



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101994574 B

(45) 授权公告日 2014. 10. 15

(21) 申请号 201010258300. 1

(22) 申请日 2010. 08. 12

(30) 优先权数据

12/539, 763 2009. 08. 12 US

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 K·K·辛赫 韩飞 S·斯里尼瓦桑

金冠佑 P·巴拉苏布拉曼亚姆

N·宗 Q·张

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 严志军 谭祐祥

(51) Int. Cl.

F02C 9/00(2006. 01)

审查员 闵满满

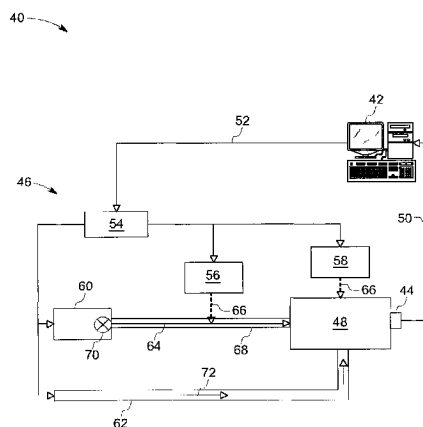
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

燃气轮机燃烧动态变化控制系统及方法

(57) 摘要

本发明涉及燃气轮机燃烧动态变化控制系统及方法,具体而言,一种燃气涡轮发动机控制系统(40)包括数据获取和分析系统(42)和燃烧动态变化控制系统(46),数据获取和分析系统(42)用于从燃烧动态变化传感器(44)接收信号(50)并且提供输出信号(52),燃烧动态变化控制系统(46)用于基于输出信号(52)控制燃烧动态变化。控制系统(52)与吹扫空气流(64)相关,并且控制系统(52)包括声学驱动器(56)或流操纵装置(60)或两者以扰动进入燃烧器管(48)的吹扫空气流(64),从而控制燃烧动态变化。



1. 一种燃气涡轮发动机控制系统,包括:
数据获取和分析系统,其用于从燃烧动态变化传感器接收信号并且提供输出信号;以及
燃烧动态变化控制系统,其用于基于所述输出信号控制燃烧动态变化,所述控制系统与吹扫空气流相关,并且所述控制系统包括声学驱动器或流操纵装置或两者,以扰动进入燃烧器管的所述吹扫空气流,从而控制燃烧动态变化。
2. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,如果所述输出信号指示燃烧动态变化,则所述控制系统控制燃烧动态变化。
3. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述流操纵装置包括在所述吹扫空气流的通道中的扰动阀,以扰动所述吹扫空气流。
4. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述声学驱动器构造成在所述吹扫空气流的通道中发送声波,以扰动所述吹扫空气流。
5. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,扰动所述吹扫空气流以引起当量比和流率的波动,从而减轻燃烧动态变化。
6. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述控制系统还包括专用的流通道和另外的声学驱动器,所述专用的流通道用来将流输入所述燃烧器管。
7. 根据权利要求6所述的系统,其特征在于,所述控制系统还包括控制器,以控制所述声学驱动器、所述流操纵装置和被输送通过所述专用的流通道的所述流。
8. 根据权利要求6所述的系统,其特征在于,通过所述另外的声学驱动器、被输送通过所述专用的流通道的所述流或两者的组合而扰动在所述燃烧器管中的涡旋现象,从而控制燃烧动态变化。
9. 根据权利要求8所述的系统,其特征在于,所述另外的声学驱动器构造成将声波发送到所述燃烧器管中以扰动所述涡旋现象,所述涡旋现象包括涡旋脱落、火焰涡旋相互作用或它们的结合。
10. 根据权利要求8所述的系统,其特征在于,被输送通过所述专用的流通道的所述流包括燃料、空气或燃料和空气的混合物。
11. 根据权利要求8所述的系统,其特征在于,所述涡旋现象被扰动以减轻燃烧动态变化。
12. 根据权利要求8所述的系统,其特征在于,所述涡旋现象包括涡旋脱落、火焰涡旋相互作用或它们的结合。
13. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述燃烧动态变化传感器与所述燃烧器管相关联。
14. 根据权利要求13所述的系统,其特征在于,所述燃烧动态变化传感器包括动态变化压力传感器或火焰传感器。
15. 一种燃气涡轮发动机控制方法,包括:
从燃烧动态变化传感器接收信号;以及
基于所接收的信号,通过使用声学信号、流操纵或它们的结合而扰动进入燃烧器管的吹扫空气流来控制燃烧动态变化。
16. 根据权利要求15所述的方法,其特征在于,控制包括如果所接收的信号指示燃烧

动态变化则控制燃烧动态变化。

17. 根据权利要求 16 所述的方法,其特征在于,使用流操纵包括在所述吹扫空气的通道中引起扰动,以扰动所述吹扫空气流。

18. 根据权利要求 16 所述的方法,其特征在于,通过扰动进入所述燃烧器管的所述吹扫空气流控制燃烧动态变化包括减轻燃烧动态变化。

19. 根据权利要求 15 所述的方法,其特征在于,控制燃烧动态变化还包括通过使用所述声学信号、进入燃烧器管的专用流或它们的结合,扰动所述燃烧器管中的涡旋现象而基于所接收的信号控制燃烧动态变化。

