



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103375272 B

(45) 授权公告日 2016. 08. 03

(21) 申请号 201310124970. 8

US 2009241510 A1, 2009. 10. 01,

(22) 申请日 2013. 04. 11

EP 1184623 A2, 2002. 03. 06,

(30) 优先权数据

审查员 牛亚楠

13/444375 2012. 04. 11 US

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 B. W. 罗米格 D. 西蒙斯 D. 迪恩

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 肖日松 谭祐祥

(51) Int. Cl.

F02C 9/00(2006. 01)

(56) 对比文件

US 4716719 A, 1988. 01. 05,

US 7360408 B2, 2008. 04. 22,

CN 1156786 A, 1997. 08. 13,

CN 1930719 A, 2007. 03. 14,

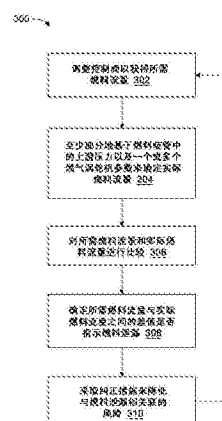
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

用于检测燃气涡轮发动机中燃料泄漏的系统
和方法

(57) 摘要

本发明提供用于检测燃气涡轮发动机中燃料泄漏的系统和方法。所述方法可以包括:调整控制阀以获得所需燃料流量。所述方法还可以包括:至少部分地基于燃料歧管中的上游压力以及一个或多个燃气涡轮发动机参数来确定实际燃料流量。所述方法还可以包括:对所述所需燃料流量和所述实际燃料流量进行比较。此外,所述方法可以包括:确定所述所需燃料流量与所述实际燃料流量之间的差值,其中所述差值指示燃料泄漏。



1. 一种用于检测燃气涡轮发动机中燃料泄漏的方法,其包括:
将压力传感器定位在燃料歧管中;
调整控制阀以获得所需燃料流量,其中调整所述控制阀是调整实际燃料流量以及所述燃料歧管中的上游压力;
至少部分地基于燃料歧管中的上游压力以及一个或多个燃气涡轮发动机参数来确定实际燃料流量;
对所述所需燃料流量和所述实际燃料流量进行比较;以及
确定所述所需燃料流量与所述实际燃料流量之间的差值,其中所述差值指示燃料泄漏。
2. 根据权利要求1所述的方法,其进一步包括:至少部分地基于所述差值,启用至少一项纠正措施。
3. 根据权利要求2所述的方法,其中所述至少一项纠正措施包括以下项中的至少一项:修改一个或多个燃料回路分支、修改一个或多个运行条件,或者关闭一个或多个燃料回路。
4. 根据权利要求1所述的方法,其中所述一个或多个燃气涡轮发动机参数包括以下项中的至少一项:一个或多个已知参数或者一个或多个计算出的参数。
5. 根据权利要求4所述的方法,其中所述一个或多个已知参数包括以下项中的至少一项:已知燃料成分或已知燃料回路有效面积。
6. 根据权利要求4所述的方法,其中所述一个或多个计算出的参数包括以下项中的至少一项:计算出的下游压力或计算出的燃料温度。
7. 根据权利要求1所述的方法,其中所述所需燃料流量与所述实际燃料流量之间的差值至少部分地基于预定偏差来确定。
8. 一种用于检测燃气涡轮发动机中燃料泄漏的系统,其包括:
控制阀;
定位在燃料歧管中的压力传感器;以及
控制器,其包括:
存储计算机可执行指令的至少一个存储器;
经配置以访问所述至少一个存储器的至少一个处理器,其中所述至少一个处理器经配置以执行所述计算机可执行指令,以执行以下步骤:
调整控制阀以获得所需燃料流量,其中调整所述控制阀是调整实际燃料流量以及所述燃料歧管中的上游压力;
至少部分地基于燃料歧管中的上游压力以及一个或多个燃气涡轮发动机参数来确定实际燃料流量;
对所述所需燃料流量和所述实际燃料流量进行比较;以及
确定所述所需燃料流量与所述实际燃料流量之间的差值,其中所述差值指示燃料泄漏。
9. 根据权利要求8所述的系统,其中所述至少一个处理器进一步经配置以执行所述计算机可执行指令,以启用至少一项纠正措施。
10. 根据权利要求9所述的系统,其中所述纠正措施包括以下项中的至少一项:修改一个或多个燃料回路分支、修改一个或多个运行条件,或者关闭一个或多个燃料回路。

