



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104421028 A

(43) 申请公布日 2015. 03. 18

(21) 申请号 201410408735. 8

(22) 申请日 2014. 08. 19

(30) 优先权数据

13/970, 510 2013. 08. 19 US

(71) 申请人 福特环球技术公司

地址 美国密歇根州

(72) 发明人 R·D·皮尔西弗

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司

公司 11245

代理人 赵蓉民

(51) Int. Cl.

F02D 41/30(2006. 01)

F02D 19/02(2006. 01)

F01P 9/02(2006. 01)

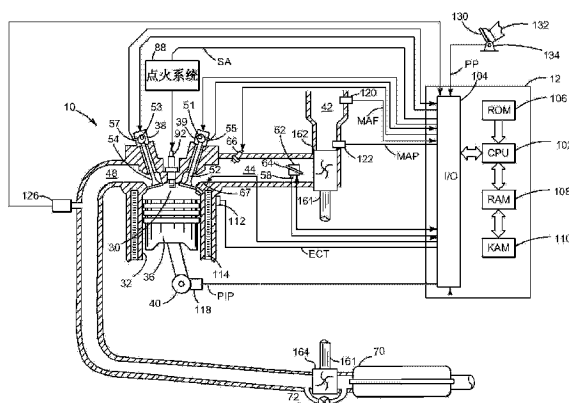
权利要求书2页 说明书10页 附图4页

(54) 发明名称

用于改善燃烧液化石油气的发动机的运转的系统和方法

(57) 摘要

本发明涉及用于改善燃烧液化石油气的发动机的运转的系统和方法,提供了用于改善被供应具有低超临界温度的燃料的发动机的运转的方法和系统。在一个示例中,该方法供应燃料,以冷却直接喷射燃料泵,并在燃料被汽化之后参与发动机汽缸中的燃烧。该方法还提供了经由直接喷射燃料泵向发动机汽缸喷射液体燃料。



1. 一种用于使发动机运转的方法,该方法包含:  
利用液体燃料来冷却直接喷射燃料泵,所述液体燃料不通过所述直接喷射燃料泵来泵送。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述直接喷射燃料泵被机械地耦接至所述发动机。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中所述液体燃料被汽化为气体燃料。
4. 根据权利要求3所述的方法,其还包含,向所述发动机进气道喷射所述气体燃料。
5. 根据权利要求4所述的方法,其中响应于所述气体燃料的压力而调整进气道燃料喷射器脉冲宽度。
6. 根据权利要求3所述的方法,其还包含,响应于向所述发动机喷射所述气体燃料而调整升压。
7. 根据权利要求1所述的方法,其中所述直接喷射燃料泵被装在蒸发器中。
8. 一种用于使发动机运转的方法,该方法包含:  
利用第一液体燃料来冷却直接喷射燃料泵,所述第一液体燃料不通过所述直接喷射燃料泵来泵送;以及  
向所述发动机喷射通过所述直接喷射燃料泵所泵送的第二液体燃料。
9. 根据权利要求8所述的方法,其中所述第一液体燃料和所述第二液体燃料是相同类型的燃料。
10. 根据权利要求8所述的方法,其中所述第一液体燃料汽化形成气体燃料,并且其中向所述发动机喷射所述气体燃料。
11. 根据权利要求10所述的方法,其中向所述发动机喷射通过所述直接喷射燃料泵所泵送的燃料,而不喷射所述气体燃料。
12. 根据权利要求10所述的方法,其还包含,响应于所述气体燃料的压力而调整进气道燃料喷射器的脉冲宽度。
13. 根据权利要求8所述的方法,其还包含,使由所述第二液体燃料形成的气体经由冷凝器返回到燃料箱。
14. 一种发动机系统,其包含:  
发动机,其包括汽缸;  
进气道燃料喷射器,其向所述汽缸供应燃料;  
直接燃料喷射器,其向所述汽缸供应燃料;以及  
直接喷射燃料泵,其向所述直接燃料喷射器供应第一燃料,所述直接喷射燃料泵在蒸发器内。
15. 根据权利要求14所述的发动机系统,其还包含控制器,所述控制器包括可执行指令,所述指令被存储在非临时性存储器中,用于控制所述第一燃料的流动以冷却所述直接喷射燃料泵,所述第一燃料不通过所述直接喷射燃料泵来泵送,并且所述第一燃料围绕所述直接喷射燃料泵的外部的至少一部分。
16. 根据权利要求15所述的发动机系统,其还包含用于调整所述直接喷射燃料泵的输出另外的指令。
17. 根据权利要求15所述的发动机系统,其还包含用于使向所述直接喷射燃料泵供应

所述第一燃料的提升泵运转的另外的指令。

18. 根据权利要求 17 所述的发动机系统, 其还包含用于使所述直接喷射燃料泵运转并经由所述直接喷射燃料泵向所述直接燃料喷射器泵送第二燃料的另外的指令, 并且其中所述第一燃料和所述第二燃料是相同类型的燃料。

19. 根据权利要求 17 所述的发动机系统, 其还包含用于通过所述进气道燃料喷射器来喷射所述第一燃料的另外的指令。

20. 根据权利要求 17 所述的发动机系统, 其还包含基于经由所述进气道燃料喷射器喷射燃料而限制发动机升压的另外的指令和基于经由所述直接燃料喷射器喷射燃料而限制发动机升压的另外的指令。

## 用于改善燃烧液化石油气的发动机的运转的系统和方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及用于改善以液化石油气运转的内燃发动机的运转的系统。该方法可以特别用于发动机被升压为以超过环境压力的进气压力运转。

### 背景技术

[0002] 液化石油气 (LPG) 可以用作内燃发动机的燃料。LPG 可主要由丙烷组成, 并且它具有大约 96°C 的相对低的超临界温度。如果 LPG 被升高至大于其临界温度的温度, 则会向发动机供应在气态与液态之间的未知密度的 LPG。如果在小于其临界温度的温度下向发动机供应 LPG, 则可以经由燃料喷射器以液态的形式向发动机供应 LPG。液相形式的 LPG 离开燃料喷射器, 并且会非常迅速地急骤蒸发成气态。以液态的形式供应 LPG 可能是期望的, 因为可以将液体燃料直接供应到汽缸内, 液体燃料在汽缸中汽化并冷却汽缸空气 - 燃料混合物, 因此发动机可以容许额外的点火提前, 并且更不易于发动机爆震。然而, 发动机舱温度可能会到达高于 LPG 的临界温度的水平。因此, 可能会存在 LPG 在被喷射到发动机之前改变状态为超临界状态时的状况。由于未知的流体密度, 喷射期望量的燃料会变得困难。从液体到超临界流体的燃料的状态改变可能导致发动机空燃比误差。

