



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113464336 A

(43) 申请公布日 2021. 10. 01

(21) 申请号 202110330077.5

F02M 51/06 (2006.01)

(22) 申请日 2021.03.26

F02M 61/16 (2006.01)

(30) 优先权数据

F02M 65/00 (2006.01)

16/835,654 2020.03.31 US

(71) 申请人 福特全球技术公司

地址 美国密歇根州迪尔伯恩市

(72) 发明人 罗斯·普西福尔 J·M·罗伯茨

约瑟夫·莱尔·托马斯

保罗·霍拉

(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 张颖

(51) Int. Cl.

F02M 45/00 (2006.01)

F02M 51/04 (2006.01)

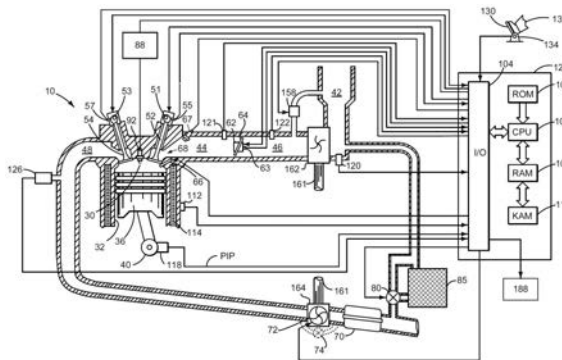
权利要求书1页 说明书12页 附图5页

(54) 发明名称

用于将燃料喷射到发动机的系统和方法

(57) 摘要

本公开提供了“用于将燃料喷射到发动机的系统和方法”。公开了用于调整燃料喷射器的正时以减少气缸与气缸空气燃料分布不均的方法和系统。在一个示例中，根据基于在燃料喷射期间观察到的燃料轨压力的压力比来调整燃料喷射正时。所述压力比可以是均方根压力与调度燃料压力的比。



1. 一种用于向发动机供应燃料的方法,其包括:  
每次在发动机循环期间将燃料喷射到发动机时,在经由燃料轨向气缸供应燃料的燃料喷射器打开时对所述燃料轨中的压力采样多次;以及  
响应于由对所述燃料轨中的压力采样所述多次产生的补偿因子而调整随后的燃料喷射的正时。
2. 如权利要求1所述的方法,其中所述补偿因子是基于压力比。
3. 如权利要求2所述的方法,其中所述压力比包括所述压力比中的分子中的均方根燃料轨压力。
4. 如权利要求3所述的方法,其中所述压力比包括所述压力比的分子中的调度燃料轨压力。
5. 如权利要求1所述的方法,其中调整所述随后的燃料喷射的正时增加或减少喷射的燃料量。
6. 如权利要求1所述的方法,其还包括不响应于发动机转速的变化产生所述补偿因子。
7. 如权利要求1所述的方法,其还包括不响应于发动机负荷的变化产生所述补偿因子。
8. 一种发动机系统,其包括:  
多个气缸;  
燃料轨;  
与所述燃料轨和所述多个气缸流体连通的多个燃料喷射器;以及  
控制器,其包括存储在非暂时性存储器中的可执行指令,所述可执行指令致使所述控制器响应于燃料压力的均方根值而调整所述多个燃料喷射器的正时,所述燃料压力中的每一个仅在所述多个燃料喷射器中的一个打开时才被采样。
9. 如权利要求8所述的发动机系统,其还包括另外的指令,所述另外的指令致使所述控制器基于所述燃料压力来估计燃料喷射器打开延迟。
10. 如权利要求9所述的发动机系统,其还包括另外的指令,所述另外的指令致使所述控制器响应于所述燃料喷射器打开延迟来确定燃料喷射器劣化的存在或不存在。
11. 如权利要求8所述的发动机系统,其还包括另外的指令,所述另外的指令致使所述控制器基于所述燃料压力来估计燃料喷射器关闭延迟。
12. 如权利要求11所述的发动机系统,其还包括另外的指令,所述另外的指令致使所述控制器基于燃料压力的所述均方根值来确定补偿因子。
13. 如权利要求12所述的发动机系统,其中所述补偿因子是基于压力比。
14. 如权利要求13所述的发动机系统,其中所述压力比包括调度压力。

## 用于将燃料喷射到发动机的系统和方法

### 技术领域

[0001] 本说明书涉及将燃料喷射到发动机。在一个示例中,在将燃料喷射到发动机的同时监视燃料轨中的压力,使得用于随后的燃料喷射的燃料喷射正时可以补偿燃料轨中的压力变化。所述方法对于消除气缸与气缸燃料分配不均可能特别有用。

### 背景技术

[0002] 燃料喷射系统可以包括向多个燃料喷射器供应燃料的燃料轨。可以对燃料轨中的燃料加压,使得可以将燃料喷射到气缸的进气道中或直接喷射到气缸中。由于燃料进入燃料轨和燃料离开燃料轨,燃料轨中的燃料压力可能在发动机循环之间发生变化。特定地,当燃料泵将燃料推入燃料轨中时,燃料轨中的压力可能增加,并且当一个或多个燃料喷射器打开时,燃料轨中的压力可能降低。燃料轨中的压力也可能由于燃料轨的自然响应而发生变化。如果在燃料轨中的压力高于或低于可能预期的压力时进行燃料喷射,则燃料喷射量可能不是所请求的燃料喷射量。气缸与气缸的空燃比分布不均可能是在燃料轨中的压力不是预期的压力时喷射燃料的结果。气缸与气缸的空气燃料分配不均可能增加发动机排放。

### 发明内容

[0003] 本文的发明人已经认识到上述燃料喷射问题,并且已经开发了一种用于向发动机供应燃料的方法,所述方法包括:每次在发动机循环期间将燃料喷射到发动机时,在经由燃料轨向气缸供应燃料的燃料喷射器打开时,对燃料轨中的压力采样多次;以及响应于由对燃料轨中的压力采样多次产生的补偿因子而调整随后的燃料喷射的正时。

[0004] 通过在燃料喷射器打开时对燃料喷射压力进行采样,有可能产生补偿因子,所述补偿因子可以消除至少一部分气缸与气缸空气燃料分配不均。另外,燃料喷射压力可以指示燃料喷射器劣化的存在或不存在。这样,可能希望以高速率采样燃料轨压力以改善发动机空气燃料控制和燃料系统诊断。

[0005] 本说明书可以提供若干优点。具体地,所述方法可以减少发动机气缸之间的发动机空气燃料分配不均。另外,所述方法可以减少发动机排放。更进一步地,所述方法可以使得应用较小体积的催化剂以减少发动机排放成为可能。所述方法对于改善燃料系统诊断也可能是有用的。

[0006] 当单独地或结合附图来理解时,根据以下具体实施方式,将容易明白本说明书的以上优点和其他优点以及特征。

[0007] 应当理解,提供以上发明内容是为了以简化形式介绍将在具体实施方式中进一步描述的一系列概念。这并不意味着识别所要求保护的的主题的关键或本质特征,所要求保护的的主题的范围由具体实施方式之后的权利要求唯一地限定。另外,所要求保护的的主题不限于解决上文或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

[0008] 图1示出了发动机的示意图；

[0009] 图2示出了向发动机供应燃料的燃料系统的细节图；

[0010] 图3示出了何时可以高速采样燃料轨压力以改善发动机操作的曲线图；

[0011] 图4示出了其中可以评估燃料喷射器劣化的示例性燃料喷射序列的曲线图；以及

[0012] 图5示出了用于改善发动机空燃比控制并针对燃料喷射器劣化评估燃料系统的示例性方法的流程图。

## 具体实施方式

[0013] 本说明书涉及减少可能由于燃料轨内可能出现的压力驻波引起的气缸与气缸空燃比分布不均。可以以高速率(例如,100千赫兹)对燃料轨压力进行采样,使得可以监视燃料系统的工况。图1示出了发动机的一个示例;然而,本文公开的系统和方法也适用于压缩点火发动机。对燃料轨压力进行采样可以包括经由传感器将燃料轨中的燃料压力转换成电压,以及经由控制器内的模数转换器(A/D)以预定的时间间隔将电压转换成数字值。发动机可以包括如图2所示的燃料系统。可以以特定的发动机曲轴间隔或在如图3所示的发动机曲轴间隔内的时间对燃料轨压力进行采样。可以基于如图3所示的燃料喷射器打开延迟和/或燃料喷射器关闭延迟来评估燃料喷射器劣化。图5的方法调整燃料喷射正时以调整喷射到发动机中的燃料量。此外,图5的方法根据燃料喷射器打开和关闭延迟时间来评估燃料喷射器劣化的存在或不存在。

