



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118019902 A

(43) 申请公布日 2024. 05. 10

(21) 申请号 202280063368.5

(22) 申请日 2022.11.10

(30) 优先权数据

21209307.4 2021.11.19 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.03.19

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2022/081504 2022.11.10

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/088784 EN 2023.05.25

(71) 申请人 涡轮增压系统瑞士有限公司

地址 瑞士巴登

(72) 发明人 珍-弗朗索瓦·蒂索

西里尔·贝索纳德

(74) 专利代理机构 北京柏杉松知识产权代理事

务所(普通合伙) 11413

专利代理师 侯丽英 谢攀

(51) Int.Cl.

F02D 41/00 (2006.01)

F02B 37/10 (2006.01)

F02B 39/10 (2006.01)

F02D 41/14 (2006.01)

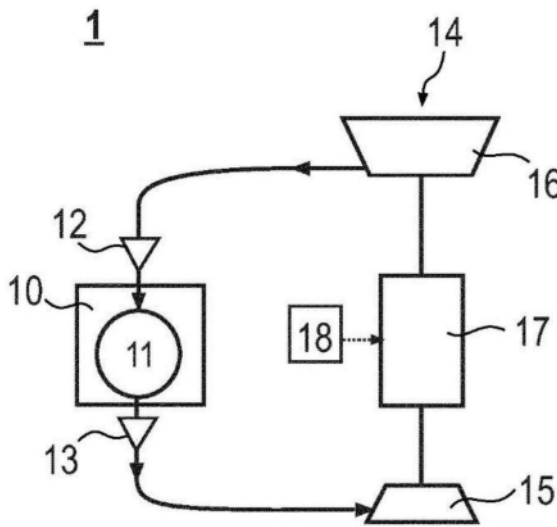
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

涡轮增压发动机系统以及对涡轮增压发动机系统进行增压和排放控制的方法

(57) 摘要

描述了一种涡轮增压发动机系统(1)。涡轮增压发动机系统包括具有至少一个气缸(11)的内燃机(10)、被配置为向所述至少一个气缸(11)供应进气的至少一个进气阀(12),以及被配置为从所述至少一个气缸(11)中排出废气的至少一个出气阀(13)。所述至少一个进气阀(12)配置为提供恒定的米勒正时或恒定的阿特金森正时。此外,涡轮增压发动机系统包括至少一个涡轮增压器(14),涡轮增压器(14)具有涡轮机(15)和用于对进气加压的压缩机(16);至少一个电功率转换器(17),其与压缩机(16)和涡轮机(15)中的至少一个耦合;以及控制装置(18),其被配置用于控制所述至少一个电功率转换器(17)向压缩机(16)和涡轮机(15)中的至少一个提供功率或从压缩机(16)和涡轮机(15)中的至少一个获取功率,从而实现内燃机(10)的至少一种运行参数的目标值。



1. 一种涡轮增压发动机系统(1),包括:

- 具有至少一个气缸(11)的内燃机(10);
- 至少一个进气阀(12),其被配置为向所述至少一个气缸(11)供应进气或空气-燃料混合物,所述至少一个进气阀(12)被配置为在所述至少一个进气阀的打开状态和关闭状态之间提供恒定的循环阀正时,所述恒定的循环阀正时是米勒正时或阿特金森正时;
- 至少一个出气阀(13),其配置为从所述至少一个气缸(11)中排出废气;
- 至少一个涡轮增压器(14),其具有涡轮机(15)和用于对进气或空气-燃料混合物加压的压缩机(16);
- 至少一个电功率转换器(17),其与所述压缩机(16)和所述涡轮机(15)中的至少一个耦合;和
- 控制装置(18),其被配置用于控制所述至少一个电功率转换器(17)向所述压缩机(16)和所述涡轮机(15)中的至少一个提供功率或从所述压缩机(16)和所述涡轮机(15)中的至少一个获取功率,以实现所述内燃机(10)的至少一个运行参数的目标值,其中,所述涡轮机(15)具有有效截面 $S_{res,T}$,其尺寸设定使得在所述内燃机(10)的非加速运行期间,所述涡轮机(15)产生的功率至少提供所述压缩机达到所述至少一个运行参数的目标值所需的功率,而无需使用所述至少一个电功率转换器(17)作为马达。

2. 根据权利要求1所述的涡轮增压发动机系统(1),其中,所述控制装置(18)被配置为将所述至少一个运行参数的实际值与所述至少一个运行参数的目标值进行比较,并且其中,当所述实际值与目标值之间存在偏差时,所述控制装置(18)控制所述至少一个电功率转换器(17)。

3. 根据权利要求2所述的涡轮增压发动机系统(1),其中,所述至少一个运行参数的实际值是所述至少一个运行参数的测量值,或者其中,所述实际值是根据所述至少一个运行参数的测量值计算得到的值。

4. 根据权利要求1至3中任一项所述的涡轮增压发动机系统(1),还包括至少一个传感器(19),用于测量所述至少一个运行参数。

5. 根据权利要求1至4中任一项所述的涡轮增压发动机系统(1),其中,所述至少一个运行参数选自由以下组成的组:空气质量流率 Q_{in} 、空燃比 λ 、进入压力 p_{in} ,特别是进气压力或进气-燃料混合物压力、废气温度 T_{ex} 和 NO_x 排放率 Q_{out} 。