20. 根据权利要求 19 所述的方法,其特征在于,所述专用流包括燃料、空气或燃料和空气的混合物。

21. 根据权利要求 19 所述的方法,其特征在于,通过扰动所述涡旋现象控制燃烧动态变化包括减轻燃烧动态变化。

22. 根据权利要求 19 所述的方法,其特征在于,所述涡旋现象包括涡旋脱落、火焰涡旋相互作用或它们的结合。

23. 根据权利要求 15 所述的方法,其特征在于,所述燃烧动态变化传感器与燃烧器管相关联。

24. 根据权利要求 15 所述的方法,其特征在于,所述燃烧动态变化传感器包括动态变化压力传感器或火焰传感器。

25. 一种用于燃气涡轮发动机的系统,包括:

数据获取和分析系统,其用于从燃烧动态变化传感器接收信号并且提供输出信号;以及

燃烧动态变化控制系统,其用于基于所述输出信号控制燃烧动态变化,所述控制系统包括控制器和声学驱动器、流操纵装置以及专用流通道中的至少一个,所述专用流通道用于将流输送到燃烧器管中,以扰动进入所述燃烧器管的吹扫空气流,扰动所述燃烧器管中的涡旋现象,或者两者,以控制燃烧动态变化。

26. 一种燃气涡轮发动机控制方法,包括:

从燃烧动态变化传感器接收信号;以及

基于所接收的信号,通过使用声学信号、流操纵、进入燃烧器管的专用流或者它们的结合来扰动进入燃烧器管的吹扫空气流、所述燃烧器管中的涡旋现象或两者来控制燃烧动态变化。

燃气轮机燃烧动态变化控制系统及方法

技术领域

[0001] 本发明一般地涉及用于控制燃气涡轮发动机的运行的方法,且更特别地,涉及在燃气轮机中控制燃烧动态变化(combustion dynamics)的方法。

背景技术

[0002] 燃气涡轮发动机包括压缩机、燃烧器和联接到压缩机上的涡轮。燃烧器可包括多个燃烧器管。将压缩的空气和燃料输送至燃烧器管中以产生高速且高压的燃烧气体。将这些燃烧气体排至涡轮。涡轮从燃烧气体中提取能量,以产生可以以若干方式使用的功率,比方说,例如驱动压缩机、驱动发电机或驱动飞行器。

[0003] 燃气涡轮发动机在不同的负载状况下运行,这使得对于燃烧器需要变化的燃烧运行状况,以满足期望的性能。在一些状况下,燃烧现象会与燃烧器的自然态互相作用,建立反馈循环。这导致了高振幅的压力波动或扰动。这些压力扰动称为燃烧动态变化。燃烧动态变化会限制燃气涡轮机的运行状况并且还会导致硬件损坏或计划外的停机。

[0004] 燃烧动态变化是所有类型的燃烧器面对的问题。归因于设计,燃烧动态变化对为实现降低的排放而开发的现代预混合燃烧系统而言相对更严重。因而需要提供一种用来在燃气涡轮发动机中控制燃烧动态变化的方法。

发明内容

[0005] 根据本文公开的一个实施例,燃气涡轮发动机控制系统包括数据获取和分析系统及燃烧动态变化控制系统,数据获取和分析系统用于从燃烧动态变化传感器接收信号并且提供输出信号,燃烧动态变化控制系统用于基于输出信号控制燃烧动态变化。控制系统与吹扫空气流相关,并且包括声学驱动器、或流操纵装置、或两者,以扰动进入燃烧器管的吹扫空气流,从而控制燃烧动态变化。

[0006] 根据本文公开的另一个实施例,燃气涡轮发动机控制方法包括从燃烧动态变化传感器接收信号,并且基于接收到的信号通过使用声学信号、流操纵或它们的组合而扰动进入燃烧器管的吹扫空气流,从而控制燃烧动态变化。

[0007] 根据本文公开的另一个实施例,一种用于燃气涡轮发动机的系统包括数据获取和分析系统及燃烧动态变化控制系统,数据获取和分析系统用于从燃烧动态变化传感器接收信号并且提供输出信号,燃烧动态变化控制系统用于基于输出信号控制燃烧动态变化。该控制系统包括控制器,以及声学驱动器、流操纵装置和用于输送流进入燃烧器管的专用流通道中的至少一个,以扰动进入燃烧器管的吹扫空气流、扰动燃烧器管中的涡旋现象(vortex phenomenon)或扰动两者,从而控制燃烧动态变化。

[0008] 根据本文公开的另一个实施例,一种燃气涡轮发动机控制方法包括从燃烧动态变化传感器接收信号,并且基于接收到的信号,通过使用声学信号、流操纵、进入燃烧器管中的专用流或它们的组合而扰动进入燃烧器管的吹扫空气流或燃烧器管中的涡旋现象或两者,从而控制燃烧动态变化。

附图说明

[0009] 当参考附图阅读以下详细说明时,本发明的这些和其它特征、方面和优点将变得更好理解,贯穿这些附图,在其中,相同标号代表相同部件,其中:

[0010] 图 1 是燃气涡轮发动机系统的示意图。

[0011] 图 2 是燃气轮机燃烧器的示意图。

[0012] 图 3 图示了燃气轮机燃烧器系统的一部分。

[0013] 图 4 图示了根据本文公开的多个方面的燃气涡轮发动机控制系统的功能方块图。

[0014] 图 5 图示了根据本文公开的多个方面的数据获取和分析系统的方块图。

[0015] 图 6 图示了根据本文公开的多个方面的燃气轮机控制方法的方块图。

[0016] 部件列表

[0017] 10 燃气涡轮发动机

[0018] 12 压缩机

[0019] 14 多管式燃烧器

[0020] 16 涡轮

[0021] 18 燃烧室

[0022] 20 燃气轮机燃烧系统

[0023] 22 燃烧器管

[0024] 24 燃烧室

[0025] 26 衬里

[0026] 28 喷嘴

[0027] 30 燃烧器管道

[0028] 32 旋流器

[0029] 34 吹扫空气供应管路

[0030] 36 涡旋结构

[0031] 38 火焰表面

[0032] 40 燃气涡轮发动机控制系统

[0033] 42 数据获取和分析系统

[0034] 44 燃烧动态变化传感器

[0035] 46 燃烧动态变化控制系统

[0036] 48 燃烧器管

[0037] 50 来自传感器的信号

[0038] 52 输出信号

[0039] 54 控制器

[0040] 56 声学驱动器

[0041] 58 声学驱动器

[0042] 60 流操纵装置

[0043] 62 专用流通道

[0044] 64 吹扫空气流

- [0045] 66 声学信号
- [0046] 70 扰动阀
- [0047] 72 流
- [0048] 80 信号处理技术
- [0049] 82 信号
- [0050] 84 抗混叠滤波器
- [0051] 86 带通滤波器
- [0052] 88 块
- [0053] 90 快速傅立叶变换 (FFT) 分析器
- [0054] 92 块
- [0055] 94 块
- [0056] 100 燃气轮机控制方法
- [0057] 102 块
- [0058] 104 块
- [0059] 106 块
- [0060] 108 块
- [0061] 110 块

具体实施方式

[0062] 本文公开的实施例包括用于控制燃气涡轮发动机中的燃烧动态变化的系统和方法。该系统和方法可通过扰动进入燃烧器管的吹扫空气流、在燃烧器管中的涡旋现象或两者而控制燃烧器管中的燃烧动态变化。声学信号、流操纵、专用的流通道或它们的组合被用来扰动吹扫空气流和涡旋现象。尽管该系统和方法是以用于工业应用的重型燃气涡轮发动机的情况在本文中被公开,但该系统和方法可应用于在各种应用中利用的其它燃烧发动机系统上,例如但不限于,飞行器、船舶、直升机和原动机应用。如在本文中使用的,例如“一”、“一个”和“该”的单数形式包括复数对象,除非上下文另外清楚地指出。

[0063] 图 1 图示了一种示例性燃气涡轮发动机 10。该燃气涡轮发动机 10 包括多级轴向压缩机 12、多管式燃烧器 14 和多级涡轮 16。通过压缩机 12 吸入周围空气并且压缩至更高的压力和温度。然后将该压缩的空气供应至燃烧器 14。在燃烧器 14 中,将进入的压缩空气与燃料混合并且燃烧该燃料-空气混合物以产生高压且高温的燃烧气体。将这些燃烧气体排向涡轮 16。涡轮 16 从燃烧气体中提取能量。由涡轮 16 提取的能量可用于各种目的,例如产生电能、提供推进推力或为船舶或原动机应用提供轴功率。

[0064] 图 2 是燃气轮机燃烧器 14 的示意图。该燃烧器 14 可以是环式、管式或环管式燃烧器。取决于预期的应用,燃烧器 14 可具有不同类型的喷嘴 16。现代低排放燃烧器典型地使用预混合喷嘴,在预混合喷嘴中,燃料在到达燃烧室 18 之前被喷进空气流中并且混合。典型的燃烧器 14 将具有多个预混合喷嘴组和在各个组中的不同数量的喷嘴。为了在不同的负载状况下实现性能目标这是必需的。不同喷嘴组的分类取决于它们的预期用途。

[0065] 图 3 图示了关于单个燃烧器管的燃气轮机燃烧系统 20 的一部分。该燃烧器系统 20 包括在其中限定燃烧室 24 的燃烧器管 22。该燃烧器管 22 的形状是大致环形的并且

包括衬里 26。通过喷嘴 28 将燃料喷入燃烧器管 22 中。该系统 20 还包括燃烧器管道 30、具有导叶 (vane) 的旋流器 32 和吹扫空气供应管路 34。旋流器 32 促进被提供给燃烧器管 22 的空气流逆方向旋转。在燃气涡轮机的运行期间, 涡旋结构 36 形成在燃烧室 24 中并且靠近火焰表面 38。例如从火焰脱落的涡旋和火焰涡旋相互作用的涡旋现象可在操作燃气涡轮机期间产生。

[0066] 图 4 图示了燃气涡轮发动机控制系统 40 的一个实施例的方块图。该控制系统 40 包括数据获取和分析系统 42、燃烧动态变化传感器 44 和燃烧动态变化控制系统 46。尽管仅显示了一个燃烧器管 48, 但该控制系统可适于任何数量的燃烧器管。在一个实施例中, 各个燃烧器管 48 均装备有燃烧动态变化传感器 44。

[0067] 燃烧动态变化传感器 44 产生表示燃烧动态变化的信号 50。该传感器 44 可监视燃烧器管内的压力波动或火焰扰动的任一者。传感器 44 可以是压力传感器或例如用于测量火焰响应的光学或化学传感器的火焰传感器。可将来自传感器 44 的信号 50 提供至数据获取和分析系统 42。

[0068] 数据获取和分析系统 42 从传感器 44 接收信号 50, 并且处理它们以向燃烧动态变化控制系统 46 提供输出信号 52。可使用若干信号处理技术来处理从燃烧器管接收的信号 50, 以产生精确地代表燃烧动态变化的输出信号 52。然后由燃烧动态变化控制系统利用输出信号 52 来控制燃烧动态变化。

