



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104769222 A

(43) 申请公布日 2015. 07. 08

(21) 申请号 201380057715. 4

(22) 申请日 2013. 11. 01

(30) 优先权数据

13/670, 788 2012. 11. 07 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 05. 05

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/067950 2013. 11. 01

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/074396 EN 2014. 05. 15

(71) 申请人 西门子公司

地址 德国慕尼黑

(72) 发明人 K-M. 撒姆 李经邦 V. P. 劳雷洛

A. M. 切哈布 D. A. 肯普

J. A. 福斯纳 Y. 尹

B. K. 休尔塔尼恩 W. 蔡

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 曲莹

(51) Int. Cl.

F01D 5/08(2006. 01)

F01D 21/00(2006. 01)

F01D 25/12(2006. 01)

F01D 25/34(2006. 01)

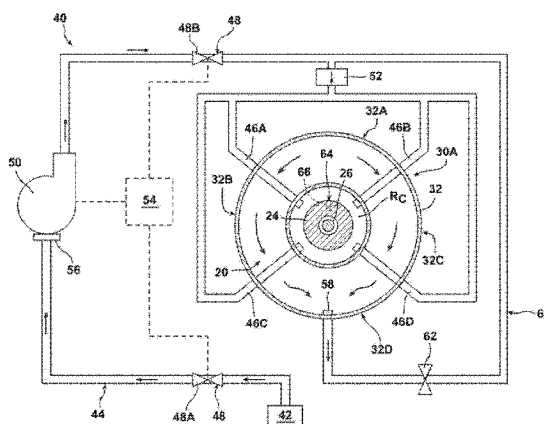
权利要求书3页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

位于燃气轮机发动机中的外部冷却流体喷射系统

(57) 摘要

一种用在燃气轮机发动机 (10) 中的冷却流体空气喷射系统 (40), 包括外部冷却流体源 (42)、至少一个转子冷却管 (46)、管道系统 (44)、鼓风机系统 (50) 和阀系统 (48), 至少一个转子冷却管用于将来自源的冷却流体喷射进转子室 (R_c) 中, 管道系统提供源与转子冷却管之间的流体连通, 鼓风机系统用于将冷却流体传输通过管道系统和转子冷却管而进入转子室。阀系统在全负荷发动机操作期间闭合, 以防止来自源的冷却流体穿过管道系统, 在低于全负荷发动机操作期间打开, 以允许来自源的冷却流体穿过管道系统。



1. 一种燃气轮机发动机,包括:

压缩器部分,在所述压缩器部分中压缩进入所述发动机的空气;

燃烧部分,在所述燃烧部分中,燃料与来自所述压缩器部分的压缩空气的至少一部分混合,并燃烧以产生热燃烧气体;

涡轮部分,在所述涡轮部分中,来自所述燃烧部分的热燃烧气体膨胀以从中提取能量,其中,所提取的能量的至少一部分用于在包括全负荷操作的第一发动机操作模式期间使涡轮转子旋转;

转子室,与所述涡轮部件内的要冷却结构连通;

至少一个转子冷却管,在所述第一发动机操作模式期间将从所述发动机提取的冷却空气喷射进所述转子室中;以及

冷却流体喷射系统,包括:

外部冷却流体源,所述外部冷却流体仅在包括低于全负荷操作的第二发动机操作模式期间喷射进所述转子室中;

所述至少一个转子冷却管,用于在所述第二发动机操作模式期间将来自所述外部冷却流体源的冷却流体喷射进所述转子室中;

管道系统,提供所述外部冷却流体源与所述至少一个转子冷却管之间的流体连通;

鼓风系统,用于将来自所述外部冷却流体源的冷却流体传输通过所述管道系统和所述至少一个转子冷却管而进入所述转子室;以及

阀系统:

所述阀系统在所述第一发动机操作模式期间闭合,以防止来自所述外部冷却流体源的冷却流体通过所述鼓风系统传输通过所述管道系统;以及

所述阀系统在所述第二发动机操作模式期间打开,以允许来自所述外部冷却流体源的冷却流体通过所述鼓风系统传输通过所述管道系统。

2. 如权利要求 1 所述的燃气轮机发动机,其中,所述外部冷却流体源包括至少一个环境空气入口。

3. 如权利要求 1 所述的燃气轮机发动机,还包括位于所述外部冷却流体源和所述转子室之间的过滤器,用于从在所述第二发动机操作模式期间喷射进所述转子室中的冷却流体中过滤颗粒。

4. 如权利要求 3 所述的燃气轮机发动机,其中,所述过滤器安置成固定到所述鼓风系统。

5. 如权利要求 1 所述的燃气轮机发动机,还包括控制器,基于发动机外壳的顶壁部分与所述发动机外壳的底壁部分之间的温差打开和闭合所述阀系统。

6. 如权利要求 1 所述的燃气轮机发动机,其中,所述阀系统:

