



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103670754 B

(45)授权公告日 2017.01.18

(21)申请号 201310418069.1

(22)申请日 2013.09.13

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103670754 A

(43)申请公布日 2014.03.26

(30) 优先权数据

13/613514 2012.09.13 US

(73) 专利权人 通用汽车环球科技运作有限责任公司

地址 美国密执安州

(72)发明人 D.P.索马克 J.T.施巴塔
J.D.考吉尔

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 刘桢 傅永霄

(51) Int. Cl.

F02D 41/30(2006.01)

F02D 41/02(2006.01)

(56)对比文件

US 2010292909 A1, 2010.11.18,

US 2010292909 A1, 2010.11.18.

JP 2009103106 A, 2009.05.14.

CN 102444488 A, 2012.05.09,

US 2002033165 A1, 2002.03.21,

DE 102011115230 A1, 2012.04.05.

审查员 孙少阳

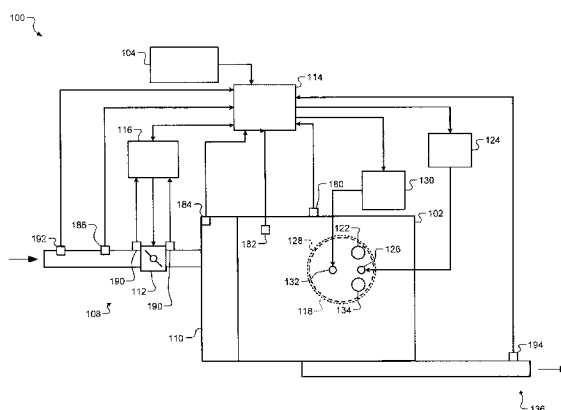
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

用于基于活塞温度控制发动机中的燃料喷射的系统和方法

(57)摘要

本发明涉及用于基于活塞温度控制发动机中的燃料喷射的系统和方法。根据本公开的原理的系统包括温度估计模块和燃料控制模块。温度估计模块基于发动机操作条件估计与气缸相关联的活塞温度。燃料控制模块基于活塞温度控制下列中的至少一项：与气缸相关联的喷射正时、与气缸相关联的喷射压力、与气缸相关联的喷射位置和与气缸相关联的每个发动机循环的喷射次数。



1. 一种控制发动机中的燃料喷射的系统,包括:
温度估计模块,其基于发动机操作条件估计与气缸相关联的活塞温度;以及
燃料控制模块,其基于所述活塞温度控制下列中的至少一项:与所述气缸相关联的喷射压力、与所述气缸相关联的喷射位置和与所述气缸相关联的每个发动机循环的喷射次数,
其中当所述活塞温度小于预定温度时所述燃料控制模块命令每个发动机循环的多次喷射。
2. 根据权利要求1所述的系统,其中所述燃料控制模块基于所述活塞温度还控制与所述气缸相关联的喷射正时,当所述活塞温度小于预定温度时所述燃料控制模块延迟所述喷射正时。
3. 根据权利要求1所述的系统,其中所述温度估计模块基于发动机速度、发动机负载和空燃比估计所述活塞温度。
4. 根据权利要求3所述的系统,其中所述温度估计模块进一步基于进气温度、发动机冷却剂温度和火花正时估计所述活塞温度。
5. 根据权利要求3所述的系统,其中所述活塞温度与所述发动机速度、所述发动机负载和所述空燃比成正比。
6. 根据权利要求1所述的系统,还包括使用滞后滤波器过滤所述活塞温度的温度过滤模块。
7. 根据权利要求6所述的系统,其中所述滞后滤波器为一阶滞后滤波器。
8. 根据权利要求6所述的系统,其中所述温度过滤模块基于发动机速度和迭代循环速率中的至少一个调整所述滞后滤波器。
9. 根据权利要求8所述的系统,其中所述活塞温度在与所述发动机速度和所述迭代循环速率中的至少一个成正比的第一速率下被调整。
10. 一种控制发动机中的燃料喷射的方法,包括:
基于发动机操作条件估计与气缸相关联的活塞温度;
基于所述活塞温度控制下列中的至少一项:与所述气缸相关联的喷射压力、与所述气缸相关联的喷射位置和与所述气缸相关联的每个发动机循环的喷射次数;以及
当所述活塞温度小于预定温度时命令每个发动机循环多次喷射。
11. 根据权利要求10所述的方法,还包括基于所述活塞温度控制与所述气缸相关联的喷射正时,当所述活塞温度小于预定温度时延迟所述喷射正时。
12. 根据权利要求10所述的方法,还包括基于发动机速度、发动机负载和空燃比估计所述活塞温度。
13. 根据权利要求12所述的方法,还包括进一步基于进气温度、发动机冷却剂温度和火花正时估计所述活塞温度。
14. 根据权利要求12所述的方法,其中所述活塞温度与所述发动机速度、所述发动机负载和所述空燃比成正比。
15. 根据权利要求10所述的方法,还包括使用滞后滤波器过滤所述活塞温度。
16. 根据权利要求15所述的方法,其中所述滞后滤波器为一阶滞后滤波器。
17. 根据权利要求15所述的方法,还包括基于发动机速度和迭代循环速率中的至少一

