



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103422999 A

(43) 申请公布日 2013. 12. 04

(21) 申请号 201310188689. 0

(22) 申请日 2013. 05. 16

(30) 优先权数据

13/474, 109 2012. 05. 17 US

(71) 申请人 卡特彼勒公司

地址 美国伊利诺伊州

(72) 发明人 A·R·斯托克纳 F·J·隆巴迪

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 苏娟 冯思思

(51) Int. Cl.

F02D 19/08 (2006. 01)

F02M 21/02 (2006. 01)

F02M 37/04 (2006. 01)

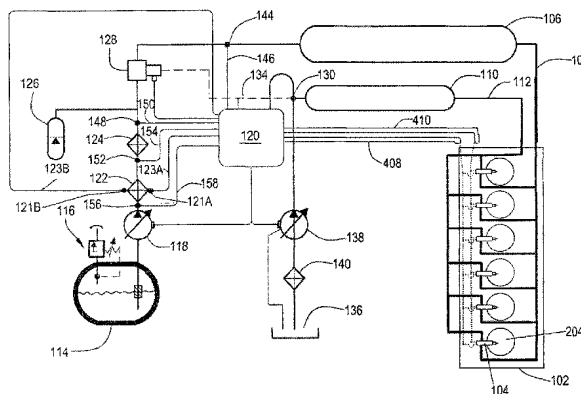
权利要求书4页 说明书10页 附图6页

(54) 发明名称

直喷式气体发动机和方法

(57) 摘要

本发明涉及一种直喷式气体发动机和方法。发动机包括具有至少一个气缸和一个循环冷却液的冷却系统的发动机。气体燃料系统包括加热器和气体燃料喷射器。液化的气体燃料通过从发动机冷却液中汲取发动机的热量并将该热量提供给经过加热器的液化的气体燃料流而被加热。加热的气体燃料直接注入到气缸中。具有喷射器的液体燃料系统将液体燃料直接提供给气缸作为点燃源。传感器测量从加热器出来的出口冷却液温度，并给控制器提供信号，从而使发动机能够以正常模式或热管理模式运转，在热管理模式期间减少从发动机冷却液中汲取的发动机热量。



1. 一种直喷式气体发动机系统,包括:

具有至少一个气缸的发动机和具有冷却液的冷却系统;

气体燃料系统,该气体燃料系统包括加热器和气体燃料喷射器,加热器能够通过从冷却液中汲取热量并将热量提供给液化的气体燃料来加热液化的气体燃料,气体燃料喷射器能够将所述气体燃料直接注入到所述至少一个气缸中;

液体燃料系统,该液体燃料系统包括液体燃料喷射器,该液体燃料喷射器能够将液体燃料直接注入到所述至少一个气缸中;

冷却液温度传感器,该冷却液温度传感器能够测量在加热器出口处的冷却液温度,并提供出口冷却液温度信号;以及

控制器,该控制器能够控制气体燃料喷射器和液体燃料喷射器,该控制器还能够接收和处理出口冷却液温度信号,使得:

当出口冷却液温度信号在阈限温度之上时,控制器在发动机正常运转模式下命令将正常量的液体燃料和正常量的气体燃料注入到所述至少一个气缸中,以及

当出口冷却液温度信号处于阈限温度或低于阈限温度时,控制器在发动机热管理模式下命令将比正常量的液体燃料更多量的液体燃料和比正常量的气体燃料更少量的气体燃料注入到所述至少一个气缸中,从而使从冷却液中汲取的热量减少。

2. 如权利要求 1 所述的发动机系统,其中,所述液体燃料系统包括液体燃料泵,该液体燃料泵能够从液体燃料容器中吸取液体燃料,并向与液体燃料喷射器流体连通的液体燃料轨道提供压缩液体燃料,所述压缩液体燃料被压缩到轨道压力并通过液体燃料喷射器被注入到所述至少一个气缸中以响应来自控制器的指令。

3. 如权利要求 2 所述的发动机系统,其中,所述气体燃料系统包括低温储罐,该低温储罐能够存储液态下的气体燃料,以及其中加热器促使气体燃料到超临界气体状态。

4. 如权利要求 3 所述的发动机系统,其中,所述气体燃料系统还包括气体燃料泵,该气体燃料泵能够从低温储罐中吸取液化的气体燃料并将压缩的液化的气体燃料提供给加热器,该气体燃料系统还包括燃料过滤器,其布置在加热器下游并能够过滤气体燃料。

5. 如权利要求 4 所述的发动机系统,还可包括压力控制模块,该压力控制模块布置在加热器和气体燃料喷射器之间,压力控制模块能够控制提供给气体燃料喷射器的气体燃料的压力。

6. 如权利要求 5 所述的发动机系统,其中,所述控制器基于出口冷却液温度信号和阈限温度之差给出液体燃料量和气体燃料量的命令。

7. 如权利要求 1 所述的发动机系统,还可包括下列中的至少一个:

附加的冷却液温度传感器,该冷却液温度传感器能够测量到加热器的入口冷却液温度并向控制器提供入口冷却液温度信号;

其中,控制器还能够接收入口冷却液温度信号、指示发动机速度的发动机速度信号以及指示发动机的所需燃料指令的发动机负载信号;以及

其中所述控制器还能够:

基于发动机速度信号和发动机负载信号针对发动机运转条件计算所需的加热功率;

基于入口冷却液温度信号和出口冷却液温度信号针对发动机运转条件计算所测定的加热功率;

将所需的加热功率与测定的加热功率进行比较；

当所需的加热功率和测定的加热功率基本上相等时，在正常发动机运转模式下运转，以及

当所需的加热功率大于测定的加热功率时，激活发动机热管理模式。

8. 一种用于直喷式气体发动机的热管理系统，所述直喷式气体发动机用柴油引燃来点燃直接注入的气体燃料，诸如液化石油或天然气，该气体燃料存储在低温储罐中并且在加热器中加热以便在发动机中使用，加热器运转以从发动机提供的发动机冷却液中汲取发动机热量，热管理系统在与发动机相关联的控制器中运行，所述热管理系统包括：

柴油燃料系统，该柴油燃料系统包括与柴油燃料喷射器流体连通的柴油燃料轨道，该柴油燃料喷射器能够将柴油燃料直接注入到发动机气缸中；

气体燃料系统，该气体燃料系统包括气体燃料喷射器，该气体燃料喷射器能够将气体燃料直接注入到发动机气缸中；

冷却液温度传感器，该冷却液温度传感器用于测量在加热器的冷却液出口处的发动机冷却液的温度并提供出口冷却液温度信号；

其中，控制器能够接收和处理出口冷却液温度信号，并基于该出口冷却液温度信号控制气体燃料喷射器和液体燃料喷射器，从而：

当出口冷却液温度信号在阈限温度之上时，控制器在正常发动机运转模式期间命令将正常量的液体燃料和正常量的气体燃料注入到发动机气缸中，以及

当出口冷却液温度信号处于阈限温度或低于阈限温度时，控制器在发动机热管理模式期间命令将比正常量的液体燃料更多量的液体燃料和比正常量的气体燃料更少量的气体燃料注入到发动机气缸中，从而使从发动机冷却液中汲取的发动机热量减少。

9. 如权利要求 8 所述的发动机系统，其中，所述柴油燃料系统包括液体燃料泵，该液体燃料泵能够从液体燃料容器中吸取液体燃料并向与液体燃料喷射器流体连通的液体燃料轨道提供压缩的液体燃料，压缩的液体燃料被压缩到轨道压力。

10. 如权利要求 9 所述的发动机系统，其中，所述低温储罐能够存储液态下的气体燃料。

11. 如权利要求 10 所述的发动机系统，其中，所述气体燃料系统还包括气体燃料泵，该气体燃料泵能够从低温储罐中吸取液化的气体燃料并将压缩的液化的气体燃料提供给加热器，该气体燃料系统还包括燃料过滤器，其布置在加热器下游并用于过滤气体燃料。