在关闭操作开始时通过控制器打开以使所述发动机转换为停机状态和回转状态之一;以及

在启动操作开始时通过所述控制器闭合以使所述发动机转换为所述第一发动机操作模式。

7. 如权利要求 6 所述的燃气轮机发动机,其中,在所述停机状态或所述回转状态期间,所述涡轮转子没有通过从燃烧气体提取的能量旋转。

8. 如权利要求 1 所述的燃气轮机发动机, 其中, 在所述第一发动机操作模式期间由所述至少一个转子冷却管喷射进所述转子室中的冷却空气包括从与所述燃烧部分相关联的燃烧器壳体提取的壳体空气。

9. 如权利要求 1 所述的燃气轮机发动机, 其中, 所述转子室至少部分位于所述燃烧部分中。

10. 如权利要求 1 所述的燃气轮机发动机, 其中, 在所述第二发动机操作模式期间, 所述鼓风系统的操作与旋转冷却操作交替, 其中, 在旋转冷却操作期间:

所述鼓风系统关闭; 以及

所述转子的转速增加到预定速度, 而不会燃烧所述燃烧部分中的空气和燃料。

11. 如权利要求 10 所述的燃气轮机发动机, 其中, 在执行旋转冷却操作之后, 所述鼓风系统的操作运行, 以将来自所述外部冷却流体源的冷却流体传输通过所述管道系统和所述至少一个转子冷却管而进入所述转子室中。

12. 如权利要求 12 所述的燃气轮机发动机, 其中, 所述旋转冷却操作执行一预定时间。

13. 如权利要求 1 所述的燃气轮机发动机, 还包括冷却器, 用于在冷却流体经由所述至少一个转子冷却管喷射进所述转子室之前冷却来自所述外部冷却流体源的冷却流体。

14. 一种用于操作燃气轮机发动机的方法, 包括:

压缩所述发动机的压缩器部分中的空气;

在所述发动机的燃烧部分中混合燃料与压缩空气的至少一部分, 并燃烧混合物, 以产生热燃烧气体;

在所述发动机的涡轮部分中使所述热燃烧气体膨胀以从中提取能量, 其中, 所提取的能量的至少一部分用于在包括全负荷操作的第一发动机操作模式期间使涡轮转子旋转;

在所述第一发动机操作模式期间经由至少一个转子冷却管将从所述发动机提取的空气喷射进转子室中, 所喷射的空气提供了对所述涡轮部分内的要冷却结构的冷却;

在包括低于全负荷操作的第二发动机操作模式期间:

运行鼓风系统的操作, 以:

将来自所述外部冷却流体源的冷却流体传输通过管道系统而到达至少一个转子冷却管; 以及

经由所述至少一个转子冷却管将来自所述外部冷却流体源的冷却流体喷射进所述转子室中。

15. 如权利要求 14 所述的方法, 其中, 来自所述外部冷却流体源的冷却流体在所述第一发动机操作模式期间没有注射进所述转子室中, 来自所述发动机的空气在所述第二发动机操作期间没有经由至少一个转子冷却管注射进所述转子室中。

16. 如权利要求 15 所述的方法, 其中, 阀系统在所述第二发动机操作模式期间打开, 以允许来自所述外部冷却流体源的冷却流体通过所述鼓风系统传输通过所述管道系统。

17. 如权利要求 16 所述的方法, 其中, 所述阀系统在所述第一发动机操作模式期间闭合, 以防止来自空气通过所述鼓风系统传输通过所述管道系统。

18. 如权利要求 17 所述的方法, 其中, 所述阀系统基于发动机外壳的顶壁部分和所述发动机外壳的底壁部分之间的温差由控制器打开和闭合, 所述发动机外壳布置在所述发动机的各部分周围。

19. 如权利要求 17 所述的方法,其中,所述阀系统:

在关闭操作开始时通过控制器打开以使所述发动机转换为停机状态和回转状态之一;
以及

在启动操作开始时通过所述控制器闭合以使所述发动机转换为所述第一发动机操作模式。

20. 如权利要求 14 所述的方法,还包括:

在所述鼓风系统操作一预定周期之后,使所述鼓风系统的操作停止,并通过增加转子的转速而不会燃烧所述燃烧部分中的空气和燃料来执行旋转冷却操作;以及

在执行所述旋转冷却操作之后,使所述鼓风系统的操作运行,以将来自所述外部冷却流体源的冷却流体传输通过所述管道系统和所述至少一个转子冷却管而进入所述转子室。

位于燃气轮机发动机中的外部冷却流体喷射系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种位于燃气轮机发动机中的外部冷却流体喷射系统,其中,该系统可在低于全负荷操作期间操作,以在发动机的选定区域内产生更均匀的温度分布。

背景技术

[0002] 在燃气轮机发动机操作期间,空气在压缩器部分中压缩,然后在燃烧部分中与燃料混合并燃烧,以产生热燃烧气体。在筒环形燃气轮机发动机中,燃烧部分包括燃烧器设备的环形阵列,有时称为“筒”或“燃烧器”,其均将热燃烧气体供应到发动机的涡轮部分,在涡轮部分,热燃烧气体膨胀以从中提取能量来提供输出功率,输出功率又用于发电。