6. 根据权利要求1至5中任一项所述的涡轮增压发动机系统(1),其中,所述至少一个电功率转换器(17)被配置为在所述内燃机(10)的加速模式期间用作马达和/或仅在非加速模式期间用作发电机。

7. 根据权利要求1至5中任一项所述的涡轮增压发动机系统(1),其中,所述有效截面 $S_{res,T}$ 是 $S_{res} = (S_{Rt} \times S_{St}) / (S_{Rt}^2 + S_{St}^2)^{1/2}$,其中, S_{St} 是以 cm^2 为单位的涡轮机的定子的喉部面积,特别是以 cm^2 为单位的涡轮机的喷嘴环的喉部面积,并且其中, S_{Rt} 是以 cm^2 为单位的涡轮机的转子的喉部面积。

8. 一种对涡轮增压发动机系统(1)进行增压和排放控制的方法(20),所述涡轮增压发动机系统(1)包括:

- 具有至少一个气缸(11)的内燃机(10);
- 至少一个进气阀(12),其被配置为向所述至少一个气缸(11)供应进气或空气-燃料混

合物;

-至少一个出气阀(13),其被配置为从所述至少一个气缸(11)中排出废气;

-至少一个涡轮增压器(14),其具有涡轮机(15)和用于对进气或空气-燃料混合物加压的压缩机(16);

-至少一个电功率转换器(17),其与所述压缩机(16)和所述涡轮机(15)中的至少一个耦合;和

-控制装置(18),其被配置用于控制所述电功率转换器(17),其中,所述涡轮机(15)具有有效截面 $S_{res,T}$,其尺寸设定使得在所述内燃机(10)的非加速运行期间,所述涡轮机(15)产生的功率至少提供所述压缩机达到所述至少一个运行参数的目标值所需的功率,而无需使用所述至少一个电功率转换器(17)作为马达,

其中,所述方法包括:

-在所述至少一个进气阀的打开状态和关闭状态之间提供(21)恒定的循环阀正时,所述恒定的循环阀正时是米勒正时或阿特金森正时;和

-通过所述控制装置(18)控制(22)所述至少一个电功率转换器(17),用于仅在所述内燃机(10)的加速模式期间向所述压缩机(16)和所述涡轮机(15)中的至少一个提供功率(23)和/或仅在非加速模式期间从所述压缩机(16)和所述涡轮机(15)中的至少一个中获取功率(24)以实现所述内燃机(10)的至少一个运行参数的目标值。

9.根据权利要求8所述的方法(20),还包括将所述至少一个运行参数的实际值与所述至少一个运行参数的目标值进行比较(25),以及当所述实际值与所述目标值之间存在偏差时,由所述控制装置(18)控制(22)所述至少一个电功率转换器(17)。

10.根据权利要求9所述的方法(20),其中,所述至少一个运行参数的实际值是所述至少一个运行参数的测量值,或者其中,所述实际值是根据所述至少一个运行参数的测量值计算得到的值。

11.根据权利要求9或10所述的方法(20),还包括由传感器(19)测量(26)所述至少一个运行参数的实际值。

12.根据权利要求9至11中任一项所述的方法(20),还包括根据所述至少一个运行参数的测量值来计算(27)所述至少一个运行参数的实际值。

13.根据权利要求9至12中任一项所述的方法(20),其中,所述至少一个运行参数选自自由以下组成的组:空气质量流率 Q_{in} 、空燃比 λ 、进入压力 p_{in} ,特别是进气压力或进气-燃料混合物压力、废气温度 T_{ex} 和 NO_x 排放率 Q_{out} 。

14.根据权利要求9至13中任一项所述的方法(20),其中,向所述压缩机(16)和所述涡轮机(15)中的至少一个提供功率(23)包括将电功率转换为机械功率。

15.根据权利要求9至14中任一项所述的方法(20),其中,从所述压缩机(16)和所述涡轮机(15)中的至少一个获取功率(24)包括将机械功率转换成电功率。

涡轮增压发动机系统以及对涡轮增压发动机系统进行增压和排放控制的方法

技术领域

[0001] 本公开的实施例涉及涡轮增压发动机系统。本公开的进一步实施例涉及对涡轮增压发动机系统进行增压和排放控制的方法。

背景技术

[0002] 内燃机最重要的污染物之一是 NO_x (氮氧化物)。这种污染物在高温和 O_2 过量时形成,这通常与良好的发动机效率有关。因此,减少 NO_x 通常会导致效率降低。换言之, NO_x 排放量越低,效率就越低。传统的降低发动机出气口后 NO_x 的措施(被称为废气后处理(EAT))复杂、庞大且昂贵。

[0003] 在可选的EAT系统之前,已经存在几种降低原始 NO_x 排放(例如在发动机出口处)的解决方案。示例性的解决方案是废气再循环(EGR),其包括将一部分废气再循环到进气口。目的是允许惰性气体(CO_2)和空气一起进入气缸,以降低燃烧过程中的最大循环温度(较慢的燃烧和热容量效应)。这项技术会导致老化问题,并会大大降低发动机效率。对于贫燃气体发动机,EGR还可以减少给定负荷下的空气量,从而降低 O_2 的过量,并因此减少可能的 NO_x 排放量。