12. 如权利要求 11 所述的发动机系统，还包括布置在加热器和气体燃料喷射器之间的压力控制模块，压力控制模块能够控制向气体燃料喷射器提供的气体燃料的压力。

13. 如权利要求 12 所述的发动机系统，其中，控制器基于出口冷却液温度信号和阈限温度之差给出液体燃料量和气体燃料量的命令。

14. 如权利要求 8 所述的发动机系统，还包括下列中的至少一个：

附加的冷却液温度传感器，该冷却液温度传感器能够测量到加热器的入口冷却液温度并向控制器提供入口冷却液温度信号；

其中，控制器还可用于接收入口冷却液温度信号、指示发动机速度的发动机速度信号以及指示发动机的所需燃料指令的发动机负载信号；以及

其中控制器还能够：

基于发动机速度信号和发动机负载信号针对发动机运转条件计算所需的加热功率；
基于入口冷却液温度信号和出口冷却液温度信号针对发动机运转条件计算所测定的加热功率；

将所需的加热功率与测定的加热功率进行比较；

当所需的加热功率和测定的加热功率基本上相等时，在正常发动机运转模式下运转，
以及

当所需的加热功率大于测定的加热功率时，激活发动机热管理模式。

15. 一种用于管理发动机中的热能量的方法，包括：

运转气体燃料供给系统，该气体燃料供给系统包括用于存储低温液化状态下的气体燃料的储存罐、用于从储存罐中吸取气体燃料并压缩气体燃料以产生压缩的气体燃料的气体泵、用于通过给气体燃料提供从发动机冷却系统中汲取的热量以增加压缩的气体燃料的焓的加热器以及用于将气体燃料直接注入到发动机气缸中的气体燃料喷射器；

在控制器中监控，指示通过加热器被提供给气体燃料的加热功率的传感器信号，所述传感器信号包括到加热器的冷却液入口温度、从加热器出来的冷却液出口温度、发动机速度和发动机负载中的至少一种；

基于对至少一个传感器信号的监控，在控制器中确定从发动机中汲取的热量不足以增加压缩的气体燃料的焓；以及

当出现不足的发动机热量时，通过使用控制器将发动机运转从正常模式转换到热管理模式；

其中，当以正常模式运转时，正常量的液体燃料和正常量的气体燃料被注入到发动机气缸中以产生额定发动机功率，以及

当以热管理模式运转时，比正常量的液体燃料更多量的液体燃料和比正常量的气体燃料更少量的气体燃料被注入到发动机气缸中来产生低于或等于额定发动机功率的发动机功率。

16. 如权利要求 15 所述的方法，其中，所述控制器监控指示从加热器出来的冷却液出口温度的至少一种信号，并将其与阈限温度进行比较，当冷却液出口温度大于阈限温度时，以正常模式运转，以及当冷却液出口温度小于或等于阈限温度时，以热管理模式运转。

17. 如权利要求 15 所述的方法，其中，将发动机运转从正常模式转换到热管理模式包括：增加液体燃料的轨道压力以及增加液体燃料喷射器的注入持续时间，来补偿注入到发动机气缸中的气体燃料的量的减少。

18. 如权利要求 15 所述的方法，其中，确定从发动机汲取的热量不充足包括：

在控制器中确定期望的加热功率，该期望的加热功率指示加热足够的气体燃料以使发动机运转所需的热功率；

在控制器中确定测定的加热功率，该测定加热功率指示在加热器中被气体燃料吸收的热功率；

将期望的加热功率与测定的加热功率进行比较，以及当期望的加热功率和测定的加热功率并非基本上相等时，调整发动机的运转参数来减少期望的加热功率，以与测定的加热功率相匹配。

19. 如权利要求 18 所述的方法，其中，减少期望的加热功率包括更改发动机运转参数

来增加发动机的液体燃料消耗和降低发动机的气体燃料消耗。

20. 如权利要求 19 所述的方法,其中,增加发动机的液体燃料消耗包括增加在液体燃料轨道中的液体燃料压力,以及增加与液体燃料轨道相关联的液体燃料喷射器的注入持续时间。

直喷式气体发动机和方法

技术领域

[0001] 本发明公开总体上涉及内燃机,尤其是直喷式柴油发动机和直喷式气体发动机的热管理运转模式。

背景技术

[0002] 有各种不同类型的发动机,其使用不止一种燃料。其中一种已知的是直喷式气体发动机(DIG),在这种发动机中,当源自柴油引燃的在气缸中的燃烧已经进行时,诸如LPG等的气体燃料在高压下注入到气缸中。DIG发动机依靠气体燃料运转,柴油引燃提供气体燃料的点燃。另一类型的使用不止一种燃料的发动机被称为双燃料发动机,该双燃料发动机使在相对低压的气体燃料,例如天然气,其在相对较低的压力下和准许进入发动机气缸的进入空气混合。双燃料发动机典型地能够利用诸如柴油或汽油的液体燃料以全功率运转。在稳态运转期间,提供气体燃料来替代一定量的液体燃料。在一定运转条件下向气缸提供的空气/气体燃料混合物被压缩,然后类似于汽油发动机,用火花点燃,或者用注入到在气缸中原有的空气/气体燃料混合物中的压燃燃料、例如柴油点燃。

[0003] 在双燃料发动机中,气体燃料在加压状态下存储在压力罐中,在供给发动机前,气体燃料以气体状态从压力罐中离开。因此,在发动机起动过程中,没有提供气体状态的燃料的问题。尽管如此,在DIG发动机中,气体燃料在低压(诸如大气压)及低温下,以液态存储在液体储存罐中。当离开液体储存罐时,在提供给发动机气缸之前或提供给发动机气缸时,液化的气体燃料需要加热到最终蒸发并达到气体状态。

[0004] 帮助液化的气体燃料最终蒸发所需的热量通常通过使用来自发动机的热冷却液被提供给经过热交换器或加热器的液化燃料流。以这种方法,当发动机是热的时,使用发动机热量帮助液化的气体燃料最终蒸发。然而,当发动机缸刚开始起动或在寒冷气候下运转时,发动机的冷却系统可能没有足够的热量使液化的气体燃料以足够使发动机以所需的功率输出运转的速度蒸发。因此,没有充足的燃料可以利用来使发动机运转,在某些情况下,加热器和/或气体燃料供给的其他组件会发生冻结。

[0005] 对于给正在起动的发动机或冷的发动机提供气体状态下的液化的气体燃料,过去建议的一种解决方法包含当发动机中没有充足的热量可以利用时,避免燃料一起加热。相反,将限定量的燃料以气态的加压的状态存储在与发动机很近的蓄能器中。在发动机先前的热运转期间,这些蓄能器被填充气体状态下的气体燃料,并在高压、如200或300bar下存储,直到发动机起动。这种系统的一个缺点是在蓄能器中只有有限的气体燃料从而使发动机在这种模式下的运转只能维持有限的时间,在这段时间里发动机可能有或可能没有足够的加热来提供为了加热足够量的液化的气体燃料而需要的热量。

发明内容

[0006] 本发明一方面描述了一种直喷式气体发动机系统。该系统包括具有至少一个气缸的发动机、运转以循环冷却液的冷却系统、包括加热器和气体燃料喷射器的气体燃料系统

和包含有液体燃料喷射器的液体燃料系统。气体燃料系统的加热器适用于通过从发动机冷却液中汲取发动机热量并将其提供给经过加热器的液化的气体燃料流来加热液化的气体燃料。液化的气体燃料加热到超临界气体状态,喷射器适用于将其直接注入到气缸中。液体燃料喷射器能够将液体燃料直接注入到气缸中。

[0007] 在一种实施例中,冷却液温度传感器被设置成测量从加热器出来的出口冷却液温度并提供出口冷却液温度信号。控制器被设置成控制气体燃料喷射器和液体燃料喷射器,还被设置成接收和处理出口冷却液温度信号。在运转过程中,当出口冷却液温度信号在阈限温度之上时,控制器在正常发动机运转模式期间命令将正常量的液体燃料和正常量的气体燃料注入到气缸中。当出口冷却液温度信号处于阈限温度或者低于阈限温度时,控制器在发动机热管理模式期间命令将比正常量的液体燃料更多量的液体燃料和比正常量的气体燃料更少量的气体燃料量注入到气缸中,使得减少从发动机冷却液中汲取的发动机热量。

[0008] 另一方面,本发明描述了一种用于直喷式气体发动机的热管理系统,所述直喷式气体发动机用柴油引燃来点燃直接注入的气体燃料,诸如液化石油或天然气,该气体燃料存储在低温储罐中并且在加热器中加热以便在发动机中使用。在一个实施例中,加热器运转来从发动机冷却液中汲取热量,并将热量提供给气体燃料。热管理系统在与发动机相关联的控制器中运转,并包括柴油燃料系统和气体燃料系统,该柴油燃料系统包括与柴油燃料喷射器流体连通的柴油燃料轨道,该柴油燃料喷射器能够将柴油燃料直接注入到发动机气缸中,该气体燃料系统包括能够使气体燃料直接注入到发动机气缸中的气体燃料喷射器。