发明内容

[0003] 根据本发明,提供了一种燃气轮机发动机,包括压缩器部分、燃烧部分和涡轮部分,在压缩器部分中压缩拉入发动机中的空气,在燃烧部分中,燃料与来自压缩器部分的压缩空气的至少一部分混合并燃烧,以产生热燃烧气体,在涡轮部分中,来自燃烧部分的热燃烧气体膨胀以从中提取能量,其中,提取的能量的至少一部分用于在包括全负荷操作的第一发动机操作模式期间使涡轮转子旋转。发动机还包括转子室、至少一个转子冷却管和冷却流体喷射系统,转子室与在涡轮部分内要冷却的结构连通,至少一个转子冷却管在第一发动机操作模式期间将从发动机中提取的冷却空气喷射进转子室中。冷却流体喷射系统包括外部冷却流体源、至少一个转子冷却管、管道系统、鼓风系统和阀系统,外部冷却流体仅在包括低于全负载操作的第二发动机操作模式期间喷射进转子室中,至少一个转子冷却管用于在第二发动机操作模式期间将来自外部冷却流体源的冷却流体喷射进转子室中,管道系统提供外部冷却流体源与至少一个转子冷却管之间的流体连通,鼓风系统用于将来自外部冷却流体源的冷却流体输送通过管道系统和至少一个转子冷却管,进入转子室。阀系统在第一发动机操作模式期间闭合,以防止来自外部冷却流体源的冷却流体被鼓风系统输送通过管道系统,阀系统在第二发动机操作模式期间打开,以允许来自外部冷却流体源的冷却流体被鼓风系统输出通过管道系统。

[0004] 根据本发明的第二方面,提供了一种用于操作燃气轮机的方法。空气在发动机的压缩器部分中压缩。燃料与压缩空气的至少一部分混合,该混合物在发动机的燃烧部分中燃烧,以产生热燃烧气体。热燃烧气体在发动机的涡轮部分中膨胀以从中提取能量,其中,提取的能量的至少一部分用于在包括全负荷操作的第一发动机操作模式期间使涡轮转子旋转。在第一发动机操作模式期间经由至少一个转子冷却管将从发动机提取的空气喷射进转子室中。喷射的空气提供对涡轮部分内的要冷却结构的冷却。在包括低于全负荷操作的第二发动机操作模式期间,鼓风系统的操作使得可将来自外部冷却流体源的冷却流体输出通过管道系统,到达至少一个转子冷却管,并经由至少一个转子冷却管将来自外部冷却流体源的冷却流体喷射进转子室中。

附图说明

[0005] 尽管说明书以特别指出并明确要求本发明的权利要求结束,但是应认为,结合附图,通过以下描述可更好地理解本发明,在附图中,类似的参考标号表示类似的元件,附图中:

[0006] 图 1 是根据本发明实施例的包括冷却流体喷射系统的燃气轮机发动机的部分截面侧视图;

[0007] 图 1A 是图 1 的放大部分,示出用于将冷却流体传输到发动机涡轮部分内要冷却结构的流体回路;以及

[0008] 图 2 是图 1 所示冷却流体喷射系统的示意图。

具体实施方式

[0009] 在下面对优选实施例的详细描述中,参考形成本发明一部分的附图,在附图中,仅以说明性方式而不以限制性方式示出可实施本发明的指定优选的实施例。应理解,可使用其它实施例,在不脱离本发明的精神和范围的情况下,可以进行改变。

[0010] 参见图 1,示出根据本发明的燃气轮机发动机 10。发动机 10 包括压缩器部分 12、包括多个燃烧器 16(本文中还称为“燃烧器设备”)的燃烧部分 14 和涡轮部分 18。应注意,根据本发明的发动机 10 优选地包括布置在发动机 10 的纵向轴线 L_A 周围的燃烧器 16 环形阵列,纵向轴线限定出发动机 10 内的轴向方向。这种构造通常称为“筒环形燃烧系统”。

[0011] 压缩器部分 12 引入并加压进入空气,进入空气的至少一部分被引导至燃烧器壳体 20,以传输至燃烧器 16。燃烧器壳体 20 中的空气在下文中称为“壳体空气”。加压空气的其它部分可从压缩器部分 12 提取出,以冷却发动机 10 内的各部件,比如涡轮部件 18 中的部件。

[0012] 在进入燃烧器 16 时,来自压缩器部分 12 的压缩空气与燃料混合,并被点燃以在相应燃烧器 16 内产生以湍流方式高速流动的高温燃烧气体。然后,每个燃烧器 16 中的燃烧气体流过相应过渡管 22(图 1 仅示出一个过渡管 22)到达涡轮部分 18,在涡轮部分,燃烧气体膨胀以从中提取能量。从燃烧气体中提取的能量的一部分用于提供涡轮转子 24 的旋转,涡轮转子平行于可旋转轴 26 延伸,可旋转轴沿纵向轴线 L_A 轴向地延伸通过发动机 10。

