



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104420995 A

(43) 申请公布日 2015. 03. 18

(21) 申请号 201410418247. 5

(22) 申请日 2014. 08. 22

(30) 优先权数据

13/972960 2013. 08. 22 US

(71) 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 M. D. 克姆纳 S. C. 古伦

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司  
72001

代理人 李强 傅永霄

(51) Int. Cl.

F02C 6/00(2006. 01)

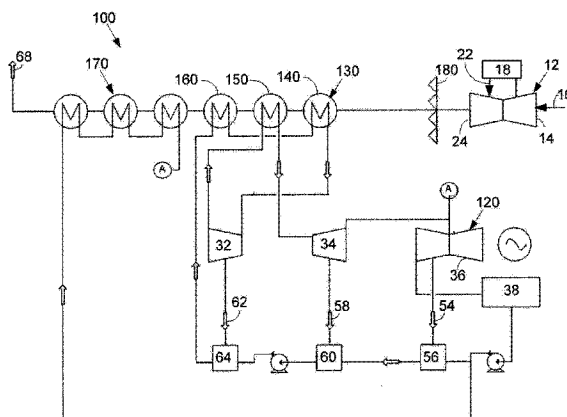
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

### (54) 发明名称

联合循环系统及其操作方法及对应的热回收蒸汽发生器

### (57) 摘要

本发明提供一种联合循环系统及其操作方法及对应的热回收蒸汽发生器。该联合循环系统可以包括：热回收蒸汽发生器，该热回收蒸汽发生器具有第一低压部段和第二低压部段；蒸汽轮机，该蒸汽轮机具有低压蒸汽部段，该低压蒸汽部段与热回收蒸汽发生器的第二低压部段连通；以及管道燃烧器，该管道燃烧器定位在热回收蒸汽发生器的上游。



1. 一种联合循环系统,其特征在于,所述联合循环系统包括:  
热回收蒸汽发生器,所述热回收蒸汽发生器包括第一低压部段和第二低压部段;  
蒸汽轮机,所述蒸汽轮机包括低压蒸汽部段,所述低压蒸汽部段与所述热回收蒸汽发生器的第二低压部段连通;以及  
管道燃烧器,所述管道燃烧器定位在所述热回收蒸汽发生器的上游。
2. 根据权利要求1所述的联合循环系统,其特征在于,所述热回收蒸汽发生器包括高压部段和中压部段。
3. 根据权利要求1所述的联合循环系统,其特征在于,所述蒸汽轮机包括高压蒸汽部段和中压蒸汽部段。
4. 根据权利要求1所述的联合循环系统,其特征在于,所述蒸汽轮机包括冷凝器,并且所述冷凝器与所述热回收蒸汽发生器的第二低压部段连通。
5. 根据权利要求1所述的联合循环系统,其特征在于,所述蒸汽轮机包括一个或多个给水加热器。
6. 根据权利要求1所述的联合循环系统,其特征在于,所述蒸汽轮机包括一个或多个给水抽取,并且其中所述一个或多个给水抽取与所述热回收蒸汽发生器的第一低压部段连通。
7. 根据权利要求1所述的联合循环系统,其特征在于,所述热回收蒸汽发生器的高压部段包括第一高压过热器和第二高压过热器。
8. 根据权利要求7所述的联合循环系统,其特征在于,所述第二高压过热器位于所述第一高压过热器的上游。
9. 根据权利要求7所述的联合循环系统,其特征在于,所述第一高压过热器位于所述第二高压过热器的上游。
10. 根据权利要求7所述的联合循环系统,其特征在于,所述第一高压过热器位于所述管道燃烧器的上游。
11. 根据权利要求10所述的联合循环系统,其特征在于,所述第二高压过热器紧接地定位在所述管道燃烧器的下游。
12. 根据权利要求7所述的联合循环系统,其特征在于,所述热回收蒸汽发生器的中压部段包括再热器,并且其中所述再热器定位在所述第一高压过热器和所述第二高压过热器的下游。
13. 根据权利要求7所述的联合循环系统,其特征在于,所述热回收蒸汽发生器包括第一组阀,以便将蒸汽流引导至所述第一高压过热器并且随后引导至所述第二高压过热器。
14. 根据权利要求7所述的联合循环系统,其特征在于,所述热回收蒸汽发生器包括第二组阀,以便将蒸汽流引导至所述第二高压过热器并且随后引导至所述第一高压过热器。
15. 一种操作联合循环系统的方法,所述方法包括:  
使燃烧气体流过热回收蒸汽发生器的高压部段、中压部段、第一低压部段和第二低压部段;  
使给水从蒸汽轮机的冷凝器流向所述热回收蒸汽发生器的第二低压部段;  
燃烧气体流和给水流之间在所述热回收蒸汽发生器的第二低压部段中换热;以及  
使经过加热的给水流向所述蒸汽轮机的低压部段。