[0069] 当量比 (燃料 - 空气比) 和速度 (流率) 的波动是造成引起燃烧动态变化的主要因素。例如从火焰脱落的涡旋和火焰涡旋相互作用的涡旋现象也是造成燃烧动态变化的原因。燃烧动态变化控制系统 46 通过使当量比、速度、涡旋现象或它们的任意组合波动或扰动来降低燃烧动态变化。应该指出的是用语“波动”、“扰动”、“振动”可在本申请的上下文中互换地使用。

[0070] 在一个实施例中, 燃烧动态变化控制系统 46 包括控制器 54、声学驱动器 56 和 58、流操纵装置 60 和专用的流通道 62。可使用声学驱动器 56、流操纵装置 60 或两者来扰动进入燃烧器管的吹扫空气或惰性流 64。该吹扫空气流 64 可通过扩散通道 (未显示)、油管头 (未显示) 或其它喷嘴通道 (未显示) 进入燃烧管 48。声学驱动器 56 构造成穿过吹扫空气流 64 发送声学能量或声波 66。声学驱动器可包括汽笛装置、扬声器或能够产生处于期望频率的声波的其它类似设备。在一个实施例中, 可将声学驱动器 56 置于吹扫空气流 64 的通道 68 中。穿过吹扫空气的声学信号 66 将在吹扫空气流中产生扰动。

[0071] 可将扰动阀 70 用作流操纵装置。将该扰动阀 70 置于吹扫空气流的通道中。当激活时, 扰动阀 70 在吹扫空气流 64 中产生波动。在一个实施例中, 扰动阀是射流阀。备选地, 扰动阀可以是机械阀、电动机械阀、或能够在流率方面产生扰动的任何其它阀。

[0072] 如果输出信号 52 指示燃烧动态变化, 则控制器 54 提供命令以扰动吹扫空气流 64。控制器 54 激活声学驱动器 56 或扰动阀 70 或两者, 以扰动吹扫空气流 64。该扰动的吹扫空气流 64 又将导致在焰底处的当量比和速度的扰动以及穿过火焰的传播。当量比和速度的波动调节燃烧器管 48 中的燃烧和燃烧与声场的相互作用, 从而减轻燃烧动态变化。

[0073] 专用的流通道 62 用于将流 72 输入燃烧器管 48。该流 72 可包括燃料、空气或燃料和空气的混合物。来自专用的流通道 62 的流 72 进入燃烧器管 48 并且扰动涡旋现象。此外, 另外的声学驱动器 58 可构造成将声波 66 送入燃烧器管 48, 以扰动涡旋现象。

[0074] 如果输出信号 52 指示燃烧动态变化,则该控制器 54 提供命令以扰动涡旋现象。该控制器 54 可控制被引入燃烧器管中的流 72,和 / 或可激活声学驱动器 58 以扰动涡旋现象。在涡旋现象中的扰动将扰乱例如从火焰脱落的涡旋和火焰涡旋相互作用的涡旋现象,从而减轻或消除燃烧动态变化。

[0075] 控制器 54 与数据获取和分析系统 42 处于实时通信。控制器 54 可以单独地或以各种组合控制声学驱动器 56 和 58、流操纵装置 60 和来自专用流通道 62 的流 72 中的任一个。例如,如果第一阶段的输出信号 52 指示燃烧动态变化,则控制器 54 可仅激活在吹扫空气流通道 68 中的声学驱动器 56 以发送声波 66。在激活声学驱动器 56 后,燃烧动态变化可发生改变。随后来自数据获取和分析系统 42 的第二阶段的输出信号将指示声学驱动器 56 的激活是否降低或消除了燃烧动态变化。如果燃烧动态变化没有改变或者如果燃烧动态变化增加,则控制器 54 会调整声学驱动器 56,以发送处在不同频率的声波。在第三阶段的输出信号将指示对燃烧动态变化的任何影响。可重复此过程以减少燃烧动态变化。

[0076] 类似地,控制器 54 可单独地或与声学驱动器 56 结合而激活流操纵装置 60,并且检查在激活后来自输出信号 52 的反馈。如果反馈指示燃烧动态变化的降低或消除,则控制器 54 可使声学驱动器 56 和流操纵装置 60 无效并且恢复正常运行。

[0077] 如果流操纵装置 60、声学驱动器 56 或两者的结合的控制并没有提供燃烧动态变化的任何降低,则可认为燃烧动态变化并非由当量比或速度的波动造成。因而,有可能是涡旋现象正在引起燃烧动态变化。然后控制器 54 可激活另外的声学驱动器 58。另外,控制器 54 还可启动来自专用的流通道 62 的流 72。如果来自数据获取和分析系统 42 的反馈指示了燃烧动态变化的降低或清除,则控制器 54 可使声学驱动器 58 无效并且停止流 72。

[0078] 如先前所述,控制器 56 可单独地或以不同的组合并且还按不同顺序控制声学驱动器 56 和 58、流操纵装置 60 和来自专用的流通道 62 的流 72 中的任一个。控制器 54 和数据获取和分析系统 42 处于实时通信。因此,控制器 54 可尝试不同的控制组合,从而在相对短的时间内(远在燃烧动态变化导致燃气涡轮机的运行中的不需要的的影响之前)降低燃烧动态变化。