11. 根据权利要求8所述的系统, 其中所述一个或多个燃气涡轮发动机参数包括以下项中的至少一项: 一个或多个已知参数或者一个或多个计算出的参数。

12. 根据权利要求11所述的系统, 其中所述一个或多个已知参数包括以下项中的至少一项: 已知燃料成分或已知燃料回路有效面积。

13. 根据权利要求11所述的系统, 其中所述一个或多个计算出的参数包括以下项中的至少一项: 计算出的下游压力或计算出的燃料温度。

14. 根据权利要求8所述的系统, 其中所述所需燃料流量与所述实际燃料流量之间的差值至少部分地基于预定偏差来确定。

15. 一种用于检测燃气涡轮发动机中流体泄漏的方法, 其包括:

将压力传感器定位在燃料歧管中;

调整控制阀以获得所需流体流量, 其中调整所述控制阀是调整实际流体流量以及所述燃料歧管中的上游压力;

至少部分地基于燃料歧管中的上游压力以及一个或多个燃气涡轮发动机参数来确定实际流体流量;

对所述所需流体流量和所述实际流体流量进行比较;

确定所述所需流体流量与所述实际流体流量之间的差值, 其中所述差值指示流体泄漏; 以及

至少部分地基于所述差值, 启用至少一项纠正措施以降低与所述流体泄漏相关联的风险。

16. 根据权利要求15所述的方法, 其中所述至少一项纠正措施包括以下项中的至少一项: 修改一个或多个燃料回路分支、修改一个或多个运行条件, 或者关闭一个或多个燃料回路。

17. 根据权利要求15所述的方法, 其中所述流体为空气。

用于检测燃气涡轮发动机中燃料泄漏的系统和方法

技术领域

[0001] 本发明的实施例大体涉及燃气涡轮发动机,且更确切地说,涉及用于检测燃气涡轮发动机中燃料泄漏的系统和方法。

背景技术

[0002] 在燃气涡轮发动机中,如果内部歧管或通道形成泄漏,则需要在点燃燃料/空气混合物之前快速地检测出该泄漏并采取相应措施。燃料回路,例如四元或延迟贫喷射(quarter or late lean injection),产生这种泄漏的风险最大,因为它们在燃烧过程的上游大量引入燃料;然而,在其他位置,即燃料喷嘴接合到其他硬件的位置处,也可能发生泄漏。

发明内容

[0003] 本发明的某些实施例可以解决上述部分或全部需要和/或问题。所揭示的实施例可以包括用于检测燃气涡轮发动机中燃料泄漏的系统和方法。根据一项实施例,揭示了一种用于检测燃气涡轮发动机中燃料泄漏的方法。所述方法可以包括:调整控制阀以获得所需燃料流量。所述方法还可以包括:至少部分地基于燃料歧管中的上游压力以及一个或多个燃气涡轮发动机参数来确定实际燃料流量。所述方法还可以包括:对所述所需燃料流量和所述实际燃料流量进行比较。此外,所述方法可以包括:确定所述所需燃料流量与所述实际燃料流量之间的差值,其中所述差值指示燃料泄漏。

[0004] 进一步的,其包括:至少部分地基于所述差值,启用至少一项纠正措施。

[0005] 进一步的,其中所述至少一项纠正措施包括以下项中的至少一项:修改一个或多个燃料回路分支、修改一个或多个运行条件,或者关闭一个或多个燃料回路。

[0006] 进一步的,其中调整所述控制阀是调整所述实际燃料流量以及所述燃料歧管中的所述上游压力。

[0007] 进一步的,其中所述一个或多个燃气涡轮发动机参数包括以下项中的至少一项:一个或多个已知参数或者一个或多个计算出的参数。

[0008] 进一步的,其中所述一个或多个已知参数包括以下项中的至少一项:已知燃料成分或已知燃料回路有效面积。

[0009] 进一步的,其中所述一个或多个计算出的参数包括以下项中的至少一项:计算出的下游压力或计算出的燃料温度。

[0010] 进一步的,其中所述所需燃料流量与所述实际燃料流量之间的差值至少部分地基于预定偏差来确定。

[0011] 根据另一项实施例,揭示了一种用于检测燃气涡轮发动机中燃料泄漏的系统。所述系统可以包括控制阀和控制器。所述控制器可以包括:存储计算机可执行指令的至少一个存储器,以及经配置以访问所述至少一个存储器的至少一个处理器。所述至少一个处理器可以经配置以执行计算机可执行指令,从而执行以下步骤:调整控制阀以获得所需燃料流量;至少部分地基于燃料歧管中的上游压力以及一个或多个燃气涡轮发动机参数来确定