### 发明内容

[0003] 本发明人在此已经认识到上述缺点, 并且已经开发了一种用于使发动机运转的方法, 该方法包含: 利用液体燃料来冷却直接喷射燃料泵, 不通过直接喷射燃料泵来泵送液体燃料。

[0004] 通过利用不经由直接喷射燃料泵来泵送的燃料冷却直接喷射燃料泵或燃料泵和燃料导轨, 可以以已知的状态向发动机供应燃料, 因此可以降低空气 - 燃料误差的可能性。例如, 冷却直接喷射燃料泵和 / 或燃料导轨的燃料汽化, 并且可以经由进气道燃料喷射器被喷射到发动机。另一方面, 通过冷却的直接喷射燃料泵所泵送的燃料可以经由直接喷射器被直接喷射到发动机汽缸内。以此方式, 可以以已知的状态向发动机供应燃料, 因此可以调节燃料喷射正时, 以便为发动机提供期望的空气与燃料的比例。在一个示例中, 当直接喷射燃料泵温度高到足以使通过直接喷射燃料泵所泵送的燃料汽化时, 可以向发动机供应气体燃料。当直接喷射燃料温度低到足以通过直接喷射燃料泵来泵送液态的燃料时, 可以向发动机供应液体燃料。

[0005] 为了实现期望量的发动机室内燃料冷却, 发动机系统可以通过蒸汽获得其燃料的第一部分。当蒸汽喷射压力由于燃料冷却而降低时, 可以通过液体喷射系统 (例如, 直接燃料喷射) 来获得燃料供给的平衡。在需要最大发动机功率的状况下, 可以通过以液体的形式将向发动机供应的所有燃料的大部分喷射到发动机汽缸内来增加发动机功率。对于燃料流率较低的热发动机室内状况, 可以以气态的形式喷射提供到发动机的所有燃料。另外, 在冷环境温度下, 所喷射的所有燃料都可以以液体的形式被喷射。此外, 蒸汽喷射在任何时候都在发生, 直接喷射泵和 / 或直接喷射导轨汽化冷却也是如此。在喷射方法主要是液体的

高燃料流率下,直接喷射泵和直接喷射燃料导轨冷却通过用来自燃料箱的冷却器燃料替换热燃料而发生。

[0006] 本发明可以提供若干优点。具体地,该方法可以通过允许以已知的状态喷射燃料来减小发动机空燃比误差。另外,该方法可以通过利用汽化冷却从直接喷射燃料泵去除大量热。此外,该方法还可以改善向发动机提供升压的方式。

[0007] 当单独或结合附图参照以下具体实施方式时,本发明的上述优点和其它优点以及特征将是显而易见的。

[0008] 应当理解,提供以上发明内容是为了以简化的形式介绍一系列概念,这些概念在具体实施方式中被进一步描述。这并不意味着确定所要求保护的主题的关键或必要特征,要求保护的主题的范围被所附权利要求唯一地限定。此外,要求保护的主题不限于解决在上面或在本公开的任何部分中提及的任何缺点的实施方式。

### 附图说明

[0009] 当单独或参照附图考虑时,通过阅读实施例的示例(在本文中也被称为具体实施方式),将会更充分地理解本文中所描述的优点,其中:

[0010] 图 1 是发动机的示意图;

[0011] 图 2 是用于向发动机供应燃料的示例性系统;

[0012] 图 3 是用于使发动机运转的示例方法的流程图;以及

[0013] 图 4 是根据图 3 的方法的示例性预期的发动机运转顺序。

### 具体实施方式

[0014] 本发明涉及改善燃烧 LPG 的发动机的运转。发动机可以被包括在如图 1 中所描述的系统。可以经由如在图 2 中所描述的燃料系统向发动机供应燃料。LPG 可以根据图 3 的方法以液态或气态的形式供应到发动机。图 3 的方法可以提供如图 4 所描述的发动机运转。

[0015] 参照图 1,内燃发动机 10 由电子发动机控制器 12 控制,其中发动机 10 包含多个汽缸,在图 1 中示出了多个汽缸中的一个汽缸。发动机 10 包括燃烧室 30 和汽缸壁 32,活塞 36 被设置在其中,并且被连接至曲轴 40。燃烧室 30 被显示为经由各自的进气门 52 和排气门 54 与进气歧管 44 和排气歧管 48 连通。每个进气门和排气门可以通过进气凸轮 51 和排气凸轮 53 运转。可以通过排气凸轮相位器 38 和进气凸轮相位器 39 相对于曲轴 40 移动进气凸轮 51 和排气凸轮 53 的正时。进气凸轮 51 的位置可以由进气凸轮传感器 55 确定。排气凸轮 53 的位置可以由排气凸轮传感器 57 确定。

[0016] 直接燃料喷射器 67 被示为设置为将液体燃料直接喷射到汽缸 30 内,本领域技术人员称之为直接喷射。燃料喷射器 67 与来自控制器 12 的信号的脉冲宽度成比例地输送液体燃料。燃料通过包括燃料箱、燃料泵和燃料导轨的燃料系统(图 2)输送至燃料喷射器 67。还可以经由进气道燃料喷射器 66 向汽缸 30 供应气体燃料。此外,进气歧管 44 被显示为与可选的电子节气门 62 连通,电子节气门 62 调整节流板 64 的位置,以控制从进气装置 42 到进气歧管 44 的气流。

[0017] 在向进气歧管供应空气之前,涡轮增压器压缩机 162 压缩来自进气装置 42 的空

气。涡轮增压器压缩机 162 通过向涡轮 164 供应的发动机排气能量而旋转。轴 161 将涡轮增压器压缩机 162 机械地耦接至涡轮 164。废气门 72 可以被选择性地打开以及关闭,以控制压缩机 162 的转速。当压缩机 162 接近压缩机上限转速时,废气门 72 允许排气绕过涡轮 164。

[0018] 响应于控制器 12,无分电器点火系统 88 经由火花塞 92 向燃烧室 30 提供点火火花。通用或宽域排气氧 (UEGO) 传感器 126 被显示为耦接至催化转化器 70 上游的排气歧管 48。可替代地,双态排气氧传感器可以替代 UEGO 传感器 126。

[0019] 在一个示例中,转化器 70 可以包括多块催化剂砖。在另一示例中,可以使用每个均具有多块砖的多个排放控制装置。在一个示例中,转化器 70 可以是三元型催化剂。