[0009] 在一个实施例中,冷却液温度传感器被设置成测量在加热器的冷却液出口处的发动机冷却液的温度,并向控制器提供冷却液出口温度信号。控制器被设置成接收和处理出口冷却液温度信号,并基于出口冷却液温度信号,控制气体燃料喷射器和液体燃料喷射器,使得当出口冷却液温度信号在阈限温度之上时,控制器在正常发动机运转模式下命令将正常量的液体燃料和正常量的气体燃料注入到气缸中。当出口冷却液的温度信号处于阈限温度或者低于阈限温度时,控制器在发动机热管理模式期间命令将比正常量的液体燃料更多量的液体燃料和比正常量的气体燃料更少量的气体燃料注入到气缸中,使得减少从发动机冷却液中汲取的发动机热量。

[0010] 在又一个方面,本发明描述了一种在直喷式气体发动机中管理热能量的方法。该方法包括运转气体燃料供给系统,该气体燃料供给系统包括适用于存储低温液化状态下的气体燃料的储存罐、适用于从储存罐中吸取气体燃料并将其压缩以产生压缩的气体燃料的气体泵、适用于通过给气体燃料提供从发动机冷却系统中汲取的热量以增加压缩的气体燃料的焓的加热器以及适用于收集压缩的气体燃料的气体燃料轨道。控制器监控指示通过加热器被提供给气体燃料的加热功率的传感器信号。传感器信号包括到加热器的冷却液入口温度、从加热器出来的冷却液出口温度、发动机速度和发动机负载中的至少一种。基于对至少一个传感器信号的监控,在控制器确定从发动机中汲取的热量不足以增加压缩的气体燃料的焓时,将发动机运转从正常模式转换到热管理模式。当以正常模式运转时,正常量的液体燃料和正常量的气体燃料被注入到发动机气缸中以产生额定发动机功率。当以热管理模式运转时,比正常量的液体燃料多的液体燃料量和比正常量的气体燃料少的气体燃料量被

注入到发动机气缸中来产生少于或等于额定发动机功率的发动机功率。

附图说明

- [0011] 图 1 示出了根据本发明的用于发动机的直喷式气体燃料和液态燃料系统的框图，
- [0012] 图 2 示出了根据本发明的发动机气缸的剖视图，
- [0013] 图 3 示出了根据本发明的控制器的框图，
- [0014] 图 4 示出了根据本发明的热控制器的流程图，
- [0015] 图 5 示出了根据本发明的热控制器决定的第一实施例的流程图，
- [0016] 图 6 示出了根据本发明的热控制器决定的第二实施例的流程图，
- [0017] 图 7 示出了根据本发明的在热管理运转模式期间运转发动机的方法的流程图。

具体实施方式

[0018] 本发明涉及使用柴油点燃的直喷式气体 (DIG) 发动机, 以及尤其涉及当发动机预热和 / 或发动机在寒冷的环境温度条件下运行期间用于调整发动机运转的发动机控制策略和系统。图 1 示出了 DIG 发动机系统 100 的框图。发动机系统 100 包括具有燃料喷射器 104 的发动机 102 (总体上在图 1 中示出), 所述燃料喷射器与每个发动机气缸 (在图 2 中最好地示出) 相关联。燃料喷射器 104 是双止回阀的喷射器, 该喷射器能够独立地注入预设量的两种单独的燃料。

[0019] 喷射器 104 通过液体燃料供给线 112 与高压气体燃料供给线 108 和高压液体燃料轨道 110 连接。在图示说明的实施例中, 气体燃料是在大约 25-50MPa 之间的压力下经由气体燃料供给线 108 提供的天然气或者石油气, 以及液体燃料是以大约 25-50MPa 的压力保持在液体燃料轨道 110 中的柴油, 但是根据每种发动机应用的运转条件, 也可使用任一其他压力或者任一其它类型的燃料。值得注意的是, 尽管在供给线 108 和燃料轨道 110 中存在的燃料使用了单词“气体”或“液体”以作参照, 但是这些称号并不意在限制在相对应的轨道中的燃料的相, 而是仅用于讨论的目的。例如, 在控制压力下在气体燃料供给线 108 中提供的燃料根据所保持的压力可能是液态、气态或者超临界相。附加地, 液态燃料可以是任何烃基燃料; 例如 DME (二甲醚)、生物燃料、MDO (船用柴油) 或者 HFO (重油)。

[0020] 不管系统 100 是安装在移动的应用设备中还是安装在固定的应用设备中 (这两种的每一种都是可设想的), 可以在相对低压 (例如大气压力) 下或较高压力下加压的气体燃料可以以液体状态储存在低温储罐 114 中。在图示说明的实施例中, 储存罐 114 是隔热的, 以储存在大约 -160°C (-256°F) 的温度和大约 100 到 1750kPa 的压力下的液化天然气 (LNG), 也可使用其他存储条件。储存罐 114 还可包括泄压阀 116。

[0021] 在操作期间, 从储存罐中出来的 LNG 在泵 118 中是压缩的, 仍处于液态, 该泵能够在保持 LNG 在液体状态的同时提高 LNG 的压力。泵 118 能够选择性地将 LNG 的压力提高到能够响应于由电子控制器 120 提供给泵 118 的压力命令信号而变化的压力。虽然 LNG 在储存罐中以液态存在, 但本发明为了简便起见, 当涉及在大于大气压的压力下存在的 LNG 时将会参考压缩或加压的 LNG。

[0022] 相应地, 压缩 LNG 在热交换器 122 中被加热。热交换器 122 向压缩 LNG 提供热量, 以在增加 LNG 的焓和温度的同时, 降低 LNG 的密度和粘度。在一种事例性的应用中, LNG 可

以以大约 -160°C 的温度、大约 $430\text{kg}/\text{m}^3$ 的密度、大约 $70\text{kJ}/\text{kg}$ 的焓以及大约 $169\ \mu\text{Pa}\cdot\text{s}$ 的粘度作为液体进入热交换器 122, 并且以大约 50°C 的温度、大约 $220\text{kg}/\text{m}^3$ 的密度、大约 $760\text{kJ}/\text{kg}$ 的焓以及大约 $28\ \mu\text{Pa}\cdot\text{s}$ 的粘度离开热交换器。可以认识到的是, 这些有代表性的状态参数的值可依据正在使用的燃料的特殊组成而不同。总地来说, 期望燃料在低温液态下进入热交换器, 在超临界气态下离开热交换器, 在此超临界气态用来描述燃料是气态、但具有在其气相和液相之间的密度的状态。热交换器 122 可是任何已知类型的热交换器和 LNG 一起使用的加热器。在图示说明的实施例, 热交换器 122 是能够从发动机冷却液中汲取热量的水套加热器。在一个可选的实施例, 热交换器 122 可被实施为有源加热器, 例如, 燃烧燃料的加热器或电子加热器, 或替代地可为使用不同热源的热交换器和其他类型的加热器或热交换器, 这些热源例如为从发动机 102 的废气中回收的热量、属于同一系统的不同发动机 (例如在机车中普遍的情况)、来自工业过程的废热。在图 1 所示的实施例, 使用发动机冷却液作为热交换器 122 的热源, 温度传感器 121 被设置为测量离开热交换器 122 的发动机冷却液的温度, 并向控制器 120 提供温度信号 123。

[0023] 从热交换器 122 离开的气体在过滤器 124 处过滤。过滤的气体的一部分可存储在加压蓄能器 126 中, 剩余的气体被提供给压力控制模块 128。向气体燃料供给线 108 提供压力调节过的气体。压力控制模块 128 响应来自电子控制器 120 的控制信号, 和 / 或能够调节被提供给燃料喷射器 104 的气体的压力。压力控制模块 128 可以是诸如圆顶加载调节器 (dome loaded regulator) 的机械装置, 或替代地可为能够响应来自控制器 120 的命令信号的机电控制装置。

[0024] 液体燃料或在图示说明的实施例中的柴油燃料存储在燃料储存器 136 中。燃料从那里经由过滤器 140 并根据发动机的运转模式以不同的速度被吸入到容积泵 138 中。由泵 138 提供的燃料速度通过泵的响应于来自电子控制器 120 的命令信号的可变容积来控制。从泵 138 中出来的加压燃料被提供给液体燃料轨道 110。