实际燃料流量;对所需燃料流量和实际燃料流量进行比较;以及确定所需燃料流量与实际燃料流量之间的差值,其中所述差值指示燃料泄漏。

[0012] 进一步的,其中所述至少一个处理器经配置以执行所述计算机可执行指令,以启用至少一项纠正措施。

[0013] 进一步的,其中所述纠正措施包括以下项中的至少一项:修改一个或多个燃料回路分支、修改一个或多个运行条件,或者关闭一个或多个燃料回路。

[0014] 进一步的,其中调整所述控制阀是调整所述实际燃料流量以及所述燃料歧管中的所述上游压力。

[0015] 进一步的,其中所述一个或多个燃气涡轮发动机参数包括以下项中的至少一项:一个或多个已知参数或者一个或多个计算出的参数。

[0016] 进一步的,其中所述一个或多个已知参数包括以下项中的至少一项:已知燃料成分或已知燃料回路有效面积。

[0017] 进一步的,其中所述一个或多个计算出的参数包括以下项中的至少一项:计算出的下游压力或计算出的燃料温度。

[0018] 进一步的,其中所述所需燃料流量与所述实际燃料流量之间的差值至少部分地基于预定偏差来确定。

[0019] 另外,根据另一项实施例,揭示了一种用于检测燃气涡轮发动机中流体泄漏的方法。所述方法可以包括:调整控制阀以获得所需流体流量。所述方法还可以包括:至少部分地基于流体歧管中的上游压力以及一个或多个燃气涡轮发动机参数来确定实际流体流量。所述方法还可以包括:对所需流体流量和实际流体流量进行比较。此外,所述方法可以包括:确定所需流体流量与实际流体流量之间的差值,其中所述差值指示流体泄漏。至少部分地基于所述差值,所述方法可以包括:启用至少一项纠正措施以降低与所述流体泄漏相关联的风险。

[0020] 进一步的,其中所述至少一项纠正措施包括以下项中的至少一项:修改一个或多个燃料回路分支、修改一个或多个运行条件,或者关闭一个或多个燃料回路。

[0021] 进一步的,其中所述流体为空气。

[0022] 进一步的,其中调整所述控制阀是调整所述实际流体流量以及所述流体歧管中的所述上游压力。

[0023] 通过以下具体说明、附图和所附权利要求书,所属领域的技术人员将易于了解其他实施例、方面和特征。

附图说明

[0024] 现将参考附图,附图无需按比例绘制,其中:

[0025] 图1为根据一项实施例的燃气涡轮发动机的示意图。

[0026] 图2为对根据一项实施例的用于检测燃气涡轮发动机中燃料泄漏的详细实例数据流进行图示的方框图。

[0027] 图3为对根据一项实施例的用于检测燃气涡轮发动机中燃料泄漏的详细实例方法进行图示的流程图。

具体实施方式

[0028] 下文将参考附图来更加全面地描述说明性实施例,附图中示出了一些实施例,但并非所有实施例。所述系统和方法可以采用许多不同形式来实施,且不应解释为限于本说明书所提出的实施例;相反,提供这些实施例的目的是使本发明满足适用的法律要求。相同的附图标记始终指代相同的元件。

[0029] 说明性实施例尤其涉及用于检测燃气涡轮发动机中燃料泄漏的系统和方法。某些实施例可以涉及对所需燃料流量与实际燃料流量之间的差值进行确定,其中所述差值指示燃料泄漏。例如,可以调整控制阀以获得所需燃料流量。接下来,可以至少部分地基于燃料歧管中的上游压力以及一个或多个燃气涡轮发动机参数来确定实际燃料流量。应注意,调整控制阀是调整实际燃料流量以及燃料歧管中的上游压力。可以对所需燃料流量与实际燃料流量进行比较,从而可以确定所需燃料流量与实际燃料流量之间的差值。通过这种方式,所需燃料流量与实际燃料流量之间的差值可以指示燃料泄漏。例如,可以至少部分地基于所需燃料流量与实际燃料流量之间的预定偏差来检测燃料泄漏,所述预定偏差指示燃料泄漏。

[0030] 在一些实例中,可以至少部分地基于所需燃料流量与实际燃料流量之间的差值,启用至少一项纠正措施来消除燃料泄漏。所述至少一项纠正措施可以包括修改一个或多个燃料回路分支、修改一个或多个运行条件,或者关闭一个或多个燃料回路。例如,燃料可以重新引导至多个回路以及/或者被完全截断。