[0020] 控制器 12 在图 1 中被示为传统的微型计算机,其包括:微处理器单元 (CPU) 102、输入/输出端口 104、只读存储器 (ROM) 106、随机存取存储器 (RAM) 108、保活存储器 (KAM) 110 和常规数据总线。控制器 12 被示为接收来自耦接至发动机 10 的传感器的各种信号,除之前讨论的那些信号之外,还包括:来自耦接至冷却套筒 114 的温度传感器 112 的发动机冷却剂温度 (ECT);耦接至加速器踏板 130 用于感测足部 132 作用的力的位置传感器 134;来自耦接至进气歧管 44 的压力传感器 122 的发动机歧管压力 (MAP) 的测量值;来自感测曲轴 40 位置的霍尔效应传感器 118 的发动机位置传感器;来自传感器 120 的进入发动机的空气质量的测量值;以及来自传感器 58 的节气门位置的测量值。大气压力也可以被感测 (传感器未示出),以便由控制器 12 处理。在本发明的优选方面,发动机位置传感器 118 在凸轮轴的每个旋转均产生预定数量的等间距脉冲,根据该脉冲能够确定发动机转速 (RPM)。

[0021] 在一些示例中,发动机可以被耦接至混合动力车辆中的电动马达/电池系统。混合动力车辆可以具有并联构造、串联构造或者其变体或其组合。另外,在一些示例中,可以采用其他发动机构造,例如 V 或 I 形构造发动机。

[0022] 在运转期间,发动机 10 内的每个汽缸通常经历四个行程循环:循环包括进气行程、压缩行程、膨胀行程和排气行程。一般来说,在进气行程期间,排气门 54 关闭,而进气门 52 打开。空气经由进气歧管 44 引入燃烧室 30 中,并且活塞 36 移动至汽缸的底部,以便增加燃烧室 30 内的容积。活塞 36 靠近汽缸的底部并在其行程末端的位置 (例如,当燃烧室 30 处于其最大容积时) 通常被本领域技术人员称为下止点 (BDC)。在压缩行程期间,进气门 52 和排气门 54 关闭。活塞 36 朝向汽缸盖移动,以便压缩燃烧室 30 内的空气。活塞 36 在其行程末端并最靠近汽缸盖的点 (例如,当燃烧室 30 处于其最小容积时) 通常被本领域技术人员称为上止点 (TDC)。在下文中被称为喷射的过程中,燃料被引入燃烧室中。在下文中被称为点火的过程中,被喷射的燃料通过已知的点火手段如火花塞 92 点燃,从而导致燃烧。在膨胀行程期间,膨胀的气体将活塞 36 推回至 BDC。曲轴 40 将活塞运动转换为旋转轴的旋转扭矩。最后,在排气行程期间,排气门 54 打开,以便将已燃烧的空气-燃料混合物释放至排气歧管 48,并且活塞返回至 TDC。注意,上述内容仅作为示例示出,并且进气门和排气门打开和/或关闭正时可以改变,诸如以提供正或负气门重叠、进气门延迟关闭或各种其他示例。

[0023] 现在参照图 2,示出了示例燃料系统。电动控制线路被示为虚线。流体通道或管道被示为实线。

[0024] 燃料系统 200 包括用于存储 LPG 的燃料箱 224。存储在燃料箱 224 中的燃料可以

经由提升泵 222 从燃料箱 224 中泵出。提升泵 222 的运转由控制器 12 控制。例如,控制器 12 可以通过增加向提升泵 222 供应的电压或电流来增加命令的燃料体积,由此增加提升泵输出的压力。控制器 12 可以通过减小向提升泵 222 供应的电压或电流来减少命令的燃料体积,由此降低提升泵输出压力。提升泵经由燃料通道或管道 260 向直接喷射燃料泵 212 供应 LPG。提升泵还向蒸发器 214 供应 LPG,以冷却直接喷射燃料泵 212 的外部 213。直接喷射燃料泵 212 被示为完全封装在蒸发器 214 内。然而,在其他示例中,可以仅将直接喷射燃料泵 212 的一部分封装在蒸发器 214 内。当 LPG 遇到直接喷射燃料泵 212 时,蒸发器内的 LPG 会汽化。LPG 通过汽化冷却来冷却直接喷射燃料泵 212。除了直接喷射燃料泵外,直接喷射燃料导轨也可以被装入或封装在蒸发器内。可以向围绕直接喷射燃料导轨的蒸发器供应覆盖燃料导轨外侧的燃料,以便热可以使围绕直接喷射燃料导轨的燃料转变为气体燃料。因此,可以以与直接喷射燃料泵类似的方式冷却直接喷射燃料导轨。

[0025] 当直接喷射燃料泵 212 的温度低于阈值温度时,直接喷射燃料泵 212 可以向燃料导轨 207 和直接燃料喷射器 67 提供液体燃料。通过向发动机供应液体燃料,由于发动机可以容许更大的点火提前和更高的升压压力,因此可以改善发动机效率和性能。液体燃料在发动机汽缸内改变为气体燃料状态,由此冷却汽缸中的空气-燃料混合物。与以气态的形式喷射的相同燃料的火花正时相比,更低的汽缸充气温度允许点火朝向最佳扭矩的最小点火 (MBT) 提前。可选的回流阀 251 可以被选择性地打开以及关闭。打开回流阀 251 允许燃料返回到燃料箱 224 和燃料通道 270。在一些示例中,在发动机旋转停止并且发动机热增加之后,燃料通道 267 或燃料导轨 207 中的 LPG 可以汽化。因此,可以打开回流阀 251,以便从液体燃料输送路径吹扫气体燃料。

[0026] 可以经由燃料通道或管道 265 向进气道燃料喷射器 66 供应通过汽化冷却形成的气体燃料。响应于压力传感器 250 的输出,可以调整喷射器 66 的打开以及关闭正时,以便以气相的形式提供期望量的 LPG。

[0027] 当这样做能够促进燃料导轨 207 充满液体燃料时(例如,当直接喷射燃料导轨 207 中的燃料温度大于阈值温度时),控制器 12 使回流阀 251 运转。控制器 12 还会使蒸发器冷却阀 210 运转,以便向直接喷射燃料泵 212 的外部 213 供应 LPG。控制器 12 还会选择性地使直接燃料喷射器 67 和进气道燃料喷射器 66 运转。此外,控制器 12 调整直接喷射燃料泵 212 的入口流量控制阀,以控制直接喷射泵输出压力。

[0028] 因此,图 1 和 2 的系统提供了一种发动机系统,该发动机系统包含:发动机,其包括汽缸;进气道燃料喷射器,其向汽缸供应燃料;直接燃料喷射器,其向汽缸供应燃料;以及直接喷射燃料泵,其向直接燃料喷射器供应第一燃料,直接喷射燃料泵的至少一部分被设置在蒸发器内。可选地,该系统可以包括直接喷射燃料导轨,其与蒸发器的腔热接触,以便直接燃料喷射燃料导轨引起围绕直接喷射燃料导轨的 LPG 汽化,并且因此在燃料蒸汽经由进气道燃料喷射器被发动机吸入时提供冷却。该发动机系统还包含控制器,控制器包括可执行指令,该指令被存储在非临时性存储器中,用于控制第一燃料的流动以冷却直接喷射燃料泵,不通过直接喷射燃料泵来泵送第一燃料,并且第一燃料围绕直接喷射燃料泵的外部的至少一部分。该发动机系统还包含用于调整直接喷射燃料泵的输出附加指令。该发动机系统还包含用于使向直接喷射燃料泵供应第一燃料的提升泵运转的附加指令。该发动机系统还包含用于使直接喷射燃料泵运转并经由直接喷射燃料泵向直接燃料喷射器泵送