[0004] 另一种解决方案是在进气口注水或直接在气缸中注水(与EGR的构思基本相同,但使用 H_2O 代替 CO_2)。这项技术需要额外的储罐、泵和电路,并且通常会减少 $[\text{NO}_x; \text{效率}]$ 的权衡。

[0005] 另一种解决方案是采用米勒(Miller)或阿特金森(Atkinson)阀正时(timing)与高性能超级增压或涡轮增压系统相结合。在这里,该构思是通过在活塞仍在进行吸气动作时关闭进气阀来人为地缩短进气阶段(米勒),或者通过在活塞已经开始向上移动时关闭进气阀来人为地缩短压缩冲程(阿特金森),并且同时通过进一步增加增压压力来补偿空气质量的不足。因此,由于具有后冷器的超级或涡轮增压(而不是由活塞执行)所建立的整体压缩的较高部分,气缸压缩冲程结束时的温度较低,导致最大燃烧温度的降低,从而减少 NO_x 的形成。

[0006] 目前,为了在减少 NO_x 排放的情况下提高效率,部分内燃机配备了能够以米勒正时运行的系统。使用这种系统,进气阀在进气冲程期间很早就关闭,从而大大降低了气缸的空气吸入量(容积效率)。为了保持发动机所需的空气质量流率,采用涡轮增压器来提供更高的压力比(更高的进气接收器密度),从而补偿吸气量的不足。通常,必须再增加一个或更多个压缩级,从而从一级涡轮增压架构切换到两级涡轮增压架构。

[0007] 然而,涡轮增压系统对上述发动机吸气量不足的补偿只有在涡轮增压器涡轮机的进气口处的废气能量足够时才有效,这在发动机低速和/或低负荷时几乎总是无法实现。换言之,在发动机低速和/或低负荷时,几乎不可能保持米勒正时,因为涡轮增压系统无法像在发动机满功率时那样补偿容积效率的不足。在发动机低速时保持米勒正时也可能是启动发动机的一个问题。采用恒定的阿特金森正时也会遇到完全相同的问题。

[0008] 为了解决这个问题,现有技术教导采用可变进气阀机构,其被配置为从高速和/或高负荷下的米勒正时切换到低速和/或低负荷下的非米勒正时。然而,可变进气阀机构系统的缺点是它们相当复杂和昂贵。这种说法也适用于阿特金森正时。

[0009] 因此,鉴于上述情况,需要改进的涡轮增压发动机系统和改进的对涡轮增压发动机系统增压和排放控制的方法,其至少部分克服了现有技术的一些问题。

发明内容

[0010] 鉴于上述内容,提供了根据独立权利要求的涡轮增压发动机系统以及对涡轮增压发动机系统进行增压和排放控制的方法。此外,描述了根据本文所述实施例的控制涡轮增压组件的操作和使用的方法。根据从属权利要求、说明书和附图,进一步的方面、优点和特征是显而易见的。

[0011] 根据本公开的一个方面,提供了一种涡轮增压发动机系统。涡轮增压发动机系统包括具有至少一个气缸的内燃机。此外,涡轮增压发动机系统包括被配置为向所述至少一个气缸供应进气或空气-燃料混合物的至少一个进气阀,和被配置为从所述至少一个气缸中排出废气的至少一个出气阀。至少一个进气阀被配置为在所述至少一个进气阀的打开状态和关闭状态之间提供恒定的循环阀正时。恒定的循环阀正时是米勒正时或阿特金森正时。此外,涡轮增压发动机系统包括至少一个涡轮增压器,该涡轮增压器具有涡轮机和用于对进气或空气-燃料混合物加压的压缩机。此外,涡轮增压发动机系统包括与压缩机和涡轮机中的至少一个耦合的至少一个电功率转换器。此外,涡轮增压发动机系统包括控制装置,其被配置用于控制所述至少一个电功率转换器向压缩机和涡轮机中的至少一个提供功率或从压缩机和涡轮机中的至少一个获取功率,从而实现所述内燃机的至少一种运行参数的目标值。涡轮机具有有效截面 $S_{res,T}$,其尺寸设定使得在内燃机的非加速运行期间,涡轮机产生的功率至少提供压缩机达到至少一个运行参数的目标值所需的功率,而无需使用所述至少一个电功率转换器作为马达。

[0012] 根据本公开的另一个方面,提供了一种对涡轮增压发动机系统进行增压和排放控制的方法。涡轮增压发动机系统包括具有至少一个气缸的内燃机;被配置为向所述至少一个气缸供应进气或空气-燃料混合物的至少一个进气阀;被配置为从所述至少一个气缸中排出废气的至少一个出气阀;至少一个涡轮增压器,其具有涡轮机和用于对进气或空气-燃料混合物加压的压缩机;与压缩机和涡轮机中的至少一个耦合的至少一个电功率转换器;以及被配置用于控制电功率转换器的控制装置。涡轮机具有有效截面 $S_{res,T}$,其尺寸设定使得在内燃机的非加速运行期间,涡轮机产生的功率至少提供压缩机达到所述至少一个运行参数的目标值所需的功率,而无需使用所述至少一个电功率转换器作为马达。该方法包括在所述至少一个进气阀的打开状态和关闭状态之间提供恒定的循环阀正时。恒定的循环阀正时是米勒正时或阿特金森正时。此外,该方法包括通过控制装置控制所述至少一个电功率转换器,用于仅在内燃机的加速模式期间向压缩机和涡轮机中的至少一个提供功率。替代地或附加地,方法包括通过控制装置控制至少一个电功率转换器,用于仅在非加速模式期间从压缩机和涡轮机中的至少一个获取功率,以实现内燃机的至少一个运行参数的目标值。