[0079] 图 5 图示了数据获取和分析系统使用的信号处理技术 80 的一个实施例的方块图。在一个实施例中,来自燃烧动态变化传感器的信号 82 通过抗混叠滤波器 84,以确保来自高频成分的最小失真。然后该信号通过带通滤波器 86 处理,以缩减信号的频率内容,从而产生在所关心的频率带内的数据。然后根据奈奎斯特准则,在块 88 处做出取样频率的判定,奈奎斯特准则描述了取样频率必须至少是所关心的最大频率的两倍。类似地,将取样窗口选择成符合要求的频率分解和能量泄漏。然后将信号提供给将时域信号转换成频域信号的快速傅立叶变换(FFT)分析器 90。在块 92 处求得频谱在多个阶段(例如 64 个阶段)上的平均值,以获得不由系统中的瞬时现象影响的更有代表性的信号内容。然后在块 94 处,评价平均的频谱并且判定在不同频带中的峰值频率及其振幅。该峰值频率和振幅数据形成了提供给控制器的输出信号 96。

[0080] 图 6 图示了燃气轮机控制方法 100 的方块图。在块 102 处,从燃烧动态变化传感器接收信号。在块 104 处,做出接收到的信号是否指示燃烧动态变化的判定。如果信号并不指示燃烧动态变化,则然后该方法前进至块 102。如果信号指示燃烧动态变化,则该方法前进至块 106 以控制燃烧动态变化。燃烧动态变化可或通过在块 108 处扰动进入燃烧器

管的吹扫空气流,或通过在块 110 处扰动在燃烧器管中的涡旋现象而被控制。吹扫空气流和涡旋现象均可被扰动以控制燃烧动态变化。

[0081] 通过使用声学信号、流操纵或两者而扰动吹扫空气流。通过声学信号、进入燃烧器管的专用的流或两者而扰动燃烧器管中的涡旋现象。在块 108 和 110 之后,该方法从起点开始并且重复上述过程,直至燃烧动态变化或是被消除,或是被减轻到可接受或可容忍的水平为止。

[0082] 如上所述的燃气涡轮发动机控制系统和方法从而提供了控制燃烧动态变化的一种途径,通过扰动吹扫空气流和扰动涡旋现象以控制燃烧动态变化。该控制系统和方法减轻或消除了燃烧动态变化,以防止对燃气涡轮机的任何破坏。该控制系统和方法可与现有的燃气涡轮机控制系统结合。

[0083] 需要理解的是根据任何特定的实施例,并非能够必然地实现如上所述的所有此类目标或优点。因此,例如,本领域技术人员将认识到本文所述的系统和技术可如本文所教导的那样以实现或最优化一个优点或一组优点的方式被实施或执行,而无需必然地实现本文所教导或提出的其它目标或优点。

[0084] 尽管本文仅图示和说明了本发明的某些特征,但本领域技术人员将想到许多改型和变化。因而,应该理解的是所附权利要求书意图覆盖落在本发明的真实精神内的所有此类改型和变化。