[0031] 在某些方面,所述一个或多个燃气涡轮发动机参数可以包括一个或多个已知参数以及/或者一个或多个计算出的参数。例如,所述一个或多个已知参数可以包括已知燃料成分或已知燃料回路有效面积。其他已知参数可以包括入口温度、入口压力、入口湿度、入口空气成分、燃料压力等等。所述一个或多个计算出的参数可以包括计算出的下游压力或计算出的燃料温度。其他计算出的参数可以包括计算出的下游燃料温度。

[0032] 本发明的某些实施例可以提供用于检测燃气涡轮发动机中燃料泄漏的技术解决方案。通过检测泄漏并采取应对措施,大幅降低了发生泄漏并导致损坏的可能性,并且提高了以最小成本消除泄漏的可能性。如果不检测泄漏,燃料泄漏可能会逐步增加,最终可能发生火焰稳定或逆燃情况,在火焰稳定或逆燃情况下,空气/燃料混合物的点燃会使燃烧器中不需要燃烧的区域中发生燃烧。这种不利状况可能导致硬件损坏以及热气路径部分损坏。通过较早地检测出泄漏并采取应对措施,可以估计出泄漏位置,并且可以在发生任何损坏之前改变硬件。因此,相比于因泄漏导致不利燃烧且进而使硬件出故障的情况,中断和停机时间可能更短,并且代价更低。

[0033] 在某些实施例中,压力传感器可以定位在燃料回路的燃料歧管中,并提供上游压力。根据上游压力以及下游压力、燃料温度和燃料回路有效面积,可以计算出实际燃料流量。通过这种方式,针对所需燃料流量的命令可以从控制系统(例如,控制器)发出,以调整燃料控制阀以获得所需燃料流量。在对燃料控制阀进行调整以获得所需燃料流量时,燃料歧管中的压力会发生变化。如上文所述,可以基于已知的燃料歧管压力以及其他燃气涡轮机参数来反算出实际燃料流量。随后可以对所需燃料流量和计算出的(即,实际的)燃料流量进行比较,从而确定相对差值。所需燃料流量与实际燃料流量之间的差值可以用于确定

燃料回路中是否已发生泄漏。如果检测出泄漏,那么燃料歧管压力会与期望值发生偏差,从而致使计算出的燃料流量不同于预测值。因此,命令值(即,所需燃料流量)与计算值(即,实际燃料流量)之间的相对偏差会变大。

[0034] 如上文所述,计算实际流量所需的一个或多个参数并非是直接测量所得参数;相反,这些参数可以基于测量所得的许多其他燃气涡轮发动机参数来计算(即,反算)。在一些实例中,需要知道燃料温度,因此,应该考虑所有热吸收或热损耗以及燃料温度是如何随条件变化而变化的。

[0035] 图1为根据一项实施例的燃气涡轮发动机10的示意图。众所周知,燃气涡轮发动机10可以包括压缩机15。压缩机15对进入的空气流20进行压缩,并将压缩空气流20输送到燃烧器25。燃烧器25可以包括一个或多个燃料歧管以及一个或多个燃料回路。燃烧器25将压缩空气流20与加压燃料流30混合,并点燃该混合物以产生燃烧气体流35。尽管只示出了单个燃烧器25,但燃气涡轮发动机10可以包括任何数目个燃烧器25。燃烧气体流35继而输送到涡轮40。燃烧气体流35驱动涡轮40以产生机械功。涡轮40中产生的机械功经由轴45驱动压缩机15,并驱动发电机等外部负载50。

[0036] 燃气涡轮发动机10可以使用天然气、各种类型的合成气,和/或其他类型的燃料。燃气涡轮发动机10可以具有不同配置,而且可以使用其他类型的部件。此外,本说明书中还可以使用其他类型的燃气涡轮发动机。本说明书中也可以同时使用多个燃气涡轮发动机、其他类型的涡轮,以及其他类型的发电设备。

[0037] 仍参考图1,压缩机15、燃烧器25、涡轮40以及外部负载都可以与控制器55进行通信。通过这种方式,控制器55可以经配置以控制、管理和/或监测燃气涡轮发动机10中的任何数目个部件。控制器55还可以与任何数目个传感器或监测装置进行通信,所述传感器或监测装置与整个燃气涡轮发动机10或燃气涡轮发动机的单个部件相关联。控制器55可以配置成任何合适的计算装置,所述计算装置能够实施所揭示的特征以及相关方法,例如(但不限于),参考图1至图3所述的那些特征和方法。例如(但不作限制),合适的控制器55可以包括个人计算机(PC)、服务器、服务器群、数据中心或能够存储和执行全部或部分所揭示特征的任何其他装置。

