



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101029598 B

(45) 授权公告日 2014. 06. 11

(21) 申请号 200710085027. 5

CN 1145002 C, 2004. 04. 07,

(22) 申请日 2007. 02. 28

CN 1500978 A, 2004. 06. 02,

(30) 优先权数据

审查员 张永锋

11/307950 2006. 02. 28 US

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 J·A·韦斯特 R·T·塔彻尔

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 原绍辉

(51) Int. Cl.

F02C 7/057(2006. 01)

(56) 对比文件

US 5802875 A, 1998. 09. 08,

US 6263659 B1, 2001. 07. 24,

CN 1111321 A, 1995. 11. 08,

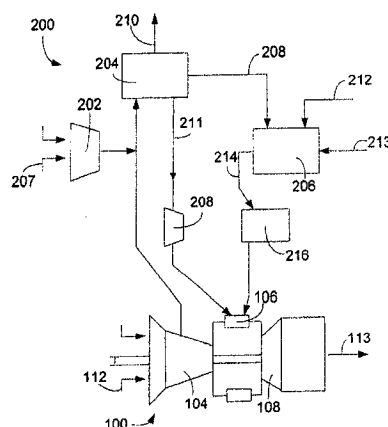
权利要求书1页 说明书9页 附图6页

(54) 发明名称

用于燃气轮机控制的可变抽吸的方法及系统

(57) 摘要

用于燃气轮机控制的可变抽吸的方法及系统。一种控制燃气涡轮发动机(100)的负载的方法,所述燃气涡轮发动机(100)是包括空气分离单元(204)的整体气化联合循环动力产生系统(200)的一部分,所述方法包括以下步骤:(1)抽吸一定量的由涡轮压缩机(104)压缩的压缩空气;(2)将所述抽吸的一定量的压缩空气供应至所述空气分离单元(204);以及(3)根据用于所述燃气涡轮发动机(100)的需求负载来改变从所述涡轮压缩机(104)抽吸的所述压缩空气的量。



1. 一种控制燃气涡轮发动机 (100) 的负载的方法, 所述燃气涡轮发动机 (100) 是包括空气分离单元 (204) 的整体气化联合循环动力产生系统 (200) 的一部分, 所述方法包括以下步骤:

抽吸一定量的由涡轮压缩机 (104) 压缩的压缩空气;

将所述抽吸的一定量的压缩空气供应至所述空气分离单元 (204);

根据用于所述燃气涡轮发动机的需求负载来改变从所述涡轮压缩机抽吸的所述压缩空气的量;

其中, 根据所述需求负载来改变从所述涡轮压缩机抽吸的所述压缩空气的量的步骤包括以下步骤:

测量所述燃气涡轮发动机 (100) 的实际负载; 以及

将所述燃气涡轮发动机的所述实际负载与所述燃气涡轮发动机 (100) 的需求负载进行比较。

2. 如权利要求 1 所述的方法, 还包括

向所述空气分离单元 (204) 供应来自主空气压缩机 (202) 的压缩空气的步骤。

3. 如权利要求 2 所述的方法, 还包括

根据从所述涡轮压缩机 (104) 抽吸的压缩空气量来改变通过所述主空气压缩机 (202) 供应至所述空气分离单元 (204) 的压缩空气量的步骤。

4. 如权利要求 3 所述的方法, 其中

压缩空气的组合供应包括通过所述主空气压缩机 (202) 供应至所述空气分离单元 (204) 的压缩空气的量以及从所述涡轮压缩机 (104) 抽吸的压缩空气的量; 并且

其中所述压缩空气的组合供应包括满足所述空气分离单元 (204) 需求的压缩空气的总供应的压缩空气的供应。

5. 如权利要求 3 所述的方法, 其中

所述根据从所述涡轮压缩机 (104) 抽吸的压缩空气量来改变通过所述主空气压缩机 (202) 供应至所述空气分离单元 (204) 的压缩空气量的步骤包括当增大从所述涡轮压缩机 (104) 抽吸的压缩空气的量时减小通过所述主空气压缩机 (202) 供应至所述空气分离单元 (204) 的压缩空气的量的步骤。

6. 如权利要求 5 所述的方法, 其中

所述根据从所述涡轮压缩机 (104) 抽吸的压缩空气量来改变通过所述主空气压缩机 (202) 供应至所述空气分离单元 (204) 的压缩空气量的步骤包括当减小从所述涡轮压缩机 (104) 抽吸的压缩空气的量时增大通过所述主空气压缩机 (202) 供应至所述空气分离单元 (204) 的压缩空气的量的步骤。

7. 如权利要求 1 所述的方法, 还包括

如果所述燃气涡轮发动机的所述实际负载大于所述燃气涡轮发动机 (100) 的所述需求负载, 则增大从所述涡轮压缩机 (104) 抽吸的所述压缩空气的量的步骤。

8. 如权利要求 7 所述的方法, 还包括

如果所述燃气涡轮发动机的所述实际负载小于所述燃气涡轮发动机 (100) 的所述需求负载, 则减小从所述涡轮压缩机 (104) 抽吸的所述压缩空气的量的步骤。

用于燃气轮机控制的可变抽吸的方法及系统

技术领域

[0001] 本申请大体涉及用于控制燃气涡轮发动机运行的方法。本申请具体但不限于涉及用于通过改变从涡轮压缩机的压缩气体的抽吸来控制作为整体气化联合循环 (integrated gasification combined-cycle) 动力产生系统的一部分的燃气涡轮发动机的运行的方法。

背景技术

[0002] 在当前的整体气化联合循环 (IGCC) 动力产生系统中, 利用气体分离单元将 O_2 供应至气化器, 该气化器然后局部地产生用作燃气轮机中燃料的燃烧气体。通常将压缩气体从主气体压缩机及 / 或通过从燃气涡轮压缩机的排出部的抽吸而供应至气体分离单元。当前, 从涡轮压缩机排出部抽吸的压缩气体量占压缩机流量的百分比大约固定, 并仅取决于气体分离单元的外部要求的需求。

[0003] 在这种系统中, 用于燃气涡轮机的运行的目的在于在使效能最大化的同时满足需求负载水平。这包括允许燃气轮机单元在改变环境条件下以需求最大水平负载运行而不会超过最大负载水平, 同时还不超出涡轮机的运行边界条件。运行边界条件例如包括在涡轮机或燃烧室部件内的最大允许温度。超出这些温度会导致对涡轮机部件的损坏或导致增大的排气水平。另一运行边界条件包括最大压缩机压缩比。超出该极限会导致该单元喘振, 这会导致对涡轮机极严重的损坏。此外, 涡轮机可具有最大马赫数, 其表示当气体离开涡轮机时燃烧气体的最大流率。超出该最大流率会损坏涡轮机部件。

[0004] 因此在业界, 对燃气涡轮机的运行进行控制以在满足运行需求的同时改进效能是非常重要的目标。涡轮机操作者使用了一些公知方法在试图满足上述目的的同时来控制或限制涡轮机的负载。这些公知方法包括控制入口抽气热量、压缩机的入口导引轮叶、以及 / 或涡轮机燃料供应。

