(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101696642 B
(45)授权公告日 2012.05.23

(21)申请号 200910228029.4

(22)申请日 2009.11.05

(73)专利权人 天津大学
地址 300072 天津市南开区卫津路 92 号

(72)发明人 王怀信 郭涛 张圣君

(74)专利代理机构 天津盛理知识产权代理有限公司 12209
代理人 董一宁

(51)Int.Cl.
F01K 11/02(2006.01)

审查员 韩宇

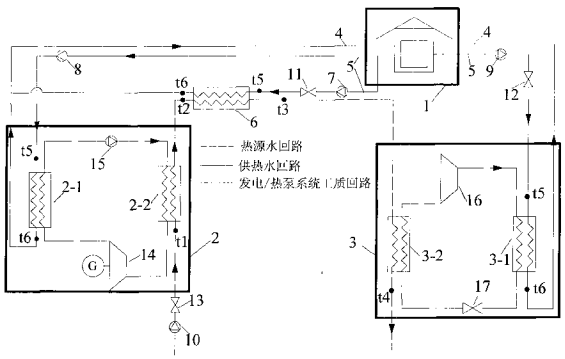
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 1 页

(54)发明名称

以中低焓能源为热源的热电联产系统

(57)摘要

本发明公开了一种以中低焓能源为热源的热电联产系统。将供热、发电、热泵三个子系统通过一个中间换热器组合起来构成热电联产。供热子系统的供水管与回水管分别接至发电子系统和热泵子系统的冷凝器；中间换热器分别与发电子系统和热泵子系统的蒸发器串接；供热子系统回水经水泵、水量调节阀以及中间换热器接至系统供水管，由此组成热电联产系统。利用供热回水作为发电子系统的冷却水，节省了投资。利用各子系统间的温度耦合，实现高效的热电联产。热源为 80-100℃时，发电子系统能为热泵子系统提供 15-42％的二次能源消耗，为热用户提供 237-317kW 的热量，提高了热电联产系统的经济性。热源与供热之间的温差越大，本发明的优势越明显。



CN 101696642 B

1. 以中低焓能源为热源的热电联产系统，具有中间换热器、水泵以及水流量调节阀，发电子系统以及工质的循环路径依次由工质泵、蒸发器、汽轮机、冷凝器串接构成；热泵子系统以及工质的循环路径依次由压缩机、冷凝器、节流阀、蒸发器串接构成，其特征是由供热子系统 (1) 提供给热用户的系统供水管 (4) 与系统回水管 (5) 分别接至发电子系统冷凝器 (2-1) 的水侧和热泵子系统冷凝器 (3-1) 的水侧，热源热水通过第四个水泵 10 和热源水流量调节阀 13 依次进入发电子系统蒸发器 (2-2) 的水侧、中间换热器 (6) 的热水侧以及热泵子系统蒸发器 (3-2) 的水侧排出，供热子系统 (1) 的回水管经第一个水泵 (7) 和第一个供水流量调节阀 (11) 接至中间换热器 (6) 冷水侧进口；换热器 (6) 冷水侧出口接于系统供水管 (4)。

2. 按照权利要求 1 所述的以中低焓能源为热源的热电联产系统，其特征是系统第二个水泵 (8) 接于所述发电子系统冷凝器 (2-1) 的水侧；系统第三个水泵 (9) 经第二个供水流量调节阀 (12) 接于所述热泵子系统冷凝器 (3-1) 的水侧。

以中低焓能源为热源的热电联产系统

技术领域

[0001] 本发明属于热能利用，涉及一种热电联产系统。

背景技术

[0002] 目前，存在大量的中低焓（60-120℃）能源，如中低温地热能、太阳能、低温余热等，主要以热利用为主；特别是与热泵的耦合利用模式，使能源利用效率得到较大提高。但不少应用场合所要求的供热温度水平明显低于供热热源的温度，热需求与热供给之间存在过大的传热温差，造成了可用能的耗散，能源利用的热力学第二定律效率低下；较高的热排放温度，不仅意味着能源的低效利用，而且造成了一定程度上的热污染；而且由于热泵机组需要消耗二次能源，相对运行成本较高，降低了整个系统的经济性，从推广和环保角度上，仍存在一定的缺陷。

[0003] 利用中低焓能源进行热电联产具有重要的节能和环保意义，而充分体现能量的梯级利用原则，有效避免可用能耗散，高效、充分的利用中低焓能源，从而提高热电联产系统的经济性，是热电联产系统研制中一个意义重大、急待攻克的课题。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种充分利用中低焓能源中的热能，提高低品位能源经济性的热电联产系统。

[0005] 本发明内容是通过以下技术方案实现的：本发明技术原理及系统组成如图所示。将供热子系统、发电子系统、热泵子系统通过一个中间换热器组合起来构成热电联产。具体组成结构为：供热子系统的供水管与回水管分别接至发电子系统的冷凝器水侧和热泵子系统的冷凝器水侧；中间换热器热水侧分别与发电子系统的蒸发器水侧和热泵子系统的蒸发器水侧串接；供热子系统中的回水经第一个水泵、第一个供水流量调节阀以及中间换热器冷水侧接至系统供水管，由此组成热、电联产系统。