[0038] 在一种说明性配置中,如图2所示,控制器55包括至少一个存储器102以及一个或多个处理单元(或处理器)104。处理器104可以视情况而采用硬件、软件、固件或以上项的组合的形式来实施。处理器104的软件或固件实施方案可以包括使用任何合适的编程语言来编写的计算机可执行或机器可执行指令,这些指令用于执行所描述的各种功能。此外,处理器104可以与网络、服务器、计算机或移动装置相关联。

[0039] 存储器102可以存储可加载至处理器104并且可在处理器104上执行的程序指令,以及执行这些程序期间所生成的数据。根据控制器55的配置和类型,存储器102可以为易失性的(例如,随机存取存储器(RAM))和/或非易失性的(例如,只读存储器(ROM)、闪存存储器等等)。计算装置或服务器也可以包括额外的可移动存储器106和/或不可移动存储器108,包括(但不限于)磁存储器、光盘和/或磁带存储器。这些磁盘驱动器及其相关的计算机可读媒体可以为计算装置提供对计算机可读指令、数据结构、程序模块或其他数据的非易失性存储。在一些实施方案中,存储器102可以包括多种不同类型的存储器,例如,静态随机存取存储器(SRAM)、动态随机存取存储器(DRAM)或ROM。

[0040] 存储器102、可移动存储器106以及不可移动存储器108都是计算机可读存储媒体的实例。例如,计算机可读存储媒体可以包括易失性和非易失性、可移动和不可移动的媒体,这些媒体通过任何方法或技术来实施,用于存储计算机可读指令、数据结构、程序模块或其他数据等信息。存储器102、可移动存储器106以及不可移动存储器108都是计算机存储媒体的实例。可以提出的额外类型的计算机存储媒体包括(但不限于):可编程随机存取存储器(PRAM)、SRAM、DRAM、RAM、ROM、电可擦可编程只读存储器(EEPROM)、闪存存储器或其他存储技术,压缩光盘只读存储器(CD-ROM)、数字多功能光盘(DVD)或其他光学存储器,磁带盒、磁带、磁盘存储器或其他磁性存储装置,或者可以用于存储所需信息并且可以被服务器或其他计算装置访问的任何其他媒体。上述任意项的组合也应包括在计算机可读媒体的范围内。

[0041] 或者,计算机可读通信媒体可以包括计算机可读指令、程序模块或在数据信号(例如,载波或其他传输信号)内传输的其他数据。

[0042] 控制器55也可以包括通信连接件110,通信连接件110使得控制器55与已存储的数据库、另一个计算装置或服务器、用户终端和/或网络上的其他装置进行通信。控制器55还可以包括键盘、鼠标、触笔、语音输入装置、触摸输入装置等输入装置112,以及显示器、扬声器、打印机等输出装置114。

[0043] 至于存储器102的更详细内容,存储器102可以包括操作系统以及用于实施本说明书中所揭示特征的一个或多个应用程序或服务,存储器102包括泄漏模块116。泄漏模块116可以经配置以确定所需燃料流量120与实际燃料流量之间的差值,其中所述差值指示燃料泄漏。例如,控制器55可以确定所需燃料流量120。通过这种方式,可以调整控制阀118以获得所需燃料流量120。通过调整控制阀118,实际燃料流量得以调整,这继而能改变燃料歧管压力122。

[0044] 在所需燃料流量120得到确定,并且燃料阀118、燃料流量120以及燃料歧管压力122得到相应调整之后,实际燃料流量130可以在方框124处得到确定。在方框124处,实际燃料流量130可以至少部分地基于以下项来确定:燃料歧管中的上游压力122以及一个或多个燃气涡轮发动机参数126。在某些方面,所述一个或多个燃气涡轮发动机参数126可以包括一个或多个已知参数和/或一个或多个计算出的参数。例如,所述一个或多个已知参数可以包括已知燃料成分和/或已知燃料回路有效面积。使用燃料歧管中的上游压力122和其他已知参数,可以确定所述一个或多个计算出的参数。所述一个或多个计算出的参数可以包括计算出的下游压力和/或计算出的燃料温度。可以使用任何数目种算法来确定计算出的下游压力和/或计算出的燃料温度。