[0005] 入口抽气热量允许涡轮机操作者抽出涡轮压缩机的排气并将该抽出气体循环返回至压缩机入口。因为一些压缩机气流被循环至入口, 故该方法减小了通过压缩机 (其通过涡轮机扩展) 的气流量, 这减小了涡轮机的输出。这种对燃气轮机负载控制的方法也可通过将较冷的环境空气与热压缩机排气的抽气部分混合来升高压缩机入口空气的入口温度。温度的上升减小了气体密度, 并由此降低了到燃气涡轮机的质量流量。尽管可使用该方法以允许燃气轮机单元在不同的环境条件下以最大水平负载运行 (同时还不超出运行边界条件), 但因为其降低了燃气涡轮机的热效率, 其成本较高。

[0006] 关闭入口导引轮叶 (其控制到涡轮压缩机的气流) 是另一种减小涡轮机的质量流量的通用方法, 因此可使用其来控制或限制涡轮机负载。关闭入口导引轮叶可抑制空气通过到达压缩机, 并由此降低了进入压缩机的空气量。也可使用该方法以允许燃气轮机单元在不同的环境条件下以最大水平负载运行 (同时还不超出运行边界条件), 但因为压缩机远离其最佳设计点运行, 故其也降低了燃气涡轮机的热效率。

[0007] 最后, 也可通过降低到燃烧室的燃料流量来控制或限制涡轮机负载。这将减小涡轮机的燃烧温度以及燃气涡轮发动机的输出。在环境温度降低的情况下, 这种方法可允许

涡轮机维持最大水平负载。但是,如界业所公知,燃烧温度的降低会降低燃气涡轮发动机的效率。

[0008] 因此这些公知的控制方法会不利地影响燃气涡轮发动机的效率。此外,这些控制方法均未利用作为 IGCC 动力产生系统的一部分的特定部件以允许系统更有效地运行。因此,需要更有效的方法来控制在 IGCC 动力产生系统中的燃气涡轮机的负载。

发明内容

[0009] 因此本申请描述了一种控制燃气涡轮发动机的负载的方法,所述燃气涡轮发动机是包括空气分离单元的整体气化联合循环动力产生系统的一部分,所述方法可包括以下步骤:(1) 抽吸一定量的由涡轮压缩机压缩的压缩空气;(2) 将所述抽吸的一定量的压缩空气供应至所述空气分离单元;以及(3) 根据用于所述燃气涡轮发动机的需求负载来改变从所述涡轮压缩机抽吸的所述压缩空气的量。

[0010] 在一些实施例中,该方法还可包括向所述空气分离单元供应来自主空气压缩机的压缩空气供应的步骤。可以根据从所述涡轮压缩机抽吸的压缩空气的量通过所述主空气压缩机来改变供应至所述空气分离单元的压缩空气的量的步骤。压缩空气的组合供应可包括通过所述主空气压缩机供应至所述空气分离单元的压缩空气的量以及从所述涡轮压缩机抽吸的压缩空气的量。所述压缩空气的组合供应可以是满足所述空气分离单元需求的压缩空气的组合供应的压缩空气的供应。

[0011] 在一些实施例中,所述根据从所述涡轮压缩机抽吸的压缩空气的量通过所述主空气压缩机来改变供应至所述空气分离单元的压缩空气的量的步骤可以包括当增大从所述涡轮压缩机抽吸的压缩空气量时通过所述主空气压缩机减小供应至所述空气分离单元的压缩空气的量的步骤。通过主空气压缩机减小的供应至空气分离单元的压缩空气的量可以大体等于从涡轮压缩机抽吸的压缩空气的增大的量。所述根据从所述涡轮压缩机抽吸的压缩空气的量通过所述主空气压缩机来改变供应至所述空气分离单元的压缩空气的量的步骤可以包括当减小从所述涡轮压缩机抽吸的压缩空气量时通过所述主空气压缩机增大供应至所述空气分离单元的压缩空气的量的步骤。通过主空气压缩机增大的供应至空气分离单元的压缩空气的量可以大体等于从涡轮压缩机抽吸的压缩空气的减小的量。

[0012] 在一些实施例中,所述方法还可包括根据环境温度改变从涡轮压缩机抽吸的压缩空气的量的步骤。所述根据环境温度改变从涡轮压缩机抽吸的压缩空气的量的步骤可包括当环境温度降低时增大从涡轮压缩机抽吸的压缩空气的量。所述根据环境温度改变从涡轮压缩机抽吸的压缩空气的量的步骤可包括当环境温度升高时减小从涡轮压缩机抽吸的压缩空气的量。

[0013] 在一些实施例中,所述根据所述燃气涡轮发动机的需求负载来改变从所述涡轮压缩机抽吸的所述压缩空气的量的步骤包括以下步骤:(1) 测量所述燃气涡轮发动机的实际负载;以及(2) 将所述燃气涡轮机的所述实际负载与所述燃气涡轮发动机的所述需求负载进行比较。可以根据所述燃气涡轮机的所述实际负载与所述燃气涡轮发动机的所述需求负载的比较来改变从所述涡轮压缩机抽吸的所述压缩空气的量。所述方法可包括如果所述燃气涡轮机的所述实际负载大于所述燃气涡轮发动机的所述需求负载,则增大从所述涡轮压缩机抽吸的所述压缩空气的量的步骤。此外,所述方法还可包括如果所述燃气涡轮机的所

述实际负载小于所述燃气涡轮发动机的所述需求负载,则减小从所述涡轮压缩机抽吸的所述压缩空气的量的步骤。

[0014] 本申请还描述了一种用于控制燃气涡轮发动机的负载的系统,所述燃气涡轮发动机是整体气化联合循环动力产生系统的一部分,所述系统包括:(1) 包括对空气进行压缩的涡轮压缩机的空气分离单元;(2) 用于从涡轮压缩机抽吸一定量压缩空气的装置以及用于将抽吸的一定量的压缩空气供应至空气分离单元的装置;以及(3) 用于根据用于所述燃气涡轮发动机的需求负载来改变从所述涡轮压缩机抽吸的所述压缩空气的量的装置。

[0015] 在一些实施例中,该系统还可包括用于检测燃气涡轮机的实际负载的装置。根据用于所述燃气涡轮发动机的需求负载来改变从所述涡轮压缩机抽吸的所述压缩空气的量的装置可包括用于将燃气涡轮机的实际负载与燃气涡轮发动机的需求负载进行比较的装置以及用于根据燃气涡轮机的实际负载与燃气涡轮发动机的需求负载的比较来改变从涡轮压缩机抽吸的压缩空气的量的装置。用于根据用于所述燃气涡轮发动机的需求负载来改变从所述涡轮压缩机抽吸的所述压缩空气的量的装置可包括 PID 控制器。

[0016] 在一些实施例中,该系统还可包括向空气分离单元供应来自主空气压缩机的压缩空气供应的主空气压缩机。该系统还包括用于通过主空气压缩机改变供应至空气分离单元的压缩空气的量的装置。可以根据从涡轮压缩机抽吸的压缩空气的量来改变通过主空气压缩机而供应至空气分离单元的压缩空气的量。

附图说明

[0017] 图 1 是可用于本申请的某些实施例的示例性涡轮机的示意性平面图。

[0018] 图 2 是可用于本申请的某些实施例的示例性整体气化联合循环(“IGCC”)动力产生系统的示意性平面图。

[0019] 图 3(a)、3(b) 及 3(c) 包括一些相关曲线图,示出了示例性 IGCC 动力产生系统的结果,其中改变了来自涡轮压缩机的压缩空气的抽吸水平,由此在不同的环境条件下可有效地维持涡轮机的最大负载。