[0025] 系统 100 可包括向控制器 120 提供有关系统运转状态和整体健康的信息的各种其他传感器。例如, 系统 100 还可包括指示系统中不同位置处的气体燃料的状态的各种其他传感器。由此指示的气体状态可以基于对参数的直接测量或者基于对参数所谓的“虚拟”测量, 相对于本发明“虚拟”测量意思是基于与虚拟测量参数具有已知的或预估的关系的其它直接测量的参数进行推测的参数的确定。如在此使用的, 气体状态意在描述指示气体燃料的热力学状态的参数, 例如, 根据情况而定的燃料的压力和 / 或温度。当确定气体的状态时, 为了诊断系统健康的目的而感兴趣的参数取决于发生在气体状态上的变化。相应地, 气体的压力与诊断泵的运转有关, 气体的温度与诊断加热气体的热交换器的运转更为相关。在下面的描述中, 对“状态”传感器进行了引用, 该“状态”传感器应理解为测量一个或多个气体状态参数 (包括但不局限于压力、温度、密度等) 的任何类型的传感器。

[0026] 相应地, 气体状态传感器 144 被设置用来测量和提供指示在气体燃料供给线 108 处流体状态的轨道状态信号 146。轨道状态信号 146 可指示气体的压力和 / 或温度。状态传感器 148 被设置用来测量和提供指示在气体过滤器 124 (的下游) 和压力控制模块 128 (的上游) 之间的气体状态的过滤器状态信号 150。过滤器状态信号 150 可以指示气体压力。附加地状态传感器 152 被设置用来测量和提供指示在热交换器 122 和气体过滤器 124 之间的气体状态的加热器状态信号 154。加热器状态信号 154 可以指示那个位置处的气体温度。

附加的状态传感器 156 被设置用来测量和提供在泵 118 的出口处的液体状态信号 158。在泵 118 的出口处的液体状态信号 158 可以指示气体压力,用于诊断泵的运转,和 / 或气体的温度,用于与热交换器 122 下游的加热器状态信号 154 进行比较来诊断热交换器 122 的运转状态。在运转过程中,轨道状态信号 146、过滤器状态信号 150、加热器状态信号 154、液体状态信号 158 和 / 或其他指示液体 / 气体燃料的流体状态的状态信号被持续地提供给电子控制器 120。

[0027] 电子控制器 120 包括函数性和其他算法,其操作用于监控由系统传感器提供的各种信号,并探测系统 100 的各种故障或异常运转模式,从而能够在发动机冷起动和 / 或在寒冷条件下(例如,环境空气温度在或低于 -20°C) 发动机稳定运转之后采取缓解措施来促进发动机变热。换句话说,控制器 120 包括用于 DIG 发动机系统 100 的系统温度控制系统,该系统能够探测并处理燃料系统中临时或持续地与热能量相关的问题,特别是可能在发动机冷起动或发动机在低的环境温度条件下运转期间出现的问题。除了发动机冷起动和在寒冷的环境空气温度下运转之外,其他与热能量问题相关联的异常运转情况的例子可包括:多个燃料系统部件的水进入和冻结问题、出现过多热能量的情况(例如,当系统在环境空气高温条件下运转时)、任一过滤器阻塞、热交换器 122 的冻结和 / 或阻塞、压力控制模块 128 故障和 / 或特别是与到气体燃料供给线 108 和从气体燃料供给线 108 出来的压缩气体供给相关的其他情况。

[0028] 在正常运转期间,气体燃料和液体燃料在高压下通过燃料喷射器 104 分别被喷入到发动机气缸中。安装在发动机气缸 204 中的喷射器 104 的一个实施例的剖视图在图 2 中示出。虽然这些图中示出的喷射器 104 有两个并排布置的止回阀,但任何其他燃料喷射器设计也是合理的,例如具有同心止回阀或针阀的双喷射器。现在参考附图,每个发动机气缸 204 都包括一个孔 206,该孔形成在缸体 202 中并且以可滑动的方式在其中容纳活塞 208。从典型的发动机应用中已知,活塞可以和发动机曲轴(未示出)相连接,该曲轴运转来例如在压缩冲程中提供使每一活塞在气缸孔中移动的力,同样例如在燃烧或做功冲程中可通过活塞施加的力来移动从而使曲轴旋转。

[0029] 气缸 204 定义了可变容腔 210,在图示说明的介绍中,该可变体积在横向被孔 206 的壁约束,并且在其端部被活塞 208 的顶部或冠部以及气缸盖 213 的表面 212 所封闭,该气缸盖的表面通常被称为火焰挡板。当活塞 208 在孔 206 内在下死点(BDC)和上死点(TDC)之间做往复运动时,可变体积 210 相应地在最大容量和最小容量之间变化。

[0030] 参见图 2,每个活塞 204 包括至少一个进气阀 214 和至少一个排气阀 216。值得注意的是,尽管活塞 204 以与在至少四冲程循环下的发动机运转相一致的方式示出,同样也包括气缸进气阀和排气阀,可以设想诸如二冲程发动机等的其他类型发动机,但为了简便起见没有特别示出。在图 2 所示的特定的发动机中,在发动机 102 的运转过程中进气阀 214 和排气阀 216 有选择地被激活从而使可变容腔 210 与流体排出装置和流体源流体连通。特别地,进气阀 214 选择性地堵住将可变容腔 210 与进气歧管 222 流体互连的进气道 220。类似地,排气阀 216 选择性地堵住将可变容腔 210 与排气歧管 226 流体互连的排气道 224。在图示说明的实施例中,燃料喷射器 104 被设置用来有选择地将柴油和压缩天然气(CNG)燃料直接注入到每个发动机气缸 204 的可变容腔 210 中。

[0031] 值得注意的是,尽管在此示出的单个喷射器能够独立地注入两种燃料,但可以设

想的是,可使用两个喷射器来代替这种单个的喷射器,此两个喷射器中的每个与两种燃料中的一种相对应。替代地,可以使用具有同心针的燃料喷射器。因此,喷射器 104 代表着能够独立地注射两种类型燃料的喷射器的无数可能实施例中的一种。尽管两种燃料可在大约相等的压力下(在图示的实施例中是 25 到 50MPa 之间)提供给喷射器,但喷射器 104 的特定实施例仍使用柴油燃料压力来激活用于注入气体燃料的止回阀。

[0032] 在正常运转条件下,喷射器 104 在发动机运转中能够有选择地注入柴油或气体。在图示说明的实施例中,在正常运转过程中发动机的总燃料能量供给由通过柴油燃料供给的大约 3% -10% 的能量贡献以及通过气体燃料能量供给的剩余总燃料能量供给的 90% -97% 组成。用柴油取代气体的特定比例可根据发动机特定运转点而变化。这些燃料在发动机运转期间的不同时间注入。例如,当气缸 204 正在进行或接近完成压缩冲程时活塞 208 在向 TDC 位置移动期间,例如首先注入柴油。当柴油燃料在可变容腔中的燃烧已经开始或将要开始时,喷射器 104 使气体在高压下被直接注入到气缸 204 中并在被燃烧的柴油燃料点燃时进行燃烧。

[0033] 当出现异常运转情况使系统 100(图 1)给发动机运转提供足够量的气体燃料的能力减弱时,例如,当发动机不足够热以提供充足的热能量来加热在当前发动机运转情况下所要求量的液化的气体燃料时,控制器 120 激活热能量管理运转模式。在热能量管理运转模式期间,调整发动机的多种参数,以在发动机只依靠柴油燃料或柴油和气体燃料的混合物运转期间使发动机的运转稳定。在这种模式中,液化的气体燃料的加热速度以及由此用于该加热所需的热能量被减少到或计量到预定速度从而使留有充足的能量来加热发动机。当减少所使用的气体燃料量时,控制器 120 可以降低发动机可用的气体燃料的压力和/或减少气体燃料注入的持续时间。

[0034] 在一个实施例中,在加热液化的气体燃料过程中消耗的热能量的计量是基于加热器的目标冷却液出口温度进行确定和控制的,其中热能量指气体加热能量。在可选的实施例中,可以在控制器 120 中执行一种热平衡的计算。这种热平衡计算可以基于多种参数并包含输入到加热器中的能量,该能量基于发动机冷却液入口温度和出口温度、环境空气温度(该温度可以通过使用典型的发动机传感器和/或布置在加热器上的专门的表面温度传感器确定)、和液化的气体燃料经过加热器的流速和温度来确定,或者,可选择地,基于发动机使用的气体燃料的流速和温度确定。这些参数的任何一个可以是直接测量的或在其他参数的基础上推测的。例如,发动机所使用的气体燃料流速可通过使用流量计测量,或以任意多种方式推测的,包括以向控制器 120 指令的燃料速度连同发动机速度,泵 118 的出口处的流体压力连同泵 118 排量和速度,在气体燃料轨道 106 中的气体压力连同经由喷射器 104 的气体注入持续时间推测,或者通过任何其他合适的方法进行推测。