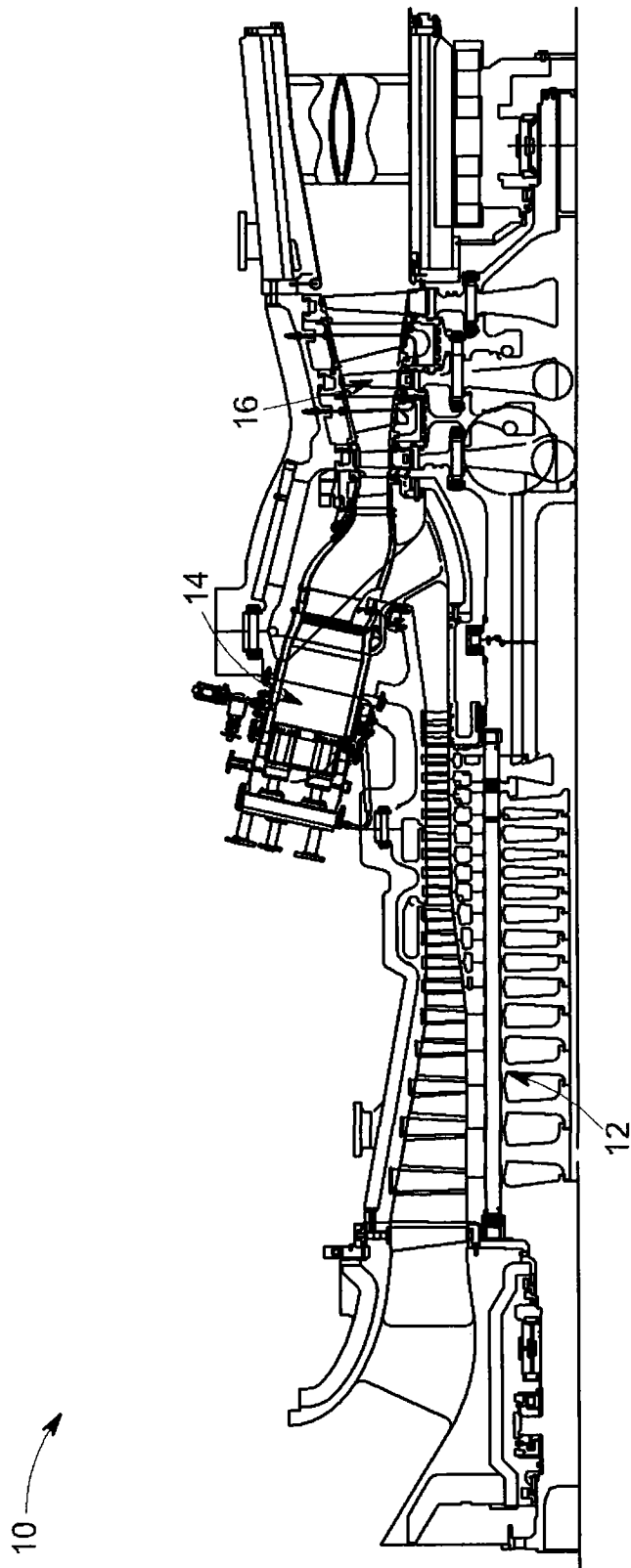


图 1

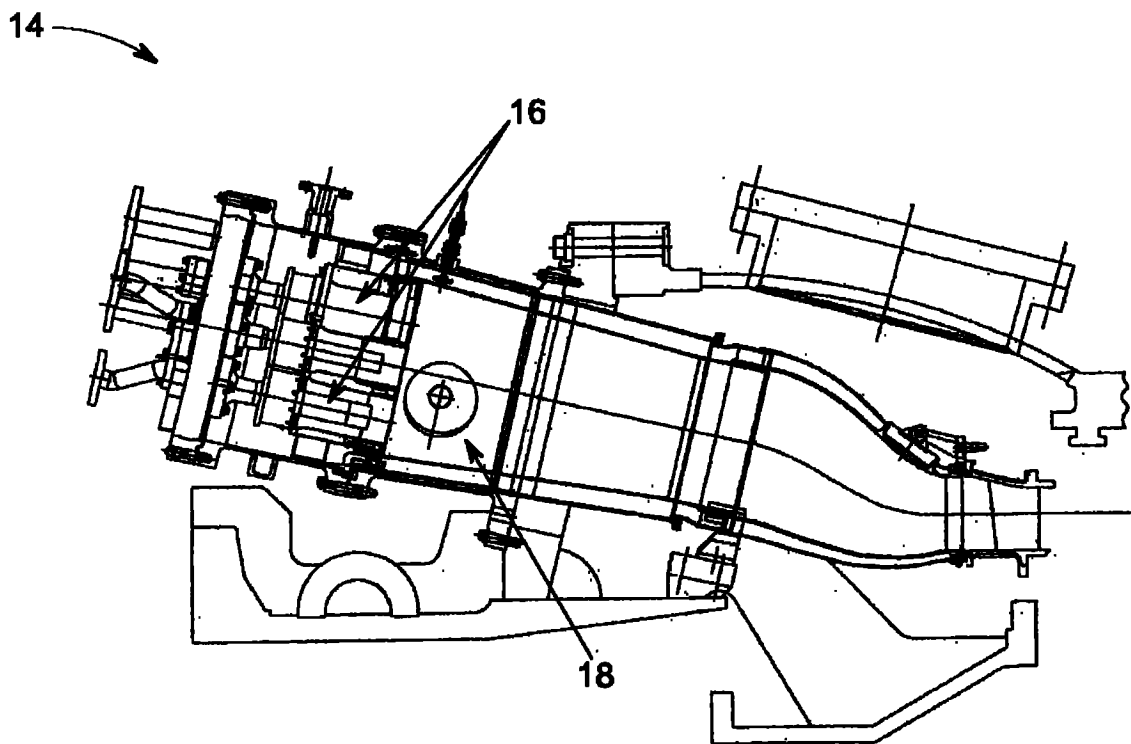


图 2