[0020] 图 4(a) 及 4(b) 包括两个曲线图,示出了可如何改变燃烧室 106 内部的温度,使得当涡轮机 100 在不同的环境条件下以恒定负载运行时不超过离开燃烧室的气体的最大允许温度。

[0021] 图 5(a) 及 5(b) 包括两个曲线图,示出了可如何改变入口导引轮叶的设置,使得当涡轮机 100 在不同的环境条件下以恒定负载运行时不超过最大排放马赫数。

[0022] 图 6 是示出了可用于设定涡轮机的排气温度的示意性控制过程的流程图。

[0023] 图 7 是示出了可用于计算用于涡轮机的入口导引轮叶(即,入口导引轮叶的取向角度)的设定点的示意性控制过程的流程图。

[0024] 图 8 是示出了用于计算涡轮压缩机抽吸设定点(即,被抽吸并供应至气体分离单元的来自涡轮压缩机的压缩空气的量或百分比)的示意性控制过程的流程图。

具体实施方式

[0025] 现参考附图,其中在一些视图中不同的数字代表类似的部件,图 1 示出了可用于本申请的某些实施例的示意性燃气涡轮发动机 100 的示意性视图。燃气涡轮发动机 100 可

包括串联连接的涡轮压缩机 104、燃烧室 106、以及涡轮机 108。涡轮压缩机 104 及涡轮机 108 可通过轴 110 耦合,该轴 110 也可耦合涡轮机 108 并驱动发电机(未示出)。尽管在这里示出并说明的燃气涡轮发动机 100 仅为示意性,但在某些实施例中,燃气涡轮发动机 100 可以是 7FB 发动机,其可从通用电气公司商购获得。因此,燃气涡轮发动机 100 并不限于图 1 所示并在这里描述的燃气涡轮发动机,燃气涡轮发动机 100 可以是任何类型的燃气涡轮发动机。例如(但并非限制),在替代实施例中,燃气涡轮发动机 100 可以是多轴燃气涡轮发动机,其具有两根轴,用于分别驱动发电机(未示出)及涡轮压缩机 104。

[0026] 在工作时,空气(如箭头 112 所示)可通过涡轮压缩机 104 流入燃气涡轮发动机 100 并被压缩。然后可将压缩空气输送至燃烧室 106,在燃烧室 106 内压缩空气可与燃料混合并被点燃。来自燃烧室 106 的膨胀热气体可驱动旋转涡轮机 108 并可通过排气扩压器 114 离开(如箭头 113 所示)燃气涡轮发动机 100。此外,在一些实施例中,可将来自涡轮发动机 100 的排气供应至热回收蒸气发生器(未示出),其产生用于驱动气轮机(未示出)的蒸气。

[0027] 图 2 是可用于本申请的某些实施例的示意性整体气化联合循环(“IGCC”)动力产生系统 200。但是,本领域的普通技术人员将理解本申请并不限于使用于 IGCC 动力产生系统 200,其可应用于包括燃气涡轮发动机的其他系统。IGCC 动力产生系统 200 可包括上述的燃气涡轮发动机 100。IGCC 系统 200 还可包括主空气压缩机 202、与主空气压缩机 202 及涡轮压缩机 104 流体连通耦合的空气分离单元 204、与空气分离单元 204 流体连通耦合的气化器 206、与气化器 206 流体连通耦合的燃烧室 106、以及涡轮机 108。图 2 中的箭头表示流动方向。

[0028] 在通常运行中,可包括业界已知的一个或更多压缩机的主压缩机 202 可压缩环境空气(由箭头 207 表示其流动)。来自主压缩机 202 的压缩空气可输送至空气分离单元 204。可将来自涡轮压缩机 104 的压缩空气抽吸并供应到空气分离单元 204。可通过将压缩空气从涡轮压缩机 104 加入管路并将抽吸压缩空气输送至空气分离单元 204 来完成从涡轮压缩机 104 的压缩空气抽吸。可将诸如蝶阀或其他类似阀的阀(未示出)装在管路内以控制从涡轮压缩机 104 抽吸的压缩空气的量。本领域的普通描述人员将理解也可利用其他方法及系统来从涡轮压缩机 104 抽吸一定量的压缩空气并将其输送至空气分离单元 204。因此,空气分离单元 204 可从主压缩机 202 并从自涡轮压缩机 104 抽吸的压缩空气接收实现其功能所需的压缩空气的供应。

[0029] 根据业界公知的方法,空气分离单元 204 然后可利用压缩空气的供应来产生气化器 206 使用的氧气。具体而言,空气分离单元 204 可将压缩空气分离为独立的氧气流(其流动由路径 208 表示)及气体副产品,有时称为“处理气体”。由空气分离单元 204 产生的处理气体可包括氮气(在这里将称为“氮处理气体”)。氮处理气体还可包括诸如氧气、氩气等其他气体。在一些实施例中,氮处理气体可包括约 95%至约 100%的氮气。

[0030] 来自空气分离单元 204 的氧气流可输送至气化器 206,用于局部地产生燃烧气体(称为“合成气”),燃气涡轮发动机 100 使用该合成气作为燃料。在一些公知的 IGCC 系统中,可将至少一些氮处理气体流及空气分离单元 204 的副产品排放至大气(由路径 210 表示其流动)。在一些公知的 ICGG 系统中,可将其他一些氮处理气流(由路径 211 表示其流动)供应至氮驱动压缩机 208,然后供应进入燃烧室 106 以便于对涡轮机 108 的排气控制。

[0031] 根据业界公知的方法,气化器 206 可将燃料(由路径 212 表示其流动)、由空气分离单元 204 供应的氧气(由路径 208 表示其流动)、蒸气(由路径 213 表示其流动)、及/或石灰石(未示出其流动)的混合物转化为由燃气涡轮发动机 100 作为燃料使用的合成气的输出。尽管气化器 206 可使用其他类型的燃料,但在一些公知 IGCC 系统中,气化器 206 可使用煤粉末、石油焦炭、残油、油乳剂、焦油沙(tarsand)、及/或其他类似燃料。在一些公知的 IGCC 系统中,由气化器 206 产生的合成气会包括二氧化碳、硫磺或其他不希望存在的污染物。如业界所知,可通过清洁装置 216(也被称为酸去除系统)来清洁由气化器 206 产生的合成气(由路径 214 表示其流动)以在输送至燃烧室 106 用于燃烧之前去除这些污染物的一些或全部。

[0032] 来自燃气涡轮发动机 100 的动力输出可驱动将电能供应至电力网(未示出)的发电机(未示出)。可将来自燃气涡轮发动机 100 的排气供应至产生用于驱动蒸气涡轮机(未示出)的蒸气的热回收蒸气发生器(未示出)。由蒸气涡轮机产生的动力可驱动向电力网供应电能的发电机(未示出)。在一些公知的 IGCC 系统中,也可将来自热回收蒸气发生器的蒸气供应至用于产生合成气的气化器 206。