[0014] 现在参考图1,内燃发动机10由电子发动机控制器12控制,所述内燃发动机10包括多个气缸,其中一个气缸在图1中示出。发动机10包括燃烧室30和气缸壁32,其中活塞36定位在所述气缸壁中并连接到曲轴40。燃烧室30被示出为经由相应的进气门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操作。进气凸轮51的位置可以由进气凸轮传感器55来确定。排气凸轮53的位置可以由排气凸轮传感器57来确定。

[0015] 燃料喷射器66被示出为定位成将燃料直接喷射到燃烧室30中,这被本领域技术人员称为直接喷射。燃料喷射器66与来自控制器12的信号的脉冲宽度成比例地输送燃料。燃料通过如图2所示的燃料系统输送到燃料喷射器66。可以通过改变调节到燃料泵(未示出)的入口计量阀和燃料轨压力控制阀来调整由燃料泵输送的燃料压力。在一些示例中,第二进气道燃料喷射器67可以将燃料喷射到进气道68。

[0016] 无分电器点火系统88响应于控制器12而经由火花塞92向燃烧室30提供点火火花。通用排气氧(UEGO)传感器126被示出为在催化转化器70上游联接到排气歧管48。替代地,双态排气氧传感器可以代替UEGO传感器126。

[0017] 进气歧管44被示出为与可选的电子节气门62连通,所述电子节气门62调整节流板64的位置以控制来自进气增压室46的气流。压缩机162从进气口42抽吸空气以供应增压室46。排气使涡轮164旋转,所述涡轮经由轴161联接到压缩机162。在一些示例中,可以提供增压空气冷却器。可以经由调整可变叶片控件72或压缩机旁通阀158的位置来调整压缩机转速。在替代示例中,废气门74可以替代可变叶片控件72,或者除了可变叶片控件72之外,还使用废气门74。可变叶片控件72调整可变几何涡轮叶片的位置。当叶片处于打开位置时,排

气可以穿过涡轮164,供应很少的能量来使涡轮164旋转。当叶片处于关闭位置时,排气可以穿过涡轮164并在涡轮164上施加增大的力。替代地,废气门74允许排气围绕涡轮164流动,以减少供应到涡轮的能量的量。压缩机旁通阀158允许压缩机162出口处的压缩空气返回到压缩机162的输入端。以这种方式,压缩机162的效率可以降低,以便影响压缩机162的流量并降低压缩机喘振的可能性。

[0018] 可以经由EGR阀80向发动机提供排气再循环(EGR)。EGR阀80是阻止或允许排气从排放装置70的下游流到压缩机162上游的发动机进气系统中的位置的三通阀。在替代示例中,EGR可以从涡轮164的上游流到进气歧管44。EGR可以绕过EGR冷却器85,或者替代地,EGR可以经由穿过EGR冷却器85而被冷却。在其他示例中,可以提供高压和低压EGR系统。

[0019] 在一个示例中,转换器70可以包括多个催化剂砖。在另一个示例中,可以使用多个排放控制装置,每个排放控制装置具有多个砖。在一个示例中,转换器70可以是三元型催化器。

[0020] 控制器12在图1中被示出为常规微计算机,其包括:微处理器单元102、输入/输出端口104、只读存储器106(例如,非暂时性存储器)、随机存取存储器108、保活存储器110和常规数据总线。除了先前讨论的那些信号之外,还示出了控制器12从联接到发动机10的传感器接收各种信号,包括:来自温度传感器112的发动机温度;联接到加速踏板130的用于感测由脚132所施加的力的位置传感器134;来自联接到进气歧管44的压力传感器121的发动机歧管压力(MAP)测量结果;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结果;以及来自传感器63的节气门位置测量结果。还可以感测(传感器未示出)大气压力以供控制器12处理。在本说明书的优选方面,发动机位置传感器118在曲轴每旋转一圈时产生预定数目的等距脉冲,根据所述预定数目的等距脉冲可以确定发动机转速(RPM)。

[0021] 控制器可以将信息和通知发送给人/机接口188。此外,人/机接口188可以接收输入以操作发动机10和/或车辆。人/机接口可以是触摸屏或其他已知的人/机接口。

[0022] 在操作期间,发动机10内的每个气缸通常经历四冲程循环:所述循环包括进气冲程、压缩冲程、膨胀冲程和排气冲程。在进气冲程期间,一般来说,排气门54关闭并且进气门52打开。空气经由进气歧管44被引入到燃烧室30中,并且活塞36移动到气缸的底部以便增加燃烧室30内的体积。活塞36靠近气缸的底部并且处于其冲程末端(例如,当燃烧室30处于其最大容积时)的位置通常被本领域技术人员称为下止点(BDC)。

[0023] 在压缩冲程期间,进气门52和排气门54关闭。活塞36朝向气缸盖移动,以便压缩燃烧室30内的空气。活塞36处于其冲程的结束并且最靠近气缸盖时(例如,当燃烧室30处于其最小容积时)的点通常被本领域的技术人员称为上止点(TDC)。在下文称为喷射的过程中,燃料被引入燃烧室中。在下文称为点火的过程中,由诸如火花塞92的已知点火装置点燃所喷射的燃料,从而导致燃烧。

[0024] 在膨胀冲程期间,膨胀气体将活塞36推回到BDC。曲轴40将活塞移动转换成旋转轴的旋转扭矩。最后,在排气冲程期间,排气门54打开以将燃烧的空气燃料混合物释放到排气歧管48,并且活塞返回到TDC。应当注意,以上仅作为示例示出,并且进气门和排气门打开和/或关闭正时可以变化,诸如以提供正或负气门重叠、迟进气门关闭或各种其他示例。

[0025] 现在参考图2,示出了向发动机供应燃料的燃料系统的细节图。可以经由图5的方

法在图1的发动机系统中监视图2的燃料系统。

[0026] 燃料系统200包括由控制器12控制的各种阀和泵。燃料轨222中的燃料压力经由压力传感器220来感测。控制器12使用来自压力传感器220的压力反馈来控制燃料轨222中的压力。控制器12激活低压燃料泵206以向燃料泵流量计量阀208和可选的进气道燃料喷射器67供应燃料。止回阀210允许燃料流向高压燃料泵256,并且其限制了来自高压燃料泵256的回流燃料流。燃料泵流量计量阀208控制进入高压燃料泵256的燃料量。凸轮216由发动机驱动并向活塞202提供原动力,所述活塞202作用于泵室212中的燃料。

[0027] 高压燃料泵256经由止回阀218将燃料引导到燃料喷射器导轨222。燃料轨222中的燃料压力可以经由调整阀208和226来控制。燃料轨压力控制阀226可以定位成在工况期间部分地打开,使得由燃料泵256供应的燃料的至少一部分返回到燃料箱204。燃料轨压力控制阀226可以在一些状况期间至少部分地打开另外的量以降低燃料轨222中的燃料压力。燃料轨压力控制阀226可以在一些状况期间至少部分地关闭以增加燃料轨222中的燃料压力。燃料轨222可以经由直接燃料喷射器66将燃料提供给发动机的一个气缸组。燃料轨压力控制阀226可以与燃料泵流量计量阀208分开地控制,使得通过无论哪个阀或哪个阀组合提供期望的燃料压力响应都可以来调整燃料轨222中的燃料压力。

[0028] 低压燃料泵206还向燃料轨250供应燃料。经由燃料轨250向进气道燃料喷射器67供应燃料。可以经由压力传感器251确定燃料轨250中的压力。在发动机循环期间未喷射的燃料可以返回到燃料箱204。

[0029] 因此,图1和图2的系统提供了一种发动机系统,所述发动机系统包括:多个气缸;燃料轨;与燃料轨和多个气缸流体连通的多个燃料喷射器;以及控制器,其包括存储在非暂时性存储器中的可执行指令,所述可执行指令致使控制器响应于燃料压力的均方根值来调整多个燃料喷射器的正时,所述燃料压力中的每一个仅在多个燃料喷射器中的一个打开时才被采样。发动机系统还包括另外的指令,所述另外的指令致使控制器基于燃料压力来估计燃料喷射器打开延迟。发动机系统还包括另外的指令,所述另外的指令致使控制器响应于燃料喷射器打开延迟来确定燃料喷射器劣化的存在或不存在。发动机系统还包括另外的指令,所述另外的指令致使控制器基于燃料压力来估计燃料喷射器关闭延迟。发动机系统还包括另外的指令,所述另外的指令致使控制器基于燃料压力的均方根值来确定补偿因子。发动机系统包括:其中补偿因子是基于压力比。发动机系统包括:其中压力比包括调度压力。