16. 一种用于联合循环系统的热回收蒸汽发生器,所述热回收蒸汽发生器包括:  
高压部段,所述高压部段包括第一高压过热器和第二高压过热器;以及  
管道燃烧器;  
其中所述第一高压过热器定位在所述管道燃烧器的上游。

17. 根据权利要求 16 所述的热回收蒸汽发生器,其特征在于,所述第二高压过热器紧接地定位在所述管道燃烧器的下游。

18. 根据权利要求 16 所述的热回收蒸汽发生器,其特征在于,所述热回收蒸汽发生器还包括中压部段,并且其中所述中压部段包括再热器,所述再热器定位在所述第一高压过热器和所述第二高压过热器的下游。

19. 根据权利要求 16 所述的热回收蒸汽发生器,其特征在于,所述热回收蒸汽发生器还包括第一组阀,以便将蒸汽流引导至所述第一高压过热器并且随后引导至所述第二高压过热器。

20. 根据权利要求 16 所述的热回收蒸汽发生器,其特征在于,所述热回收蒸汽发生器还包括第二组阀,以便将蒸汽流引导至所述第二高压过热器并且随后引导至所述第一高压过热器。

## 联合循环系统及其操作方法及对应的热回收蒸汽发生器

### 技术领域

[0001] 本发明以及所获得的专利总体涉及联合循环发电厂,并且更具体地涉及具有通过额外的热回收蒸汽发生器(Heat Recovery Steam Generator;简称 HRSG)部段和/或经过修正的过热器定位的排气温度控制器的超临界管道点燃联合循环系统。

### 背景技术

[0002] 总体而言,联合循环发电系统使用燃气涡轮机和蒸汽涡轮机的组合来产生电力或者通过其它方式驱动负载。具体而言,燃气涡轮机循环可以通过热回收蒸汽发生器等与蒸汽涡轮机循环操作性地组合。热回收蒸汽发生器可以是允许通过燃气涡轮机排气的热燃烧气体来加热用于蒸汽产生过程的给水的多部段换热器。联合循环系统装置的主要效率是利用燃气涡轮机排气的以其它方式“被浪费的”热。因此,发电厂操作者旨在由燃气涡轮机排气中的热来产生最大可能的可用功。

[0003] 发电厂操作者还对燃料适应性感兴趣。然而,传统的燃气涡轮机联合循环发电厂通常可能在例如操作除了天然气之外的重质燃料油或燃料时效率较低。然而,可以通过增加管道点燃来限制由于使用重质燃料油而造成的效率损失。管道点燃使排气温度升高,以便使得能够通过处于较高的温度和较高的压力下的蒸汽来实现超临界蒸汽循环。尽管总体效率可以改进,但是这种超临界循环所产生的高温对于热回收蒸汽发生器而言可能过高,以致于无法从通过热回收蒸汽发生器的热排放气体流提取所有可获得的能量。