[0035] 当以减少加热能量的模式运转时,如果总的发动机功率要保持不变,控制器 120 可向发动机气缸增加液体或柴油燃料供应来补偿气体燃料可用性的减少。替代地,或附加地,当以这种模式运转时,如果例如,液体燃料系统增加注入发动机气缸中的液体燃料供给的能力已饱和或接近饱和时,控制器 120 可限制总的可用发动机功率。这是因为,与在正常情况下能够使用两种可用燃料中任何一种以全功率运转的传统的双燃料发动机不同的是,某些 DIG 发动机系统的运转需要进行调整从而能够通过液体燃料的燃烧实现任一可观的功率贡献。

[0036] 一般而言, DIG 发动机的柴油或液体燃料系统通常仅被要求用来提供点燃气体燃料的引燃燃料能力, 在图示说明的实施例中, 其尺寸被设定为允许发动机在至少一些功率由柴油燃料的燃烧提供的情况下运转。根据在控制器 120 中确定的加热能量减少的程度, 发动机的运转通过使用比正常情况下所需量更少的气体燃料来执行。在极端的条件下, 例如, 在寒冷的环境空气条件下的发动机冷起动, 当时可能暂时没有可用的热能量来加热气体燃料, 因为如果尝试任何加热, 发动机冷却液的温度都会足够低到使发动机冷却液在加热器 122(图 1) 中冻结。有利的是, 应该避免在加热器内的发动机冷却液冻结从而避免加热器的损坏和 / 或发动机冷却系统的部分被堵塞。为了避免这种情况, 发动机有利地在完全依靠液体燃料运转期间, 能够提供预定的功率输出。这种功能性通过在发动机控制器中运行的软件算法和各种发动机组件和系统中的各种硬件能力来完成。

[0037] 图 3 示出了热管理控制器 400 的框图。控制器 400 可以被实施为计算机的一部分, 该部分具有有形的存储介质, 其具有存储在其上的在计算机处理中运行的计算机可执行的命令。控制器 400 替代地可被实施为硬件控制器或任一其他在车辆上随行操作或远程操作的合适类型的控制装置。

[0038] 在图示说明的实施例中, 控制器 400 被设置为接收来自与系统 100(图 1) 相联的各种传感器的信号、在传感器信号的基础上处理信息、并根据情况来提供指令以控制发动机 102(图 1) 的各组件和系统的运转。例如, 在图 3 中示出的控制器 400 被设置为相应地接收发动机的速度信号 402 和负载信号 404, 该两种信号分别指示了所需的发动机运转情况。速度信号 402 和负载信号 404 可基于操作者指令或替代地可由控制发动机运转的发动机控制器提供。控制器 400 还可接收有选择的发动机正时信号 406, 例如, 以已知的方式由发动机 102 的曲轴或凸轮轴传感器(未示出)来提供, 该信号可是一个单独的信号或者替代地可以是已经讨论过的发动机速度信号 402 的一部分。

[0039] 在运转过程中, 控制器 400 接收指示气体燃料传输系统和发动机 102 的运转状态的信号, 从而评估这些系统的运转健康情况并处理可能出现的热问题。更具体地说, 并平行参考图 1, 控制器 400 可以接收加热器出口温度 123, 还可接受加热器入口温度(未示出), 该入口温度可以是在加热器处或冷却系统的其他地方获得。为了简便起见, 在图 3 中加热器冷却液出口温度用 123A 表示, 加热器冷却液入口温度用 123B 表示。虽然入口温度和出口温度两者都相对于图 3 进行了讨论, 但入口温度是可选择的并可忽略。控制器还可接收来自其他发动机传感器或燃料系统传感器的信号, 诸如环境空气温度 401、发动机油温 403、发动机冷却液温度 405、气体燃料泵 118 的位置 407、气体燃料轨道 134 中的气体压力、和 / 或其他可选择且可忽略的所有信号。

[0040] 除了接收关于发动机系统 100 的运转状态的信息外, 控制器 400 能够提供对发动机系统 100 中各种与燃料相关的组件和系统的运转进行控制的指令信号。更具体地说, 控制器 400 分别向燃料喷射器 104 提供柴油燃料指令 408 和气体燃料指令 410(同样参见图 1)。每种燃料指令 408 和 410 分别向相应的喷射器致动器提供电信号, 该电信号有预定的持续时间, 在持续时间期间, 相应的燃料从喷射器 104 被注入。

[0041] 控制器 400 还可提供控制或设置柴油泵 138 和 LNG 泵 118 的排量的信号以及通过压力控制模块 128 设置气体燃料要求的轨道压力的信号。更具体地说, 柴油泵控制信号 412 和气体燃料泵控制信号 414 在控制器 400 中确定, 并提供给相应的泵从而在运转过程中控

制各个泵 118 和 138 的排量和以及由此的燃料量。在一个实施例中,在控制器 400 内的用于通过燃料指令 408 和 410、泵指令 412 和 414 命令燃料注入的决定至少是在出口冷却液温度 123A 以及其他可选择的输入(如果存在的话)的基础上做出的。

[0042] 在图 4 中示出了用于运行控制器 400 的方法的流程图。在这个实施例中,基于在 418 处的对在加热器处的用于使液化燃料以充足的速度气化以使发动机在要求的条件下运转的热需求和在冷起动之后和 / 或在寒冷环境条件下运转期间加热发动机的热需求之间进行的比较,执行对发动机和对液化的气体燃料的加热的热控制。当控制器 400 确定发动机有能力给加热器提供足够的热能量时,在 420 处执行正常的发动机和燃料系统的运转。当运转发动机所需的热能量超过了发动机的热能力时,在 422 处激活热管理程序,并且该进程随着在 418 处的连续的确定而重复。

[0043] 可以设想的是,在某些情况下,例如当发动机能够实现暖机运转时,热管理程序的使用将会是暂时的。在某些其他情况下,例如,当发动机在寒冷的环境下运转且没有辅助装置来帮助发动机加热时,在 422 处的热管理程序将会激活较长时间。因此,可以设想的是,发动机能够为各种应用提供有效的功率,甚至是在热管理模式运转时。

[0044] 图 5 示出了在 418 处的决定是否有足够的热能量可用来使充足的燃料气化从而能够正常运转发动机的第一实施例的框图。在这个实施例中,控制器 400 使用在加热器出口处的目标冷却液温度,或如图 1 所示,使用出口温度 123A,来确定系统的热能量状态。通过这种方式,控制器 400 能够监控 424 处的加热器冷却液出口温度来确定其在阈值或在阈值之上,该阈值例如为指示特定类型冷却液接近冻结的温度。当加热器冷却液出口温度在阈值温度或在阈值温度之上时,在 426 处会给出能够在 420 处(图 3)执行正常发动机运转的指示,其中阈值温度指示发动机正在足够热的温度下运转。当加热器冷却液的温度低于阈值温度时,将会在 422 处(图 4)激活热管理程序。

[0045] 图 6 示出了用于诸如在 422 处(图 4)激活的热管理程序 500 的一个实施例的框图。热管理程序 500 接收加热器出口冷却液温度 123A 作为输入,加热器出口冷却液温度 123A 在此假定低于目标温度或阈值温度, T_{EVAP_OUT} 。在 502 处计算出加热器出口冷却液温度 123A 和阈值温度 T_{EVAP_OUT} 之间的差以提供差值 504。如示出的,差值 504 是指示两个参数差异大小的正值。差值 504 被提供给四个函数,其中每个函数都提供一个控制器 400(图 3)的输出参数,该输出参数以预定的方式与差值 504 相关联。更具体地说,并行参考图 3,柴油喷射函数 506 提供柴油燃料指令 408,气体喷射函数 508 提供气体燃料指令 410,柴油泵函数 510 提供柴油泵控制信号 412,气体泵函数 512 提供气体燃料泵控制信号 414。