[0013] 如图 1 所示,提供发动机外壳 30 以围绕相应发动机部分 12、14、18。外壳 30 的布置在燃烧部分 14 周围的一部分 30A 包括限定出燃烧器壳体 20 的外壳壁 32,即,燃烧器壳体 20 限定出外壳部 30A 内的内部容积。如图 2 所示,外壳壁 32 包括顶壁部分 32A、左侧壁部分和右侧壁部分 32B、32C 以及底壁部分 32D。

[0014] 现在描述根据本发明方面的外部冷却流体喷射系统 40。参见图 2,所示实施例中的冷却流体喷射系统 40 包括外部冷却流体源 42,在所示实施例中,外部冷却流体源包括环境空气入口。尽管根据该实施例的外部冷却流体源 42 包括单个环境空气入口,但是除了环境空气或者代替环境空气,可使用其它冷却流体源,比如喷雾、蒸汽或水。另外,可提供额外的环境空气端口。

[0015] 冷却流体喷射系统 40 还包括管道系统 44,其设置成将来自外部冷却流体源 42 的冷却流体输送到多个转子冷却管 46A、46B、46C、46D,多个转子冷却管关于外壳壁 32 的圆周大致均匀地间隔开,如图 2 所示。尽管根据该实施例的冷却流体喷射系统 40 包括四个转子

冷却管 46A-D,但是可提供任何合适数量的转子冷却管。如下所讨论的,转子冷却管 46A-D 将来自外部冷却流体源 42 的冷却流体喷射进转子室 R_c 中,转子室与涡轮部分 18 内要冷却的结构连通,比如可旋转的涡轮叶片 T_b 排、支撑涡轮叶片 T_b 排并形成转子 24 一部分的叶盘结构 B_{ds} ,和 / 或位于叶盘结构 B_{ds} 与相邻静止涡轮轮叶 T_v 排之间的涡轮盘空腔 T_{dc} ,见图 1A。如图 1A 最清楚示出,转子室 R_c 至少部分地位于燃烧部分 14 中,并与燃烧器壳体 20 隔离,即转子室 R_c 未直接暴露于燃烧器壳体 20。

[0016] 如图 2 所示,冷却流体喷射系统 40 又包括阀系统 48、鼓风系统 50 和可选的冷却器 52,在所示实施例中,阀系统包括第一和第二阀 48A、48B,但是还可使用额外或更少的阀,在所示实施例中,鼓风系统包括单个鼓风机,但是还可使用额外的鼓风机或排出器。阀系统 48 和鼓风系统 50 由控制器 54 控制,以选择性地允许或防止来自外部冷却流体源 42 的冷却流体穿过管道系统 44,如下更详细所述。当阀系统 48 打开时,鼓风系统 50 设置成从外部冷却流体源 42 提取冷却流体,并将提取的冷却流体输送通过管道系统 44,到达转子冷却管 46A-D,并进入转子室 R_c 。冷却器 52 设置成冷却冷却流体。如图 2 所示,过滤器 56 可设置在外冷却流体源 42 和转子室 R_c 之间,以从冷却流体过滤颗粒。根据图 2 所示实施例,过滤器 56 固定到鼓风系统 50 的鼓风器的上游侧,但是过滤器 56 可位于外部冷却流体源 42 的下游的任何地方。

[0017] 现在描述一种操作发动机 10 的方法。在发动机 10 正常操作期间,还已知为全负荷或基本负荷操作并在本文中还称为第一发动机操作模式,燃烧器壳体 20 和转子室 R_c 之间的压差导致壳体空气中的一些朝向转子室 R_c 经由位于外壳壁 32 的底壁部分 32D 处的出口 58 流出燃烧器壳体 20 (见图 1 和 2),即,在发动机 10 的正常操作期间,转子室 R_c 中的压力小于燃烧器壳体 20 中的压力。应注意,出口 58 可位于外壳壁 32 中的其它位置。在第一发动机操作模式期间朝向转子室 R_c 经由出口流出燃烧器壳体 20 的这部分空气在本文中又称为“主路空气(primary path air)”。如图 2 所示,主路空气沿主回路 60 流过主阀 62,并穿过冷却器 52,以经由转子冷却管 46A-D 传输进转子室 R_c 中,主阀仅在第一发动机操作模式期间打开。应注意,尽管本文所述主路空气包括来自燃烧器壳体 20 的壳体空气,但是主路空气可包括来自发动机 10 的其它部分的空气。例如,主路空气可直接从压缩器部分 12 放出。

[0018] 一旦在转子室 R_c 中,主路空气便经由流体回路 64 传输至涡轮部分 18 中的要冷却结构,见图 1A。如本领域技术人员所明白的,流体回路 64 可包括例如位于转子室 R_c 和涡轮部分 18 中的要冷却结构之间的部件中的一系列通道。例如,一个或多个通道 66 (见图 2) 可形成穿过转子 24,通道 66 可与形成在涡轮部分 18 的叶盘结构 B_{ds} 中的通道(未示出)连通。叶盘结构 B_{ds} 中的通道又可导向涡轮叶片 T_b 排和 / 或相邻的涡轮盘空腔 T_{dc} ,如图 1A 所示。应注意,图 1A 示意性示出冷却回路 64,冷却回路可具有任何适合的构造,以将流体传输至涡轮部分 18 中的要冷却结构。