[0004] 还可能由于热回收蒸汽发生器本身的结构而造成额外的温度限制。如果超过某些温度,可能需要高成本的水冷壁。由于该温度限制,能够在单管燃烧器级中燃烧的燃料的量可能受到限制。将管道燃烧器放置在较冷的位置处可以允许额外的燃料被燃烧,但是该定位可能使高压过热器的最后部段暴露于未点燃的燃气涡轮机排气。此外,如果涡轮机正在产生相对较冷的排气,则该定位会阻止高压过热器部段在期望的温度下产生蒸汽。可以通过使用多个管道燃烧器级来解决该问题,但是这些额外的级向总体管道燃烧器系统增加额外的成本和复杂度。例如,管道燃烧器需要火焰与第一过热器之间的显著长度,以用于燃烧气体的均匀流动。与单个燃烧器管道设计相比,使用第二行管道燃烧器将需要额外的热回收蒸汽发生器长度。

[0005] 因此,期望改进的具有总体温度控制器的管道点燃联合循环系统。这种系统可以允许以高效的方式使用备选燃料,但是不需要对热回收蒸汽发生器以及其它部件进行高成本的升级。

### 发明内容

[0006] 因此,本发明以及所获得专利提供一种联合循环系统。该联合循环系统可以包括:热回收蒸汽发生器,该热回收蒸汽发生器具有第一低压部段和第二低压部段;蒸汽涡轮机,该蒸汽涡轮机具有低压蒸汽部段,该低压蒸汽部段与热回收蒸汽发生器的第二低压部段连通;以及管道燃烧器,该管道燃烧器定位在热回收蒸汽发生器的上游。

- [0007] 其中,所述热回收蒸汽发生器包括高压部段和中压部段。
- [0008] 其中,所述蒸汽轮机包括高压蒸汽部段和中压蒸汽部段。
- [0009] 其中,所述蒸汽轮机包括冷凝器,并且所述冷凝器与所述热回收蒸汽发生器的第二低压部段连通。
- [0010] 其中,所述蒸汽轮机包括一个或多个给水加热器。
- [0011] 其中,所述蒸汽轮机包括一个或多个给水抽取,并且其中所述一个或多个给水抽取与所述热回收蒸汽发生器的第一低压部段连通。
- [0012] 其中,所述热回收蒸汽发生器的高压部段包括第一高压过热器和第二高压过热器。
- [0013] 其中,所述第二高压过热器位于所述第一高压过热器的上游。
- [0014] 其中,所述第一高压过热器位于所述第二高压过热器的上游。
- [0015] 其中,所述第一高压过热器位于所述管道燃烧器的上游。
- [0016] 其中,所述第二高压过热器紧接地定位在所述管道燃烧器的下游。其中,所述热回收蒸汽发生器的中压部段包括再热器,并且其中所述再热器定位在所述第一高压过热器和所述第二高压过热器的下游。
- [0017] 其中,所述热回收蒸汽发生器包括第一组阀,以便将蒸汽流引导至所述第一高压过热器并且随后引导至所述第二高压过热器。
- [0018] 其中,所述热回收蒸汽发生器包括第二组阀,以便将蒸汽流引导至所述第二高压过热器并且随后引导至所述第一高压过热器。本发明以及所获得的专利还提供一种操作联合循环系统的方法。该方法可以包括以下步骤:使燃烧气体流过热回收蒸汽发生器的高压部段、中压部段、第一低压部段和第二低压部段;使给水从蒸汽轮机的冷凝器流向热回收蒸汽发生器的第二低压部段;燃烧气体流和给水流之间在热回收蒸汽发生器的第二低压部段中换热;以及使经过加热的给水流向蒸汽轮机的低压部段。
- [0019] 本发明以及所获得专利还提供一种用于联合循环系统的热回收蒸汽发生器。该热回收蒸汽发生器可以包括:高压部段,该高压部段具有第一高压过热器和第二高压过热器;以及管道燃烧器。该第一高压过热器定位在管道燃烧器的上游。
- [0020] 其中,所述第二高压过热器紧接地定位在所述管道燃烧器的下游。
- [0021] 其中,所述热回收蒸汽发生器还包括中压部段,并且其中所述中压部段包括再热器,所述再热器定位在所述第一高压过热器和所述第二高压过热器的下游。
- [0022] 其中,所述热回收蒸汽发生器还包括第一组阀,以便将蒸汽流引导至所述第一高压过热器并且随后引导至所述第二高压过热器。
- [0023] 其中,所述热回收蒸汽发生器还包括第二组阀,以便将蒸汽流引导至所述第二高压过热器并且随后引导至所述第一高压过热器。
- [0024] 在结合若干附图以及所附权利要求阅览下文的详细描述之后,本发明以及所获得的专利的这些和其它的特征以及改进对于本领域普通技术人员而言将变得显而易见。