[0033] 作为本申请的实施例的一部分,可以改变从涡轮压缩机 104 抽吸并供应至空气分离单元 204 的压缩空气的量作为控制 IGCC 动力产生系统 200 并/或满足涡轮机 100 的运行极限的方法。例如,图 3 示出了这种涡轮机 100 控制及运行的示意性结果。图 3 包括示出燃气涡轮发动机 100 的示意性运行的数个相关视图,其中改变从涡轮压缩机抽吸压缩空气的水平,由此在不同环境条件下可有效地维持(并不超过)用于涡轮机的最大负载。图 3(a) 示出了示意性结果,其示出了(即,抽吸并供应至空气分离单元 204 的来自涡轮压缩机 104 的压缩空气的百分比)对环境温度的百分比。图 3(b) 示出了示意性结果,其示出了当抽吸百分比改变时相对于环境温度的压缩机容限。压缩机容限可反映涡轮压缩机 104 的测量压缩比与压缩机可以以给定流率运行且涡轮压缩机 104 不会产生喘振的最大压缩比之间的差异。最小压缩机运行极限线 302 可反映在燃气涡轮发动机 100 的运行期间系统操作者所允许的最小可接受压缩机容限。图 3(c) 示出了示意性结果,其示出了当抽吸百分比改变时相对于环境温度的涡轮机输出(即,负载)。最大基本负载水平线 303 可反映用于涡轮机 100 的最大允许负载。

[0034] 如图 3(a)、3(b) 及 3(c) 所示,随着环境温度的降低抽吸百分比可增大,由此不会超出最大基本负载水平及用于涡轮机 100 的其他可运行性极限。注意,以下描述的附图包含仅为示意性的数据,其仅意在示出利用本申请的方法及系统的通常的燃气涡轮机的运行。在不同的条件下,对于系统而言相关于这些附图的范围及数据可存在很大的不同。如图 3(a) 所示,在约 70° F(21°C) 的环境温度下,抽吸百分比可约为 5%(点 304)。随着环境温度下降至约 50° F(10°C),抽吸百分比可增大至约 7%(点 306)。如图 3(b) 所示,对于约 70° F(21°C) 的运行极限线(“OLL”)及约 5%的抽吸百分比而言,压缩机比率容限约为 0.3(点 308)。对于约 50° F(10°C) 的 OLL 及约 7%的抽吸百分比而言,压缩机比率容限约为 0.45(点 310)。图 3(c) 示出在 70° F(21°C)(点 312) 及 50° F(10°C)(点 314) 两者处可在不同的环境条件下维持最大基本负载水平(即,随着温度从 70° F 降低至 50° F(从 21°C 至 10°C),涡轮机 100 的负载维持在最大基本负载水平线 303。

[0035] 图 3(a)、3(b) 及 3(c) 中示出的结果示出了改变从涡轮压缩机 104 抽吸的压缩空

气的量可带来的一些运行上的优点。首先,对来自涡轮压缩机的压缩空气的可变抽吸可提供额外可变控制,由此允许在涡轮机 100 运行期间满足运行边界条件。如上述图 3 所示的示例,环境温度从 70° F 降低至 50° F(从 21°C 至 10°C),但是可以维持最大基本负载水平(点 312 及 314)并可以维持可接受压缩机容限(实际上水平从 0.30 增大至 0.45,见点 308 及 310)。此外,可变抽吸可允许在不同环境条件下用于涡轮机 100 的最大基本负载水平。如业界公知,假设其他运行因素保持不变,则环境温度的降低将引起涡轮机输出的增大。因此,进一步以图 3 为示例,如果当涡轮机 100 已经在最大基本负载水平工作时环境温度从 70° F 降低至 50° F(从 21°C 至 10°C),则涡轮机操作者不得不开始某些控制措施以使涡轮机 100 维持(且不超过)最大基本负载水平。如业界所公知,这些控制措施可包括排出口热量(即,排放涡轮压缩机 104 的排气并将排出空气循环返回至压缩机入口)、关闭入口导引轮叶、并/或减小涡轮机燃料供应(即,降低涡轮机入口温度)。但是,如所讨论的,这些控制措施降低了燃气涡轮机 100 的热效率,并且不如增大从涡轮压缩机 104 的抽吸百分比效率高。图 3(a)、3(b) 及 3(c) 示出了改变抽吸水平可成功地在不同环境条件下防止燃气涡轮机 100 超过其最大基本负载水平。

[0036] 其次,增大从涡轮压缩机 104 抽吸的压缩空气的供应可减小从主空气压缩机 202 所需的压缩空气的等流量,以向空气分离单元 204 供应压缩空气所需的量。这可减少对主空气压缩机 202 的使用,由此通过降低该部件的能量消耗可增大系统的总体效率。此外,减少对主空气压缩机 202 的使用可减小相关联的维护成本。由此,不同于控制涡轮机 100 的负载的其他公知方法,改变到空气分离单元 204 的压缩空气的抽吸水平使得通过增大从涡轮压缩机 104 供应到空气分离单元 204 的压缩空气的供应可有效地使用控制措施(即,这减少了主空气压缩机 202 的输出需求并减小了该部件的能量消耗)。

[0037] 另一方面,如果从涡轮压缩机 104 的抽吸百分比在上述示例中保持不变(即,当环境温度从 70° F(21°C)降低至 50° F(10°C)时保持在约 4%的水平),则为了限制涡轮机输出,涡轮机 100 的操作者将需要开始诸如排出口热量、关闭入口导引轮叶、并/或减小涡轮机燃料供应这些动作。此外,需要整体系统通过主空气压缩机 202 在 4%至 7%之间的抽吸水平补偿从涡轮压缩机 104 抽吸的压缩空气的量,这将进一步降低整体系统的效率。

[0038] 如图 3(a)、3(b) 及 3(c) 所示,大体上,随着环境温度上升,抽吸百分比会降低,由此涡轮机输出保持在最大基本负载水平线 303(即,如果抽吸百分比未减小且其他运行因素保持不变,则随着环境温度的升高涡轮机输出将降低)。在某些点处,随着环境温度的持续上升,即使抽吸压缩空气的百分比进一步降低,涡轮机 100 在满足运行边界条件的同时,可能也不再能够满足最大基本负载水平线 303 的负载需求。尽管在不同条件下对于不同系统其可发生在其他温度,在图 3 中其发生在约 80° F(27°C)。在该点,可能不能再减小抽吸百分比,由此可以保持最大基本负载水平线 303 而不违反涡轮机 100 的运行极限。直至该点,可在不同环境条件下以有效地方式将涡轮机输出(即,负载)控制在最大需求水平。

[0039] 图 4(a) 及 4(b) 包括两个附图,示出了燃烧室 106 内的温度可如何改变,由此当涡轮机 100 在不同环境温度下在恒定负载下运行时不超过离开燃烧室的气体的最大允许温度。在这些附图中,“Tfire”表示离开燃烧室 106 内第一级喷嘴的气体温度,而“T3.9”表示离开燃烧室 106 的气体的温度。如所示出的,随着环境温度的降低,可降低 Tfire 使得不超过由最大 T3.9 线 402 所表示的最大允许 T3.9 温度。最初,当环境温度从约 100° F 降低至

60° F(从 38°C 至 16°C) 时,可将 Tfire 保持在对应于由最大 Tfire 线 404 所表示的最大允许 Tfire 温度。此外,随着环境温度从 100° F 降低至 60° F(从 38°C 至 16°C),T3.9 温度可增大直至其到达点 406 处的最大 T3.9 线。随着环境温度降低超过 60° F(16°C)(且如上所述同时保持负载不变),可减小 Tfire 使得不违反最大 T3.9 线 402。例如,在 40° F(4°C) 的环境温度,可减小 Tfire 至最大 Tfire 线 404(点 408) 之下,使得 T3.9 温度不超过最大 T3.9 线 402(点 410)。