[0045] 接下来,可以对所需燃料流量120和实际燃料流量130进行比较,从而可以确定128所需燃料流量与实际燃料流量之间的差值。通过这种方式,所需燃料流量120与实际燃料流量130之间的差值可以指示燃料回路中的燃料泄漏。例如,可以至少部分地基于所需燃料流量120与实际燃料流量130之间的预定偏差来检测燃料泄漏,所述预定偏差指示燃料回路中的燃料泄漏。

[0046] 本说明书中所述的各种指令、方法和技术的一般背景可以认为是一台或多台计算机或其他装置所执行的计算机可执行指令,例如,程序模块。通常,程序模块包括用于执行特定任务或实施特定抽象数据类型的例程、程序、对象、部件以及数据结构等。这些程序模

块和类似模块可以作为本地代码来执行,或者可以(例如)在虚拟机或其他即时编译执行环境中下载或执行。通常,这些程序模块的功能可以在多种环境中按需组合或分配。这些模块和技术的实施方案可以存储在某种形式的计算机可读存储媒体上。

[0047] 图2中所示的实例系统仅用作实例。许多其他运行环境、系统架构以及装置配置也是可行的。因此,本发明的实施例不应解释为限于任何特定的运行环境、系统架构或装置配置。

[0048] 图3图示了方法300的实例流程图,方法300用于实施对燃气涡轮发动机中燃料泄漏进行检测的其他方面,如上文所论述。在一项实例中,图1和图2中的说明性控制器55以及/或者说明性控制器55的一个或多个模块,可以单独地或组合起来执行方法300所述的操作。

[0049] 在这项特定实施方案中,方法300可以从图3中的方框302开始,在方框302中,方法300可以包括调整控制阀以获得所需燃料流量。通过调整控制阀以获得所需燃料流量,实际燃料流量与燃料歧管压力得到了调整。另外,在方框304处,方法300可以包括:至少部分地基于燃料歧管中的上游压力以及一个或多个燃气涡轮发动机参数来确定实际燃料流量。在某些方面,所述一个或多个燃气涡轮发动机参数可以包括一个或多个已知参数和/或一个或多个计算出的参数。例如,所述一个或多个已知参数可以包括已知燃料成分和/或已知燃料回路有效面积。使用燃料歧管中的上游压力和其他已知参数,可以确定所述一个或多个计算出的参数。所述一个或多个计算出的参数可以包括计算出的下游压力和/或计算出的燃料温度。在方框306处,方法300可以包括对所需燃料流量和实际燃料流量进行比较。在方框308处,方法300可以包括确定所需燃料流量与实际燃料流量之间的差值,其中所述差值指示燃料泄漏。例如,在一些实例中,所需燃料流量与实际燃料流量之间的差值可能在预定偏差之外,因此能指示出燃料回路中的燃料泄漏。另外,在方框310处,方法300可以包括,采取纠正措施来降低与燃料泄漏相关联的风险。例如,至少一项纠正措施可以包括,修改一个或多个燃料回路分支、修改一个或多个运行条件,或者关闭一个或多个燃料回路。

[0050] 所描述的说明性系统和方法是用于检测燃气涡轮发动机中的燃料泄漏。这些系统和方法中的一些或所有系统和方法可以(但不需要)至少部分地由上面图1和图2中所示的那些架构来实施。此外,尽管各项实施例是针对燃料泄漏的检测来进行描述的,但应了解,本说明书所述的系统和方法可以检测出任何流体泄漏,所述流体包括空气、蒸汽、水、空气/燃料混合物等等。

[0051] 尽管已用专门针对结构特征和/或方法行为的语言描述了各项实施例,但应了解,本发明不一定限于所述的具体特征或行为。实际上,这些具体特征和行为以实施各实施例的说明性形式而被揭示。