[0030] 现在参考图3,示出了发动机循环期间的示例性模拟燃料轨燃料压力采样序列的曲线图。图3的序列可以经由控制器12根据图5所示的方法执行指令来提供。CRK1-8处的垂直标记示出了序列中的燃料轨燃料压力采样窗口。

[0031] 图3包括五个曲线图,并且所述五个曲线图中的每一个包括表示发动机曲轴角度的水平轴线。曲轴角度为零对应于一号气缸的上止点压缩冲程。每个曲线图的持续时间是四冲程发动机的一个发动机循环(例如,720曲轴度)。所述曲线图在曲轴角度域中对齐。

[0032] 从图3的顶部开始的第一曲线图是对向一号气缸供应燃料的燃料喷射器的燃料喷射器控制命令的曲线图。该燃料喷射器被指示为一号气缸喷射器。当迹线302在水平轴线附近处于较低水平时,用于一号气缸的燃料喷射器关断或关闭(例如,不允许燃料从喷射器流向气缸)。当迹线302在垂直轴线箭头附近处于较高水平时,用于一号气缸的燃料喷射器开

启或打开(例如,允许燃料从喷射器流向气缸)。水平轴线表示相对于一号气缸的上止点压缩冲程的发动机位置。垂直轴线表示传递到一号气缸的燃料喷射器的命令的水平。迹线302表示对一号气缸的燃料喷射器的命令。

[0033] 从图3的顶部开始的第二曲线图是对向二号气缸供应燃料的燃料喷射器的燃料喷射器控制命令的曲线图。该燃料喷射器被指示为二号气缸喷射器。当迹线304在水平轴线附近处于较低水平时,用于二号气缸的燃料喷射器关断或关闭(例如,不允许燃料从喷射器流向气缸)。当迹线304在垂直轴线箭头附近处于较高水平时,用于二号气缸的燃料喷射器开启或打开(例如,允许燃料从喷射器流向气缸)。水平轴线表示相对于二号气缸的上止点压缩冲程的发动机位置。垂直轴线表示传递到二号气缸的燃料喷射器的命令的水平。迹线304表示对二号气缸的燃料喷射器的命令。

[0034] 从图3的顶部开始的第三曲线图是对向四号气缸供应燃料的燃料喷射器的燃料喷射器控制命令的曲线图。该燃料喷射器被指示为四号气缸喷射器。当迹线306在水平轴线附近处于较低水平时,用于四号气缸的燃料喷射器关断或关闭(例如,不允许燃料从喷射器流向气缸)。当迹线306在垂直轴线箭头附近处于较高水平时,用于四号气缸的燃料喷射器开启或打开(例如,允许燃料从喷射器流向气缸)。水平轴线表示相对于四号气缸的上止点压缩冲程的发动机位置。垂直轴线表示传递到四号气缸的燃料喷射器的命令的水平。迹线306表示对四号气缸的燃料喷射器的命令。

[0035] 从图3的顶部开始的第四曲线图是对向三号气缸供应燃料的燃料喷射器的燃料喷射器控制命令的曲线图。该燃料喷射器被指示为三号气缸喷射器。当迹线308在水平轴线附近处于较低水平时,用于三号气缸的燃料喷射器关断或关闭(例如,不允许燃料从喷射器流向气缸)。当迹线308在垂直轴线箭头附近处于较高水平时,用于三号气缸的燃料喷射器开启或打开(例如,允许燃料从喷射器流向气缸)。水平轴线表示相对于三号气缸的上止点压缩冲程的发动机位置。垂直轴线表示传递到三号气缸的燃料喷射器的命令的水平。迹线308表示对三号气缸的燃料喷射器的命令。

[0036] 从图3的顶部开始的第五曲线图是向一至四号气缸的燃料喷射器供应燃料的燃料喷射轨中的燃料压力相对于发动机曲轴角度的曲线图。垂直轴线表示燃料轨中的燃料压力并且燃料压力沿垂直轴线箭头方向增加。水平轴线表示相对于一号气缸的上止点压缩冲程的发动机位置(例如,0曲轴度)。迹线320表示燃料轨中的燃料压力。在该示例中,迹线320示出了当发动机以恒定的发动机转速和发动机负荷操作时重复每个发动机循环的燃料压力驻波。

[0037] 在曲轴角度CRK1处,命令三号气缸的燃料喷射器打开。在三号气缸的进气冲程期间,命令三号气缸的燃料喷射器打开。在曲轴角度CRK2处,命令三号气缸的燃料喷射器关闭。可以在命令第三燃料喷射器打开的时间(例如,曲轴角度CRK1)之前或比所述时间提前的预定时间量(例如,10毫秒)开始对燃料轨中的压力进行采样。可以在命令第三燃料喷射器关闭的时间(例如,曲轴角度CRK2)之后或比所述时间延迟的预定时间量(例如,30毫秒)内继续对燃料轨压力进行采样。在该时间和曲轴间隔期间,以高频率(例如,100千赫兹)对燃料轨压力进行采样。在命令第三燃料喷射器关断之后的预定时间量内停止对燃料轨压力进行采样,以节省存储空间并减少数据处理工作量。在向三号气缸供应燃料的燃料喷射器打开时对燃料轨的燃料压力进行采样允许控制器确定将燃料喷射到三号气缸时的燃料压

力。

[0038] 在曲轴角度CRK3处,命令四号气缸的燃料喷射器打开。在四号气缸的进气冲程期间,命令四号气缸的燃料喷射器打开。在曲轴角度CRK4处,命令四号气缸的燃料喷射器关闭。可以在命令第四燃料喷射器打开的时间(例如,曲轴角度CRK3)之前或比所述时间提前的预定时间量(例如,10毫秒)开始对燃料轨中的压力进行采样。可以在命令第四燃料喷射器关闭的时间(例如,曲轴角度CRK4)之后或比所述时间延迟的预定时间量(例如,30毫秒)内继续对燃料轨压力进行采样。在该时间和曲轴间隔期间,以高频率(例如,100千赫兹)对燃料轨压力进行采样。在命令第四燃料喷射器关断之后的预定时间量内停止对燃料轨压力进行采样,以节省存储空间并减少数据处理工作量。在向四号气缸供应燃料的燃料喷射器打开时对燃料轨的燃料压力进行采样允许控制器确定将燃料喷射到四号气缸时的燃料压力。

[0039] 在曲轴角度CRK5处,命令二号气缸的燃料喷射器打开。在二号气缸的进气冲程期间,命令二号气缸的燃料喷射器打开。在曲轴角度CRK6处,命令二号气缸的燃料喷射器关闭。可以在命令第二燃料喷射器打开的时间(例如,曲轴角度CRK5)之前或比所述时间提前的预定时间量(例如,10毫秒)开始对燃料轨中的压力进行采样。可以在命令第二燃料喷射器关闭的时间(例如,曲轴角度CRK6)之后或比所述时间延迟的预定时间量(例如,30毫秒)内继续对燃料轨压力进行采样。在该时间和曲轴间隔期间,以高频率(例如,100千赫兹)对燃料轨压力进行采样。在命令第二燃料喷射器关断之后的预定时间量内停止对燃料轨压力进行采样,以节省存储空间并减少数据处理工作量。在向二号气缸供应燃料的燃料喷射器打开时对燃料轨的燃料压力进行采样允许控制器确定将燃料喷射到二号气缸时的燃料压力。

[0040] 在曲轴角度CRK7处,命令一号气缸的燃料喷射器打开。在一号气缸的进气冲程期间,命令一号气缸的燃料喷射器打开。在曲轴角度CRK7处,命令一号气缸的燃料喷射器关闭。可以在命令第一燃料喷射器打开的时间(例如,曲轴角度CRK7)之前或比所述时间提前的预定时间量(例如,10毫秒)开始对燃料轨中的压力进行采样。可以在命令第一燃料喷射器关闭的时间(例如,曲轴角度CRK8)之后或比所述时间延迟的预定时间量(例如,30毫秒)内继续对燃料轨压力进行采样。在该时间和曲轴间隔期间,以高频率(例如,100千赫兹)对燃料轨压力进行采样。在命令第一燃料喷射器关断之后的预定时间量内停止对燃料轨压力进行采样,以节省存储空间并减少数据处理工作量。在向一号气缸供应燃料的燃料喷射器打开时对燃料轨的燃料压力进行采样允许控制器确定将燃料喷射到一号气缸时的燃料压力。