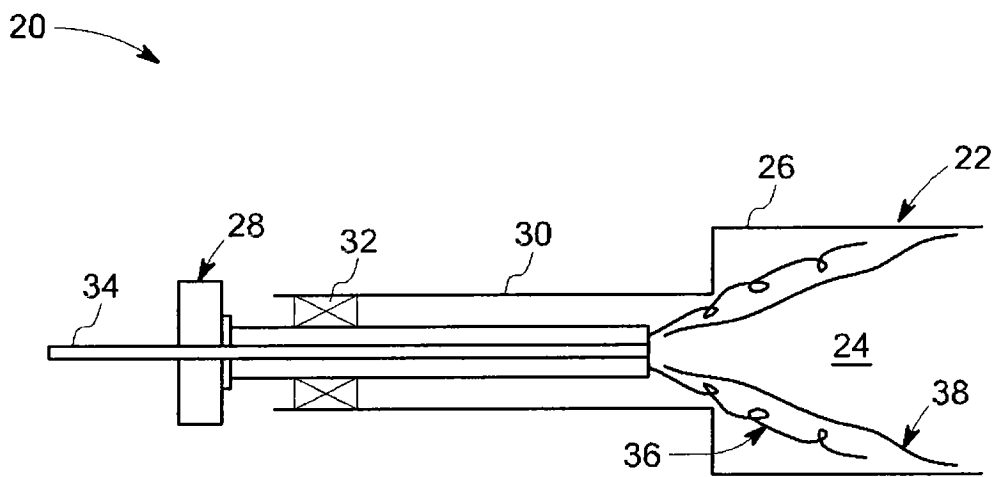


图 3

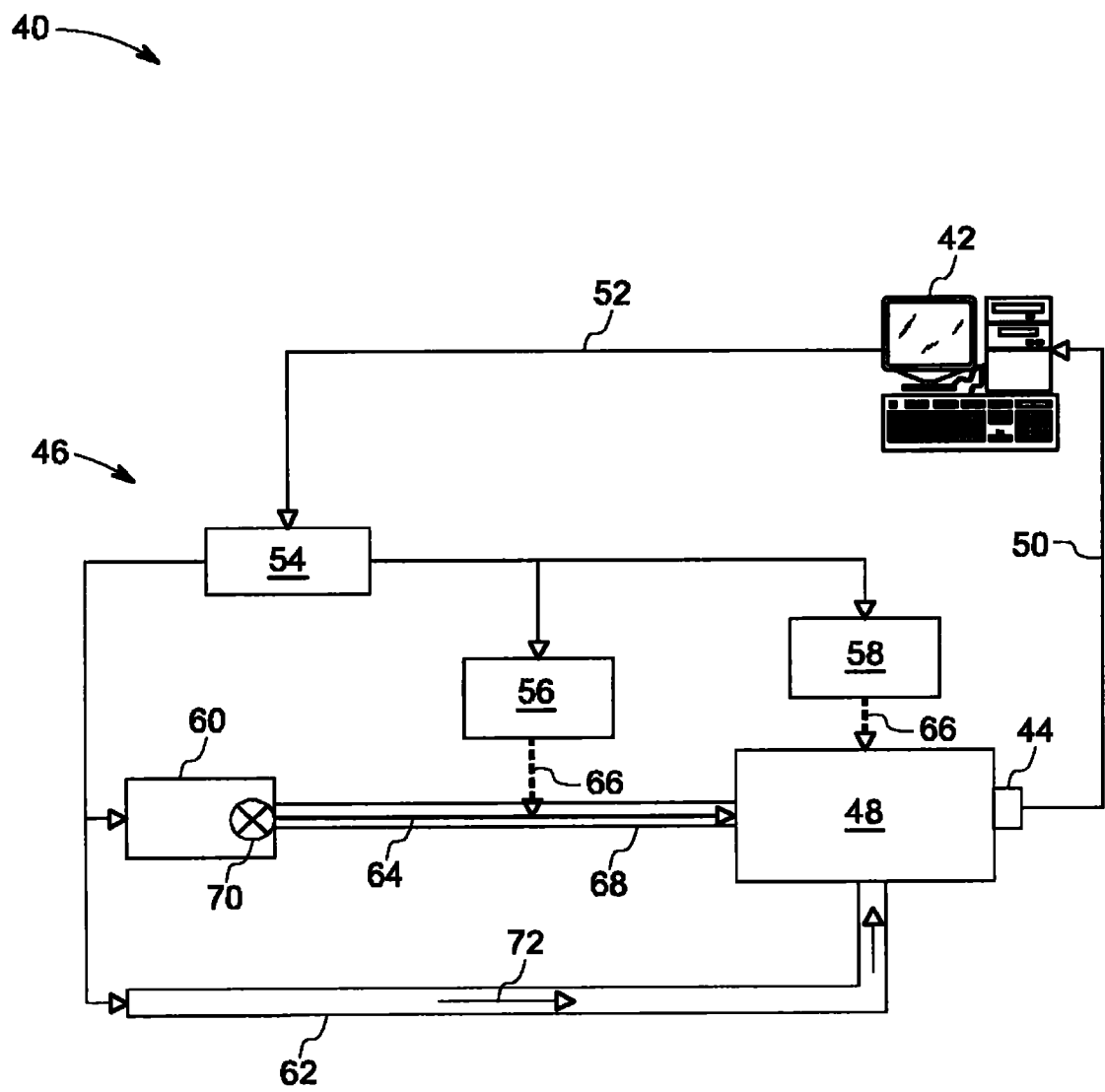


图 4

