



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103133145 B

(45) 授权公告日 2016.08.31

(21) 申请号 201210481215.0

(22) 申请日 2012.11.23

(30) 优先权数据

13/303338 2011.11.23 US

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 S. 舍鲁尼 J.E. 阿特曼

M. 布兰德斯 M.A. 阿里 A. 萨米姆

(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 严志军

(51) Int. Cl.

F02C 9/00(2006.01)

F02C 7/20(2006.01)

(56) 对比文件

US 2010189551 A1, 2010.07.29,

CN 85101816 A, 1987.01.10,

US 4003200 A, 1977.01.18,

US 4003200 A, 1977.01.18,

US 4482293 A, 1984.11.13,

US 2684568 A, 1954.07.27,

审查员 胡洋洋

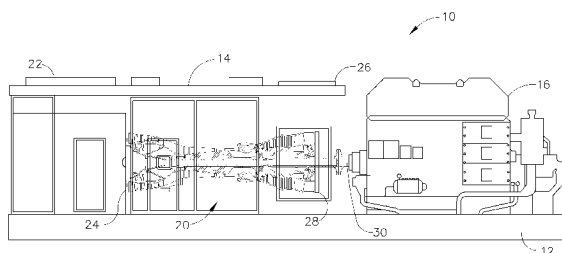
权利要求书2页 说明书4页 附图5页

(54) 发明名称

减少燃气涡轮发动机的停工时间的方法

(57) 摘要

本发明涉及燃气涡轮发动机停工的减少。提供了一种减少包括入口、压缩机、燃烧器、涡轮以及排气管道的燃气涡轮发动机的停工时间的方法,其中,压缩机和涡轮承载在涡轮机转子上,且各自包括安装成以便在发动机的壳体内部转动的叶片阵列。该方法包括:以第一功率输出操作发动机;在基本上没有预先减小功率输出的情况下停止发动机的操作,其中,在停机之后在发动机中发生趋向于减小叶片中的至少一个和壳体之间的径向间隙的热机械变化;以及在使发动机停机之后,(1) 加热壳体和/或(2) 将周围空气的气流泵送到入口中,并且通过壳体、穿过转子以及离开排气管道,以便至少部分地逆转热机械变化。



1. 一种减少燃气涡轮发动机的停工时间的方法,所述燃气涡轮发动机包括呈串行流连通的入口、压缩机、燃烧器、涡轮以及排气管道,其中,所述压缩机和所述涡轮承载在涡轮机转子上,并且各自包括安装成以便在所述发动机的固定壳体内部转动的叶片阵列,所述方法包括:

以第一功率输出水平操作所述发动机;

在停机之前基本上没有减小所述功率输出水平的情况下停止所述发动机的操作,其中,在所述停机之后在所述转子和所述壳体中发生可归因于冷却的热机械变化,所述热机械变化趋向于减小在所述叶片中的至少一个和所述壳体之间的径向间隙,从而导致停工的状态;以及

在所述停工的状态期间,加热所述发动机的所述壳体,以便使所述壳体膨胀并且增大在所述转子的所述叶片和所述壳体之间的径向间隙,以便至少部分地逆转所述热机械变化。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,还包括在预定的时间后终止加热所述壳体。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,还包括:

确定所述壳体的温度;以及

当壳体到达预定的温度时终止加热所述壳体。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,还包括:

确定所述壳体的物理尺寸;以及

当所述尺寸增加预定的量时终止加热所述壳体。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,使用设置成与所述壳体的外表表面接触的至少一个加热元件来加热所述壳体。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,将多个隔开的环形加热元件设置成与所述壳体的外表表面接触。

7. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,各自将所述加热元件分组成一个或多个加热元件的区域,所述区域单独地可控。

8. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,还包括:

在使所述发动机停机之后,将周围空气的气流泵送到所述发动机的所述入口中,并且容许被泵送的所述气流流过所述壳体、流经所述转子并且流出所述排气管道。

9. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,包括:监测所述转子的转动速度并且当所述转子超过预定的转动速度时停止加热所述壳体。

10. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,由位于所述入口前面并且通过管道联接所述入口的鼓风机来泵送所述气流。

11. 根据权利要求10所述的方法,其特征在于,如果所述发动机不是处于停工的状态,所述气流足以使所述转子转动,但如果所述发动机处于停工的状态,所述气流便不足以使所述转子旋转。

12. 一种减少燃气涡轮发动机的停工时间的方法,所述燃气涡轮发动机包括呈串行流连通的入口、压缩机、燃烧器、涡轮以及排气管道,其中,所述压缩机和所述涡轮承载在涡轮机转子上,并且各自包括安装成以便在所述发动机的固定壳体内部转动的叶片阵列,所述

