第三接口45与三通阀门A16第二接口,并在供冷增压泵36的驱动下流入供冷换热器37释放冷能。然后重新经过三通阀门B17分配到排散换热器A6、排散换热器B8以及排散换热器C10入口再次吸收冷能。

[0085] 第二种方案为:当热泵制热回路未启动时,可以直接使用余冷液体储罐21中的冷能向用户侧提供冷能。控制三通阀门A的第一接口43与三通阀门A的第二接口44连通,三通阀门A的第三接口45关闭。控制三通阀门B的第一接口46与三通阀门B的第三接口48连通,三通阀门B的第二接口47截止。带有余冷的液体工质从余冷液体储罐21流出,经过三通阀门A16,由供冷增压泵36的驱动下流入供冷换热器37释放冷能后,常温的流体工质经过三通阀门B17、第四流量控制阀门42回到常温液体储罐22中存储(第一流量控制阀门15、第二流量控制阀门40以及第三流量控制阀门41均关闭,第四流量控制阀门42打开)。同时,启动用户侧的供冷循环风机38驱动流体工质流入供冷换热器37中吸收冷能,随后低温的流动工质流至用户侧满足供冷需求。

[0086] 系统可以向外提供热需求。

[0087] 当热泵制热回路开启时,启动供热增压泵驱动流体工质流入供热换热器4吸收其中的热能,然后流至用户侧满足供暖或者提供生活用水的需求。

[0088] 其中,还可以设置一个供热储罐(图1中未示出),将流体工质流入供热换热器4吸收其中的热能回收起来,方便随时取用。

[0089] 其中,对于工质的选择:

[0090] 热泵制热系统、回热式热机发电回路中的气体工质可以为氩气、空气、氮气、氦气中的一种或多种。以上回路中的气体工质可以为同种或者不同种。

[0091] LNG冷能回收系统中的流动工质为天然气。

[0092] 蓄热回路、热能吸收回路中流体为液体蓄热介质;蓄冷回路、余冷回收系统、冷能吸收回路中流体为液体蓄冷介质。

[0093] 液体蓄热介质可以由硝酸钾、硝酸钙、硝酸钠、亚硝酸钠、硝酸锂、氯盐、氟盐、导热油、压缩气体和液态金属中的一种或多种组成。液体蓄冷介质可以由烷类:丙烷、丁烷、戊烷、己烷、庚烷、异己烷等,醇类:甲醇、乙醇等,液态气体:氮、氦、氖、氩、氪、空气、氢、甲烷等,以及液化天然气中的一种或多种组成。

[0094] 供冷系统中的流动工质可以为空气。

[0095] 供热回路中的流动工质可以为水。

[0096] 其中,对于动力设备的选取:

[0097] 驱动单元1可以为驱动电机或电力机。当驱动单元1为驱动电机时,是以常规电站低谷电、核电、风电、太阳能发电、水电或者潮汐发电中的一种或多种为电源。

[0098] 制热回路压缩机组2和回热式热机发电回路中的释能压缩机组30,总压比在3-20之间。当压缩机组为多台压缩机时,多台压缩机为共轴串联形式、或分轴并联形式。并联形式中,各分轴与主驱动轴动连接;制热回路膨胀机组和回热式热机发电回路中的膨胀机组,总膨胀比在3-20之间;当膨胀机组为多台膨胀机时,多台膨胀机为共轴串联形式、或分轴并联形式;并联形式中,各分轴与主驱动轴动连接。

[0099] 热泵制热回路中,压缩机组的压比是各级膨胀机组的膨胀比的n倍(n为制热回路的膨胀机组的级数,图1中画出了3级膨胀机,实际可以为2级、3级、4级、5级或者6级等。

[0100] 各个回路中的增压泵可以为1台及以上,1台以上时可以采用并联或串联排列方式。增压泵可以是容积式泵、动力式泵和其他类型泵或以上三种泵的组合。

[0101] 其中,对于与存储设备而言:

[0102] 存储液体的罐体可以为圆柱形、球形或者长方形。当存储液体的罐体为多个时,排列方式可以为并联、串联或者两者结合。其中高温液体储罐24、次高温液体储罐23、余冷液体储罐21和低温液体储罐20均进行保温处理。