[0006] 发电子系统中所需的热能取自低品位热（水）源。发明中所述的发电子系统，指的是中低焓能源双流发电系统，包括有机朗肯循环或卡林纳循环系统。发电子系统有两个水循环回路和一个做功工质回路。水循环包括一个热源水回路和一个供热水回路，推动汽轮机做功的为低沸点工质。热源热水进入发电子系统蒸发器，在蒸发器内工质吸热（进行做功循环发电）热源热水放热降温，温度由 t1 降为 t2；进入中间换热器与系统供热回水换热后降温至 t3 进入热泵子系统。热源热水在热泵子系统蒸发器内进一步放热（低沸点工质吸热蒸发，经压缩、冷凝，进行吸放热循环）至 t4 排放或回灌到地下。系统供热回水分为三路，分别在发电子系统冷凝器，中间换热器冷水侧以及热泵子系统冷凝器中，回水温度由 t5 加热到温度 t6 提供给供热子系统（热用户）。

附图说明

[0007] 附图为本发明技术原理及系统各回路组成框图。

具体实施方式

[0008] 以下通过具体实施例并参照附图对本发明做进一步的说明。以中低焓能源为热源的热电联产系统包括：供热子系统 1、发电子系统 2、热泵子系统 3、系统供水管 4、系统回水管 5、中间换热器 6、第一个水泵 7、第二个水泵 8、第三个水泵 9、第四个水泵 10、第一个供水流量调节阀 11、第二个供水流量调节阀 12、热源水流量调节阀 13、发电子系统冷凝器 2-1、发电子系统蒸发器 2-2、汽轮机 14、工质泵 15、热泵子系统冷凝器 3-1、热泵子系统蒸发器 3-2、压缩机 16、节流阀 17 等。由供热子系统 1 提供给热用户的系统供水管 4 与系统回水管 5 分别接至发电子系统冷凝器 2-1 的水侧和热泵子系统冷凝器 3-1 的水侧；中间换热器 6 热水侧分别与发电子系统蒸发器 2-2 水侧和热泵子系统蒸发器 3-2 水侧串接。供热子系统 1 中的回水经系统第一个水泵 7、第一个供水流量调节阀 11 以及中间换热器 6 冷水侧接至系统供水管 4。第二个水泵 8 接与发电子系统冷凝器 2-1 的水侧；第三个水泵 9 经第二个供水流量调节阀 12 接与热泵子系统冷凝器 3-1 的水侧。热源热水经第四个水泵 10、热源水流量调节阀 13 进入发电子系统蒸发器 2-2 的水侧。

[0009] 热源热水由第四个水泵 10、热源水流量调节阀 13 进入发电子系统蒸发器 2-2 的水侧，热水与蒸发器内的低沸点工质换热。即工质受热蒸发为过热蒸汽推动汽轮机 14 驱动发电机发电，循环工质经发电子系统冷凝器 2-1、工质泵 15 等再进人蒸发器构成闭路循环。热源热水经由发电子系统蒸发器 2-2 后放热，温度由 t1 降为 t2；进入中间换热器 6 与系统供热回水换热后降温至 t3 进入热泵子系统 3。热源热水在热泵子系统蒸发器 3-2 与该系统中的低沸点工质换热。工质经吸热蒸发，压缩机 16 压缩、热泵子系统冷凝器 3-1 放热、节流阀 17 节流再进入蒸发器构成闭路循环。此时热源热水降至 t4 进行排放或回灌。

[0010] 针对供热（水）温度 45℃，供热回水温度 35℃的应用要求，分别针对不同的热源温度水平给出实施例。

[0011] 实施例一

[0012] 热源温度 80℃，热源水流量（m_{source}）为 1.0kg/s，热源水排放温度 25℃；供热水温度 45℃，供热回水温度 35℃。发电子系统中汽轮－发电机组的机械效率 70％，发电机效率 96％；工质泵耗功占汽轮机膨胀功的比例为 10％。与附图中的各温度点相对应，即，t1 ＝ 80℃，t4 ＝ 25℃，t6 ＝ 45℃，t5 ＝ 35℃，t2 ＝ 50℃，t3 ＝ 40℃，m_{source} ＝ 1.0kg/s。

[0013] 在上述工况下，计算可得发电子系统的热效率（除去工质泵功后）为 1.80％，发电净功率为 1.44kW；热泵子系统的制热 COP（性能系数）为 7.87，压缩机耗功 9.17kW，耗功比（发电净功率与压缩机耗功之比）15.7％。可提供给热用户的供热量为 237.6kW。

[0014] 实施实例二

[0015] 热源温度 90℃，热源水流量（m_{source}）为 1.0kg/s，热源水排放温度 25℃；供热水温度 45℃，供热回水温度 35℃。发电子系统中汽轮－发电机组的机械效率 70％，发电机效率 96％；工质泵耗功占汽轮机膨胀功的比例为 10％。与附图中的各温度点相对应，即，t1 ＝ 90℃，t4 ＝ 25℃，t6 ＝ 45℃，t5 ＝ 35℃，t2 ＝ 50℃，t3 ＝ 40℃，m_{source} ＝ 1.0kg/s。