方法包括：

以所选择的功率输出水平操作所述发动机；

在停机之前基本上没有减小所述功率输出水平的情况下停止所述发动机的操作，其中，在所述停机之后在所述转子和所述壳体中发生可归因于冷却的热机械变化，所述热机械变化趋向于减小在所述叶片中的至少一个和所述壳体之间的径向间隙，从而导致停工的状态；以及

在所述停工的状态期间，将周围空气的气流泵送到所述入口中并且容许被泵送的所述气流流过所述壳体、流经所述转子并且流出所述排气管道，以便至少部分地逆转所述热机械变化，其中如果所述转子不是处于停工的状态，所述气流足以使所述转子转动，但如果所述转子处于停工的状态，所述气流便不足以使所述转子旋转。

13. 根据权利要求12所述的方法，其特征在于，由位于所述入口前面并且通过管道联接到所述入口的鼓风机来泵送所述气流。

14. 根据权利要求12所述的方法，其特征在于，包括：监测所述转子的转动速度，并且当所述转子超过预定的转动速度时停止所述气流。

减少燃气涡轮发动机的停工时间的方法

技术领域

[0001] 本发明大体涉及燃气涡轮发动机,并且更详细地讲,涉及用于在停机时段期间操作这样的发动机的方法。

背景技术

[0002] 燃气涡轮发动机包括涡轮机芯部,其具有呈串行流关系的高压压缩机、燃烧器以及高压涡轮或燃气发生器式燃气轮机。该芯部可以已知的方式操作以便产生主气流。在涡轮轴发动机中,设置在芯部下游的另一个涡轮(称作为低压、“工作”或“功率”涡轮)从主流提取能量以便驱动轴或其它机械负载。一种常见的用途为联接燃气涡轮发动机到外部负载,诸如泵、压缩机或发电机。

[0003] 为了高效的操作,燃气涡轮发动机中的涡轮机依赖于在转动的叶片的顶部和包围叶片的固定的环形壳体之间保持小而确定的径向间隙。壳体通常比转子更加“热敏感”,即在发动机功率输出变化以及相关联的温度变化期间,其通常以比转子更大的速率膨胀或收缩。因此叶片间隙在发动机功率输出变化期间趋向于打开或者闭合。为此,燃气涡轮发动机通常通过逐渐减小输出功率水平来停机,使得径向间隙可以稳定。

[0004] 尽管如此,操作上的原因可要求在不能逐渐减小功率的情况下去除外部负载并且马上使发动机停机。这称作为“热停机”。当热停机发生时,发动机构件快速地冷却。壳体通常比转子冷却得更快,从而引起壳压向转子叶片并且闭合压缩机中的气流间隙。此外,一旦发动机停止转动,自然对流模式就导致转子的上部部分变热且比下部部分膨胀得更多。这引起进一步减小在特定位置处的径向间隙的转子的弯曲或弓弯。壳收缩和转子弓弯的组合效应导致转子成为“被锁定的”——一种在其中转子和壳体实际上相互接触的状态。

[0005] 当发动机经历热停机时,发动机必须重新起动或者在停机后在短时间内(例如大约10分钟)经历热的屈曲(crank),以便防止转子锁住。如果转子锁住,发动机直到经过“停工时段”后才能重新起动,以避免转子和壳体损坏。该时段因为许多原因(包括没有使发动机付诸使用的成本和实际的不便)而不合需要。

[0006] 因此,存在对于一种操作在热停机后最小化或者消除停工时段的燃气涡轮发动机的方法的需要。

发明内容

[0007] 该需要通过本发明来解决,本发明根据一方面提供了用于加热燃气涡轮发动机的壳体和/或冷却燃气涡轮发动机的转子以便减少停工时段的方法。

[0008] 根据本发明的一方面,提供了一种减少燃气涡轮发动机的停工时间的方法,燃气涡轮发动机包括呈串行流连通的入口、压缩机、燃烧器、涡轮以及排气管道,其中,压缩机和涡轮承载在涡轮机转子上,并且各自包括安装成以便在发动机的壳体内部转动的叶片阵列。该方法包括:以第一功率输出水平操作发动机;在基本上没有预先减小功率输出水平的情况下停止发动机的操作,其中,在停机之后在转子和壳体中发生趋向于减小在叶片中的