[0013] 因此,与现有技术相比,提供了一种改进的涡轮增压发动机系统以及一种改进的

对涡轮增压发动机系统进行增压和排放控制的方法。特别地,本文所述的实施例有利地提供了在降低的系统复杂性和更低成本的情况下,降低 NO_x 排放的同时提高了效率。此外,根据本公开的涡轮增压发动机系统的概念还有利于方便地改装现有发动机系统,即通过提供恒定的米勒正时或阿特金森正时,并结合用于控制与本文所述涡轮增压器耦合的电功率转换器的控制装置来实现,该控制装置能够容易地在外部且能够容易地被添加(例如在升级过程中)。此外,由于电功率转换器被耦合到涡轮增压器,涡轮增压发动机系统的性能,例如加速度和负荷提取能力甚至能够得到改善。

附图说明

[0014] 为了详细理解本公开的上述特征,可参考实施例来获得上文简要概述的本公开的更具体描述。所附附图涉及本公开的实施例,并在下文中描述:

[0015] 图1示出了根据本文所述实施例的涡轮增压发动机系统的示意图;

[0016] 图2示出了根据本文所述的另外的实施例的涡轮增压发动机系统的示意图;和

[0017] 图3至图6示出了用于说明根据本文所述实施例的对涡轮增压发动机系统增压和排放控制的方法的实施例的框图。

具体实施方式

[0018] 现在将详细参考各个实施例,每个附图中都示出了各个实施例中的一个或多个示例。每个示例都是通过解释的方式提供的,并不意味着限制。例如,作为一个实施例的一部分被示出或被描述的特征可以在任何其他实施例上使用或与任何其他实施例结合使用,以产生又一个实施例。本公开旨在包括这样的修改和变化。

[0019] 在以下附图的描述中,相同的附图标记指相同或相似的部件。一般而言,仅描述关于各个实施例的差异。除非另有规定,否则在一个实施例中对部分或方面的描述也可以应用于另一个实施例中的对应部分或方面。

[0020] 示例性参考图1,描述了根据本公开的涡轮增压发动机系统1。根据可与本文所述的其它实施例相结合的实施例,涡轮增压发动机系统1包括具有至少一个气缸11的内燃机10、被配置为向所述至少一个气缸11供应进气或空气-燃料混合物(即进气/进气混合物)的至少一个进气阀12,以及被配置为从所述至少一个气缸11中排出废气的至少一个出气阀13。应当理解,进气/进气混合物可以包括空气、燃料、再循环废气和水中的至少一种。所述至少一个进气阀12被配置为在所述至少一个进气阀的打开状态和关闭状态之间提供恒定的循环阀正时。特别地,表述“至少一个进气阀”可以理解为“至少一个进气阀系统”。恒定的循环阀正时是米勒正时(Miller timing)或阿特金森正时(Atkinson timing)。此外,涡轮增压发动机系统1包括至少一个涡轮增压器14,该涡轮增压器具有涡轮机15和压缩机16,用于对进气或空气-燃料混合物进行加压。通常,涡轮机15被配置用于从废气中回收焓。此外,涡轮增压发动机系统1包括至少一个电功率转换器17,该电功率转换器与压缩机16和涡轮机15中的至少一个耦合。此外,涡轮增压发动机系统1包括控制装置18,该控制装置18被配置用于控制所述至少一个电功率转换器17,以向压缩机16和涡轮机15中的至少一个提供功率或从压缩机16和涡轮机15中的至少一个获取功率,以实现内燃机10的至少一个运行参数的目标值。涡轮机15具有有效截面 $S_{res,T}$,其尺寸设定使得在内燃机10的非加速运行期间,涡

轮机15产生的功率至少提供压缩机达到所述至少一个运行参数的目标值所需的功率,而无需使用所述至少一个电功率转换器17作为马达。

[0021] 因此,与现有技术相比,提供了一种改进的涡轮增压发动机系统。特别地,如本文所述的涡轮增压发动机系统有利地通过降低系统复杂性,在降低 NO_x 排放的同时提高了效率,从而导致总体成本减少。此外,本文所述的涡轮增压发动机系统的概念还有利于方便地改装现有发动机系统,即通过提供恒定的米勒或阿特金森正时,并结合用于控制与本文所述涡轮增压器耦合的电功率转换器的控制装置来实现。此外,如本文所述的涡轮增压发动机系统的实施例还有利于提高性能,特别是提高加速能力和提高负荷提升能力。