[0019] 在第一发动机操作模式期间,第一和第二阀 48A、48B 闭合,鼓风系统 50 关掉或者不工作。因此,阀系统 48 明显地防止来自外部冷却流体源 42 的冷却流体被鼓风系统 50 输送通过管道系统 44 并进入转子室 R_c ,但是应注意,在第一发动机操作模式期间,壳体空气经由主回路 60 传送进转子室 R_c 中,如上所讨论的。

[0020] 在开始关闭操作(turn down operation)(实施成使发动机 10 转换为停机状态或

回转状态 (turning gear state)) 时, 最终停止燃料至燃烧器 16 的供给, 使得在燃烧器 16 中产生高温燃烧气体减少至零。当燃烧气体不再在燃烧器 16 中产生时, 涡轮转子 24 的旋转不能通过燃烧气体实现, 涡轮转子 24 的旋转减慢至接近停止。在减慢至接近停止之后, 涡轮转子 24 的缓慢旋转可在本文中称为回转状态的操作状态中通过外部电源 (未示出) 实现, 比如启动电机。在典型的发动机 10 中, 这种关闭操作可花费至少约 10-15 分钟来使发动机 10 完全转换为回转状态, 在这期间, 燃烧器 16 中的燃烧最终停止。或者, 涡轮转子 24 的旋转可在本文中称为停机状态的操作状态中完全停止。如本文所使用的, 第二发动机操作模式意在涵盖发动机 10 的关闭操作、回转状态或停机状态, 它们均是低于全负荷操作 (即第一发动机操作模式) 的所有发动机操作状态。

[0021] 根据本发明的方面, 在开始关闭操作以使发动机 10 转换为回转状态或停机状态时, 控制器 54 打开第一和第二阀 48A、48B, 闭合主阀 62, 以防止空气穿过主回路 60。在第二发动机操作模式期间, 鼓风系统 50 由控制器 54 打开或者动作, 以从外部冷却空气源 42 提取冷却流体。鼓风系统 50 将冷却流体传输 (即泵送) 通过管道系统 44 和转子冷却管 46A-D, 并将冷却流体喷射进转子室 R_c 中。当处于转子室 R_c 中时, 冷却流体经由流体回路 64 输送以冷却涡轮部分 18 内的结构, 见图 1A。

[0022] 根据本发明的另一方面, 回转状态可运行一预定时间, 或者直到一个或多个选定发动机部件到达预定温度为止, 在这时, 发动机 10 可转换为停机状态。在该布置下, 在回转状态期间, 阀 48A、48B 维持打开位置, 鼓风系统 50 继续操作以从外部冷却流体源 42 提取冷却流体, 以将提取的冷却流体传输通过管道系统 44 和转子冷却管 46A-D, 并将提取的冷却流体喷射进转子室 R_c 中。然而, 在发动机 10 进入停机状态时, 即在完成回转状态之后, 鼓风系统 50 可通过控制器 54 关闭或停止运行, 以停止泵送冷却流体。在停机状态期间, 阀 48A、48B 可保持打开或者控制器 54 可闭合它们, 但是在开始发动机启动过程以使发动机 10 返回全负荷操作时, 它们可通过控制器 54 闭合, 主阀 62 打开。

[0023] 根据本发明的又一方面, 在第二发动机操作模式期间, 控制器 54 可基于发动机外壳部 30A 的顶壁部分 32A 和发动机外壳部 30A 的底壁部分 32D 之间温差打开 / 关闭阀系统 48, 并使鼓风系统 50 的操作开始 / 停止。例如, 在第二发动机操作模式期间, 如果确定了顶壁部分 32A 的温度比底壁部分 32D 的温度大多于第一预定量, 则阀系统 48 可打开, 鼓风系统 50 的操作可开始, 直到确定了顶壁部分 32A 的温度比底壁部分 32D 的温度大低于第二预定量为止。应注意, 发动机 10 内各地点的温差 (比如外壳 30 的与涡轮部分 18 相关联的部分的顶部和底部之间的温差) 还可用于启动阀系统 48 的打开 / 关闭以及鼓风系统 50 的操作的开始 / 停止。

[0024] 根据本发明的又一方面, 在第二发动机操作模式期间, 鼓风系统 50 的操作可与旋转冷却操作交替。在示例性旋转冷却操作期间, 鼓风系统 50 可关闭, 以停止将来自外部冷却流体源 42 的冷却流体传输通过管道系统 44 并进入转子室 R_c , 转子 24 的转速可增加到预定速度, 比如约 850RPM, 而不会在燃烧部分 14 中燃烧空气和燃料, 即使得在燃烧器 16 中不会产生燃烧气体。旋转冷却操作可执行一预定期限, 比如约五分钟的预定时间周期, 直到选择的发动机部件到达期望温度为止, 直到部件温差到达预定目标为止等。