至少一个与壳体之间的径向间隙的热机械变化；并且在使发动机停机之后，加热发动机的壳体以便使壳体膨胀并且增加在转子的叶片和壳体之间的径向间隙。

[0009] 根据本发明的另一方面，提供了一种减少燃气涡轮发动机的停工时间的方法，燃气涡轮发动机包括呈串行流连通的入口、压缩机、燃烧器、涡轮以及排气管道，其中，压缩机和涡轮承载在涡轮机转子上，并且各自包括安装成以便在发动机的固定壳体内部转动的叶片阵列。该方法包括：以所选择的功率输出水平操作发动机；在基本上没有减小功率输出水平停机的情况下停止发动机的操作，其中，在接下来停机之后在转子和壳体中发生可归因于冷却的热机械变化，其趋向于减小在叶片中的至少一个与壳体之间的径向间隙，从而导致处于停工的状态；并且在使发动机停机之后，将周围空气的气流泵送到入口中并且容许被泵送的空气流过壳体、流经转子并且流出排气管道，以便至少部分地逆转(reverse)热机械变化。

附图说明

[0010] 通过参考结合附图的图而获得的随后描述可最好地理解本发明，在其中：

[0011] 图1为根据本发明的一方面构造的发电机组模块的示意性的截面图；

[0012] 图2为在图1中示出的燃气涡轮发动机的示意性的截面图；

[0013] 图3为说明在图2中示出的发动机的转子的弓弯的示意图；

[0014] 图4为在图2中示出的发动机的一部分的半剖面图，说明了安装到其上的加热元件；以及

[0015] 图5为说明联接到图2的发动机的入口的鼓风机的示意图。

具体实施方式

[0016] 参考附图，其中，同样的参考标号贯穿不同视图表示相同的元件，图1描述了发电机组模块10。其包括基体12，在其上安装有发动机外壳14和发电机16。发电机16被用作外部负载装置的代表性示例。燃气涡轮发动机20(或简单地讲，“发动机”)设置在发动机外壳14的内部。发动机外壳14包括与发动机20的入口24以流连通方式而联接的燃烧空气入口22，以及与发动机20的排气管道28以流连通方式而联接的排气气体出口26。燃气涡轮发动机20由输出轴30联接到发电机16。

[0017] 参考图2，发动机20包括承载许多级的转动的压缩机叶片34的高压压缩机(“HPC”)32、燃烧器36以及承载许多级的转动的涡轮叶片40的高压涡轮(“HPT”)38。HPC、燃烧器以及HPT都沿着由线“A”表示的中心纵向轴线以串行、轴向流的关系布置。这三个构件被共同称为“芯部”。高压压缩机32提供传送进入燃烧器36中的受压的空气，其中，燃料被引入并且燃烧，从而产生热的燃烧气体。将热的燃烧气体排出到高压涡轮38，在其中使燃烧气体膨胀以便从中提取能量。高压涡轮38通过转子轴42驱动压缩机32。将从高压涡轮38离开的燃烧气体排出到下游的功率涡轮44(有时也称作为“低压涡轮”或“工作涡轮”)。功率涡轮44驱动上面所描述的输出轴30。

[0018] 高压压缩机32、转子轴42以及高压涡轮38被共同称作为“芯部转子”或简称为“转子”46。转子46在固定的环形壳体48内转动，在该示例中，该壳体包括高压压缩机壳50和压缩机后部框架52。压缩机叶片34和涡轮叶片40的径向顶部限定了与壳体48的内表面的径向

间隙。

[0019] 在稳定阶段的发动机操作期间,到燃烧器的燃料流率和转子46的转动速度(RPM)大致恒定。因此,不同构件的温度大致恒定,连同在叶片顶部和壳体48之间的径向间隙(也大致恒定)。增大的发动机功率输出意味着增大的RPM、燃料流量以及构件温度,而减小的发动机功率输出意味着减小的RPM、燃料流量以及构件温度。在功率输出的变化期间,壳体48的物理特性趋向于使其比转子46更加热敏感。换句话说,响应于温度变化,壳体以比转子46更快的速率在径向方向上生长或收缩。该特性在上述的热停机期间特别重要,并且通常将导致转子锁住。

[0020] 在发动机操作期间,发动机20内的空气、气体以及构件温度趋向于围绕转子46的外围相对均匀地分布。换句话说,当从前向后看来观察时,在不同的时钟位置处的温度大致相等或者在相对狭窄的界限内变化。当发动机20被停机时,转子46减速并且在非常短的时间段内(例如大约2—3分钟)停止转动。一旦转子46停止,自然对流就引起转子46的上半部分发热,且比下部部分沿轴向更多地膨胀。结果转子46变成“弓弯的”。图3示意性地说明了这种弓弯,其中,线A代表转子46的中心纵向轴线(其名义上与发动机的中心纵向轴线同轴)的位置,并且线“A'”代表弓弯的转子46的中心轴线。为了说明的目的,极大地夸大了弓弯的程度。可以看出,该弓弯将趋向于减小在转子46和壳体48之间、沿着转子46在特定的轴向位置处的径向间隙。弓弯和壳体收缩共同构成了发动机20中的热机械变化。