[0022] 在更详细地描述本公开的各种另外的实施例之前,解释关于本文中使用的术语的一些方面。

[0023] 在本公开中,“至少一个气缸”能够被理解为可以提供一个或多个气缸。例如,如本文所述的内燃机可以包括数量为 N_c 的气缸,其中, N_c 能够从 $1 \leq N_c \leq 30$ 的范围中选择。

[0024] 在本公开中,“至少一个进气阀”能够被理解为可以提供一个或多个进气阀。例如,如本文所述的所述至少一个气缸可以包括数量为 N_{IV} 的进气阀,其中, N_{IV} 能够从 $1 \leq N_{IV} \leq 4$ 的范围中选择。

[0025] 在本公开中,“至少一个出气阀”能够被理解为可以提供一个或多个出气阀。例如,如本文所述的所述至少一个气缸可以包括数量为 N_{OV} 的出气阀,其中, N_{OV} 能够从 $1 \leq N_{OV} \leq 4$ 的范围中选择。

[0026] 在本公开中,“米勒正时”能够被理解为根据米勒循环的正时。在米勒循环中,进气阀在循环内的关闭时间早于常规柴油机或Beau de Rochas/奥托循环发动机中的关闭时间。实际上,这会使进气过程缩短,容积效率降低,导致对于给定的进气接收器空气密度,气缸(增压)中残留的空气或燃料-空气混合物质量较低。通常,这种电荷损失会导致功率损失。然而,在米勒循环中,这可以通过使用超级增压器来弥补。由于超级增压器在相对较低的发动机低速和/或低负荷下已经能够产生足够的增压,因此超级增压器通常需要为正排量型。否则,发动机在低速和/或低负荷下的功率以及负荷提升能力将会受到影响。在米勒循环发动机中,当活塞处于最底部位置时,在压缩冲程开始时,气缸压力低于进气接收器压力。这意味着,气缸压力在活塞从最底部位置向上移动足够长的时间后,才会与接收器压力达到相同水平。因此,在米勒循环发动机中,一旦进气阀关闭,活塞实际上仅在压缩冲程的剩余部分期间压缩空气或燃料-空气混合物。米勒阀正时能够如下定义:当活塞到达最底部位置、进气冲程结束前20度的曲轴转角时,至少一个进气阀已经关闭。关闭阀门的定义能够是“当考虑的阀门的升程等于或低于其最大升程的10%”。例如,如果给定进气阀的最大升程为26mm,则只要该阀门的升程等于或小于2.6mm,就认为该阀门已关闭。

[0027] 在本公开中,“阿特金森正时”能够被理解为根据阿特金森循环的正时。在阿特金森循环中,进气阀保持打开的时间比正常情况下长,从而使进气或燃料-空气混合物反向流向进气歧管。这使得有效压缩比降低——此时进气或燃料-空气混合物自由逸出气缸而不是被压缩,但膨胀比不变(即压缩比小于膨胀比)。阿特金森阀正时能够如下定义:当活塞到达最底部位置、进气冲程结束前20度的曲轴转角时,至少一个进气阀仍然是打开的。打开阀门的定义能够是当所考虑的阀门的升程高于或等于其最大升程的10%时。例如,如果给定进气阀的最大升程为41mm,则如果该阀门的升程高于或等于4.1mm,则认为该阀门是打开

的。

[0028] 应该理解,最初,米勒循环和阿特金森循环的目标都是使膨胀冲程比压缩冲程更长(或同等冲程),从而提高循环效率。隐含地,且正如已经解释,特别是通过燃烧最高温度的降低,这两个循环最终允许在超级增压发动机或涡轮增压发动机上实现 $[NO_x, \text{效率}]$ 的更好的折衷。

[0029] 在本公开中,“至少一个涡轮增压器”能够被理解为可以提供一个或更多个涡轮增压器。根据示例,单个涡轮增压器可提供一级增压系统,两个涡轮增压器可以提供两级增压系统、三个涡轮增压器可以提供三级增压系统等。因此,涡轮增压发动机系统可以提供数量为 N_{TC} 的涡轮增压器,其中, N_{TC} 能够从 $1 \leq N_{TC} \leq 4$ 的范围中选择。在提供两个或更多个涡轮增压器的情况下,所述两个或更多个涡轮增压器可以并联布置。

[0030] 在本公开中,表述“与压缩机和涡轮机中的至少一个耦合的至少一个电功率转换器”能够被理解为可以提供能够与压缩机和/或涡轮机耦合的一个或更多个电功率转换器。例如,所述至少一个电功率转换器能够耦合到连接压缩机和涡轮机的轴。因此,所述至少一个电功率转换器可以布置在涡轮增压器的涡轮机和压缩机之间。这种配置也可以被称为电子涡轮增压器(e-turbo)。替代地,所述至少一个电功率转换器可以仅耦合到压缩机,例如经由轴,这种配置也可以被称为电子压缩机(e-compressor)。