[0041] 以这种方式,可以基于气缸的燃料喷射器的打开和关闭时间来对燃料轨中的燃料压力进行采样。以这种方式采样和确定燃料压力可以减少置于控制器上以确定发动机气缸之间的空燃比分布不均的计算负荷。此外,通过在燃料轨的燃料喷射器打开时对燃料轨中的燃料压力进行采样,燃料轨燃料压力可以是用于确定燃料喷射量可以如何受到燃料轨燃料压力的影响的基础。

[0042] 现在参考图4,示出了示例性模拟燃料喷射器劣化确定序列的曲线图。图4的序列可以经由控制器12根据图5所示的方法执行指令来提供。在时间 $t_0$ 至 $t_{16}$ 处的竖标记指示序列期间的感兴趣的时间。



[0043] 图4包括三个曲线图,并且所述三个曲线图中的每一个包括表示时间的水平轴线。时间从曲线图的左侧向曲线图的右侧增加。曲线图在时间上对齐。

[0044] 从图4的顶部开始的第一曲线图是燃料轨中的燃料压力或燃料轨燃料压力相对于时间的曲线图。垂直轴线表示燃料轨中的燃料压力并且燃料压力沿垂直轴线箭头方向增加。水平轴线表示时间并且时间从曲线图的左手侧向曲线图的右手侧增加。迹线402表示燃料轨中的燃料压力。

[0045] 从图4的顶部开始的第二曲线图是发动机气缸的燃料喷射器控制命令相对于时间的曲线图。当迹线404在水平轴线附近处于较低水平时,燃料喷射器关断或关闭(例如,不允许燃料从喷射器流向气缸)。当迹线404在垂直轴线箭头附近处于较高水平时,发动机的燃料喷射器中的一个打开(例如,允许燃料从喷射器流向气缸)。水平轴线表示时间并且时间从曲线图的左手侧向曲线图的右手侧增加。迹线404表示对燃料喷射器的命令。

[0046] 从图4的顶部开始的第三曲线图是指示状态的燃料喷射器劣化相对于时间的曲线图。垂直轴线表示指示状态的燃料喷射器劣化的状态。当迹线406在垂直轴线箭头附近处于较高水平时,指示燃料喷射器劣化。当迹线406在水平轴线附近处于较低水平时,未指示燃料喷射器劣化。迹线404表示燃料喷射器劣化状态水平。

[0047] 在该示例中,命令燃料轨中的压力为更高的水平,并且然后停用燃料泵,使得不会将另外的燃料泵送到燃料轨中。然后打开或关闭一个或多个喷射器,使得每次打开燃料喷射器时都降低燃料轨中的压力。然而,本方法不一定需要以这种方式操作燃料系统来确定燃料喷射器劣化。而是,图4中所述的本方法根据燃料喷射器打开或关闭延迟时间来确定燃料喷射器劣化的存在或不存在。

[0048] 在时间 $t_0$ 处,燃料轨中的压力较高,并且命令燃料泵(未示出)不补充燃料轨中的燃料。不命令燃料喷射器开启,并且未指示燃料喷射器劣化。

[0049] 在时间 $t_1$ 处,仅命令一个燃料喷射器(例如,用于一号气缸的燃料喷射器)打开。燃料轨压力从时间 $t_0$ 开始保持不变,并且未指示燃料喷射器劣化。由于在时间 $t_1$ 处命令燃料喷射器打开,所以在时间 $t_2$ 处燃料轨中的压力增加超过阈值压力量。这指示燃料喷射器现在已打开。当燃料喷射器打开时,燃料压力增加,因为在打开位置,向内打开的喷射器减小燃料轨中的被捕集的体积,因此开始压缩现有的被捕集的液体燃料。 $t_2$ 之后的峰值的高度的部分原因是由于当打开的喷射器发出正压力脉冲时出现了瞬态压力脉冲。可以通过确定时间 $t_1$ 与时间 $t_2$ 之间的时间差来估计在时间 $t_1$ 处被命令打开的一个燃料喷射器的燃料喷射打开延迟时间。此时,燃料喷射器打开延迟时间被确定为小于阈值时间量,因此未指示向一号气缸供应燃料的燃料喷射器的劣化。随着燃料从燃料轨释放并进入发动机中,燃料轨402中的燃料压力在时间 $t_2$ 之后不久下降。

[0050] 在时间 $t_3$ 处命令用于一号气缸的燃料喷射器关闭,并且由于在时间 $t_3$ 处命令燃料喷射器关闭,所以在时间 $t_4$ 处燃料轨中的燃料压力增加超过阈值量。这指示燃料喷射器现在已关闭。在燃料喷射器关闭之后,部分由于水锤效应(瞬态),而且由于向内打开的喷射器关闭,因此燃料压力降低,并且从而增加了捕集在燃料喷射器后面的液体燃料的体积。 $t_2$ 上升尖峰出现在喷射器打开时。 $t_3$ 下降峰值出现在喷射器关闭之后。因此,当 $t_2-t_1$ 是打开时间时, $t_4$ 减去 $t_3$ 是关闭时间加上稀疏瞬变形成的时间段。信号处理在打开时狭窄且定义明确的压力尖峰与关闭时仅峰值明显所在的尖峰之间有所不同。可以通过确定时间 $t_3$ 与时间

t4之间的时间差来估计一号气缸的燃料喷射器的燃料喷射关闭延迟时间。此时,燃料喷射器关闭延迟时间被确定为小于阈值时间量,因此未指示向一号气缸供应燃料的燃料喷射器的劣化。

[0051] 在时间t5处,仅命令一个燃料喷射器(例如,用于三号气缸的燃料喷射器)打开。燃料轨压力稳定,并且未指示燃料喷射器劣化。由于在时间t5处命令燃料喷射器打开,所以在时间t6处燃料轨中的压力增加超过阈值压力量。这指示燃料喷射器现在已打开。可以通过确定时间t5与时间t6之间的时间差来估计在时间t5处被命令打开的一个燃料喷射器的燃料喷射打开延迟时间。此时,燃料喷射器打开延迟时间被确定为小于阈值时间量,因此未指示向三号气缸供应燃料的燃料喷射器的劣化。随着燃料从燃料轨释放并进入发动机中,燃料轨402中的燃料压力在时间t6之后不久下降。

[0052] 在时间t7处命令用于三号气缸的燃料喷射器关闭,并且由于在时间t7处命令燃料喷射器关闭,所以在时间t8处燃料轨中的燃料压力增加超过阈值量。这指示燃料喷射器现在已关闭。可以通过确定时间t7与时间t8之间的时间差来估计三号气缸的燃料喷射器的燃料喷射关闭延迟时间。燃料喷射器关闭延迟时间被确定为小于阈值时间量,因此未指示向三号气缸供应燃料的燃料喷射器的劣化。

[0053] 在时间t9处,仅命令一个燃料喷射器(例如,用于四号气缸的燃料喷射器)打开。燃料轨压力稳定,并且未指示燃料喷射器劣化。由于在时间t9处命令燃料喷射器打开,所以在时间t10处燃料轨中的压力增加超过阈值压力量。这指示燃料喷射器现在已打开。可以通过确定时间t9与时间t10之间的时间差来估计在时间t9处被命令打开的一个燃料喷射器的燃料喷射打开延迟时间。此时,燃料喷射器打开延迟时间被确定为大于阈值时间量,因此指示向四号气缸供应燃料的燃料喷射器的劣化。随着燃料从燃料轨释放并进入发动机中,燃料轨402中的燃料压力在时间t10之后不久下降。

[0054] 在时间t11处命令用于四号气缸的燃料喷射器关闭,并且由于在时间t11处命令燃料喷射器关闭,所以在时间t12处燃料轨中的燃料压力增加超过阈值量。这指示燃料喷射器现在已关闭。可以通过确定时间t11与时间t12之间的时间差来估计四号气缸的燃料喷射器的燃料喷射关闭延迟时间。此时,燃料喷射器关闭延迟时间被确定为小于阈值时间量;然而,由于已经指示燃料喷射器的劣化,所以继续指示燃料喷射器的劣化。

[0055] 以这种方式,燃料喷射器打开延迟正时可以是确定存在或不存在燃料喷射器劣化的基础。长于阈值时间量的燃料喷射器打开或关闭延迟时间可以指示可能不一致地喷射命令量的燃料的粘性或以其他方式劣化的喷射器。