第二燃料的附加指令,并且其中第一燃料和第二燃料是相同类型的燃料。该发动机系统还包含用于通过进气道燃料喷射器来喷射第一燃料的附加指令。该发动机系统还包含基于经由进气道燃料喷射器喷射燃料而限制发动机升压的附加指令和基于经由直接燃料喷射器喷射燃料而限制发动机升压的指令。

[0029] 现在参照图 3,示出了用于使发动机运转的方法。图 3 的方法可以作为可执行指令被存储在控制器 12 的非临时性存储器中。此外,方法 3 可以提供图 4 所示的运转顺序。

[0030] 可能希望燃料系统为驾驶员要求的高扭矩作好准备,以便向驾驶员供应所请求的扭矩。此外,如果在直接喷射燃料泵或直接喷射燃料导轨附近的 LPG 温度接近于超临界温度,那么可以使燃料从直接喷射燃料导轨返回到燃料箱,以便冷却燃料。

[0031] 然而,在向直接喷射器供应燃料之前,通过汽化冷却来冷却燃料箱中的燃料会是更有效的。可以向发动机进气道喷射汽化的燃料,以便从燃料系统去除热。因此,可能希望以液相的形式向发动机喷射一部分 LPG,而以气相的形式向发动机喷射另一部分 LPG。如果直接喷射燃料泵或直接喷射燃料导轨处的燃料温度处在或接近于超临界温度,那么使燃料返回到燃料箱。当希望从燃料导轨去除燃料蒸汽时,使燃料返回到燃料箱可以推迟到诸如发动机启动的时候。图 3 的方法提供了以此方式向发动机供应燃料的方法。

[0032] 在 302 处,方法 300 确定发动机工况。发动机工况可以包括但不限于发动机转速、发动机负荷、发动机扭矩、发动机冷却剂温度,发动机汽缸盖温度、燃料压力和环境温度。发动机工况被确定之后,方法 300 进入到 304。

[0033] 在 304 处,方法 300 判断向围绕直接喷射燃料泵的外部的至少一部分的蒸发器供应的液相 LPG 燃料的水平是否小于 (L. T.) 燃料的阈值量。在一个示例中,液相 CNG 的水平基于燃料水平传感器的输出。如果方法 300 判断液相或液态 CNG 的水平小于阈值水平,则回答为是,并且方法 300 进入到 306。否则,回答是否,并且方法 300 进入到 308。

[0034] 在 306 处,方法 300 通过打开蒸发器冷却阀 210 或增加蒸发器冷却阀 210 的打开量来增加液体 CNG 向蒸发器的供应。此外,可以响应于增加蒸发器中的燃料水平的请求而增加提升泵 222 的输出。在到蒸发器 214 的 LPG 的流量被增加之后,方法 300 进入到 308。

[0035] 在 308 处,方法 300 判断直接喷射器处的燃料温度是否大于第一阈值温度。在一个示例中,第一阈值温度可以是燃料的临界温度。在另一示例中,第一阈值温度可以是比燃料的临界温度小预定温度(例如,比 LPG 的临界温度(96°C)小 10°C)的温度。如果方法 300 判断直接燃料喷射器处的燃料温度大于 (G. T.) 第一阈值温度,则回答为是,并且方法 300 进入到 310。否则,回答是否,并且方法 300 进入到 312。

[0036] 在 310 处,方法 300 使直接喷射器处的燃料返回到燃料箱。在一个示例中,打开燃料回流阀,并使燃料在经过冷凝器之后返回到燃料箱。冷凝器冷却任何燃料蒸汽,使得燃料蒸汽返回到液态。在燃料返回到燃料箱之后,方法 300 进入到 311。

[0037] 在 311 处,方法 300 判断驾驶员要求的扭矩是否大于阈值扭矩水平。如果这样的话,回答为是,并且方法 300 进入到 336。否则,回答是否,并且方法 300 进入到 312。此外,响应于驾驶员要求的扭矩大于阈值扭矩,方法 300 可以停用进气道燃料喷射器。可以通过加速器踏板的位置或控制器命令来确定驾驶员要求的扭矩。以此方式,在更高的发动机负荷下可以提供优先向发动机供应液体 LPG。

[0038] 在 312 处,方法 300 判断直接喷射燃料泵的温度是否大于第二阈值温度。在一个



示例中,第二阈值直接喷射燃料泵温度可以是被确定为当 LPG 被泵送通过直接喷射燃料泵时引起 LPG 燃料从液态变为蒸汽的燃料泵温度。另外,在一些示例中,将向直接喷射燃料泵输送的液体 LPG 的温度加上估计的用于泵送 LPG 通过直接喷射燃料泵的温度增量,以确定由直接喷射燃料泵所泵送的 LPG 是否将会超过第二阈值温度(例如,燃料的临界温度或低于临界温度的温度)。例如,如果在 94°C 下向直接喷射燃料泵输送 LPG 并且在当前的直接喷射燃料泵温度和燃料流率下预期 LPG 经过燃料泵的 5°C 的温度增量,那么温度大于第二阈值温度。如果方法 300 判断直接喷射燃料泵温度大于(G. T.) 第二阈值温度,回答为是,并且方法 300 进入到 314。否则,回答是否,并且方法 300 进入到 312。

[0039] 在 314 处,方法 300 经由进气道喷射器向发动机喷射气体燃料。气体燃料是在容纳直接喷射燃料泵(例如,图 1 和 2)的蒸发器中汽化的燃料。液相 LPG 被泵送到蒸发器内,并且来自直接喷射燃料泵的热会使 LPG 汽化。可以在规定的压力下将汽化的燃料泵送到发动机。当离开直接喷射燃料泵的燃料的相或状态是气体或不确定时,汽化的 LPG 被用来使发动机运转。在到发动机的气体燃料喷射开始之后,方法 300 进入到 316。

[0040] 在 316 处,如果正在向发动机汽缸直接喷射燃料,方法 300 停止向发动机汽缸喷射燃料。可以通过关闭直接喷射器来停止直接燃料喷射。此外,燃料通过直接喷射燃料泵的流率可以被降至接近于零。减少被泵送通过直接喷射燃料泵的燃料的量会有助于进一步降低燃料泵处的燃料温度。在到发动机的直接燃料喷射被停止之后,方法 300 进入到 318。