[0025] 在执行旋转操作之后, 鼓风系统 50 的操作可再次开始, 以将来自外部冷却流体源 42 的冷却流体传输通过管道系统 44 和转子冷却管 46A-D 而进入转子室 R_c 。如上所述, 在

第二发动机操作模式期间,旋转冷却操作可与鼓风系统 50 的操作交替,以使对涡轮部分 18 中的要冷却结构(尤其是涡轮转子 24)的冷却最大,并还促进发动机 10 内的更均匀冷却。

[0026] 通过冷却流体喷射系统 40 供给至转子空腔 R_c 的冷却流体对涡轮部分 18 内的要冷却结构(例如可旋转涡轮叶片 T_b 排、叶盘结构 B_{ds} 、涡轮盘空腔 T_{dc} 等)的冷却减少了叶盘结构 B_{ds} 和涡轮叶片 T_b 的热膨胀。另外,通过冷却流体对涡轮部分 18 内的要冷却结构的冷却在涡轮部分 18 内产生了更均匀的温度分布,由于更热的空气趋向于移动至涡轮部分 18 中的外壳 30 的顶部,从而导致外壳 30 顶部处的温度比底部处更热。

[0027] 通过冷却流体喷射系统 40 实现的叶盘结构 B_{ds} 和涡轮叶片 T_b 的热膨胀的减少以及涡轮部分 18 内的更均匀温度被认为减少或防止了由于涡轮部分 18 内和周围的部件以不同速率热生长而导致的问题,比如发动机外壳 30 的变形和 / 或涡轮部分 18 中的涡轮叶片 T_b (见图 1A) 顶端 T_t 与涡轮叶片 T_b 外部的环段 R_s (见图 1A) 的磨擦,从而延长了这些部件的寿命,并在全负荷操作期间维持了紧密的叶片顶端 T_t 间隙,以改进了涡轮效率。涡轮叶片顶端 T_t 与环段 R_s 的摩擦的减少 / 防止还减少 / 防止了由过热引起的顶端氧化,因为这些部件的摩擦会堵塞形成在涡轮叶片顶端 T_t 上的冷却孔。

[0028] 此外,在第二发动机操作模式期间通过冷却流体喷射系统 40 实现的主动冷却涡轮部件 18 中的要冷却结构(更确切地,涡轮转子 24)被认为提供发动机 10 的工作中断时间的减小。例如,发动机 10 能够在冷却流体注射系统 40 一冷却涡轮转子 24 便工作,而在没有冷却流体注射系统 40 的情况下,发动机 10 必须在工作之前处于回转状态至少约 14 小时或者处于旋转冷却操作一延长时期,因为涡轮转子 24 对于涡轮部分 18 的工作来说会过热。应认为,通过使用冷却流体喷射系统 40 来冷却涡轮转子 24,发动机 10 可立即工作。另外,冷却流体喷射系统 40 提供同时的组合方式来冷却涡轮转子 24 并在发动机外壳 30 内产生更均匀温度分布来减少 / 防止发动机外壳 30 的变形。

[0029] 尽管示出和描述了本发明的特定实施例,但是本领域技术人员应当明白,在不脱离本发明的精神和范围的情况下,可进行许多其它改变和修改。因此,意在于所附权利要求书中涵盖位于本发明范围内的所有这些改变和修改。