[0021] 本发明提供了用于减小径向间隙损失和弓弯两者的设备和方法。根据本发明的一方面,可提供用于选择性地加热壳体48以便使其膨胀的方式。例如,图4说明了应用到壳体48的外部的已知类型的一系列的电阻加热元件54。各个加热元件54呈设置成与壳体48的外表面接触的环形圈的形式。单个的加热元件54连接到控制器56,其又连接到电功率源58,诸如电池、发电机或电功率网。预想到,可代替电阻加热元件54来使用其它类型的加热装置。例如,可代替刚性的元件而使用柔性的加热覆层(blanket)。作为另一个示例,中空管(未示出)可安装在壳体48的外表面周围,并且可使被加热的流体—诸如水、引气、油或蒸汽—通过管来循环。

[0022] 控制器56为能够选择性地从功率源58向加热元件54供应电功率的装置。可使用例如多个继电器来实现控制器56,或者其可结合可编程的逻辑控制器或基于微处理器的通用微型计算机。在所说明的示例中,加热元件54被划分为可被单独地提供功率的区域,其中,一些区域包含单个加热元件54且其它区域包含多个加热元件。使用分区控制允许加热速率取决于沿着壳体48在多个位置处的壁厚和构件构造而根据需要进行调整。

[0023] 在热停机发生后,加热壳体48(或壳体的所选择的部分)使得其膨胀并且增大在压缩机叶片34和壳体48的内表面之间的径向间隙。例如,壳体48可被加热到在大约260℃(500°F)到大约370℃(700°F)范围内的温度。这样的温度不足以高到损坏壳体48的材料,但基本上有效地增大间隙,并且因此使转子46解锁,所以发动机20可重新启动。一旦发动机20启动,就可终止加热。可通过执行固定持续时间的加热循环的简单的定时器来控制加热元件54。备选地,发动机20可设有操作地联接到控制器56(在图4中示意性地示出)的一个或多个应变计60或类似的传感器,并且当壳体48膨胀了预定的量时可终止加热循环。作为另一种备选方案,发动机20可设有操作地联接到控制器56(在图4中示意性地示出)的一个或多个热电偶62或类似的传感器,并且当壳体48被加热到预定的温度时可终止加热循环。

[0024] 根据本发明的另一方面,可提供用于在热停机后冷却转子46的方式。在所说明的示例中,鼓风机64包括基体66、风扇68(诸如离心式风扇)以及驱动风扇68的电马达70。风扇68的出口管道72可位于发动机入口24的前面,并且渐扩的适配器管道74可放置在这两者之间。鼓风机64布置成以基本上轴对称的方式通过发动机入口24来排出空气。鼓风机64连接到合适的功率源,诸如电池、发电机或电网(未示出)。

[0025] 在热停机发生后,鼓风机64位于发动机20的入口24的前面,并且马达70起动。鼓风机64推动处于室温—例如大约15°C(59°F)—的周围空气通过壳体48并且穿过转子46。由鼓风机64产生的空气流在低压时(例如大约3-4kPa(千帕)(12-16英寸H₂O))具有相对高的体积流率,例如大约28-51m³/min(1000-1800ACFM)。空气流有效地将转子46和壳体48冷却到一定程度,并且还有效地破坏围绕转子46的自然对流模式。这导致了围绕转子46的外围的温度的均衡化。温度的均衡化逆转了转子46的弓弯。鼓风机64的排出压力不足以使处于锁住状态中的转子46转动,但如果转子不处于锁住的状态中便足以使转子46旋转或“象风车般地转动”。因此,可通过监测转子46的转动速度来控制鼓风机64。当转子46开始以显著的速度(例如几百RPM)旋转时,可停止鼓风机64并且将其从入口24移开。

[0026] 上面所描述的加热和冷却技术可组合使用以便显著地减少停工时间,并且可能完全消除停工时间。试验已经显示,上面所描述的加热或冷却技术或它们的组合可将停工时段从几小时减少到几分钟。例如,使用技术的组合,停工时间可为大约10分钟到大约30分钟。