[0041] 在 318 处,方法 300 调整到蒸发器的燃料流率。向蒸发器和直接喷射燃料泵供应的燃料是相同类型的燃料(例如,LPG)。在一个示例中,与向发动机喷射的燃料量成比例地调整为冷却直接喷射燃料泵的外部而向蒸发器供应的燃料的流率。可替代地,可以基于燃料蒸发器中的燃料水平调整向蒸发器供应的燃料的流率。调整提升泵输出,以维持蒸发器中的液体燃料量。向发动机进气道喷射气相形式的燃料。在到蒸发器的燃料流率被调整之后,方法 300 进入到 320。

[0042] 在 320 处,方法 300 通过向蒸发器供应的液体燃料来冷却直接喷射燃料泵。不通过直接喷射燃料泵来泵送进入蒸发器的燃料。相反,来自燃料泵的热使蒸发器中的燃料汽化,并且汽化的燃料被喷射到发动机或在经过冷凝器之后被返回到燃料箱。蒸发器内和直接喷射燃料泵外侧的液体 LPG 汽化,并带走直接喷射燃料泵中的热,由此冷却直接喷射燃料泵,以便直接喷射燃料泵可以在不使 LPG 汽化的情况下泵送 LPG。在冷却直接喷射燃料泵开始之后,方法 300 进入到 322。

[0043] 在 322 处,基于正向发动机喷射的汽化的 LPG,方法 300 降低发动机升压(例如,向发动机进气歧管或节气门与压缩机之间的区域供应的空气压力)。与当使发动机以液体 LPG 运转时向发动机提供的升压相比,减小了发动机的升压极限。与喷射液相 LPG 时一样,气相 LPG 不能冷却汽缸充气混合物。因此,可以降低发动机升压,以降低发动机爆震的可能性。在一个示例中,可以通过打开涡轮增压器废气门来降低升压。在发动机升压被调整之后,方法 300 进入到 324。

[0044] 在 324 处,基于液相或气相 LPG 的喷射,方法 300 调整发动机运转。如果向发动机喷射液相 LPG,与在使发动机在类似状况下以气相 LPG 运转的情况下的点火正时相比,点火正时被提前。另外,取决于向发动机喷射液相 LPG 还是喷射气相 LPG,可以应用凸轮正时调整、气门升程调整以及其他调整。在调整发动机致动器以补偿所喷射的燃料的相之后,方法

300 退出。

[0045] 在 330 处,方法 300 判断直接喷射燃料泵处的温度是否大于第三阈值温度或直接燃料喷射器处的燃料温度是否大于第四阈值温度。第三阈值温度小于第一阈值温度,而第四阈值温度小于第二阈值温度。通过在直接燃料喷射器处的温度或直接喷射燃料泵到达第一或第二阈值温度之前调整到蒸发器的燃料流,可以降低使经由直接喷射燃料泵所泵送的液体 LPG 汽化的可能性。如果方法 300 判断直接喷射燃料泵温度大于第三阈值温度或直接燃料喷射器处的燃料温度大于第四阈值,则回答为是,并且方法 300 进入到 332。否则,回答是否,并且方法 300 进入到 334。

[0046] 可替代地,或除了确定直接喷射泵温度是否大于第三阈值外,方法 300 可以判断进气道喷射燃料导轨中的蒸汽压力是否大于 2.5 巴。如果这样的话,回答为是,并且方法 300 进入到 332。否则,回答是否,并且方法 300 进入到 334。以此方式,可以通过汽化冷却而非通过使燃料再循环至燃料箱来优先提供冷却直接喷射燃料泵和直接喷射燃料导轨。

[0047] 在 332 处,方法 300 增加经由提升泵向蒸发器供应的燃料。通过经由提升泵增加到蒸发器的燃料流,可以以更快的速率冷却直接喷射燃料泵。在一个示例中,增加向提升泵供应的平均电压,以增加从燃料箱到蒸发器的流量。向蒸发器供应的燃料没有被泵送,并且不行进通过直接喷射燃料泵。在到蒸发器的燃料流被增加之后,方法 300 进入到 333。

[0048] 在 333 处,方法 300 使进气道燃料喷射器运转,并以气态的形式向发动机输送一部分 LPG 燃料。在 336 处,以液态的形式提供向发动机供给的其余部分的燃料。向发动机汽缸提供的燃料的总质量是气态形式的 LPG 的质量和以液态的方式喷射的 LPG 的质量。方法 300 进入到 336。

[0049] 在 334 处,方法 300 减少提升泵输出,并关闭蒸发器燃料供应阀。另外,停用进气道燃料喷射器。当蒸发器中的液体 LPG 的水平到达预定的期望水平时,可以减少提升泵输出,并且可以关闭蒸发器燃料供应阀。在提升泵输出被调整之后,方法 300 进入到 336。

[0050] 在 336 处,方法 300 开始经由直接喷射器向发动机直接喷射液体燃料。当发动机需求的扭矩和发动机转速改变时,改变所喷射的燃料量。在开始经由直接喷射器向发动机喷射液体燃料之后,方法 300 进入到 338。

[0051] 在 338 处,方法 300 增加向发动机供应的升压。增加发动机升压量,以增加发动机性能。由于喷射液体 LPG 可以允许发动机在更高的发动机转速和扭矩需求下运转而不会遭遇发动机爆震,因此增加了发动机的升压压力极限。可以通过关闭涡轮增压器废气门来增加升压压力。在发动机升压极限被增加之后,方法 300 进入到 324。

[0052] 因此,图 3 的方法提供了一种用于使发动机运转的方法,该方法包含:利用液体燃料来冷却直接喷射燃料泵,不通过直接喷射燃料泵来泵送液体燃料。该方法包括,其中直接喷射燃料泵被机械地耦接至发动机。该方法包括,其中液体燃料被汽化为气体燃料。该方法包括,其中使气体燃料经由冷凝器返回到燃料箱。该方法还包含,向发动机进气道喷射气体燃料。该方法还包含,响应于向发动机喷射气体燃料而调整升压。该方法包括,其中直接喷射燃料泵被装在蒸发器中。

[0053] 图 3 的方法还提供了一种用于使发动机运转的方法,该方法包含:利用第一液体燃料来冷却直接喷射燃料泵,不通过直接喷射燃料泵来泵送第一液体燃料;以及向发动机喷射通过直接喷射燃料泵所泵送的第二液体燃料。该方法包括,其中第一液体燃料和第二

液体燃料是相同类型的燃料。该方法包括,其中第一液体燃料汽化形成气体燃料,并且其中向发动机喷射气体燃料。该方法还包括,其中向发动机喷射通过直接喷射燃料泵所泵送的燃料,而不喷射气体燃料。该方法还包含,使气体燃料经由冷凝器返回到燃料箱。该方法还包含,使由第二液体燃料形成的气体经由冷凝器返回到燃料箱。