#### 附图说明

- [0025] 图 1 是具有燃气轮机、蒸汽轮机、和热回收蒸汽发生器的已知的联合循环系统的示意图。

[0026] 图 2 是可以如本发明中所描述的联合循环系统的示意图。

[0027] 图 3 是可以如本发明中所描述的联合循环系统的另一个实施例的示意图。

[0028] 图 4 是用于图 3 的联合循环系统的热回收蒸汽发生器的阀构造的示意图。

### 具体实施方式

[0029] 现在参照附图,其中相似的附图标记在全部若干附图中表示相似的元件。图 1 示出了联合循环系统 10 的示意图。该联合循环系统 10 可以包括燃气涡轮发动机 12。燃气涡轮发动机 12 可以包括压缩机 14。压缩机 14 压缩进入的空气流 16。压缩机 14 将经过压缩的空气流 16 输送至燃烧器 18。燃烧器 18 将经过压缩的空气流 16 与经过加压的燃料流 20 混合并且点燃混合物以产生燃烧气体流 22。尽管仅示出了单个燃烧器 18,但是燃气涡轮发动机 12 可以包括任何数量的燃烧器 18。燃烧气体流 22 随后被输送至涡轮机 24。燃烧气体流 22 驱动涡轮机 24 以便做机械功。涡轮机 24 中所做的机械功通过轴驱动压缩机 14 以及例如发电机等的外部负载。燃气涡轮发动机 12 可以使用天然气或者各种类型的备选燃料,例如合成气、重质燃料油和其它类型的燃料。燃气涡轮发动机 12 可以具有不同的构造并且可以使用其它类型的部件。

[0030] 联合循环系统 10 还包括蒸汽涡轮机 30。该蒸汽涡轮机 30 可以包括多个部段,所述多个部段具有处于不同的压力下的多个进汽点。具体而言,蒸汽涡轮机 30 可以包括高压蒸汽部段 32、中压蒸汽部段 34、以及一个或多个低压蒸汽部段 36。低压蒸汽部段 36 可以将给水排出至冷凝器 38 中。蒸汽涡轮机 30 可以驱动与燃气涡轮机 12 相同或不同的负载。在该例子中,蒸汽涡轮机 30 可以是具有多个给水抽取 (feedwater extractions) 的传统的守旧的蒸汽涡轮机设计 (conventional fossil steam turbine design)。低压抽取 54 可以被抽取到第一给水加热器 56,中压抽取 58 可以被抽取到第二给水加热器 60,并且高压抽取 62 可以被抽取到第三给水加热器 64。本发明中也可以使用其它构造和其它部件。