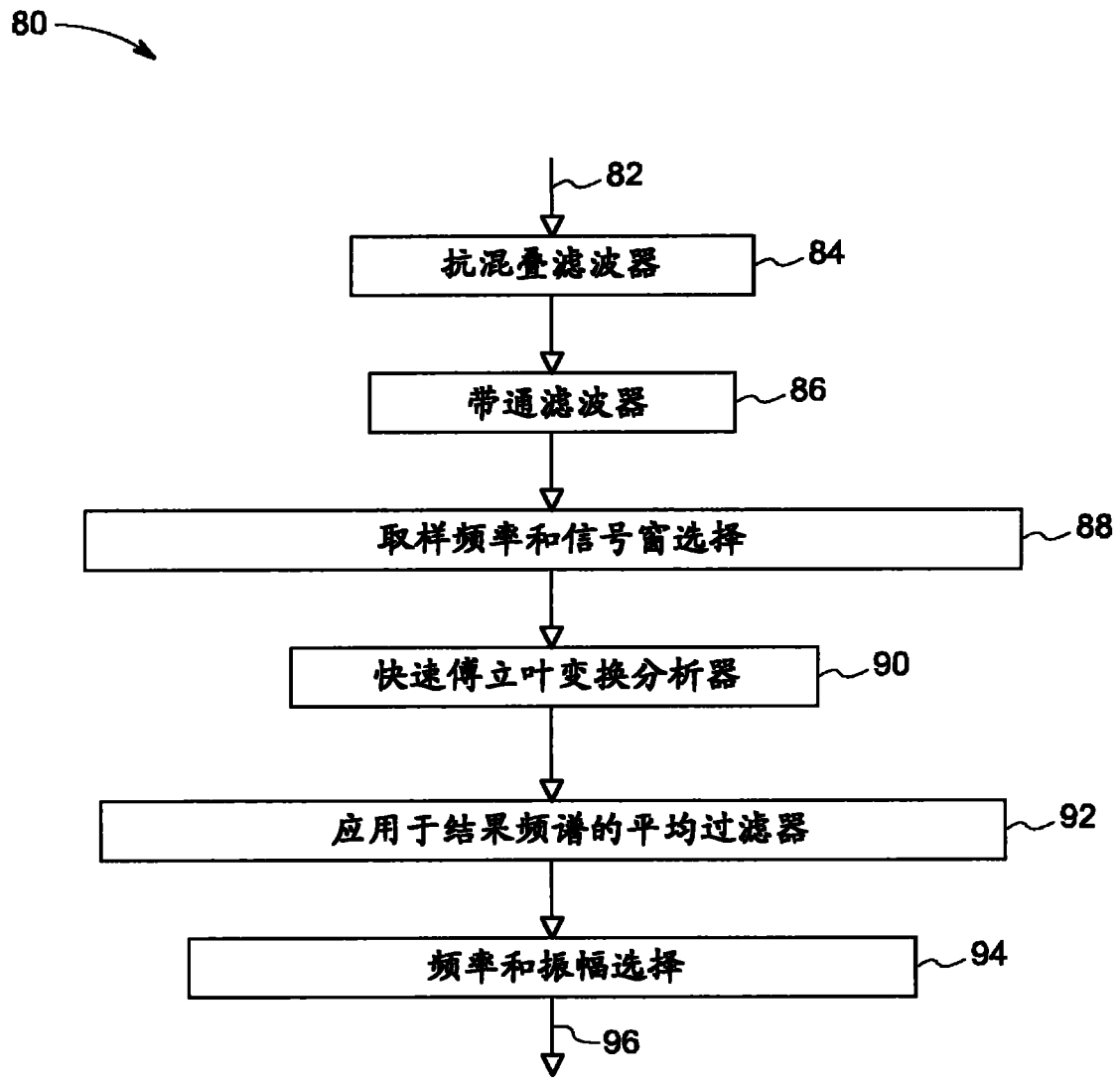


图 5

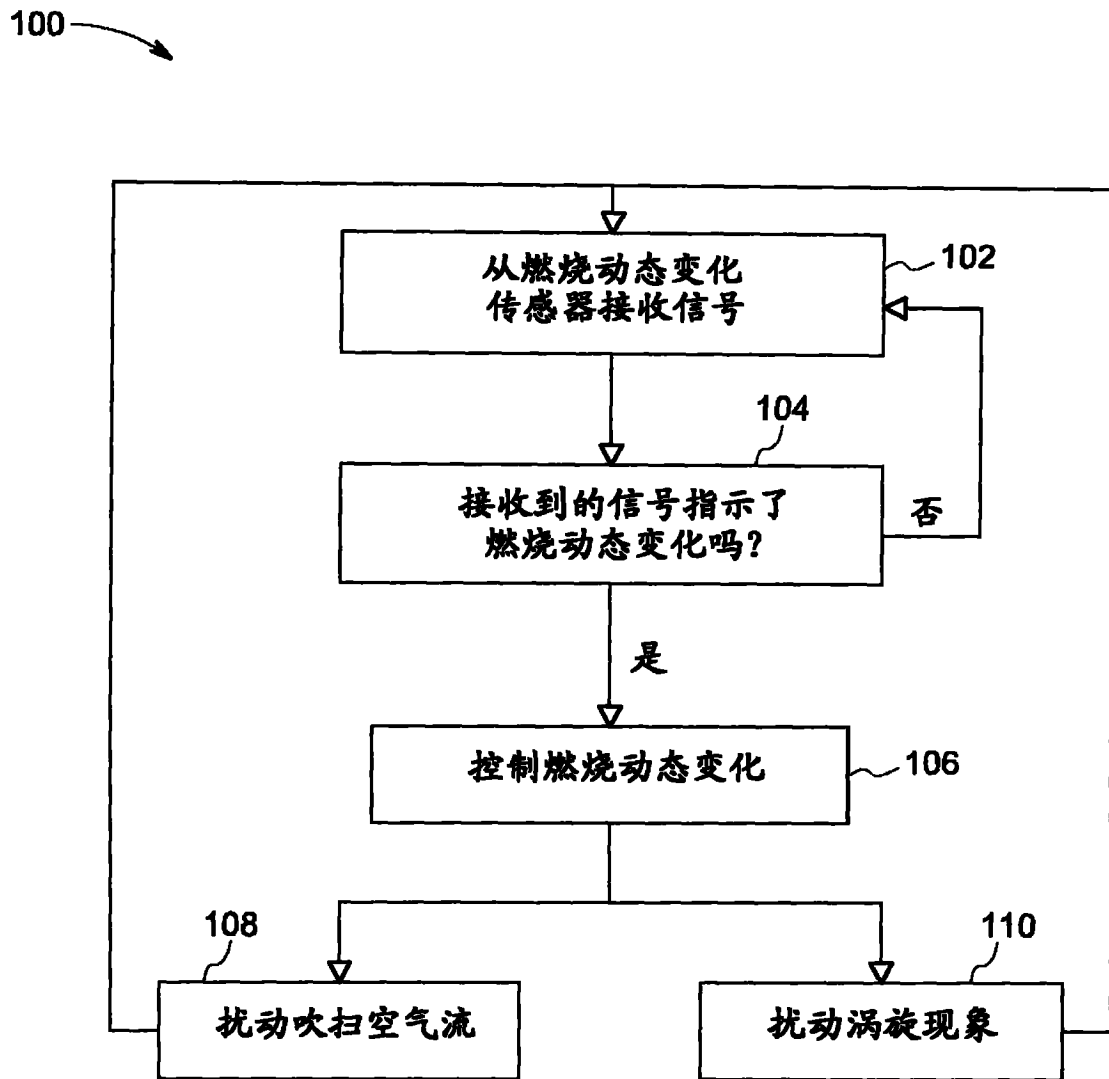


图 6