[0040] 可利用可变抽吸(即,改变从涡轮压缩机 104 的压缩空气的抽吸量用于供应至空气分离单元 204)来确保观察到诸如最大 T3.9 线 402 及最大 Tfire 线 404 的运行极限并最大化系统效率。例如,如果伴随用于限制涡轮机负载水平的基本控制减小燃料流量,则并未将用于 Tfire 及 T3.9 的温度最大化至其各个极限。另一方面,因为较高的系统温度与增大的系统效率之间直接的关系,故为了保持最大 Tfire/T3.9,改变抽吸更有效率。因此,可在环境温度降低期间改变抽吸,使得在不超出最大负载水平的同时可保持最大 Tfire/T3.9 温度。

[0041] 图 5(a) 及 5(b) 包括两个附图,示出了如何改变对入口导引轮叶的设定,使得当涡轮机 100 在不同环境条件下以恒定负载运行时不超过离开涡轮机 100 的流体的最大速度。在该附图中,“IGV”表示对入口导引轮叶的设定(即,取向角),而“Axial Exit MN”表示当流体离开涡轮机时速度,其也被称为涡轮机马赫数。如所示出的,随着环境温度升高超过约 80° F(27°C),可以减小入口导引轮叶的取向角(即,进一步“关闭”入口导引轮叶),使得不超过由最大马赫数线 502 所表示的最大允许离开流体速度。例如,从 60° F 至 40° F(从 16°C 至 4°C),IGV 取向角从约 83°C(见点 504)降低至 81°C(见点 506),使得将离开流体速度保持在最大马赫数线 502 处或之下(见点 508 及 510)。

[0042] 可利用可变抽吸来确保观察到诸如最大马赫数线 502 的运行极限,同时能够最大化系统效率超过其他公知的控制措施(例如控制入口导引轮叶的设定)。例如,增大从涡轮压缩机 104 抽吸的压缩空气的百分比可减小通过涡轮机 104 可膨胀的压缩机气流量,由此当流体离开涡轮机时可降低流体的速度。因此,当环境温度降低时,通过改变(在当前情况下为增大)从涡轮压缩机 104 的抽吸水平,可以降低对通过入口导引轮叶减小到涡轮压缩机 104 的气流的需求。如上所述,因为除了其他原因,可将抽吸空气的增大的量供应至空气分离单元 204,由此降低对主空气压缩机 202 的需求并提高整体系统效率,故为了保持诸如当流体离开涡轮机 100 时流体的最大允许速度的运行极限,改变抽吸比关闭入口导引轮叶更有效。

[0043] 因此,在 IGCC 动力产生系统 200 运行期间,可以改变从涡轮压缩机 104 抽吸用于供应至空气分离单元 204 的压缩空气的量以控制涡轮机 100 的负载并确保保持涡轮机 100 的运行边界条件使得系统效率最大化。此外,来自涡轮压缩机 104 的增大的抽吸压缩空气的供应可降低主空气压缩机 202 的能量消耗,由此改善 IGCC 系统 200 的整体效率。可通过数种方式来实现对涡轮机 100 的上述控制,其包括(但不限于)在图 6-图 8 中示出的控制过程。

[0044] 图 6 是流程图,示出了可用来设定涡轮机 100 的排气温度(“Texh”)的示意性控制过程。在框 602 中,可以对涡轮压缩机 104 进行压缩比测量。在 604,可利用压缩比测量来计算部分负载条件的 Texh(即,小于约 96% 的基本负载的运行条件)。然后基于开关 608

的状态可将计算得到的部分负载 Texh 传递至“最小选择”框 606。如果判定涡轮机 100 工作在部分负载条件下,则可以关闭开关 608,由此允许计算得到的部分负载 Texh 通过到达最小选择框 606。另一方面,如果判定涡轮机 100 未工作在部分负载条件下,则可将开关 608 置于打开状态,由此不会将部分负载 Texh 传输至最小选择框 606。

[0045] 在框 610,可根据测量压缩机压缩比 602 以及公知的燃烧室离开温度极限 612 来完成对另一 Texh 设定点的计算,该公知的燃烧室离开温度极限 612 由用于燃烧室 106 的最大允许离开温度来表示。然后可将从框 610 计算得到的温度 Texh 输入至最小选择框 606。最小选择框 606 然后从两个输入(即,在来自框 604(假设开关 608 处于关闭位置)及框 610 的输入之前)选择最小 Texh 设定点。

[0046] 第二最小选择(最小选择框 613)可从通过最小选择框 606 供应至其的输入以及来自框 614 的输入选择最小计算 Texh 设定点。在框 614,可根据框 602 的压缩机压缩比以及公知的涡轮机入口最大温度 616(即,于涡轮机入口处的最大允许温度)来进行 Texh 设定点计算。可选择进入最小选择框 613 的这两个输入的最小者,而结果可变为 Texh 设定点 618。

[0047] 图 7 是流程图,示出了可用来计算用于入口导引轮叶的设定点的示意性控制过程,其可确定涡轮机 100 的入口导引轮叶的取向角。在框 702,可根据 Texh 704 的检测值、涡轮机排气 706 的压力的检测值、以及公知的最大允许涡轮机排气流率 707 来计算目标涡轮机排气流率。然后可将于框 702 计算的目标涡轮机排气流率与以下数据一同输入框 708:测量环境温度 710、测量环境气压 712、以及测量燃料流率 714。通过该信息,可根据业界公知的方法来计算目标导引轮叶设定点。

[0048] 然后可将于框 708 计算的值输入最小选择框 716。最小选择框 716 可从以下选择入口导引轮叶设定点值:1) 于框 708 计算得到的入口导引轮叶设定点;通过业界公知的方法计算得到的部分负载入口导引轮叶设定点;以及公知的最大允许入口导引轮叶设定点 720。然后选择于最小选择框 716 处的判定最小值作为入口导引轮叶设定点 722。

[0049] 图 8 是流程图,示出了用于计算涡轮压缩机 104 抽吸设定点(即,被抽吸并供应至空气分离单元 204 的来自涡轮压缩机 104 的压缩空气的量或百分比)的示意性控制过程。在框 802,可以计算测量涡轮机负载 804 与目标涡轮机负载 806 之间的差。可通过业界公知的装置及系统(包括精密能量分析仪、瓦特-小时仪或其他类似的装置及系统)来测量涡轮机负载。本领域的普通技术人员可通过装置、控制器及系统(包括可编程逻辑控制器或其他类似的装置、控制器及系统)来将测量得到的涡轮机负载 804 与目标涡轮机负载 806 进行比较(并计算差)。然后可将计算得到的差输入负载 PID 控制器 808 或其他类似的装置,并可以计算抽吸设定点 810(即,应当从涡轮压缩机 104 抽吸的压缩空气的量)。然后可将抽吸设定点 810 应用于诸如蝶形阀的阀或其他类似的涡轮压缩机 104 内的装置或涡轮压缩机 104 与空气分离单元 204 之间的管路,使得从涡轮压缩机 104 抽吸需要的压缩空气的量。然后可将从涡轮压缩机 104 抽吸的压缩空气经由上述管路及阀供应至空气分离单元 204。