[0056] 现在参考图5,示出了用于改善发动机空燃比控制并针对燃料喷射器劣化评估燃料系统的方法的流程图。图5的方法可以作为可执行指令存储在诸如图1所示的系统中的非暂时性存储器中。图5的方法可以并入图1和图2的系统中并且可以与其合作。另外,图5的方法的至少部分可以作为存储在非暂时性存储器中的可执行指令而并入,而所述方法的其他部分可以经由控制器变换物理世界中的装置和致动器的操作状态来执行。控制器可以采用车辆系统的致动器来根据下文描述的方法调整车辆操作。此外,方法500可以从传感器输入确定选定的发动机和/或车辆控制参数。

[0057] 在502处,方法500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、发动机扭矩命令、燃料压力、燃料温度、环境压力和环境温度。在确定工况之后,

方法500前进到504。

[0058] 在504处,方法500判断是否存在工况以确定用于燃料轨中的压力驻波的补偿因子。在一个示例中,当发动机转速变化小于阈值量(例如,小于300RPM/秒)时以及当发动机负荷或替代地燃料喷射量的变化小于阈值量(例如,小于0.4负荷/秒或小于所喷射的燃料质量的15%)时,可能存在用于确定燃料轨中的压力驻波的补偿因子的条件。如果方法500判断存在确定燃料轨中的压力驻波的补偿因子的条件,则答案为是并且方法500前进到506。否则,答案为否并且方法500前进到550。

[0059] 在550处,方法通过将基本燃料量(例如,如从发动机转速和驾驶员需求扭矩或发动机负载确定的喷射到发动机的燃料量)乘以在508处确定的补偿因子来修改喷射到发动机气缸的燃料量,以减少可能由于燃料轨中的压力驻波引起的加燃料误差。例如,如果要喷射到一号气缸的所请求的燃料质量是X克,则可以将X克乘以一号气缸的补偿因子的值(例如,1.005),以减少气缸与气缸空燃比分布不均。如果要喷射到二号气缸的所请求的燃料质量是Y克,则可以将Y克乘以二号气缸的补偿因子的值(1.013),以减少气缸与气缸空燃比分布不均。同样地,可以以类似的方式调整喷射到发动机的其他气缸中的燃料量。方法500前进到退出。

[0060] 在506处,方法500以预定速率对燃料轨中的燃料压力进行采样。方法500还可以以预定速率采样到燃料喷射器的输出命令,或者替换地,燃料喷射器命令值可以存储在控制器随机存取存储器中。在一个示例中,根据方法500对燃料压力进行采样包括将燃料轨中的压力转换为电压,所述电压经由A/D转换器转换成数字值并存储在控制器随机存取存储器中。随着时间的变化,电压可以以预定频率(例如,采样频率为100千赫兹)转换为数字值,并存储到控制器随机存取存储器中。同样地,可以将燃料喷射器命令的电压或燃料喷射器命令的值作为数值存储在控制器随机存取存储器中。方法500可以在命令每个燃料喷射器打开之前的预定时间量内开始将燃料轨压力转换为数字值,如图3的描述中所述。此外,方法500可以在命令每次燃料喷射关闭之后的预定时间量内开始将燃料轨压力转换为数字值之后,停止将燃料轨压力转换为数字值,如在图3的描述中所提及的。因此,在一号气缸的燃料喷射器正在喷射燃料时对燃料轨中的燃料压力进行采样可以在命令一号气缸的燃料喷射器打开之前的预定的时间量内开始。在一号气缸的燃料喷射器正在喷射燃料时对燃料轨中的燃料压力进行采样可以在同一发动机循环期间在命令一号气缸的燃料喷射器关闭之后的预定时间量内结束。可以以类似的方式执行对其他发动机气缸的燃料轨中的燃料的采样。同样地,可以以类似的方式执行对燃料喷射器命令信号的采样。方法500前进到508。

[0061] 在508处,方法500确定由于在燃料喷射期间的燃料压力变化而引起的燃料喷射量误差。燃料喷射量误差可能是由于如图3所示在燃料轨中可能出现的压力驻波引起的。

[0062] 方法500确定在针对燃料喷射事件的燃料轨压力采样期间收集的燃料轨燃料压力的均方根(RMS)值。平方根值可以从每个燃料轨燃料压力值确定,在发动机循环期间在命令一号气缸的燃料喷射开启之前的预定时间量内开始对所述燃料压力值进行采样并且在发动机循环期间在命令一号气缸的燃料喷射关断之后的预定时间量内结束所述采样,并且将所述燃料压力值存储到控制器存储器。还确定了发动机的其他气缸的平方根值。确定每个气缸的这些平方根值的平均值,并将其进行平方。此操作可以描述如下,为简洁起见,其中示出了五个压力样本:

$$[0063] \quad RMS = \left[ \frac{\sqrt{P1} + \sqrt{P2} + \sqrt{P3} + \sqrt{P4} + \sqrt{P5}}{N} \right]^2$$

[0064] 其中RMS是在将燃料喷射到气缸(例如,一号气缸)期间观察到的均方根燃料轨燃料压力,P1是在将燃料喷射到气缸期间第一次获取的燃料轨燃料压力,P2是在将燃料喷射到气缸期间第二次获取的燃料轨燃料压力,P3是在将燃料喷射到气缸期间第三次获取的燃料轨燃料压力,P4是在将燃料喷射到气缸期间第四次获取的燃料轨燃料压力,P5是在将燃料喷射到气缸期间第五次获取的燃料轨燃料压力,N是在发动机循环期间针对燃料喷射到气缸所采样或所获取的燃料轨燃料压力的数量,在该示例中,N=5。替代地,代替确定每个气缸的RMS压力值,可以确定每个气缸的平均燃料轨燃料压力值(例如,(P1+P2+P3+P4+P5)/5)。

[0065] 方法500从每个气缸的RMS或平均燃料轨燃料压力值确定发动机循环期间每个气缸的质量比。质量比可以表示为RMS燃料喷射压力或平均燃料喷射压力的平方根除以调度燃料压力。调度燃料压力是未来在向气缸喷射燃料时燃料轨中预期的燃料压力。可以预期,燃料轨压力在预定的时间间隔或曲轴旋转间隔内不会有太大变化,使得预期燃料轨中的当前燃料压力为未来在将燃料喷射到发动机时的某个时间的燃料轨燃料压力。因此,当前燃料轨燃料压力可以被确定为调度燃料压力。这样,根据在将燃料喷射到气缸之前确定的调度燃料轨压力和所请求的燃料量来调度燃料喷射打开正时。四缸发动机的质量比可以如下确定:

$$[0066] \quad MR1 = \sqrt{\frac{RMS1}{SP1}} \quad MR2 = \sqrt{\frac{RMS2}{SP2}} \quad MR3 = \sqrt{\frac{RMS3}{SP3}} \quad MR4 = \sqrt{\frac{RMS4}{SP4}}$$

[0067] 其中MR1是一号气缸的质量比,RMS1是用于将燃料喷射到一号气缸中的RMS燃料轨燃料压力,SP1是用于将燃料喷射到一号气缸中的调度压力,MR2是二号气缸的质量比,RMS2是用于将燃料喷射到二号气缸中的RMS燃料轨燃料压力,SP2是用于将燃料喷射到二号气缸的调度压力,MR3是三号气缸的质量比,RMS3是用于将燃料喷射到三号气缸的RMS燃料轨燃料压力,SP3是用于将燃料喷射到三号气缸的调度压力,MR4是四号气缸的质量比,RMS4是用于将燃料喷射到四号气缸中的RMS燃料轨燃料压力,SP4是用于将燃料喷射到四号气缸中的调度压力。

[0068] 用于确定质量比的数值示例可以如下:

$$[0069] \quad MR1 = \sqrt{\frac{6.1}{6.05}} = 1.004 \quad MR2 = \sqrt{\frac{6.3}{6.15}} = 1.012 \quad MR3 = \sqrt{\frac{5.8}{6.0}} = 0.983 \quad MR4 = \sqrt{\frac{5.9}{5.95}} = 0.996$$

[0070] 质量比也可以称为喷射的燃料量的误差。因此,对于在该示例中的一号气缸,喷射的燃料量可以是0.4%浓。因此,对于在该示例中的二号气缸,喷射的燃料量可以是1.2%浓。因此,对于在该示例中的三号气缸,喷射的燃料量可以是1.7%稀。因此,对于在该示例中的四号气缸,喷射的燃料量可以是0.4%稀。