[0054] 现在参照图 4,示出了示例发动机运转顺序。可以通过图 1 和 2 所示的系统执行图 3 的方法来提供图 4 的示例发动机运转顺序。竖直标记 T0-T5 表示运转顺序期间的感兴趣的时间。

[0055] 自图 4 顶部的第一曲线表示直接燃料喷射器处的燃料温度随时间的变化。X 轴表示时间,并且时间从曲线的左侧向曲线的右侧增加。Y 轴表示直接燃料喷射器处的燃料温度,并且直接燃料喷射器处的燃料温度沿 Y 轴箭头的方向增加。水平线 402 表示阈值直接喷射燃料温度(例如,LPG 的超临界温度和第一阈值温度)。水平线 404 表示另一阈值直接喷射燃料温度(例如,在 LPG 的临界温度之下的温度和第四阈值温度)。

[0056] 自图 4 顶部的第二曲线表示直接喷射燃料泵温度随时间的变化。X 轴表示时间,并且时间从曲线的左侧向曲线的右侧增加。Y 轴表示直接喷射燃料泵温度,并且直接喷射燃料泵温度沿 Y 轴箭头的方向增加。水平线 406 表示阈值直接喷射燃料泵温度(例如,第二阈值温度)。水平线 408 表示另一阈值直接喷射燃料泵温度(例如,第三阈值温度)。

[0057] 自图 4 顶部的第三曲线表示蒸发器燃料供应阀状态随时间的变化。X 轴表示时间,并且时间从曲线的左侧向曲线的右侧增加。Y 轴表示蒸发器燃料供应阀状态,并且当蒸发器燃料供应阀状态轨迹处于高水平时,蒸发器燃料供应阀状态是打开的。当蒸发器燃料供应阀状态轨迹处于低水平时,蒸发器燃料供应阀状态是关闭的。

[0058] 自图 4 顶部的第四曲线表示直接喷射状态随时间的变化。X 轴表示时间,并且时间从曲线的左侧向曲线的右侧增加。Y 轴表示直接喷射状态,并且当直接喷射状态轨迹处于高水平时,直接喷射状态是开启的(例如,直接喷射燃料)。当直接喷射状态轨迹处于低水平时,直接喷射状态是关闭的(例如,不直接喷射燃料)。

[0059] 自图 4 顶部的第五曲线表示进气道喷射状态随时间的变化。X 轴表示时间,并且时间从曲线的左侧向曲线的右侧增加。Y 轴表示进气道喷射状态,并且当进气道喷射状态轨迹处于高水平时,进气道喷射状态是开启的(例如,进气道喷射燃料)。当进气道喷射状态轨迹处于低水平时,进气道喷射状态是关闭的(例如,不直接喷射燃料)。

[0060] 自图 4 顶部的第六曲线表示发动机状态随时间的变化。X 轴表示时间,并且时间从曲线的左侧向曲线的右侧增加。Y 轴表示发动机状态,并且当发动机状态轨迹处于高水平时,发动机状态是开启的。当发动机状态轨迹处于低水平时,发动机状态是关闭的。

[0061] 在时间 T0 处,发动机正在运转并且正在燃烧空气-燃料混合物,如通过发动机状态正处于高水平所表明的。直接喷射燃料温度和直接喷射燃料泵温度小于阈值 402-408。由于蒸发器燃料供应阀处于关闭状态,因此蒸发器没有被供应燃料。由于直接喷射状态是开启的,因此正在向发动机直接喷射液态 LPG。由于进气道喷射状态是关闭的(如通过低水平轨迹所表明的),因此没有向发动机进气道喷射气态 LPG。

[0062] 在时间 T1 处,发动机运转状态转变为表明发动机旋转停止的低水平。发动机可以响应于驾驶员请求而停止或发动机可以自动停止。直接喷射状态也转变为表明发动机停止时没有正在直接喷射燃料的低水平。进气道燃料喷射也保持停止,并且蒸发器燃料供应阀

状态保持关闭。直接喷射燃料泵温度和直接喷射燃料温度保持在温度阈值 402-408 之下。

[0063] 在时间 T1 与时间 T2 之间, 响应于在发动机停止期间保持在发动机内的热, 直接喷射燃料温度和直接喷射燃料泵温度增加。直接喷射燃料温度增加至阈值温度 402 和 404 之上。直接喷射燃料泵温度增加至阈值温度 408 之上, 但它保持在阈值温度 406 之下。发动机状态、进气道喷射状态、直接喷射状态和蒸发器燃料供应阀状态保持不变。

[0064] 然后在时间 T2 处, 发动机状态转变为表明发动机响应于驾驶员要求 (未示出) 而被启动的高水平。进气道喷射状态也从低水平转变为表明进气道燃料喷射被激活的高水平。直接燃料喷射状态保持在表明直接燃料喷射被停用的低水平。蒸发器燃料供应阀状态也转变为表明蒸发器燃料供应阀 (例如, 图 2 的 210) 打开的高水平。直接喷射燃料温度保持在阈值 402 和 404 之上。直接喷射燃料泵温度保持在温度阈值 408 之上。此外, 可以打开允许燃料蒸汽从直接燃料喷射器流向燃料箱的燃料回流阀。

[0065] 在发动机热浸 (hot engine soak) 期间 (例如, 发动机停止而发动机是暖的), 发动机热量会增加直接燃料喷射器泵温度, 因此燃料蒸发器中的燃料汽化。当发动机重新启动时喷射汽化的燃料, 并且直接喷射燃料温度大于阈值 402。

[0066] 在时间 T2 与时间 T3 之间, 燃料继续从燃料箱流向蒸发器。蒸发器中的燃料带走直接喷射燃料泵中的热, 如通过直接喷射燃料泵温度降低所表明的。直接喷射器处的燃料温度也降低。

[0067] 在时间 T3 处, 直接喷射燃料泵处的燃料温度和直接燃料喷射器处的燃料温度小于阈值 404 和 408。响应于直接燃料喷射器处的温度小于阈值 404 并且直接喷射燃料泵处的温度小于阈值 408, 激活直接喷射器并停用进气道喷射器。此外, 蒸发器燃料供应阀状态转变为表明蒸发器燃料供应阀关闭的低水平。发动机保持运转。以此方式, 发动机可以从喷射气相 LPG 转变为喷射液相 LPG。

[0068] 在时间 T3 与时间 T4 之间, 直接燃料喷射器处的燃料温度和直接喷射燃料泵的温度降低, 然后开始增加。蒸发器燃料供应阀状态、直接喷射状态、进气道喷射状态和发动机状态保持不变。在发动机在高负荷下运转不久之后在低负荷下运转之后, 直接喷射器处的燃料温度和直接喷射燃料泵温度会增加。