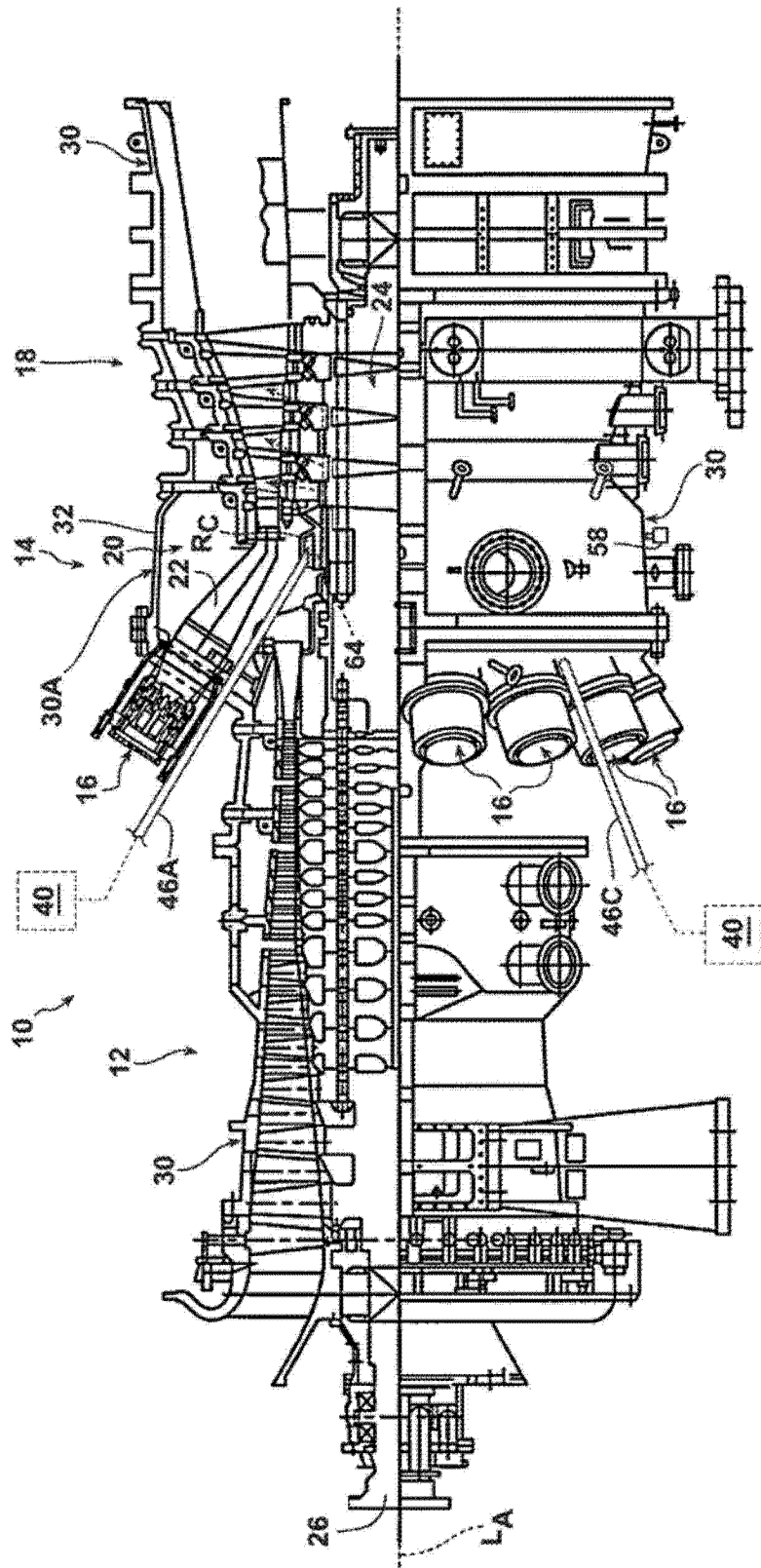


图 1

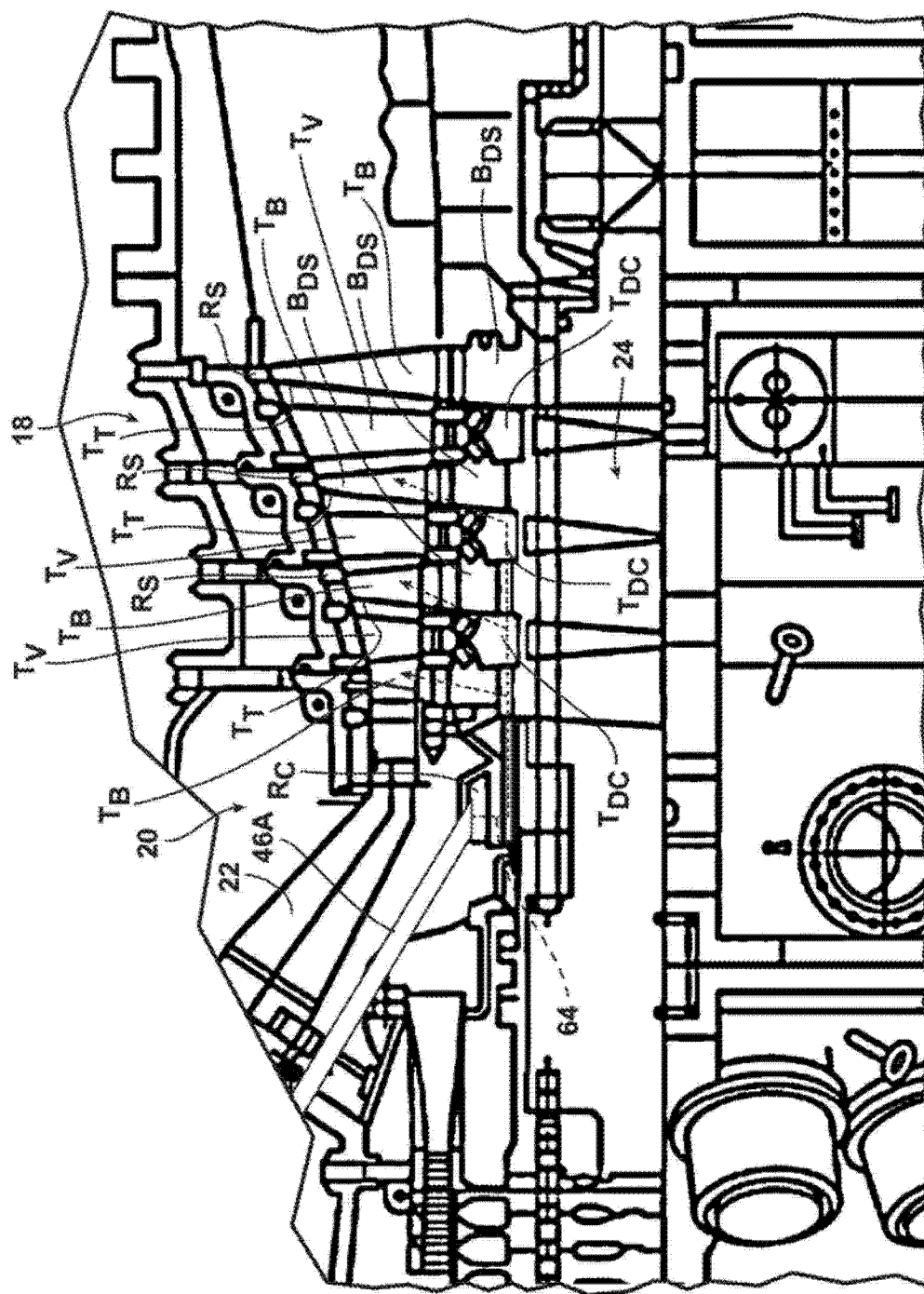