[0050] 如上所述,可通过本领域的普通技术人员公知的计算机化工厂运行系统来实现并控制从涡轮压缩机 104 抽吸可变量的压缩空气并将抽吸的压缩空气供应至空气分离单元 204 以控制涡轮机负载的整体过程。运行系统可包括任何合适的强力固态开关装置。运行系

统可以是计算机,但这仅是合适的强力控制系统的示例,其落入本申请的范围内。例如(并非限制),操作系统可包括至少一个硅控整流器(SCR)、半导体闸流管、MOS 控制半导体闸流管(MCT)以及绝缘门双极晶体管。还可应用该操作系统作为诸如 ASIC 的单一特定用途集成电路,其具有用于整体系统级控制的主要或中央处理器部分、以及用于在中央处理器部分的控制下进行各种不同具体结合、功能及其他处理的独立部分。本领域的技术人员可理解的是,还可利用诸如硬布线电子或逻辑电路(包括诸如 PLD、PAL、PLA 等独立器件电路或可编程逻辑装置)的各种独立功用或可编程集成或其他电子电路或装置来实现该操作系统。还可单独或与一种或更多种外围数据及信号处理装置一起利用诸如微处理器或微控制器的合适的可编程通用计算机或诸如 CPU 或 MPU 的其他处理器装置来实现该操作系统。总而言之,可以利用任何其上有限态机器能够实现逻辑流程图 200 的装置或类似装置作为该操作系统。如所示出的,对于最大数据/信号处理能力及速度而言,分布式处理构造是优选的。如本领域技术人员可理解的,操作系统还可控制 IGCC 动力产生系统 200 的阀及其他机械系统的操作(即,打开、关闭、或其他设定),并接收来自传输相关于系统控制的信息的传感器的输出。

[0051] 总而言之,如果测量涡轮机负载大于目标涡轮机负载,则可以增大从涡轮压缩机 104 抽吸的压缩空气的量。类似的,如果测量涡轮机负载小于目标涡轮机负载,则可以减小从涡轮压缩机 104 抽吸的压缩空气的量。此外,如果增大从涡轮压缩机 104 抽吸的压缩空气的量,则由主空气压缩机 202 进行的压缩空气的供应可减小约相同的量(由此由空气分离单元 204 接收的总的供应量大体保持不变)。另一方面,如果减小从涡轮压缩机 104 抽吸的压缩空气的量,则由主空气压缩机 202 进行的压缩空气的供应可增大约相同的量。

[0052] 如上所述,本领域的技术人员将理解可以利用其他控制过程、方法及系统来改变抽吸水平由此有效地控制涡轮机负载。应当清楚的是,以上技术仅涉及本申请的优选实施例,可以进行各种改变及修改而不脱离由以下权利要求及其等同物界定的本申请的精神及范围。

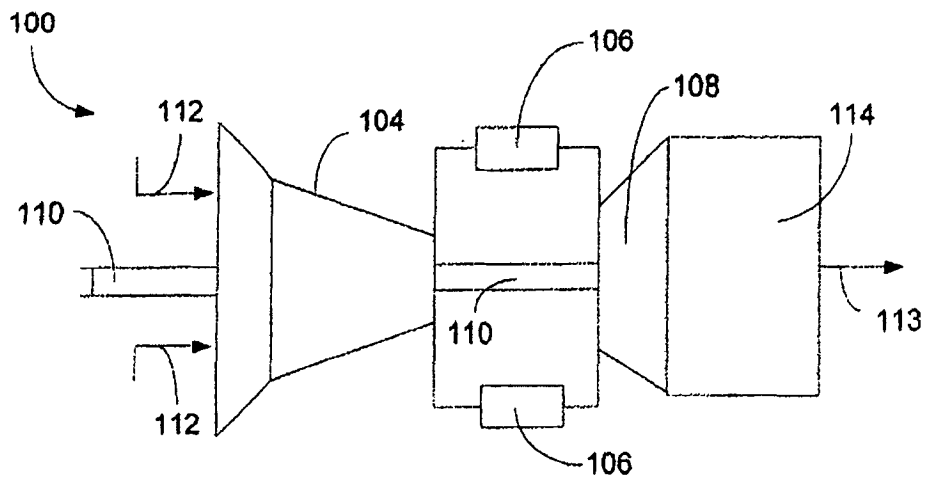


图 1

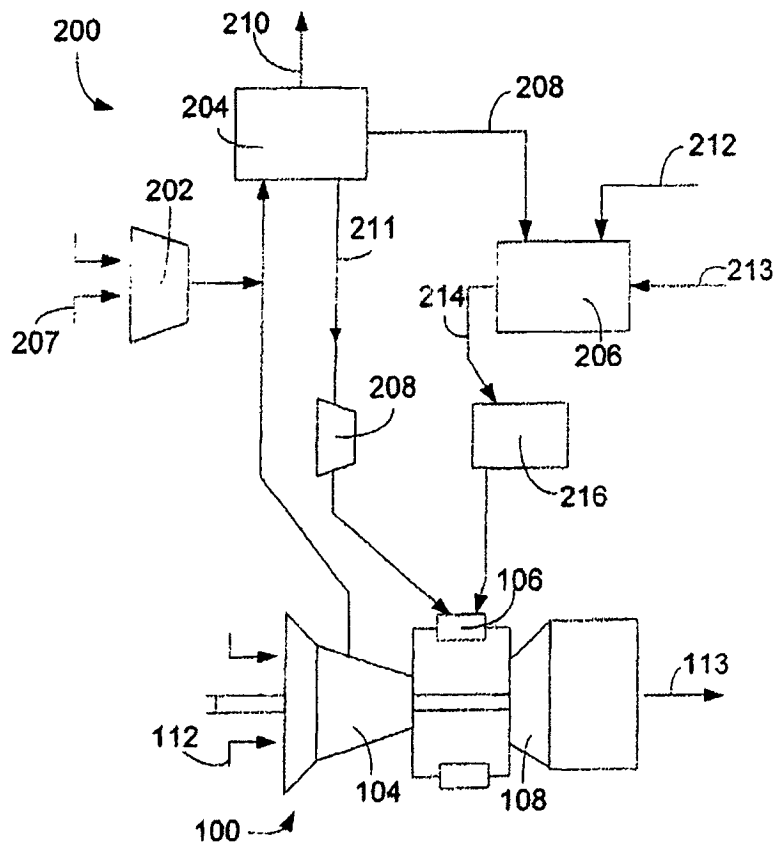


图 2

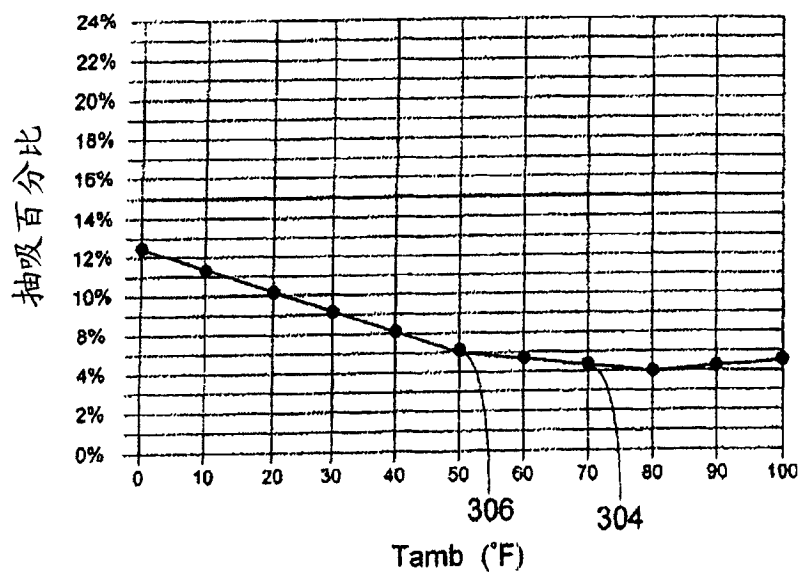


图 3(a)