[0103] 综上所述,本发明提供的冷热电联产的回热式热泵储电系统提供了LNG冷能回收以及冷热电联产的一种新思路,创新的将LNG冷能与Ma 1 ta类型的回热式热泵储电系统结合,实现了高品位冷能的回收利用。而且实现了冷热电的联供,以及能源梯级利用。

[0104] 显然,上述实施例仅仅是为清楚地说明所作的举例,而并非对实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。而由此所引伸出的显而易见的变化或变动仍处于本发明创造的保护范围之内。

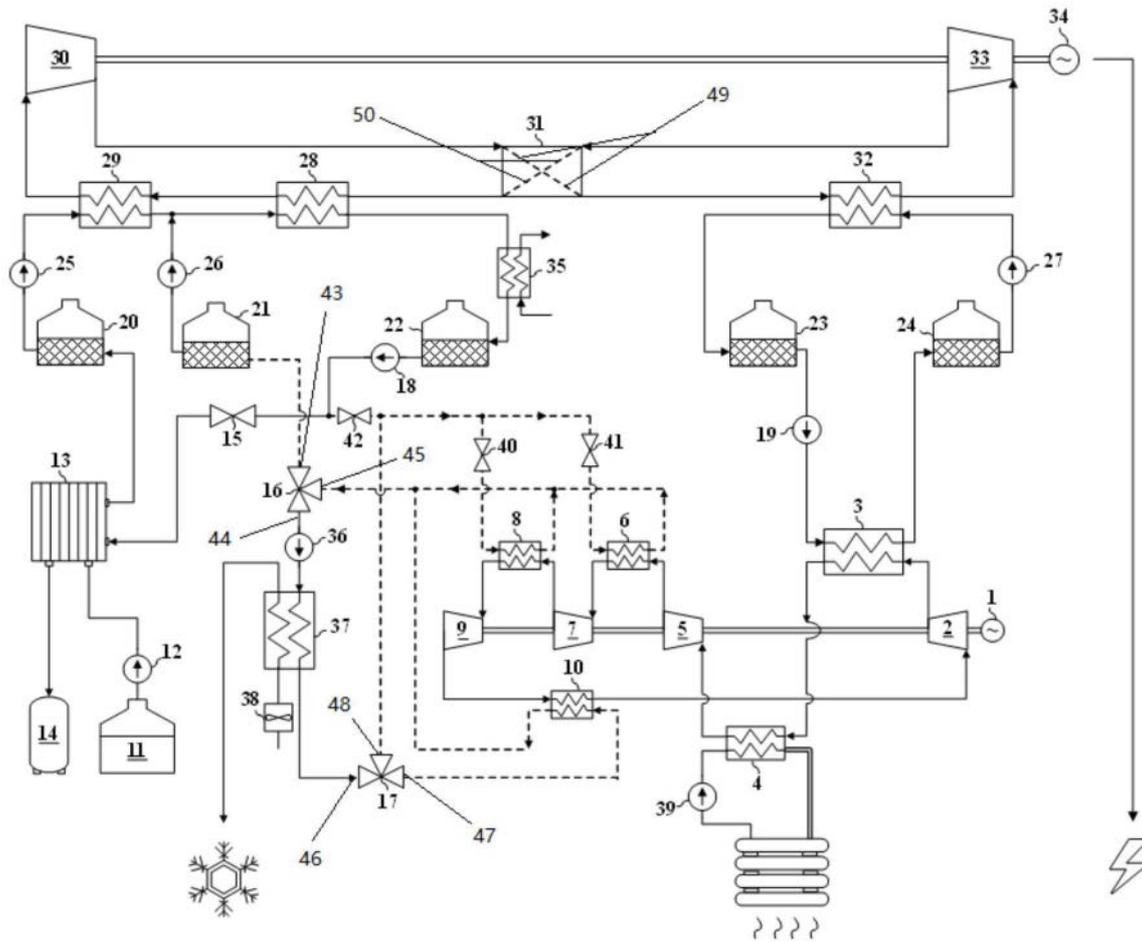


图1