[0031] 根据另一个示例,所述至少一个电功率转换器可以仅耦合到涡轮机,例如经由轴,这种配置也可以被称为电子涡轮机(e-turbine)。通常,所述至少一个电功率转换器被配置用于将电功率转换为机械功率,反之亦然。换言之,所述至少一个电功率转换器能够被理解为电子设备,该电子设备被配置用于当涡轮机功率大于所需压缩机功率时,通过将机械功率转换成电功率来回收能量,特别是通过对涡轮机进行电制动来回收能量,或者当压缩机需要的功率比涡轮机能够提供的功率更多时提供机械功率,例如从涡轮增压器提供机械功率或将机械功率提供给涡轮增压器,特别是从压缩机/涡轮机提供机械功率或将机械功率提供给压缩机/涡轮机。

[0032] 在本公开中,表述“被配置用于控制所述至少一个电功率转换器的控制装置”能够被理解为能够例如通过控制信号控制所述至少一个电功率转换器的电子装置。

[0033] 在本公开中,“内燃机的至少一个运行参数”能够被理解为内燃机在运行期间允许表征内燃机的运行状态的任何参数。

[0034] 根据能够与本文所述的其他实施例相结合的实施例,有效截面 $S_{res,T}$ 是 $S_{res} = (S_{Rt} \times S_{St}) / (S_{Rt}^2 + S_{St}^2)^{1/2}$,其中, S_{St} 是以 cm^2 为单位的涡轮机的定子的喉部面积,特别是以 cm^2 为单位的涡轮机的喷嘴环的喉部面积,并且其中, S_{Rt} 是以 cm^2 为单位的涡轮机的转子的喉部面积。应当理解,定子的喉部面积是定子内的最小横截面积。转子的喉部面积是转子内的最小横截面积。

[0035] 根据能够与本文所述的其他实施例相结合的实施例,从涡轮机应该被或被供应到压缩机的功率由以下公式确定:

$$[0036] \quad P_{T,comp} = \dot{m}_{c,inlet} \cdot c_{p,mixture} \cdot T_{c,inlet} \left(\frac{\left(\frac{P_{c,outlet}}{P_{c,inlet}} \right)^{\frac{\kappa_{mixture}-1}{\kappa_{mixture}}} - 1}{\eta_c} \right) + P_{mech} \quad (W)$$

[0037] $\dot{m}_{C,inlet}$: 压缩机入口处的质量流量 ($\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$)

[0038] $c_{p,mixture}$: 流经压缩机的混合物在恒定压力下的比热容 ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

[0039] $t_{C,inlet}$: 压缩机入口处的总温度 (K)

[0040] $p_{C,outlet}$: 压缩机出口处的总压力 (bar)

[0041] $p_{C,inlet}$: 压缩机入口处的总压力 (bar)

[0042] $\kappa_{mixture}$: 流经压缩机的混合物的热容比 (针对混合物) (-)

[0043] $K_{air} \sim 1.4$

[0044] η_C : 压缩机等熵效率 (-)

[0045] P_{mech} : 机械损耗 (W)

[0046] 根据能够与本文所述的其他实施例相结合的实施例, 控制装置18被配置为将所述至少一个运行参数的实际值与所述至少一个运行参数的目标值进行比较。此外, 控制装置18被配置为当实际值和目标值之间存在偏差时控制所述至少一个电功率转换器17。例如, 所述至少一个运行参数的实际值能够是所述至少一个运行参数的测量值。根据另一示例, 实际值能够是根据所述至少一个运行参数的测量值计算的。

[0047] 示例性参考图2, 根据能够与本文所述的其他实施例相结合的实施例, 涡轮增压发动机系统1包括至少一个传感器19, 以测量所述至少一个运行参数。通常, 所述至少一个运行参数选自由以下组成的组: 空气质量流量 Q_{in} 、空燃比 λ 、进入压力 p_{in} , 特别是进气压力或进气-燃料混合物压力、废气温度 T_{ex} 和 NO_x 排放率 Q_{out} 。因此, 应当理解, 可以提供一个或更多个传感器, 其被配置用于测量所述至少一个运行参数。例如, 所述至少一个传感器19可以包括流量计和/或 λ 传感器和/或压力传感器和/或温度传感器和/或 NO_x 传感器。

[0048] 根据能够与本文所述的其他实施例相结合的实施例, 所述至少一个电功率转换器17被配置为用作马达和/或发电机。示例性如图2所示, 根据能够与本文所述的其他实施例相结合的实施例, 电功率转换器17可以包括转子171和定子172。通常, 转子171连接到将压缩机16与涡轮机15连接的轴141。

[0049] 示例性参考图3至图6, 描述了根据本公开的对涡轮增压发动机系统1进行增压和排放控制的方法20的实施例。涡轮增压发动机系统1包括具有至少一个气缸11的内燃机10、被配置为向所述至少一个气缸11供应进气或燃料-空气混合物的至少一个进气阀12, 和被配置为从所述至少一个气缸11中排出废气的至少一个出气阀13。此外, 涡轮增压发动机系统1包括至少一个涡轮增压器14, 所述至少一个涡轮增压器14具有涡轮机15和用于对进气或燃料-空气混合物加压的压缩机16。此外, 涡轮增压发动机系统1包括与压缩机16和涡轮机15中的至少一个耦合的至少一个电功率转换器17。此外, 涡轮增压发动机系统1包括被配置用于控制电功率转换器17的控制装置18。涡轮机15具有有效截面 $S_{res,T}$, 其尺寸设定使得在内燃机10的非加速运行期间, 涡轮机15产生的功率至少提供压缩机达到所述至少一个运行参数的目标值所需的功率, 而无需使用所述至少一个电功率转换器17作为马达。根据能够与本文所述的任何其他实施例相结合的实施例, 有效截面 $S_{res,T}$ 足够小, 使得不需要在低负荷下具有电源来达到所述至少一个运行参数的目标值。这允许在所述至少一个电功率转换器发生电气故障的情况下运行发动机(恢复模式)。