[0031] 联合循环系统 10 可以包括热回收蒸汽发生器 40。该热回收蒸汽发生器 40 还可以包括多个蒸汽部段,例如低压部段 42、中压部段 44 和高压部段 46。每一个部段 42、44、46 都大体包括一个或多个鼓 (drums)、节能器 (economizers)、蒸发器 (evaporators)、过热器 (superheaters)、以及 / 或者额外的部件。在该例子中,并且除了其它部件之外,高压部段 46 可以包括例如高压过热器 48 的高压蒸汽的源,中压部段 44 可以包括再热器 50,并且低压部段 42 可以包括例如直流锅炉 (once through boiler) 52 的低压蒸汽的源。本发明中可以使用其它部件和其它构造。

[0032] 为了使流过热回收蒸汽发生器 40 的燃烧气体 22 的温度升高,一个或多个管道燃烧器 66 可以用于提高超临界蒸汽循环的效率。管道燃烧器 66 可以燃烧任何类型的燃料,其中包括重质燃料油等。管道燃烧器 66 以及给水加热器 56、60、64 的组合通常造成热回收蒸汽发生器 40 的排气管 68 处的高温。本发明中可以使用其它部件和其它构造。

[0033] 图 2 示出了可以如本发明中所描述的联合循环系统 100。该联合循环系统 100 可以包括燃气涡轮发动机 12、蒸汽涡轮机 120、和热回收蒸汽发生器 130,这些部件可以基本类似于上文所描述的那些部件。然而,在该例子中,热回收蒸汽发生器 130 可以包括高压部段 140、中压部段 150、第一低压部段 160 和额外的第二低压部段 170。第二低压部段 170 中可以具有任何数量的换热元件。第二低压部段 170 可以从冷凝器 38 接收给水流。该较冷

的水可以通过与流过热回收蒸汽发生器 130 的燃烧气体 22 换热而被加热。该水流随后可以被引导至蒸汽轮机 120 的低压蒸汽部段 36。第二低压部段 170 因此从燃烧气体 22 提取额外的可用能量,该额外的可用能量能够被增加给蒸汽轮机 120 的低压部段 36,并且/或者可能需要较低的排气温度。否则该能量将被浪费在排气管 68 中。此外,通过调节给水加热器 56、60、64 的负荷,排气管温度可以响应于燃料需要的改变而被调节。

[0034] 联合循环系统 100 还增加类似于上文所描述的管道燃烧器 180 的使用。管道燃烧器 180 提供高效超临界循环,以在较高的温度和压力下产生蒸汽,从而用于提高效率。第二低压部段 170 因此利用该能量并且向蒸汽轮机 120 施加额外的低压蒸汽。此外,通过控制排气管 68 处的排气温度,联合循环系统可以调节总体操作策略,以从排气流提取最大量的能量而不超过由燃料化学 (fuel chemistry) 所施加的温度限制,因为使用不同的燃料可能造成不同的最佳温度。

[0035] 图 3 示出了联合循环系统 200 的另一个实施例。该联合循环系统 200 可以主要包括上文所描述的部件但是具有备选的热回收蒸汽发生器 210。该热回收蒸汽发生器 210 可以包括高压部段 220 和中压部段 230。在传统构造中,高压部段 220 包括第一高压过热器 240 和第二高压过热器 250,而中压部段 230 包括再热器 260。第一、第二高压过热器 240、250 通常定位在再热器 260 的任一侧上,其中第二高压过热器 250 最靠近管道燃烧器 270。

[0036] 然而,在该例子中,第一高压过热器 240 可以定位在管道燃烧器 270 的上游,使得温度较高的过热器 250 紧接地 (immediately) 位于管道燃烧器 270 的下游。通过在管道燃烧器 270 的上游移动第一高压过热器 240,第一高温过热器 240 可以在排放气体 22 到达管道燃烧器 270 之前冷却该排放气体。因此,该定位允许管道燃烧器 270 燃烧额外的燃料而不超过热回收蒸汽发生器 210 的温度限制。此外,将第二高压过热器 250 紧接地定位在管道燃烧器 270 的下游还允许产生温度较高的蒸汽以便改进总体循环效率。具体而言,该定位允许温度较高的气体到达高压锅炉,以便获得更大的高压蒸汽产生。此外,该定位还消除了对任何单行管道燃烧器之外的需要,以便降低热回收蒸汽发生器 210 的总体成本和尺寸。本发明中可以使用其它部件和其它构造。