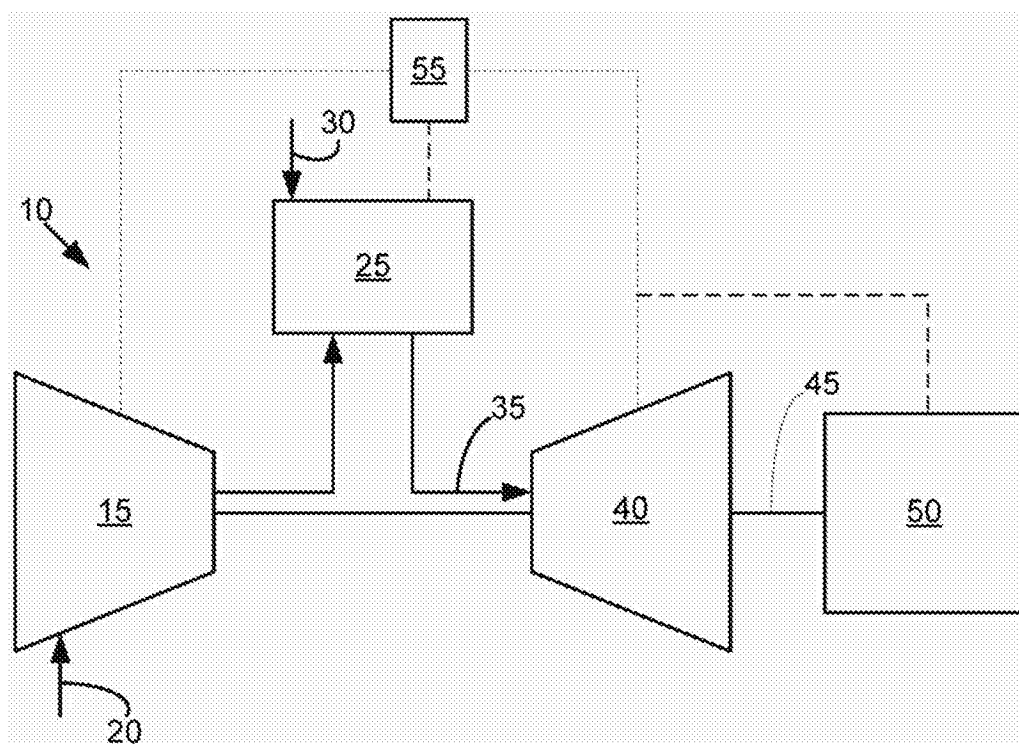


图1

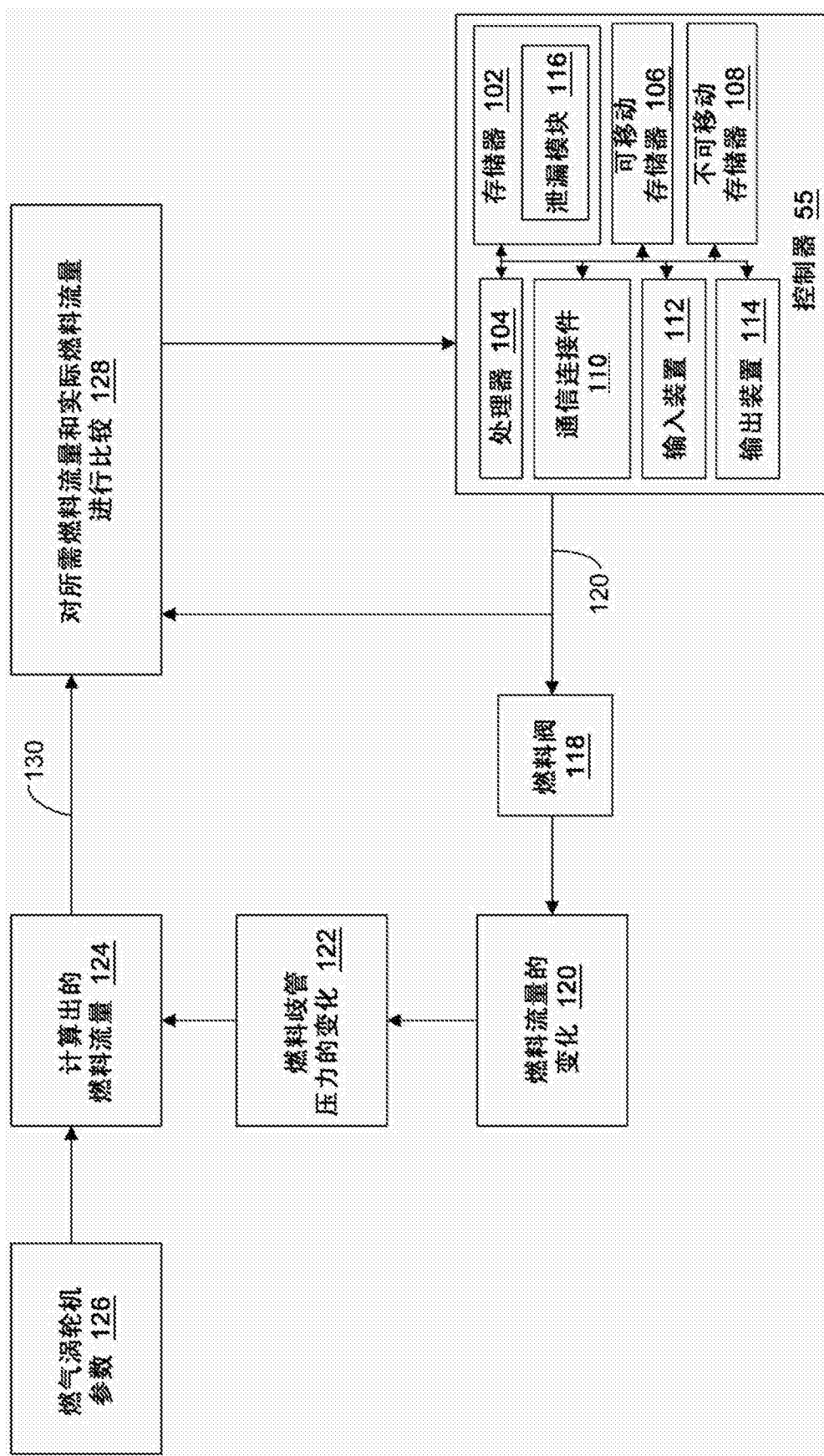