[0069] 在时间 T4 处, 直接喷射器处的燃料温度已经增加至水平 404 之上。另外, 直接喷射燃料泵温度接近但没有到达水平 408。响应于直接喷射器处的燃料温度增加至水平 404 之上, 蒸发器燃料供应阀状态从低水平转变为高水平。打开蒸发器燃料供应阀允许液体 LPG 流向蒸发器, 产生气相 LPG, 以及冷却直接喷射燃料泵。由直接喷射燃料泵所泵送的液相 LPG 也通过流向蒸发器的燃料来进行冷却。直接喷射状态、进气道喷射状态和发动机状态保持在相同水平。

[0070] 在时间 T5 处, 直接喷射器处的燃料温度已经冷却至水平 404 之下。直接喷射燃料泵温度也被冷却至低于水平 408 的水平。响应于直接喷射器处的燃料温度低于水平 404, 蒸发器燃料供应阀状态转变为关闭状态, 并停止到蒸发器的燃料流。直接喷射状态、进气道喷射状态和发动机状态保持在相同水平。

[0071] 因此, 当直接喷射器处的燃料温度大于阈值水平而没有激活进气道燃料喷射器时, 燃料可以流向蒸发器。然而, 如果直接喷射器处的燃料温度更高, 可以连同激活进气道燃料喷射器一起激活到蒸发器的燃料流。激活进气道燃料喷射器允许发动机消耗气相 LPG,

因此不必使气相 LPG 返回到燃料箱。

[0072] 本领域技术人员应认识到,图 3 中描述的程序可以表示任何数量的处理策略中的一个或多个,诸如事件驱动、中断驱动、多任务、多线程等。因此,所描述的各种步骤或功能可以以所示顺序执行、并行地执行,或者在一些情况下被省略。同样,所述处理顺序不是实现本文中所描述的目的、特征和优点所必须要求的,而是为了便于图示和说明而提供。尽管没有明确地示出,但本领域普通技术人员将意识到,一个或多个所示的步骤或功能可以根据所用的特定策略而重复地执行。

[0073] 在此结束本说明书。本领域技术人员阅读本说明书将会想到不违背本发明的精神和范围的许多替换和修改。例如,以天然气、汽油、柴油或可替代的燃料配置运行的 I3、I4、I5、V6、V8、V10 和 V12 发动机可以利用本说明书获益。