[0071] 方法500还可以确定在发动机循环期间喷射到气缸的燃料量的误差的平均值。例如,使用先前的值,平均误差量可以确定为:Ave\_err = ((1.004+1.012+0.983+0.996)/4) = 0.999,其中Ave\_err是所有发动机气缸的平均燃料喷射误差,其从将燃料喷射到发动机气缸期间测得的RMS或平均燃料轨压力确定。可以如下根据零总增益确定每个气缸的补偿因子(例如,来自每个燃料喷射器的增益或损失与其他燃料喷射器的燃料增益或损失平衡):

$$[0072] \quad CF1 = \frac{MR1}{Ave\_err} \quad CF2 = \frac{MR2}{Ave\_err} \quad CF3 = \frac{MR3}{Ave\_err} \quad CF4 = \frac{MR4}{Ave\_err}$$

[0073] 其中CF1是将燃料喷射到一号气缸的喷射器的补偿因子,CF2是将燃料喷射到二号气缸的喷射器的补偿因子,CF3是将燃料喷射到三号气缸的喷射器的补偿因子,以及CF4是将燃料喷射到四号气缸的喷射器的补偿因子。方法500将每个气缸的每个燃料喷射器的补偿因子存储在控制器随机存取存储器中。方法500前进到510。

[0074] 在510处,方法500调整燃料喷射正时以补偿燃料轨中的燃料压力变化。在一个示例中,根据包括发动机转速和驾驶员需求扭矩的发动机工况来确定每个发动机气缸的燃料喷射量或质量。每个气缸的燃料喷射质量乘以在508处确定的该气缸的补偿因子。这修改将被喷射到气缸的燃料质量并产生将被喷射到气缸的所请求的燃料质量。然后将所请求的燃料质量转换成燃料喷射器脉冲宽度。可以经由引用或索引燃料喷射器传递函数来确定燃料喷射器脉冲宽度,所述函数根据所请求的燃料质量输出燃料喷射器脉冲宽度。方法500前进到512。

[0075] 在512处,方法500将打开和关闭发动机的燃料喷射器的命令正时与如在506处确定的燃料轨中的燃料压力进行比较。在一个示例中,从在最近命令燃料喷射器打开之后,燃料轨中的燃料压力增加超过预定阈值量的时间中减去命令燃料喷射器打开时的时间。例如,如图3所示,可以从时间t2减去时间t1以确定时间t1与时间t2之间的延迟时间。方法500还可以从在最近命令燃料喷射器关闭之后,燃料轨中的燃料压力增加超过预定阈值量的时间中减去命令燃料喷射器关闭时的时间。例如,如图3所示,可以从时间t4减去时间t3以确定时间t3与时间t4之间的延迟时间。可以以这种方式为每个气缸确定燃料喷射器打开时间延迟和燃料喷射器关闭时间延迟。方法500前进到514。

[0076] 在514处,方法500判断在512处确定的气缸的燃料喷射器打开延迟是否大于阈值量。此外,方法500还可以判断在512处确定的气缸的燃料喷射器关闭延迟是否大于阈值量。如果是,则答案为是并且方法500前进到516。否则,答案为否并且方法500前进到退出。

[0077] 在516处,方法500指示气缸的燃料喷射器的劣化,所述燃料喷射器被确定为在514处劣化。方法500可以经由显示给人/机界面的消息指示燃料喷射器劣化。方法500前进到518。

[0078] 在518处,方法500试图减轻燃料喷射器的劣化的影响。在一个示例中,方法500可以停用劣化的喷射器并停止经由燃料喷射器喷射燃料。方法500可以激活气缸中的第二燃料喷射器,并且当确定第一燃料喷射器劣化时仅经由第二燃料喷射器喷射燃料。例如,如果确定气缸的进气道燃料喷射器劣化,则可以仅经由直接燃料喷射器将燃料喷射到气缸。进气道燃料喷射器可以被停用,直到车辆被维修为止。

[0079] 在另一个示例中,方法500可以继续操作发动机和劣化的燃料喷射器;然而,方法500可以限制可以经由发动机产生的功率量。如果需要,方法500还可以停用特定的气缸操作模式和操作范围。方法500前进到退出。

[0080] 以这种方式,可以根据当燃料喷射器打开时可以观察到的RMS或平均压力来调整或补偿燃料喷射器的正时和喷射到发动机的燃料量。所述调整可以减少气缸与气缸空气燃料分布不均的可能性。

[0081] 因此,图5的方法提供了一种用于向发动机供应燃料的方法,所述方法包括:每次

在发动机循环期间将燃料喷射到发动机时,在经由燃料轨向气缸供应燃料的燃料喷射器打开时,对燃料轨中的压力采样多次;以及响应于由对燃料轨中的压力采样多次产生的补偿因子而调整随后的燃料喷射的正时。所述方法包括:其中补偿因子是基于压力比。所述方法包括:其中压力比包括压力比的分子中的均方根燃料轨压力。所述方法包括:其中压力比包括压力比的分母中的调度燃料轨压力。所述方法包括:其中调整随后的燃料喷射的正时增加或减少喷射的燃料量。所述方法还包括不响应于发动机转速的变化产生补偿因子。所述方法还包括不响应于发动机负荷的变化产生补偿因子。

[0082] 图5的方法还提供了一种用于向发动机供应燃料的方法,所述方法包括:响应于基于多个压力比的平均值的多个补偿因子而调整多个燃料喷射的正时,所述多个压力比包括每个发动机气缸的压力比。所述方法包括:其中每个气缸的压力比是基于当正在喷射燃料时燃料轨中的压力。所述方法包括:其中每个气缸的压力比还基于调度燃料压力。所述方法包括:其中调度燃料压力是在调整多个燃料喷射的正时之前的时间燃料轨内的燃料压力。所述方法还包括确定燃料喷射器打开延迟或燃料喷射器关闭延迟。所述方法包括:其中将燃料喷射器打开延迟确定为命令燃料喷射器打开与燃料轨内的燃料压力升高之间的时间量。

[0083] 如本领域普通技术人员将理解的,本文描述的方法可以表示任何数量的处理策略(诸如事件驱动的、中断驱动的、多任务的、多线程的等)中的一个或多个。因此,示出的各种步骤或功能可以按示出的序列执行、并行地执行,或者在一些情况下被省略。同样地,处理次序不一定是实现本文所描述的目标、特征和优点所必需的,而是为了易于说明和描述而提供的。虽然没有明确地示出,但是本领域普通技术人员将认识到,可以取决于所使用的特定策略而重复地执行所示的步骤、方法或功能中的一者或多者。

[0084] 说明书到此结束。在不脱离本说明书的精神和范围的情况下,本领域技术人员在阅读本说明书之后,将想到许多变化形式和修改。例如,以天然气、汽油、柴油或替代燃料配置进行操作的单缸、I2、I3、I4、I5、V6、V8、V10、V12和V16发动机可以使用本说明书来获益。