图2

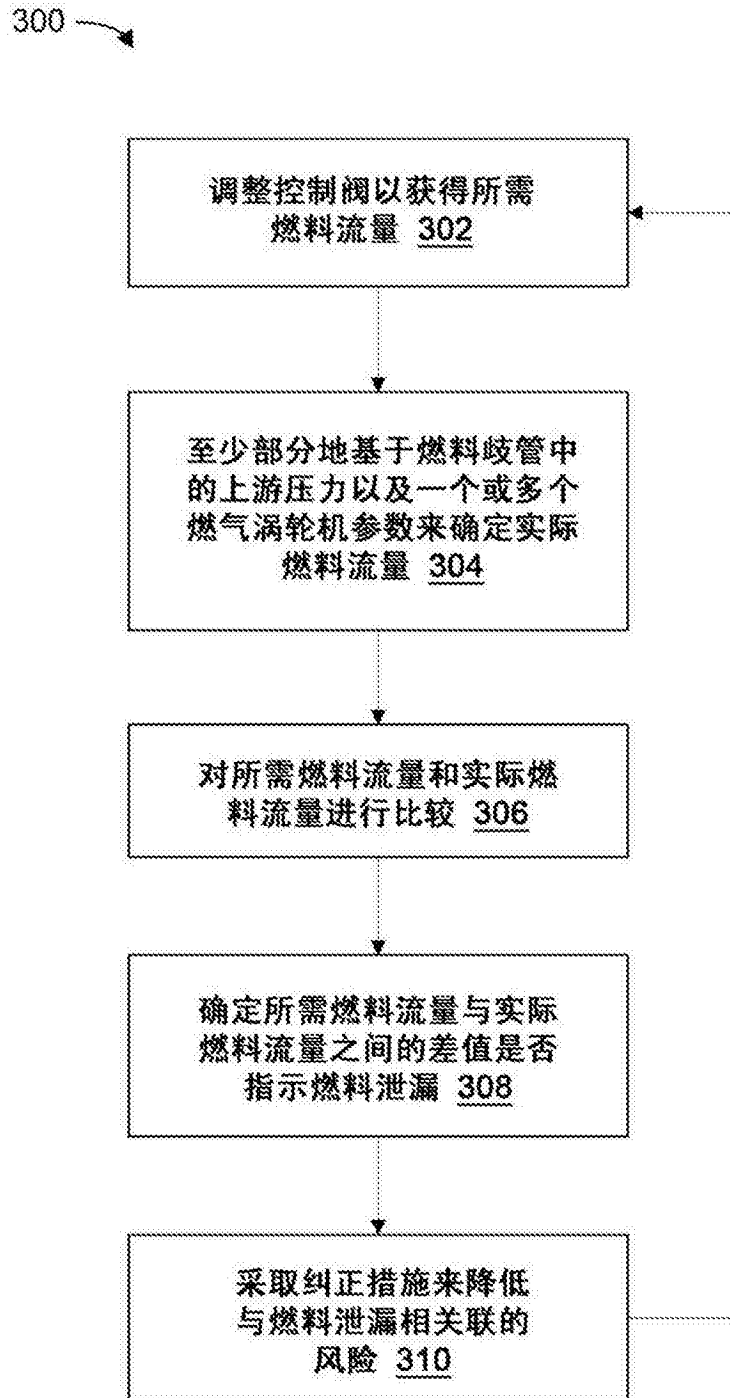


图3