[0027] 可集成组合的加热和冷却技术的控制。例如,在热停机后,可同时起动加热元件54和鼓风机64,同时监测转子的速度。当转子46到达预定的阈值速度时,可终止加热和冷却两者。

[0028] 前文已经描述了一种用于减少在燃气涡轮发动机中的停工的方法。虽然已经描述了本发明的特定的实施例,对本领域技术人员将显而易见的是,在不背离本发明的精神和范围的情况下,可作出对本发明的各种修改。因此,本发明的优选的实施例的上述描述以及实践本发明的最佳模式仅提供用于说明的目的,而不是用于限制的目的,本发明由权利要求限定。

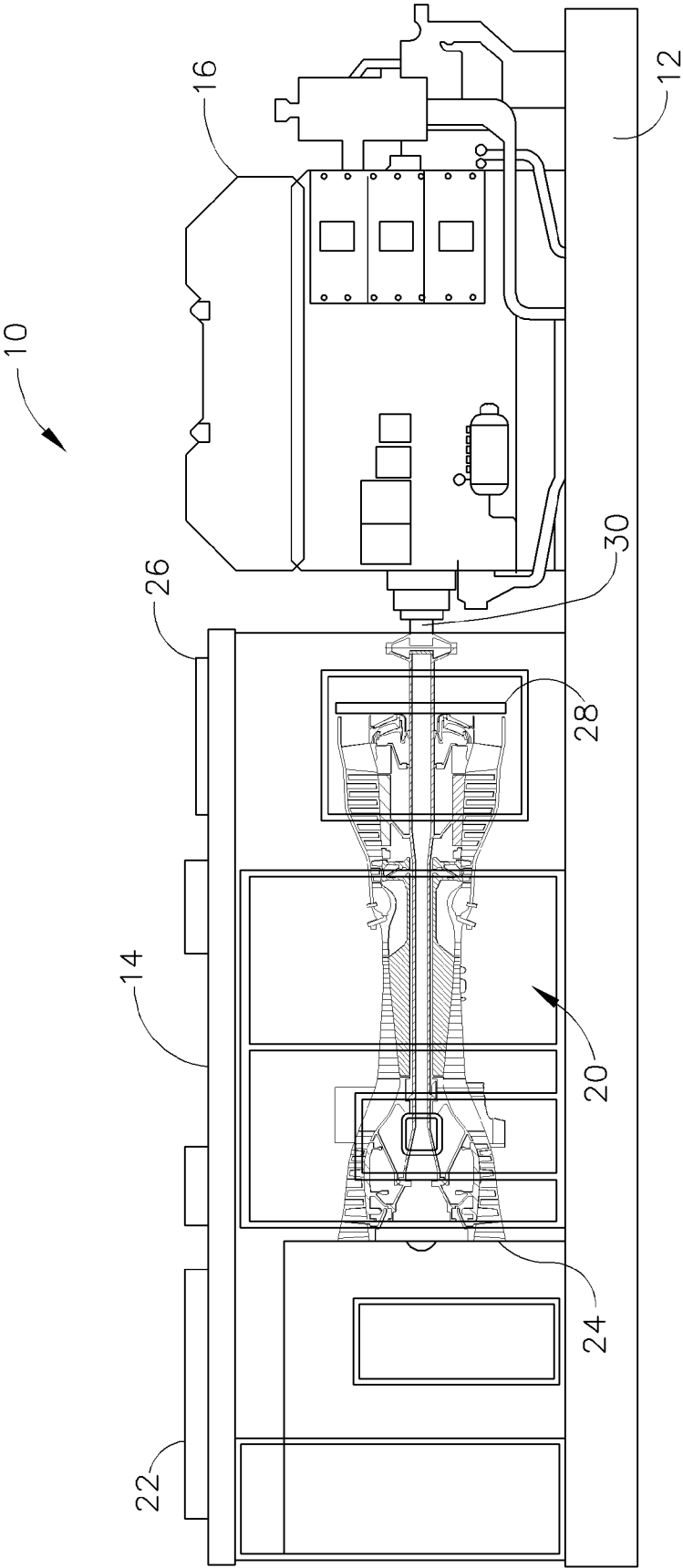


图 1

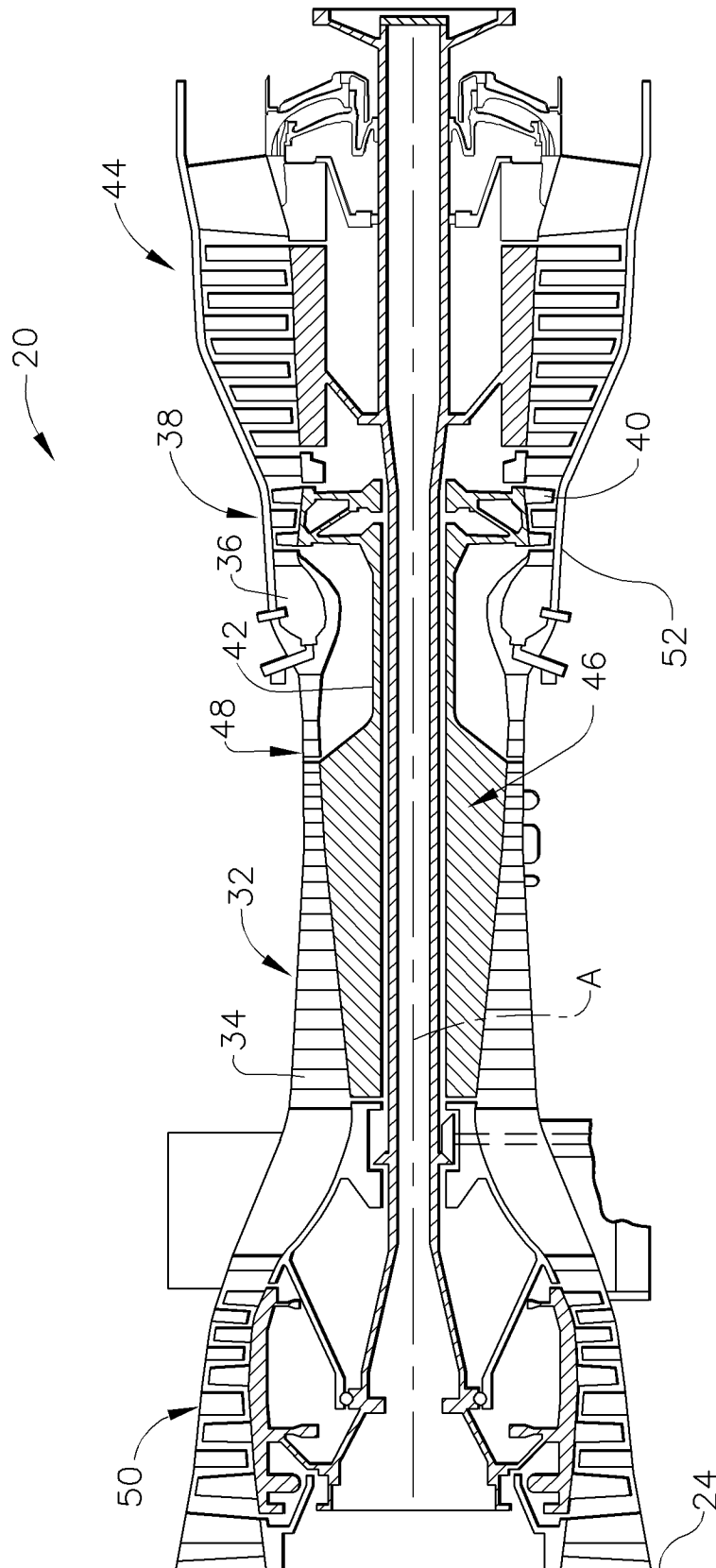


图 2