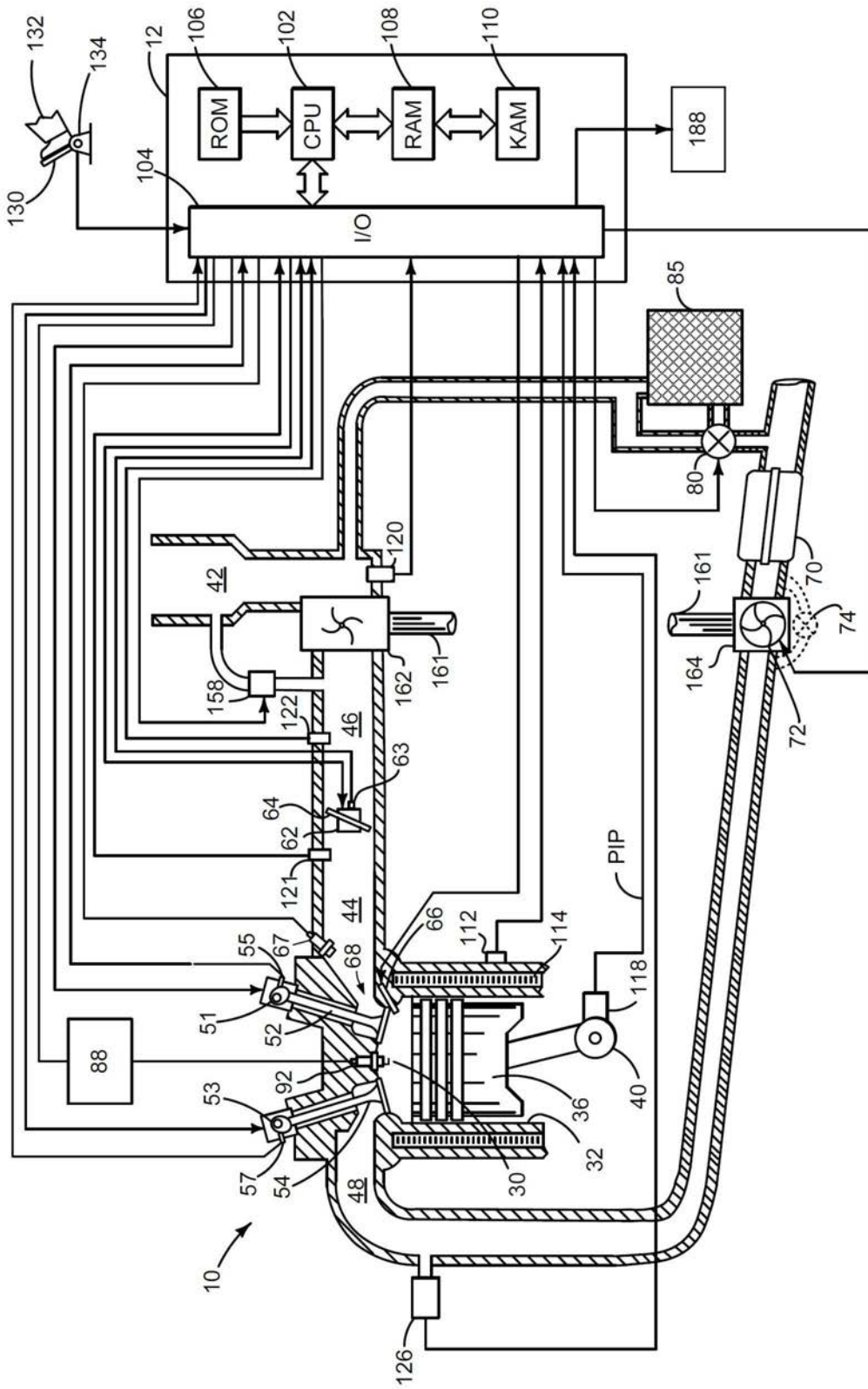


图1

200

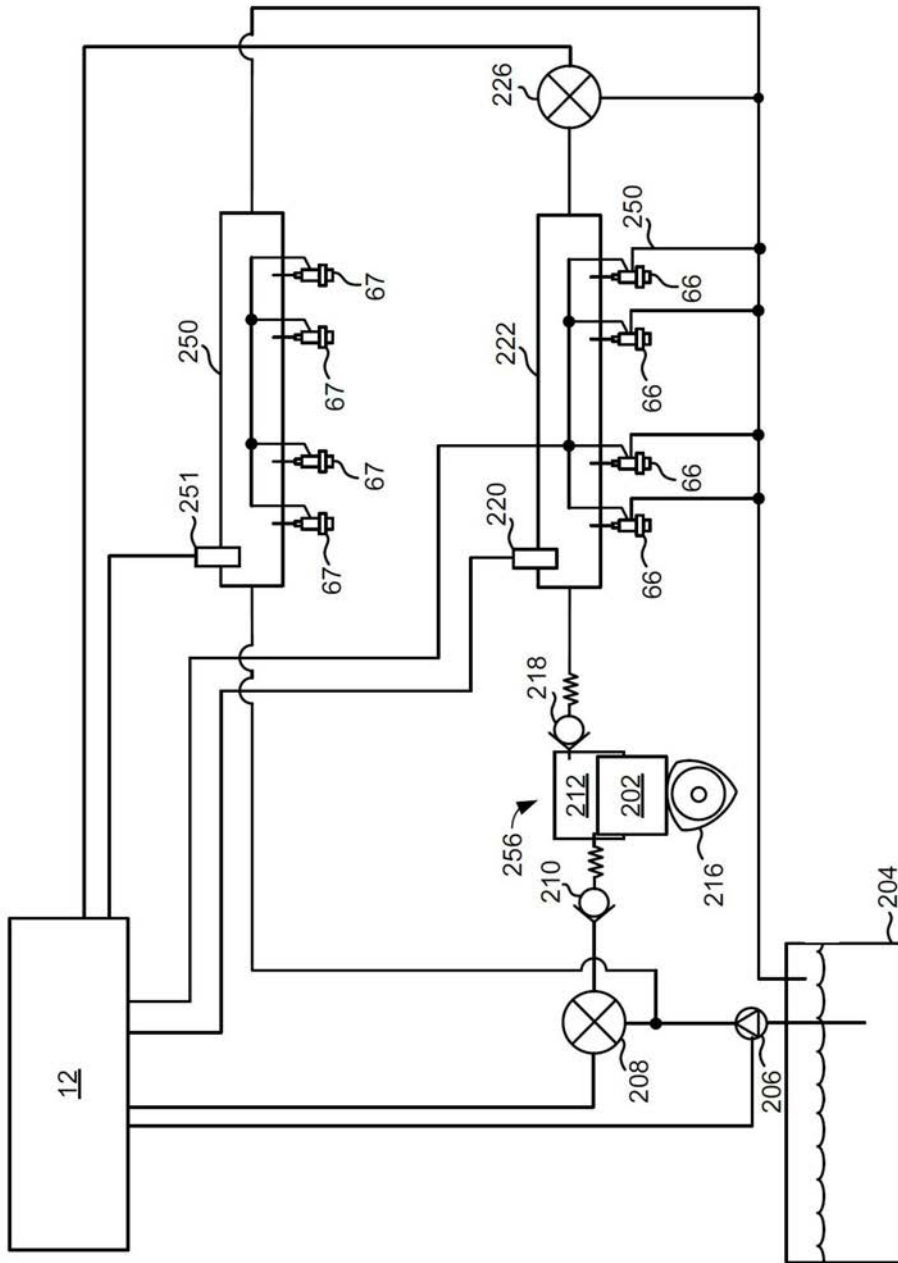


图2