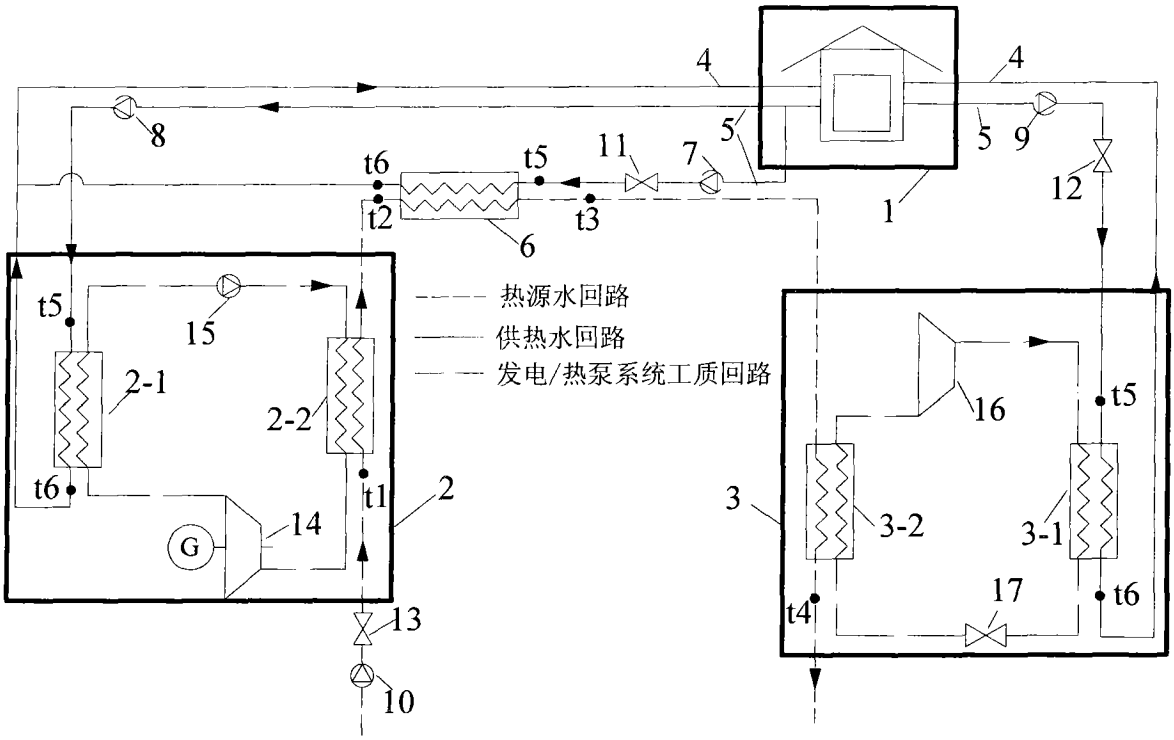
[0016] 在上述工况下，计算可得发电子系统的热效率（除去工质泵功后）为 2.36％，发电净功率为 2.51kW；热泵子系统的制热 COP（性能系数）为 7.87，压缩机耗功 9.17kW，耗功比 27.4％。可提供给热用户的供热量为 277.8kW。

[0017] 实施例三

[0018] 热源温度 100℃，热源水流量（m_{source}）为 1.0kg/s，热源水排放温度 25℃；供热水温度 45℃，供热回水温度 35℃。发电子系统中汽轮 - 发电机组的机械效率 70％，发电机效率 96％；工质泵耗功占汽轮机膨胀功的比例为 10％。与附图中的各温度点相对应，即，t1 ＝ 100℃，t4 ＝ 25℃，t6 ＝ 45℃，t5 ＝ 35℃，t2 ＝ 50℃，t3 ＝ 40℃，m_{source} ＝ 1.0kg/s。

[0019] 在上述工况下，计算可得发电子系统的热效率（除去工质泵功后）为 2.92％，发电净功率为 3.88kW；热泵子系统的制热 COP（性能系数）为 7.87，压缩机耗功 9.17kW，耗功比 42.3％。可提供给热用户的供热量为 317.4kW。

[0020] 本发明的有益效果在于：供热回水作为发电子系统的冷却水，节省了系统投资成本。热源热水经三次降温可降到较低水平，充分利用了中低焓能源中的热能，使利用率得到提高。本发明利用三个子系统间的温度耦合实现高效的热、电联产。在单位热源水流量、热源 80-100℃时，发电子系统能够为热泵子系统提供 15-42％的二次能源消耗，为热用户提供 237-317kW 的热量。而且热源与供热之间的温差越大，本发明的优势越明显。所以本发明提出了一种高效利用中低焓能源的手段。


4
4
8
5
5
9
t6
t5
11
7
12
t2
t3
1
6
热源水回路
供热水回路
发电/热泵系统工质回路
t5
15
2-1
2-2
t6
t1
2
14
G
13
10
16
t5
3
3-2
3-1
17
t4
t6