[0050] 根据能够与本文所述的其他实施例相结合的实施例, 方法20包括在所述至少一个进气阀的打开状态和关闭状态之间提供(由图3至图6中的框21表示)恒定的循环阀正时: 恒

定的循环阀正时是米勒正时或阿特金森正时。此外,该方法包括通过控制装置18控制(由图3至图6中的框22表示)所述至少一个电功率转换器17,用于仅在内燃机10的加速模式期间向压缩机16和涡轮机15中的至少一个提供功率(由图3至图6中的框23表示)。附加地或替代地,该方法包括通过控制装置18控制(由图3至图6中的框22表示)所述至少一个电功率转换器17,用于仅在非加速模式期间从压缩机16和涡轮机15中的至少一个获取功率(由图3至图6中的框24表示),以实现内燃机10的至少一个运行参数的目标值。所述至少一个运行参数能够是空气质量流率 Q_{in} 、空燃比 λ 、进入压力 p_{in} ,特别是进气压力或进气-燃料混合物压力、废气温度 T_{ex} 和 NO_x 排放率 Q_{out} 。通常,向压缩机16和涡轮机15中的至少一个提供功率(由图3至图6中的方框23表示)包括将电功率转换为机械功率。因此,通常从压缩机16和涡轮机15中的至少一个获取功率(由图3至图6中的方框24表示)包括将机械功率转换为电功率。

[0051] 在本公开中,加速模式能够被理解为发动机功率在恒定或可变发动机转速下变化的模式。换言之,加速模式是发动机功率在给定时隙内发生变化的模式。例如,在恒定发动机转速为1500rpm的情况下,功率在5秒内从80%增加到100%。加速模式的另一示例是在可变发动机转速的情况下,功率在1分钟内从20%增加到40%。

[0052] 在本公开中,非加速模式能够被理解为恒定的发动机负荷和速度运行,即在给定时隙内发动机负荷和转速没有变化。例如,在恒定发动机转速为1000rpm的情况下,30秒内恒定的发动机负荷为85%。非加速模式的另一示例是在可变发动机转速的情况下,4小时内恒定的发动机负荷为40%负荷和转速。

[0053] 参考图4至图6,根据能够与本文所述的其他实施例相结合的实施例,方法20还包括将所述至少一个运行参数的实际值与所述至少一个运行参数的目标值进行比较(由图4至图6中的框25表示),以及当实际值与目标值之间存在偏差时由控制装置18控制(由图4至图6中的框22表示)所述至少一个电功率转换器17。特别地,所述至少一个电功率转换器17可以由控制装置18控制以最小化实际值和目标值之间的偏差,以便实现内燃机的所述至少一个运行参数的目标值。

[0054] 根据能够与本文所述的其他实施例相结合的实施例,所述至少一个运行参数的实际值能够是所述至少一个运行参数的测量值。因此,示例性参考图5和图6,方法20可以包括由传感器19测量(由图5和图6中的框26表示)所述至少一个运行参数的实际值。

[0055] 根据另一示例,实际值能够是根据所述至少一个运行参数的测量值计算后得到的计算值。因此,示例性参考图6,方法20可以包括根据所述至少一个运行参数的测量值计算(由图6中的框27表示)所述至少一个运行参数的实际值。

[0056] 因此,考虑到本文所述的实施例,应当理解,与现有技术相比,涡轮增压发动机系统以及对涡轮增压发动机系统进行增压和排放控制的方法得到了改进,特别是在系统效率和 NO_x 排放减少方面,同时提供降低的系统复杂性并因此提供更高的成本效益。此外,要注意的是,根据能够与本文所述的任何其他实施例相结合的实施例,有效截面 $S_{res,T}$ 足够小,使得不需要在低负荷下具有电源来达到所述至少一个运行参数的目标值。这允许在所述至少一个电功率转换器发生电气故障的情况下运行发动机(恢复模式)。

[0057] 虽然上述内容是针对实施例的,但可以在不脱离基本范围的情况下设计其他和另外的实施例,并且该范围由以下权利要求确定。

[0058] 附图标记说明

- [0059] 1 涡轮增压发动机系统
- [0060] 10 内燃机
- [0061] 11 气缸
- [0062] 12 进气阀
- [0063] 13 出气阀
- [0064] 14 涡轮增压器
- [0065] 141 轴
- [0066] 15 涡轮机
- [0067] 16 压缩机
- [0068] 17 电功率转换器
- [0069] 171 转子
- [0070] 172 定子
- [0071] 18 控制装置
- [0072] 19 传感器
- [0073] 20 对内燃机进行增压和排放控制的方法
- [0074] 21、22、23、24、25、26、27 用于说明对内燃机进行增压和排放控制的方法的实施例的框图的框
- [0075] P_{in} 进入压力
- [0076] Q_{in} 空气质量流率
- [0077] Q_{out} NO_x 排放率
- [0078] λ 空燃比
- [0079] T_{ex} 废气温度