[0046] 在图示说明的实施例中,这些函数 506、508、510 和 512 中的每一个都被实施为三维查找表函数,该函数将温度差值 504 与指令的发动机速度 402、指令的发动机负载 404 相关联。在替代的实施例中,函数 506、508、510 和 512 中的一个或多个可以以任一其他有源的形式实施,例如比例型控制器、积分型控制器和导数(PID)型控制器、基于模型的算法和类似的形式,或无源的形式,例如一个或多个一维或二维查找表或其他函数类型。附加地,函数 506、508、510 和 512 中的每个都能够接收将用在相应的指令参数的决定中的附加的发动机参数或系统参数。这些附加发动机参数或系统参数可包括环境空气温度 401、发动机油温 403、发动机冷却液温度 405、气体燃料泵 108 的位置 407、气体燃料轨道 134 中的气体的压力和 / 或在热方面与发动机的运转有关联的其他信号中的一个或多个。而且,温度差异

值可推动具有修正因子的单独函数作为其输出。在这个实施例中,修正因子也可用在控制器 120(图 1) 中的其他地方来修改或衡量与系统 100(图 1) 的控制和运转相关联的各种指令信号。

[0047] 图 7 示出了用于热管理程序 600 的替代的实施例、诸如在 422 处(图 4) 激活的那一个那样的框图。热管理程序 600 包括所期望的加热能量计算函数 602,该函数运行以实时地计算以足以使发动机正常运转的速度加热液化的气体燃料所需要的例如以 kW 为单位的热功率。在图示说明的实施例中,加热能量计算函数 602 接收发动机速度信号 402 和发动机负载信号 404,通过假定或测定用于液化气体的各种状态参数信息,例如温度和压力,确定期望的加热功率参数 602,该参数指示了加热充足的气体燃料以使发动机在给定的速度和负载条件下运转所需要的热功率。

[0048] 热管理程序 600 还包括测定的热计算函数 606,该函数实时地确定在加热器处实际被气体燃料吸收的热功率。测定的热计算函数 606 接收:发动机速度 402 作为经过加热器的冷却液流速的指示;发动机负载 404,作为经过加热器的气体燃料流速的指示;以及加热器的冷却液出口温度 123A,作为气体燃料中焓增加的指示。测定的热计算函数 606 提供测定的功率参数 608,该参数指示了当发动机在给定速度和负载运转下气体燃料正在吸收的实际热功率。

[0049] 热管理程序 600 在比较器 610 处将期望的热功率参数 604 与测定的热功率参数和 608 进行比较从而确定这两个功率是否基本上相等。当发动机是热的且可利用充足的热功率以充足的速度来加热液化的气体燃料时,期望的和测定的功率参数 604 和 608 将会基本上匹配,发动机将会以正常模式运转。然而,如果测定的功率比期望的功率小,例如,如果发动机冷却液不足够热来供给期望的热功率,诸如当发动机的自动调温器关闭时,当发动机是冷的时,当没有充足的冷却液流过加热器时,或类似情况下,热管理程序 600 将会运行来减少期望功率到基本上和测定功率匹配或小于测定功率。

[0050] 在一个实施例中,减少加热功率是通过修改发动机的燃料添加和其他指令以增加液体燃料的使用并降低提供的气体燃料量来实现的。在某些实施例中,液体燃料使用的增加,例如,可以通过命令液体燃料泵增加液体燃料轨道压力和/或通过增加液体燃料注入的持续时间来实现。类似地,例如,通过降低气体燃料注入压力可降低气体燃料的使用。在图示说明的实施例中,在 612 处计算出期望的和测定的加热功率之间的功率差 610。功率差 610 被提供给转换函数 614,该转换函数通过逐渐地增加发动机的液体燃料消耗和降低气体燃料消耗并以功率差 610 为基础,进行运行以转化发动机的运转。换句话说,功率差 610 被确定为越大,指令发动机运转的转换越大。转换函数 614 提供先前讨论的主要发动机控制参数,也就是,柴油燃料命令 408 和气体燃料命令 410、柴油泵控制信号 412 和气体燃料泵控制信号 414 作为输出,其中的每一个都被适当地调整,例如,相对于功率差异 610 成比例地调整,但也可以使用其他或附加的参数。

[0051] 工业实用性

[0052] 本发明可应用于具有与液体燃料系统一起运转的气体燃料系统的 DIG 发动机中,所述液体燃料系统用于提供液体燃料来点燃气体燃料。在图示说明的实施例中,使用双止回阀燃料喷射器将两种燃料都直接注入到每个发动机气缸中。各种传感器被设置为监控发动机的组件和系统以进行适当地运转,并在与异常运转情况的系统相关联的控制器中生成

指示。当异常运转情况出现时,控制器确定异常情况的严重程度,并调整发动机的运转来改变两种燃料供给的比例。例如,当在正常运转模式下,液体燃料主要用于点燃气体燃料,在热管理运转模式下,例如当发动机冷起动和/或在寒冷的环境下运转时,没有充足的热能量可利用来加热液化的气体燃料的充足发动机供应,将会使用液体燃料来提供发动机功率,该功率替代正常情况下由气体燃料提供的动力直到发动机有机会变暖。

[0053] 可以理解的是,前面的描述提供了本发明的系统和技术的一些例子。尽管如此,可以设想,本发明的其他实施方式可以在细节上和前面所述的例子不同。对本发明或对其例子的所有引用的目的是在当时引用特定的例子来讨论,而不是意味着更概括地对本发明的范围做出限制。对于某些特征的语言上的区别和轻视的目的是指出对这些特征并非优选,并非将其整体上从本发明的范围中排除,除非另有指示。

[0054] 在此除非另外地指出,对值的范围的记载仅意在作为一种分别指示各个落入到该范围中的单独的值的速记方法,并且每个单独的值都并入到说明书中,如同这些数值已被单独地进行记载。在此所描述的所有方法都能够以任何合适的顺序执行,除非在此有另外的指示或明显地与上下文相矛盾。