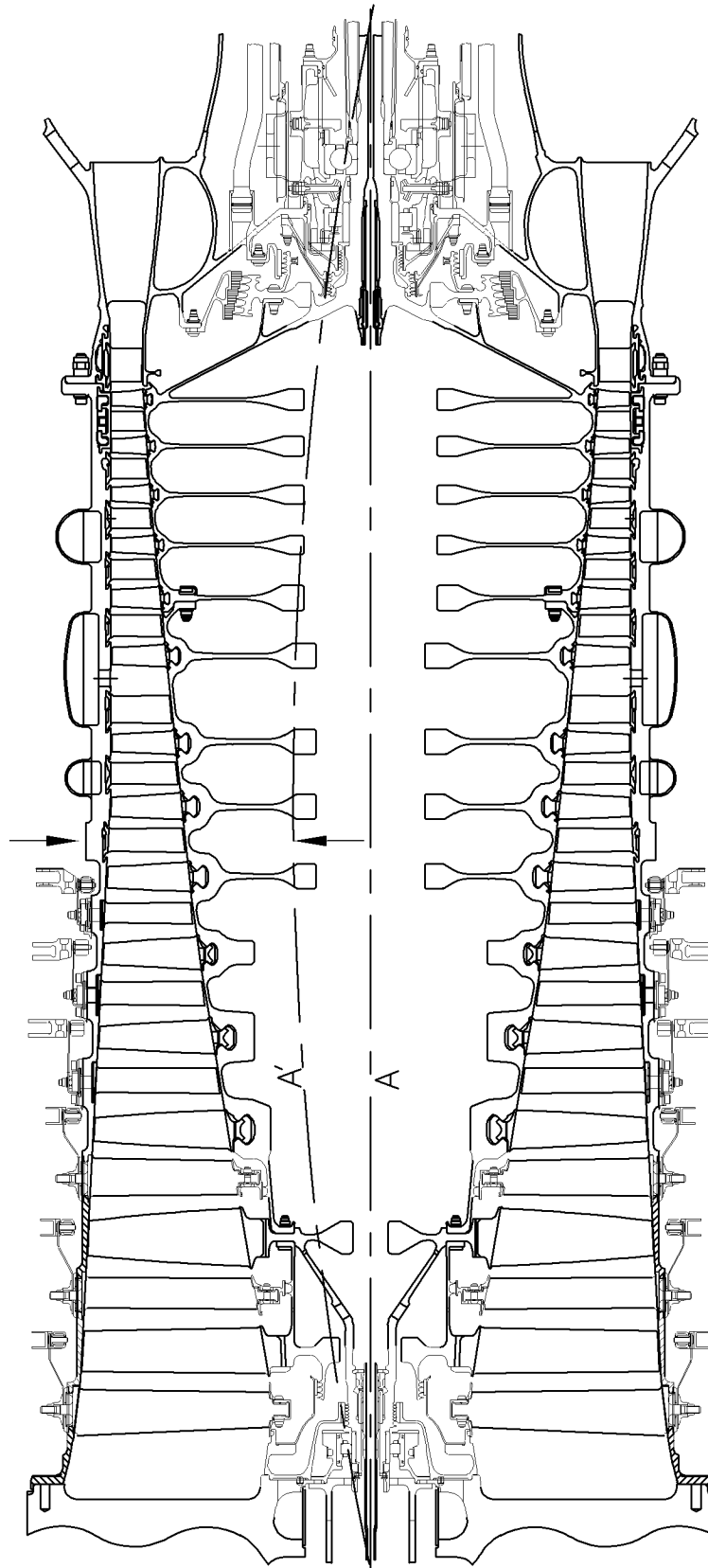


图 3

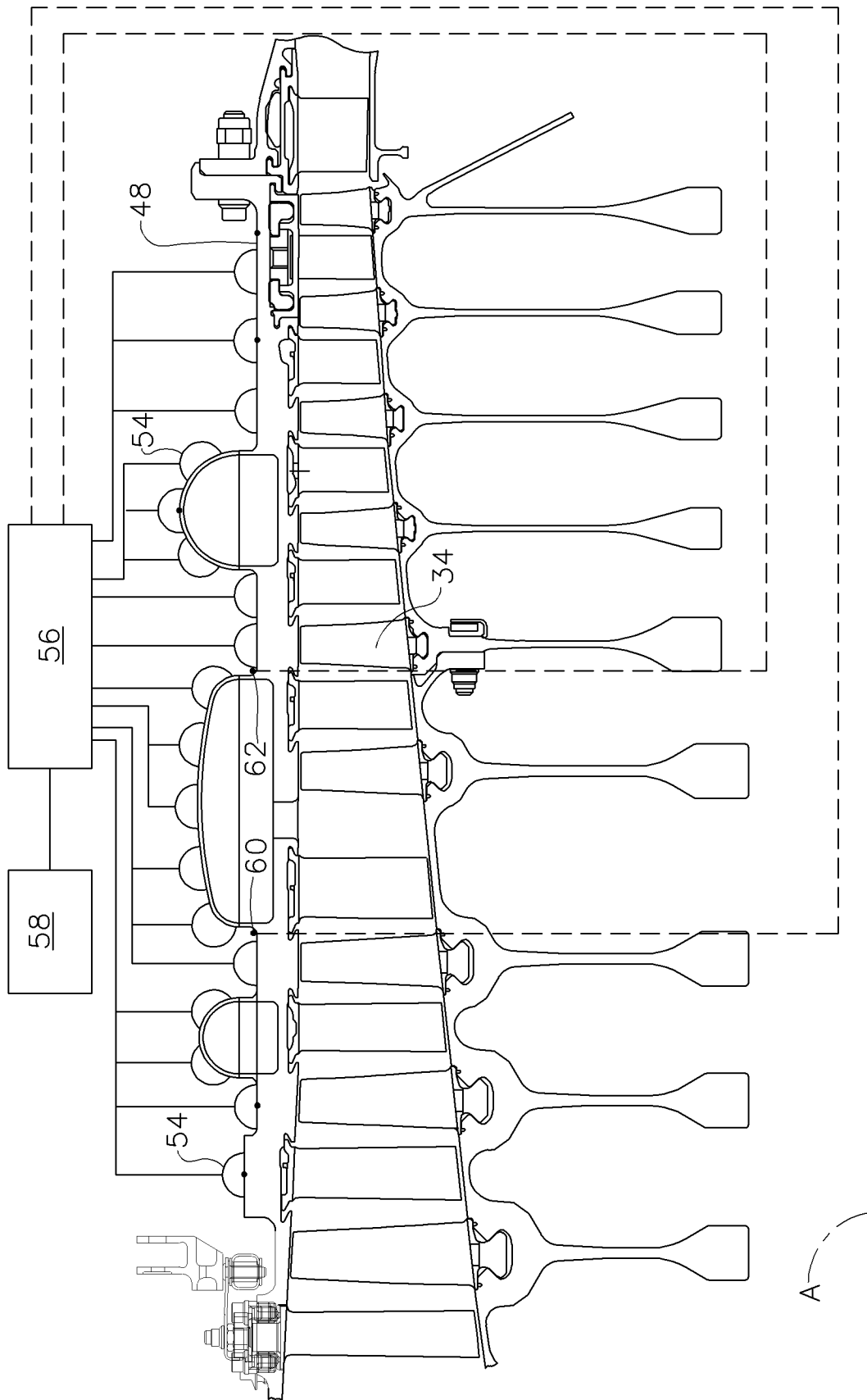


图 4

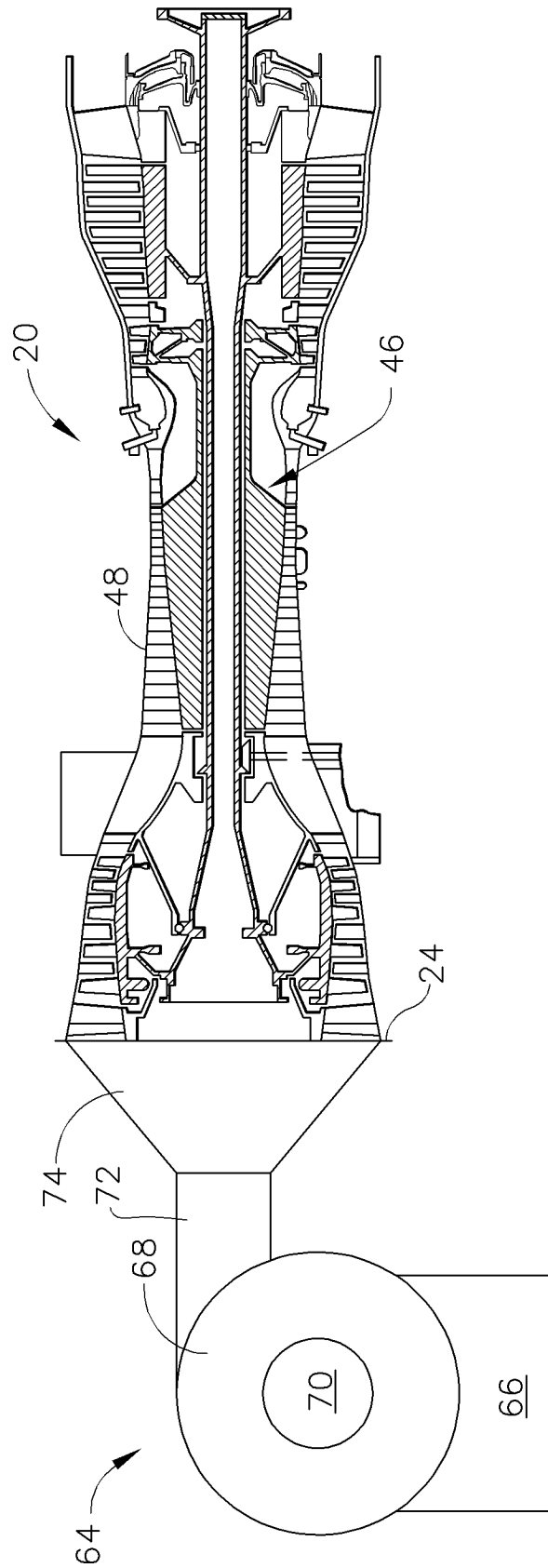


图 5