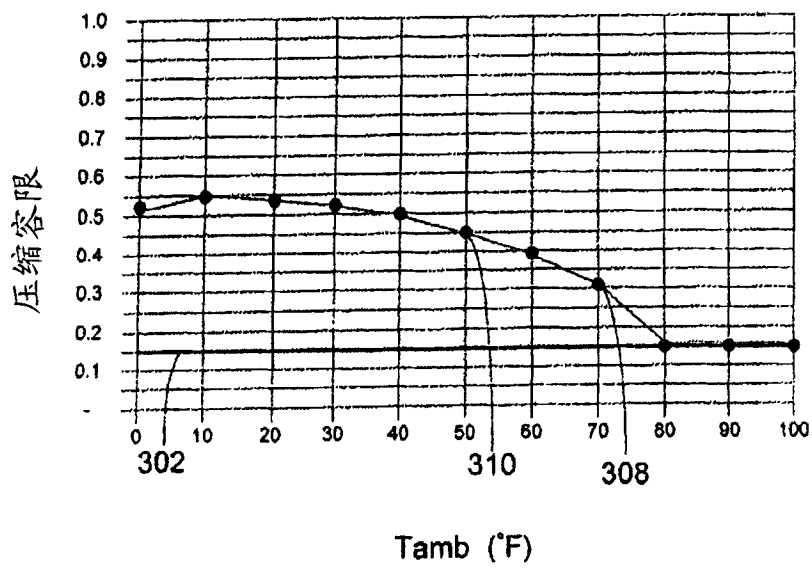


图 3(b)

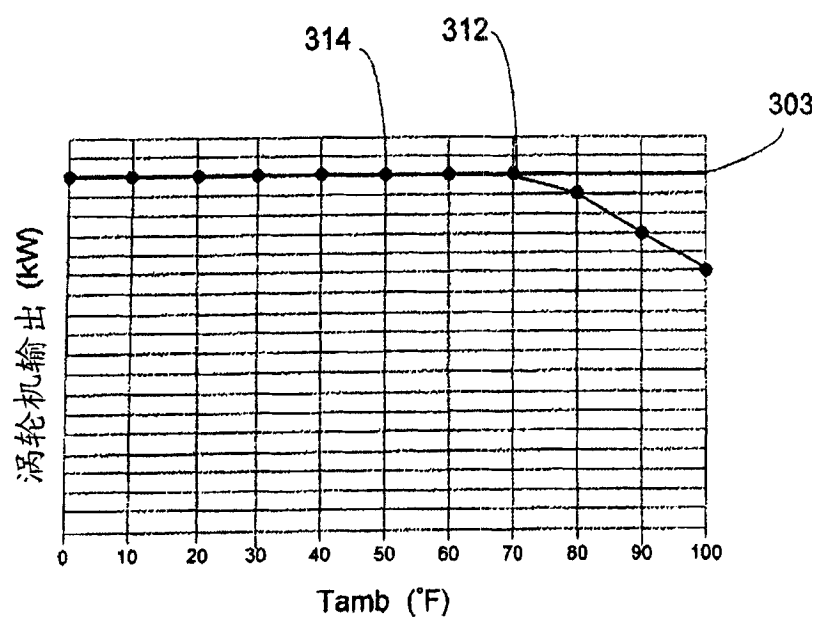


图 3(c)

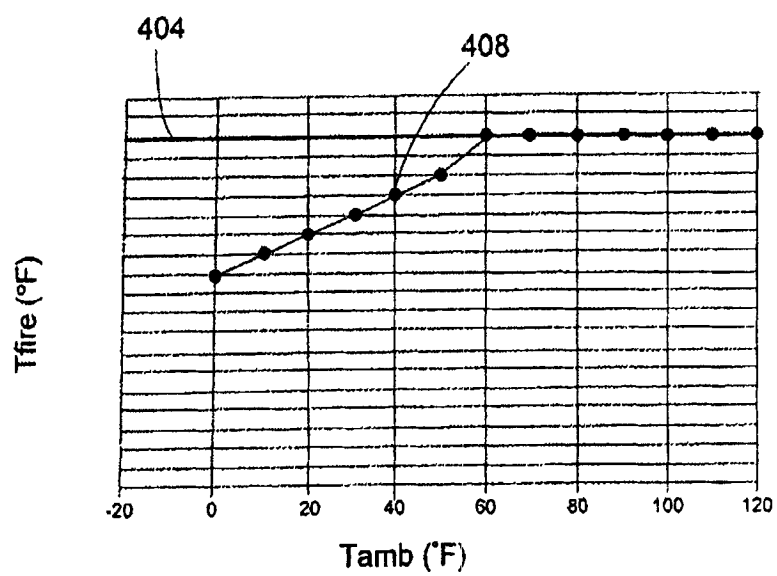


图 4(a)

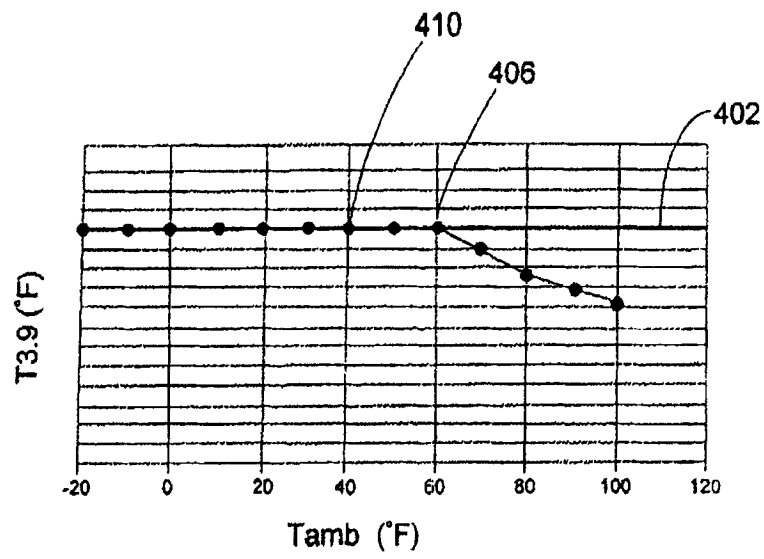


图 4(b)