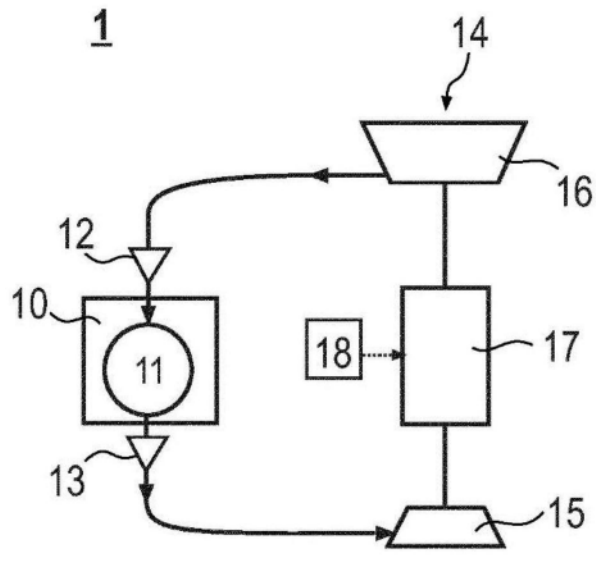


图1

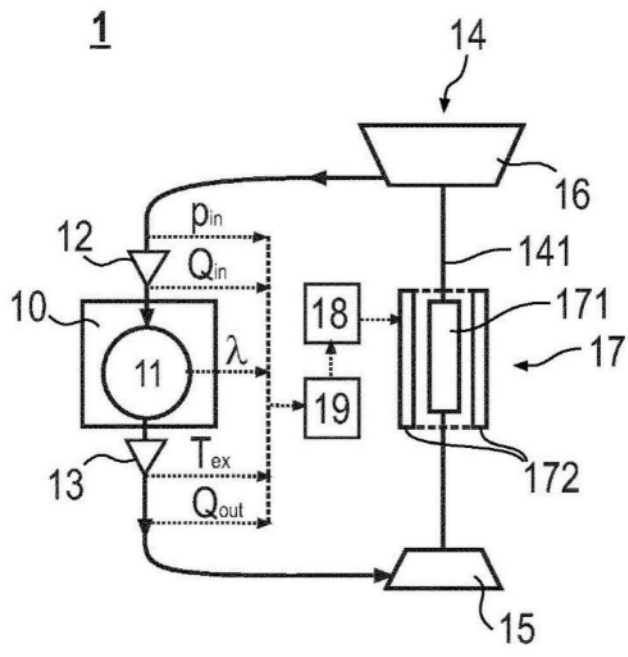


图2

20

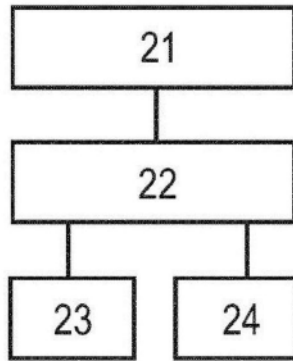


图3

20

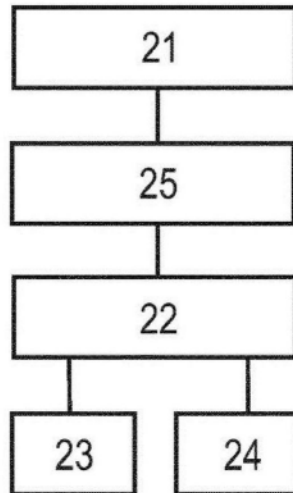


图4

20

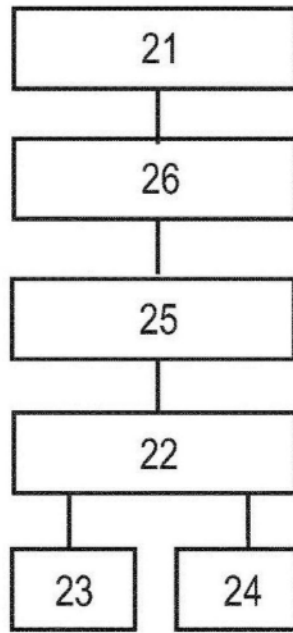


图5

20

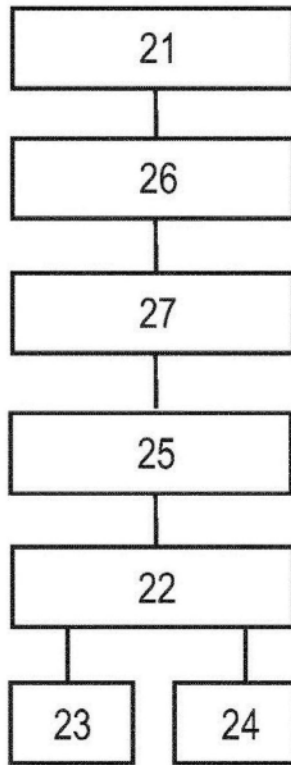


图6