[0037] 由于联合循环系统 200 可以在管道燃烧器 270 不起作用的情况下操作,因此可以包括一组阀以允许过热器部段以传统方式操作。因此,图 4 示出了第一阀 280、第二阀 290、第三阀 300 和第四阀 310 的使用。当管道燃烧器 270 未点燃时,第一阀 280 和第三阀 300 可以打开,使得蒸汽流到达第二高压过热器 250、到达第一高压过热器 240、并且到达高压涡轮机。在点燃模式中,第二阀 290 和第四阀 310 可以打开,使得蒸汽流到达第一高压过热器 240、到达第二高压过热器 250、并且到达高压涡轮机。本发明中可以使用具有任何构造的任何数量的阀。本发明中可以使用其它部件和其它构造。

[0038] 应当显而易见的是,上文仅涉及本发明以及所获得的专利的某些实施例。本领域普通技术人员可以在不偏离如所附权利要求及其等同形式所限定的本发明的总体精神和范围的情况下在本发明中做出多种改变和改型。

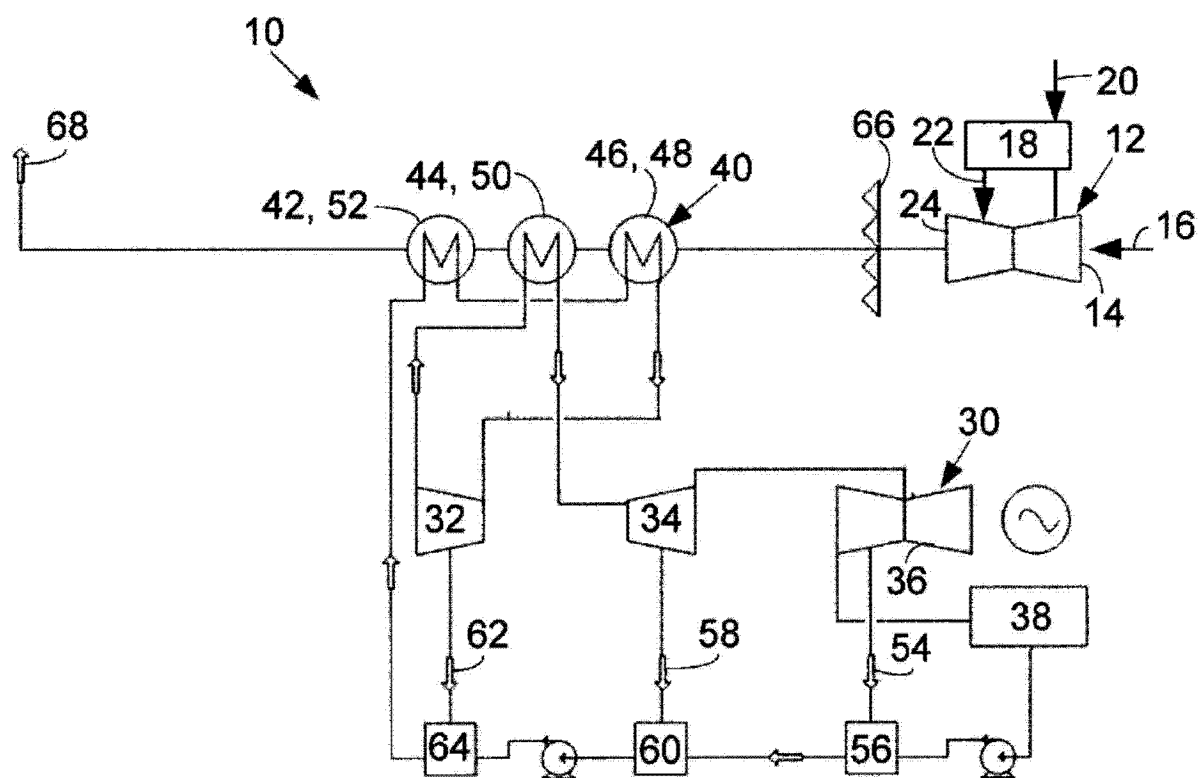


图 1

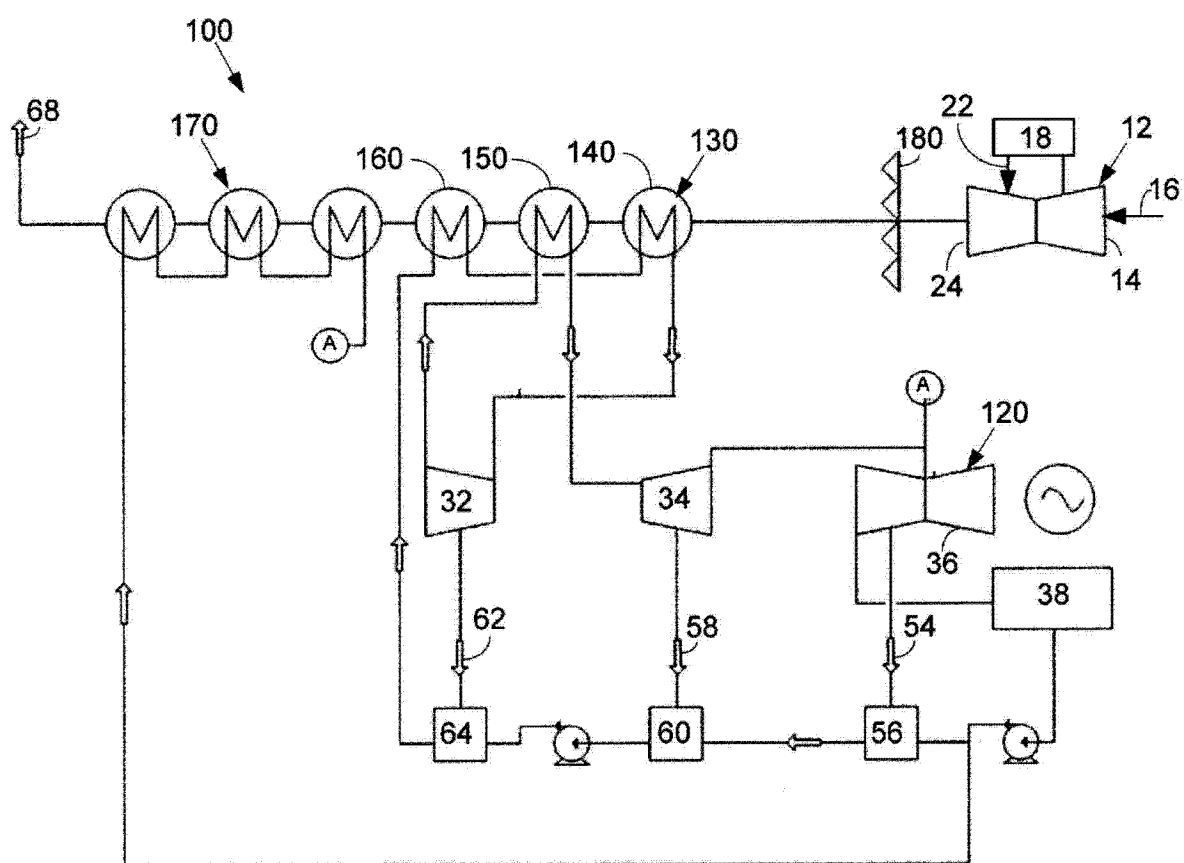


图 2