图 1A

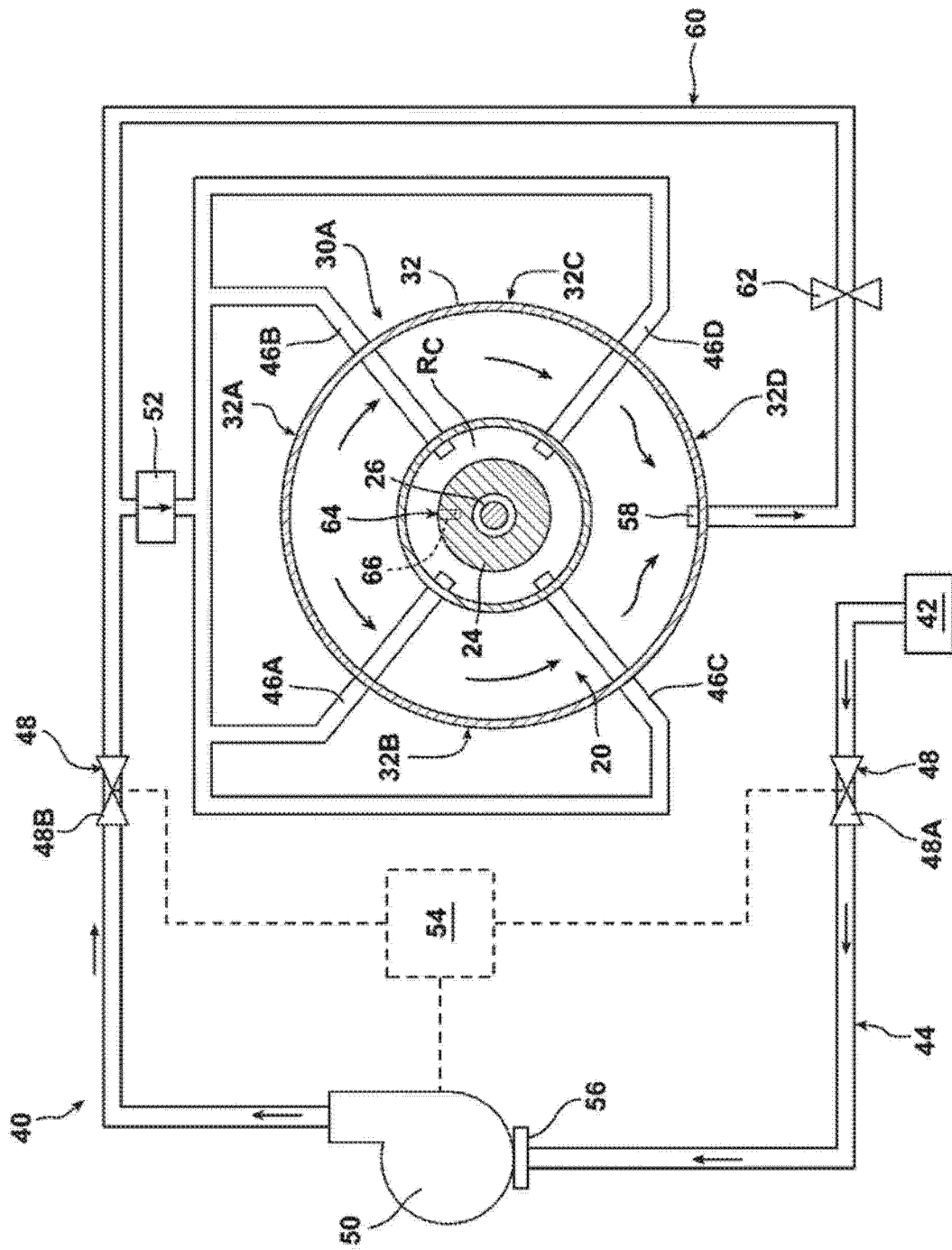


图 2