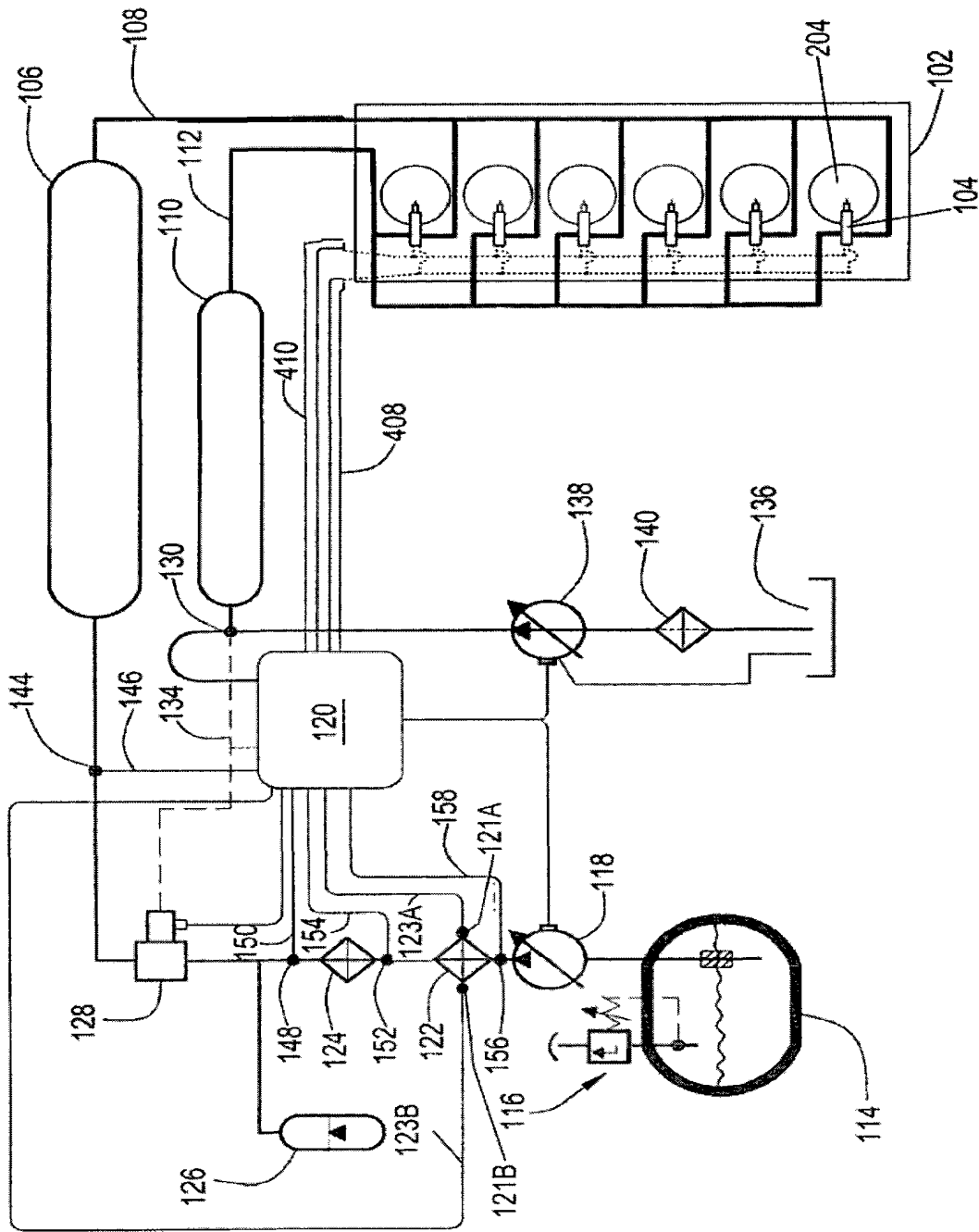


图 1

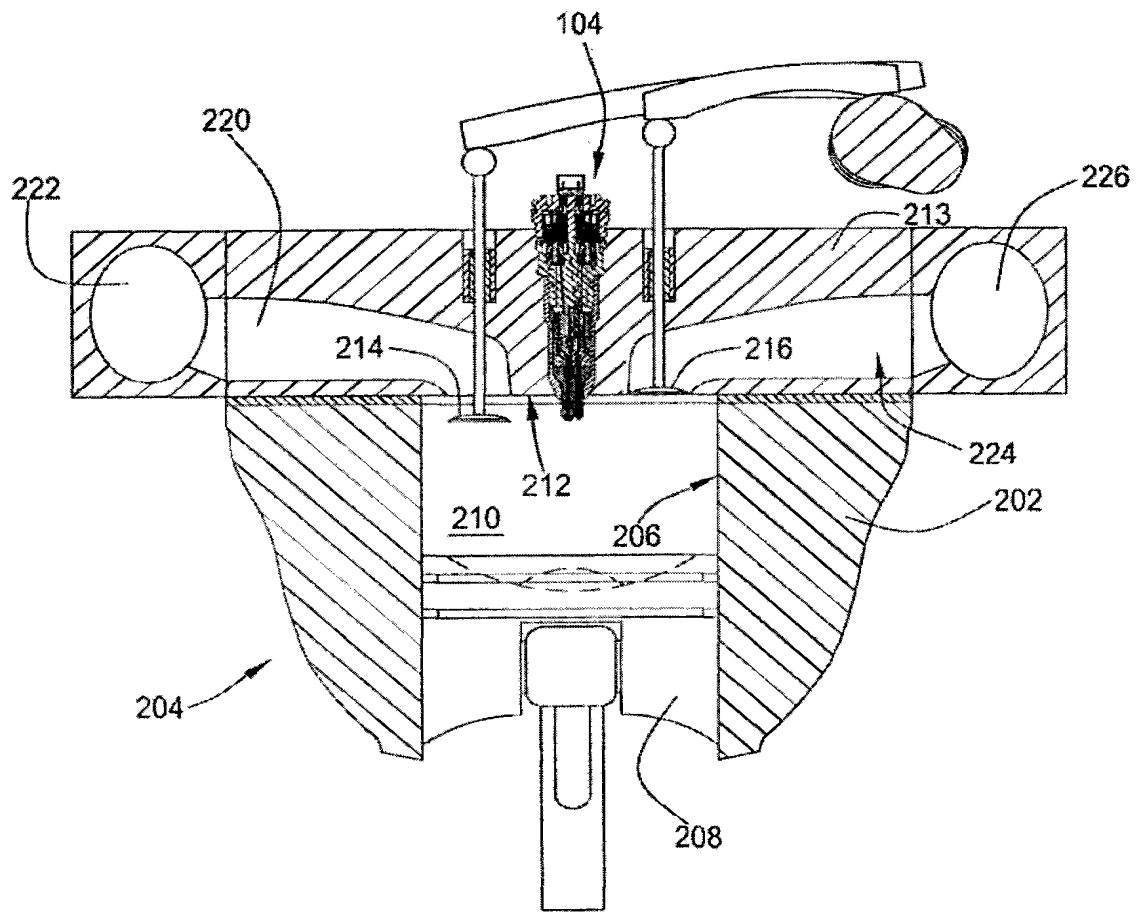


图 2

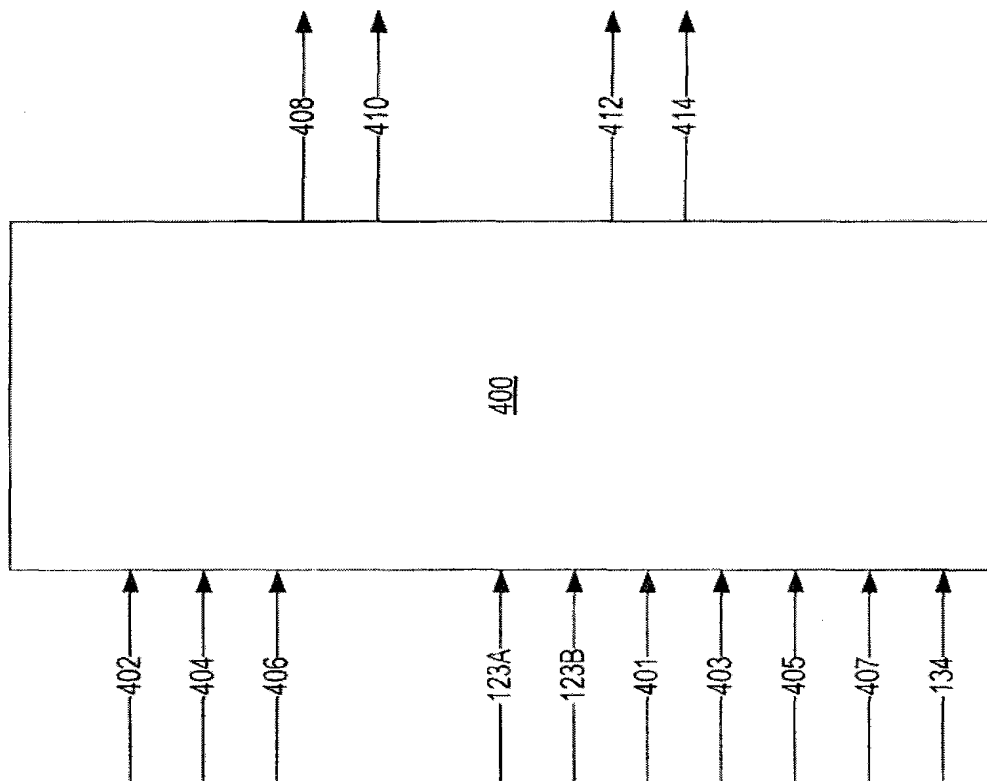


图 3

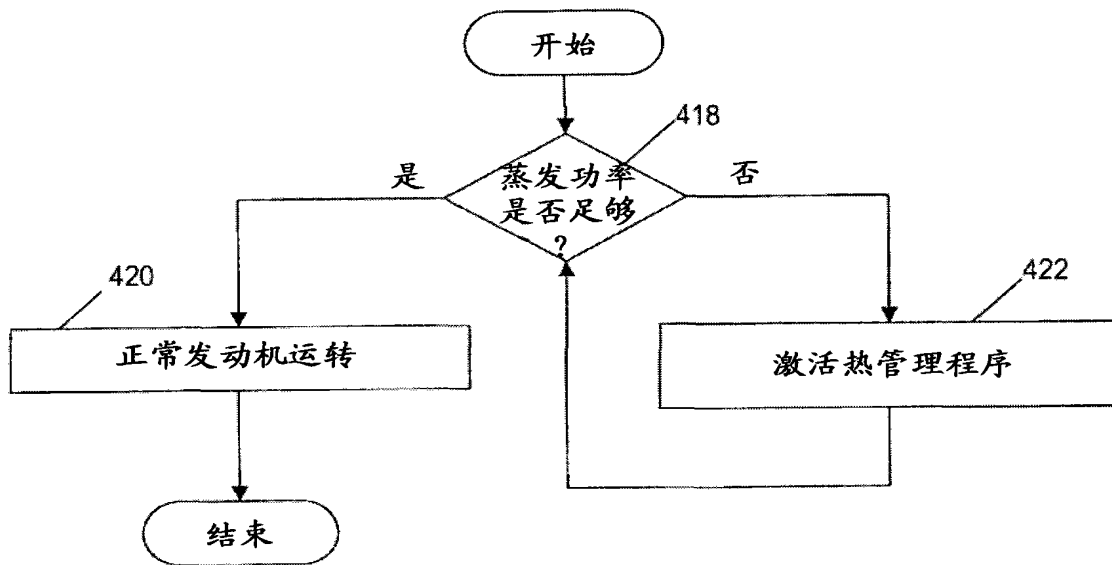