200

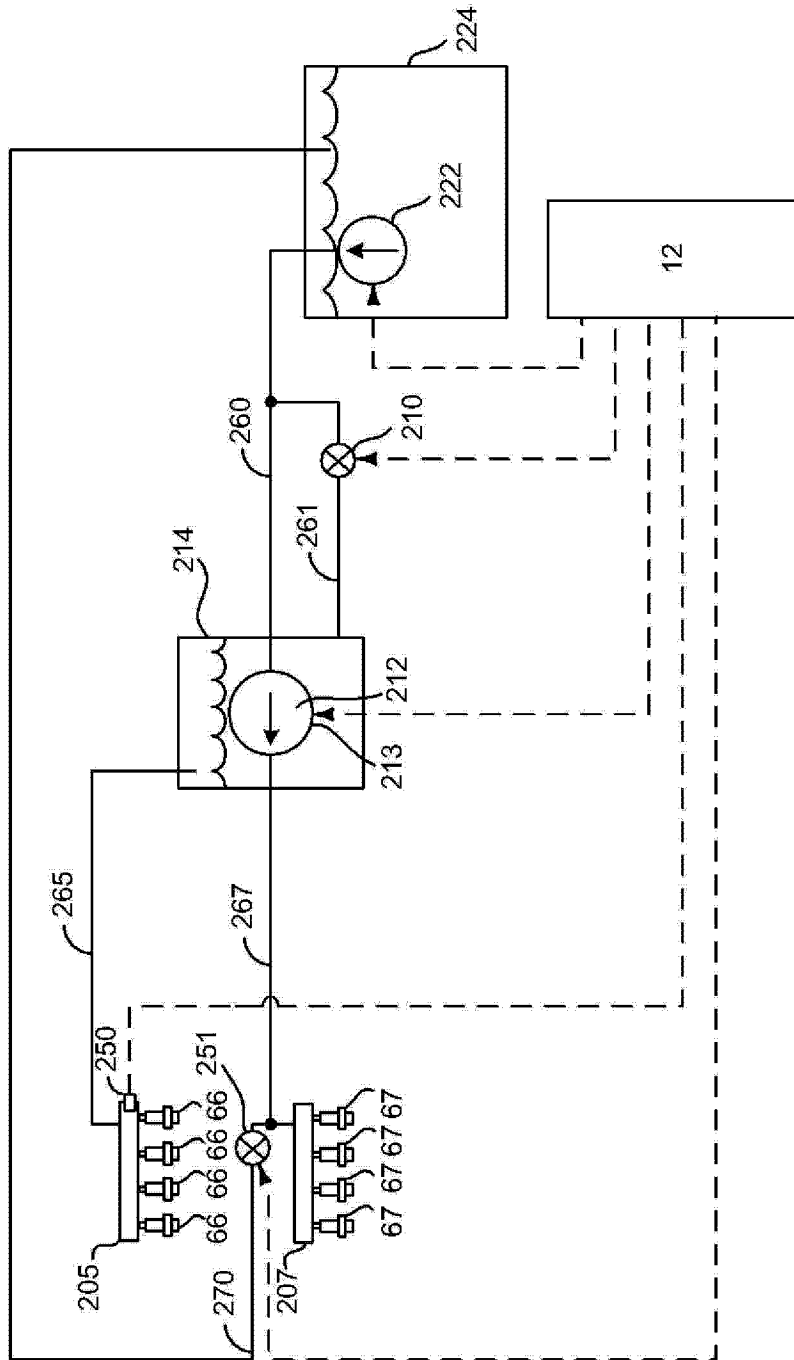


图 2

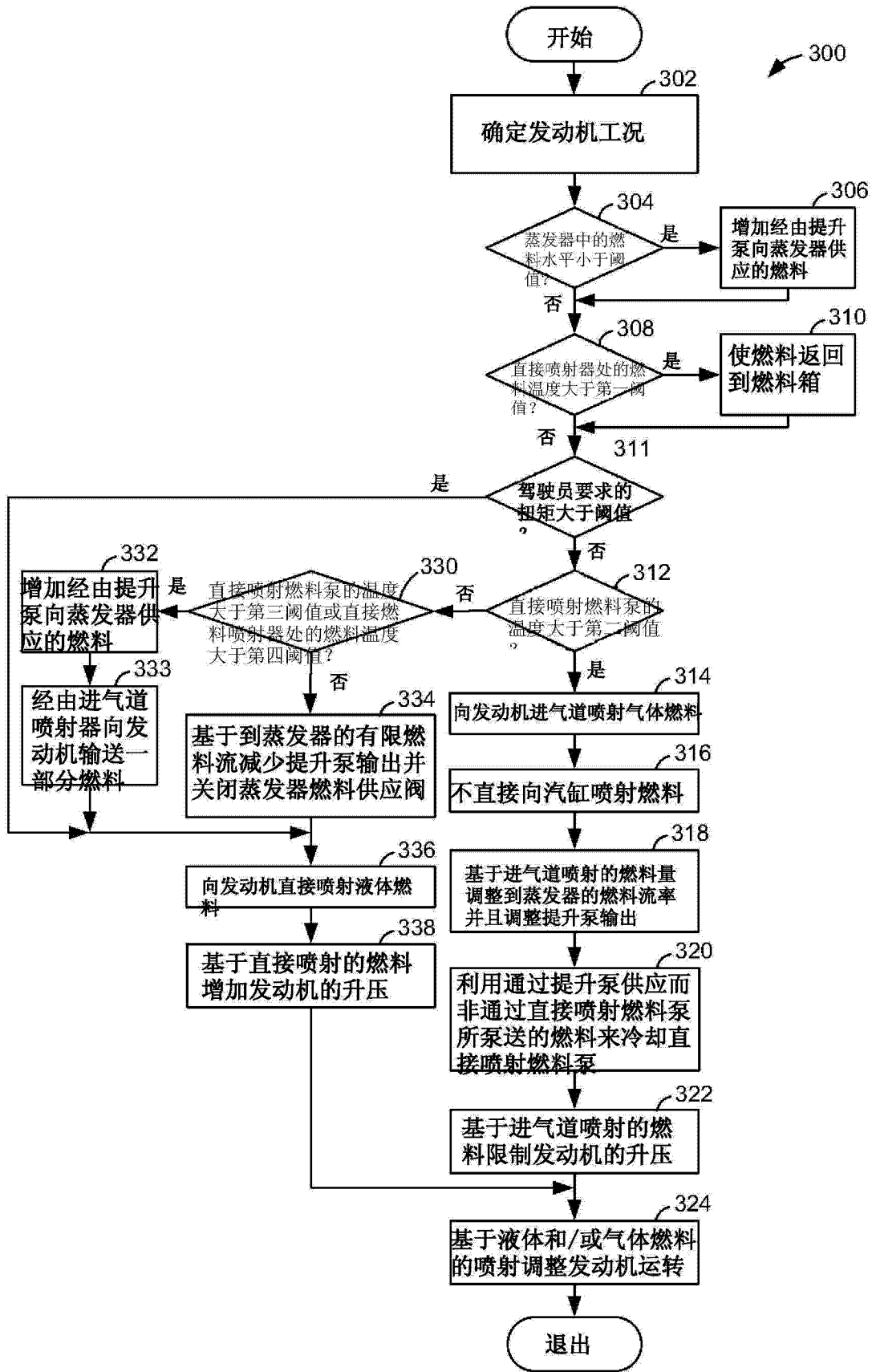


图 3



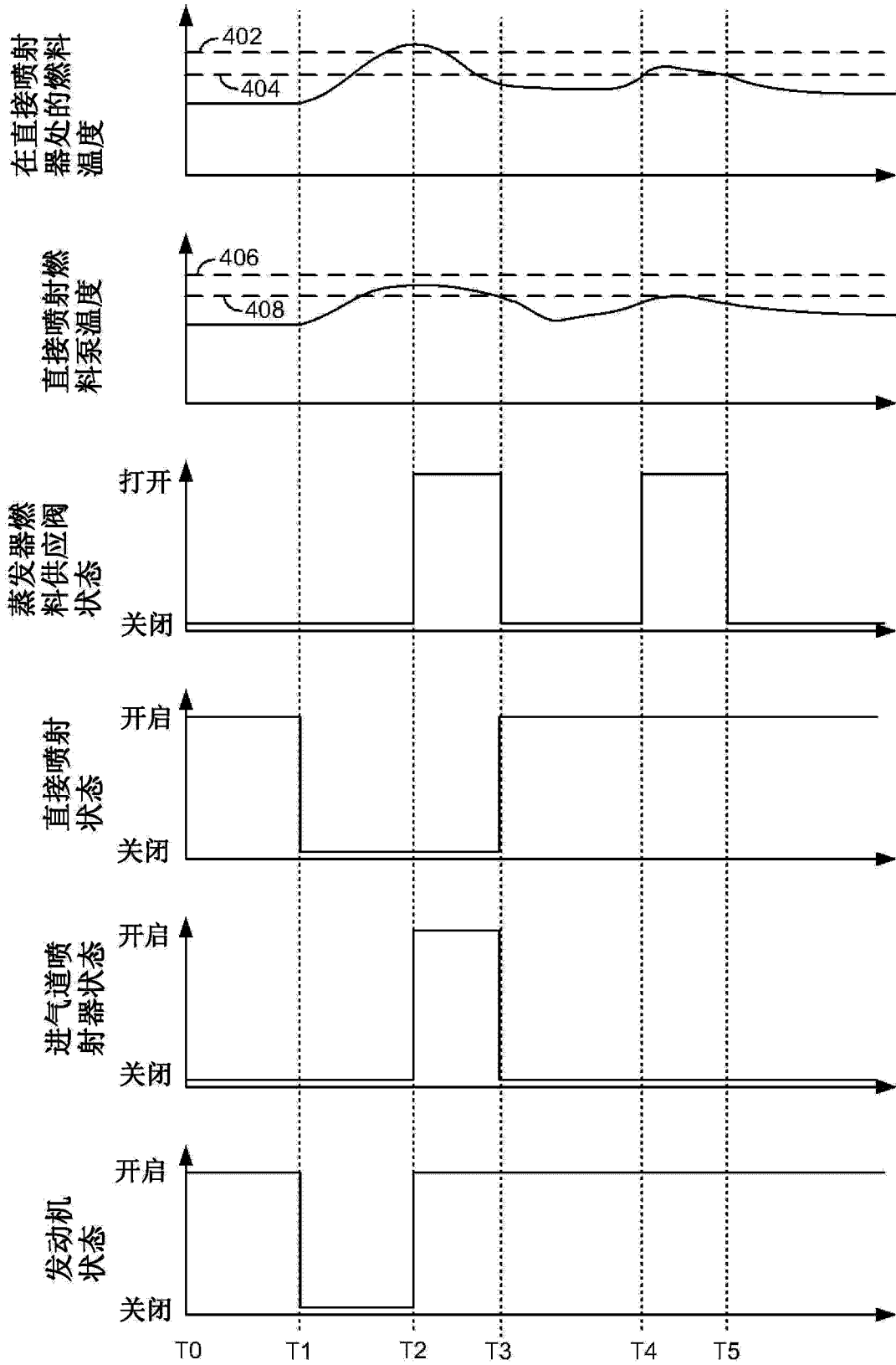


图 4