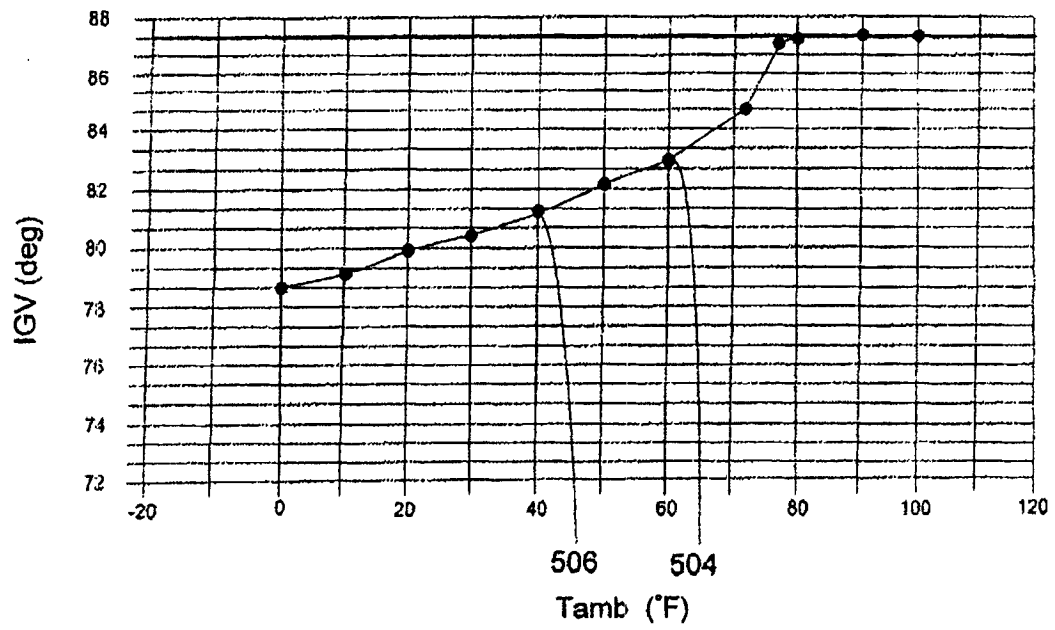


图 5(a)

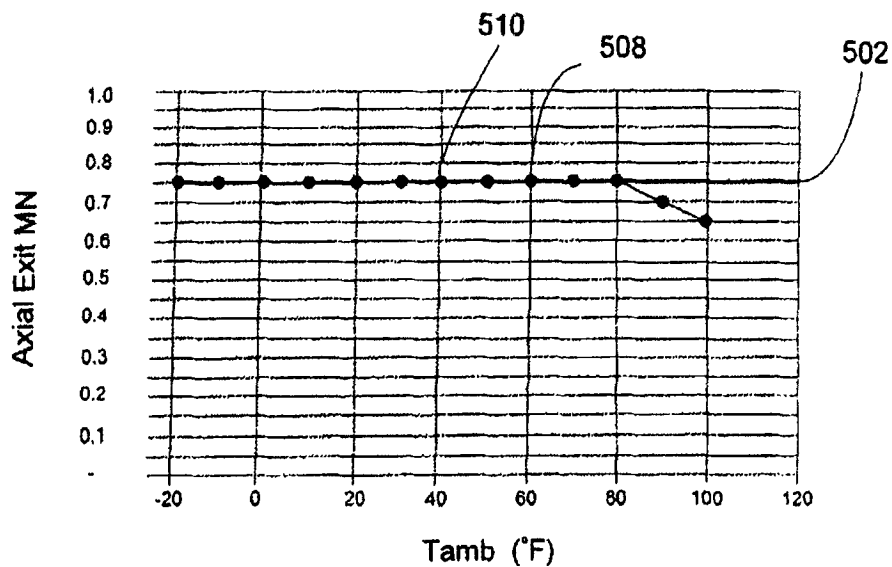


图 5(b)

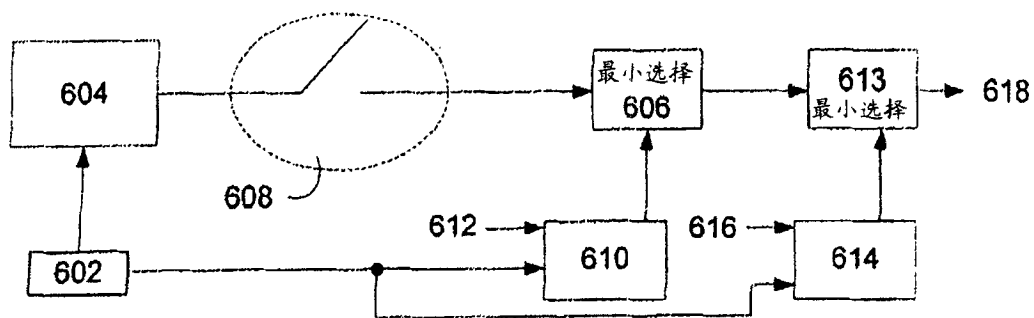


图 6

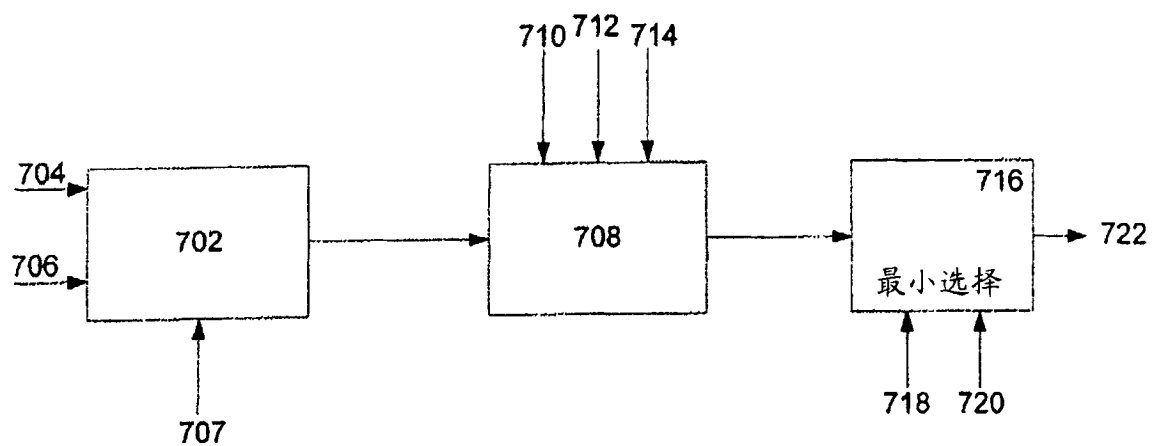


图 7

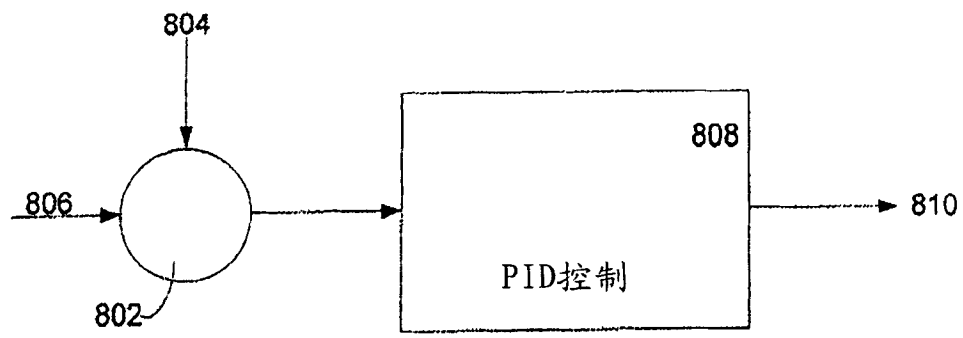


图 8