图 4

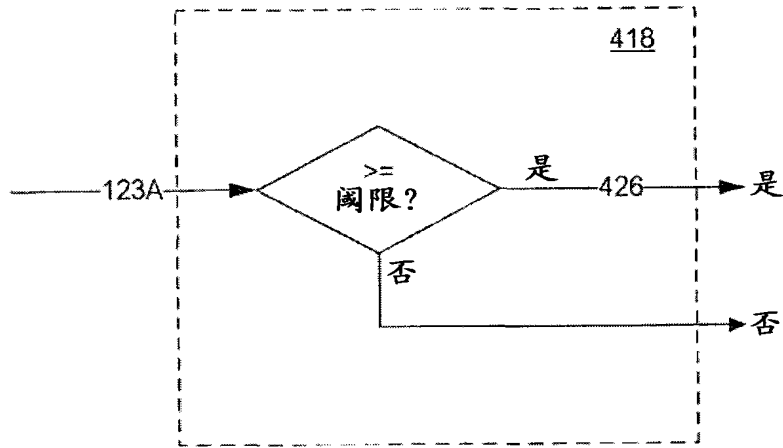


图 5

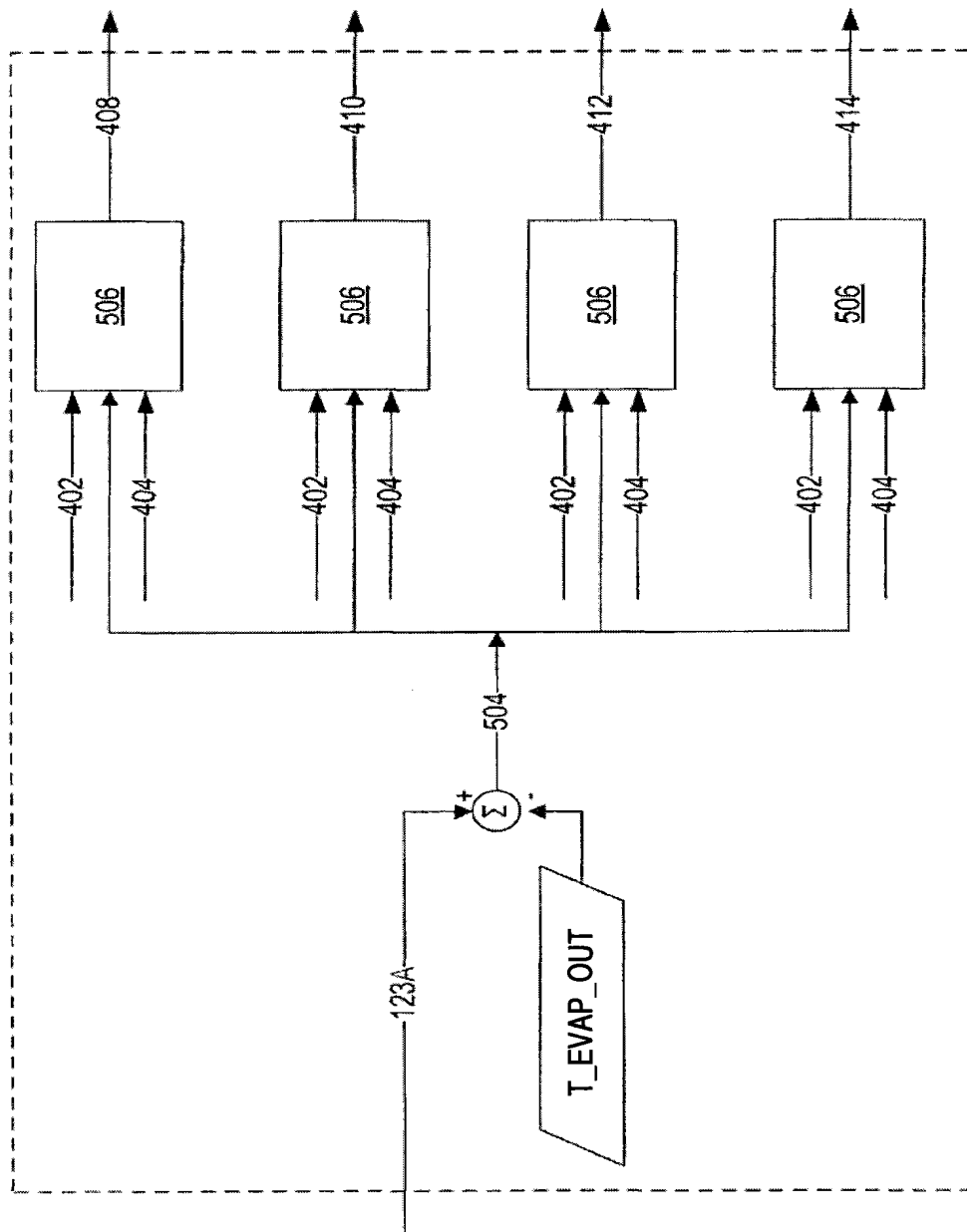


图 6

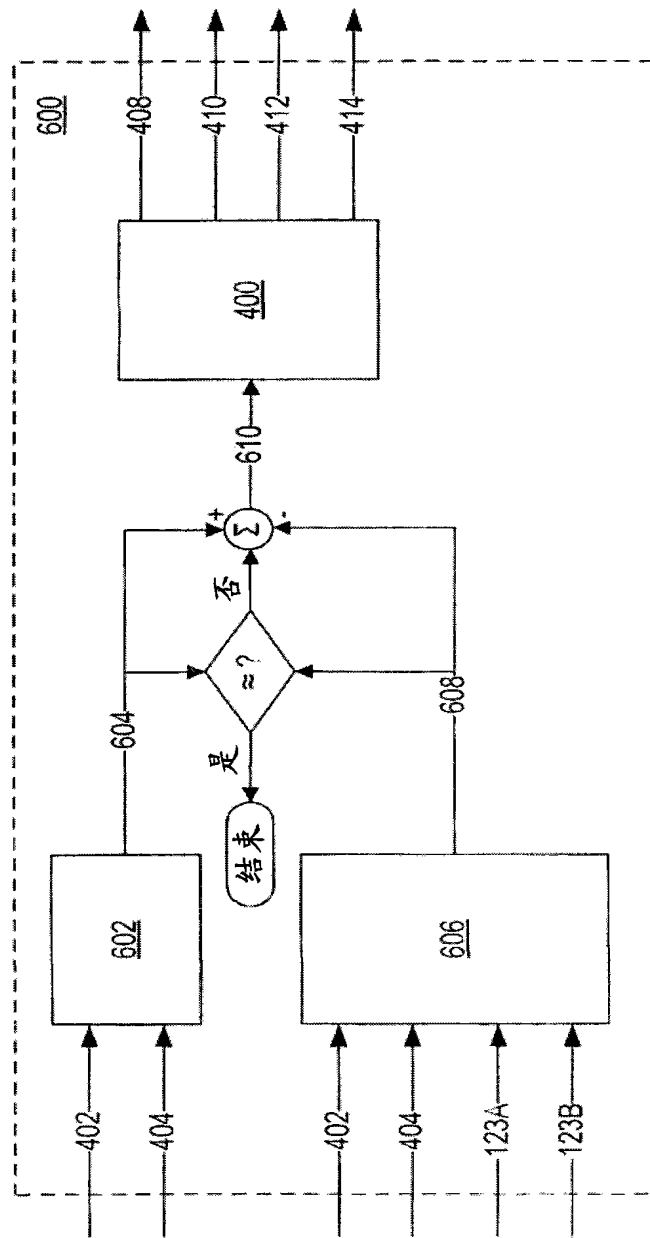


图 7