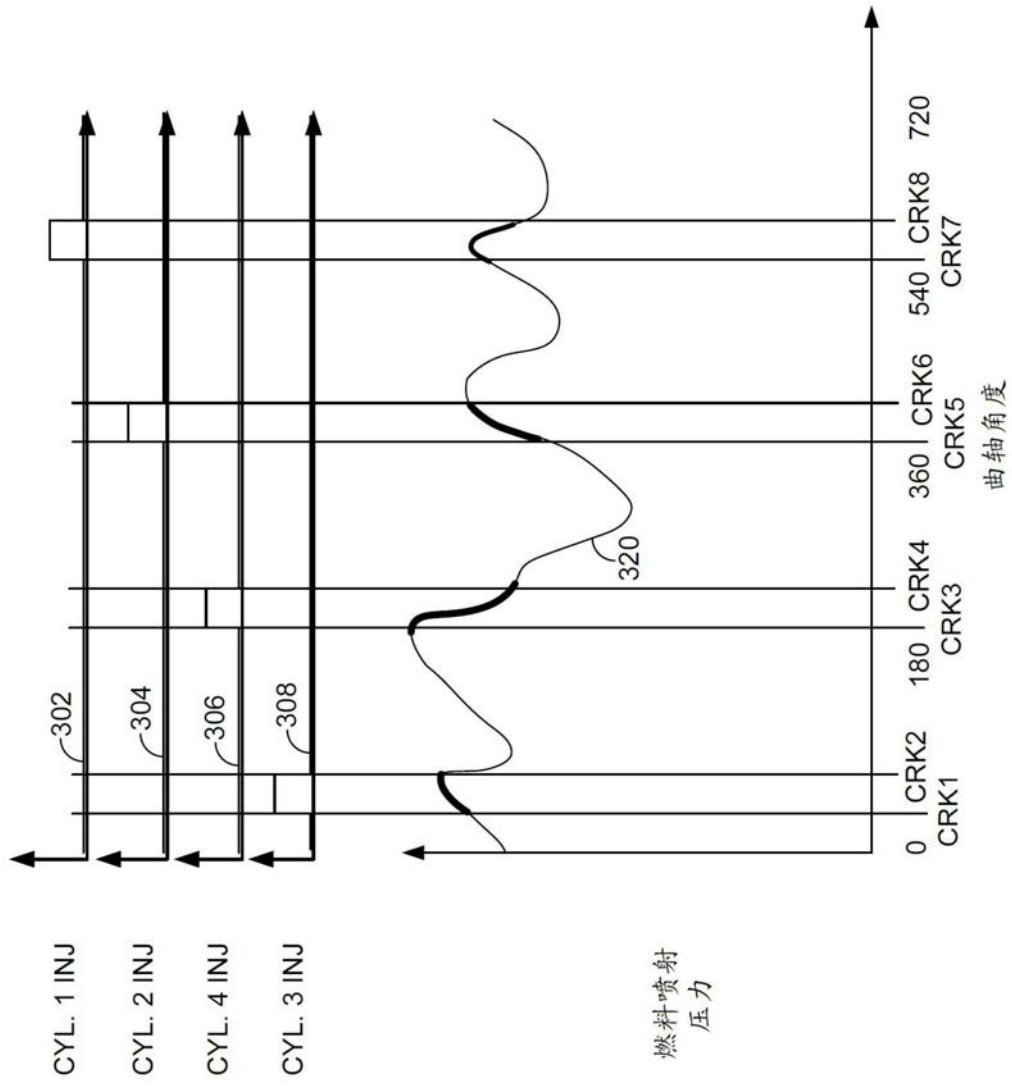


图3

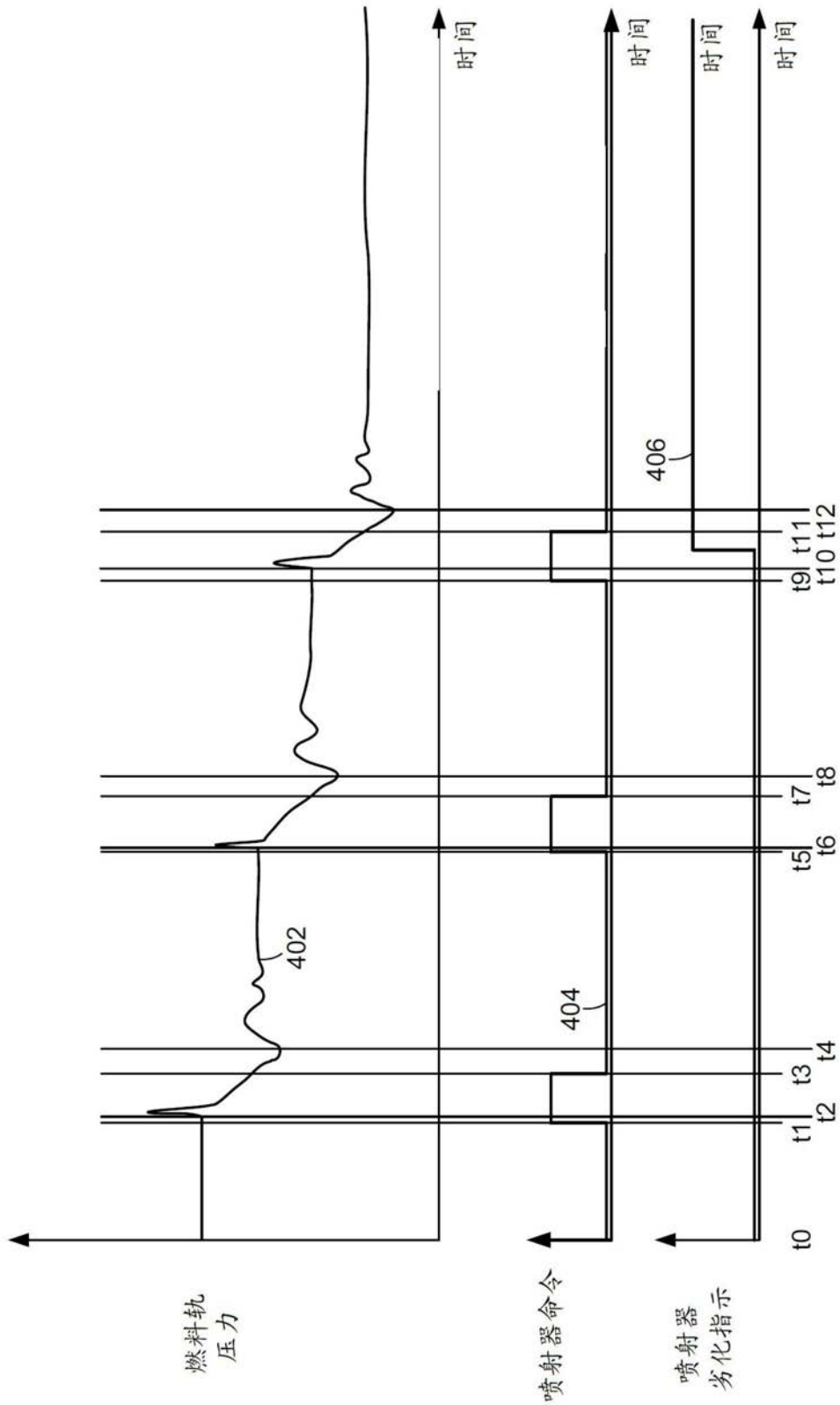


图4

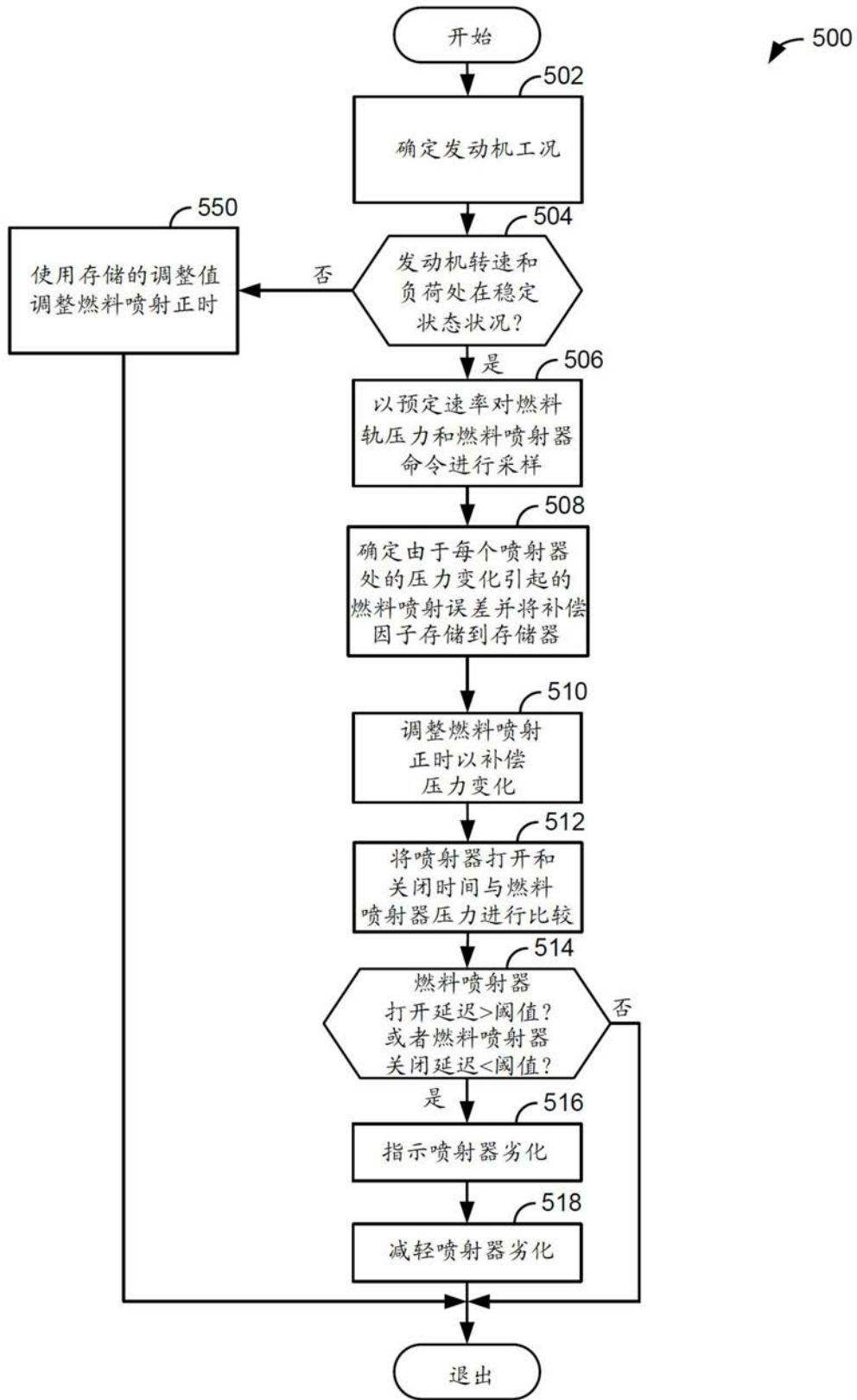


图5