个调整所述滞后滤波器。

18. 根据权利要求17所述的方法,其中在与所述发动机速度和所述迭代循环速率中的至少一个成正比的第一速率下调整所述活塞温度。

用于基于活塞温度控制发动机中的燃料喷射的系统和方法

技术领域

[0001] 本公开涉及用于基于活塞温度控制发动机中的燃料喷射的系统和方法。

背景技术

[0002] 在此提供的背景技术描述用于总体上介绍本公开的背景。目前署名的发明人的工作就其在该背景部分中描述的程度以及在其描述在提交时不会以其它方式被认为现有技术的方面,既不明确地也不隐含地认为是破坏本公开的现有技术。

[0003] 内燃发动机在气缸内燃烧空气燃料混合物以驱动活塞,这产生驱动扭矩。进入发动机的空气流经由节流阀调节,节流阀调整节流面积以控制进入发动机的空气流。燃料控制系统调整燃料喷射的速率以向气缸提供所需的空气燃料混合物和/或实现所需的扭矩输出。增加提供至气缸的空气和燃料的量增加了发动机的扭矩输出。

[0004] 在火花点火发动机中,火花引发提供给气缸的空气燃料混合物的燃烧。在压缩点火发动机中,气缸中的压缩燃烧提供给气缸的空气燃料混合物。火花正时和空气流量可以是用于调整火花点火发动机的扭矩输出的主要机制,而燃料流量可以是用于调整压缩点火发动机的扭矩输出的主要机制。

[0005] 穿过排气系统的排气可包括颗粒物。已经开发了诸如颗粒过滤器的排气部件以过滤颗粒物。然而,这些部件增加了车辆的成本和质量。

发明内容

[0006] 根据本公开的原理的系统包括温度估计模块和燃料控制模块。温度估计模块基于发动机操作条件估计与气缸相关联的活塞温度。燃料控制模块基于活塞温度控制下列中的至少一项:与气缸相关联的喷射正时、与气缸相关联的喷射压力、与气缸相关联的喷射位置和与气缸相关联的每个发动机循环的喷射次数。

[0007] 本发明提供下列技术方案。

[0008] 1. 一种系统,包括:

[0009] 温度估计模块,其基于发动机操作条件估计与气缸相关联的活塞温度;以及

[0010] 燃料控制模块,其基于所述活塞温度控制下列中的至少一项:与所述气缸相关联的喷射正时、与所述气缸相关联的喷射压力、与所述气缸相关联的喷射位置和与所述气缸相关联的每个发动机循环的喷射次数。

[0011] 2. 根据技术方案1所述的系统,其中当所述活塞温度小于预定温度时所述燃料控制模块延迟所述喷射正时。

[0012] 3. 根据技术方案1所述的系统,其中当所述活塞温度小于预定温度时所述燃料控制模块命令每个发动机循环的多次喷射。

[0013] 4. 根据技术方案1所述的系统,其中所述温度估计模块基于发动机速度、发动机负载和空燃比估计所述活塞温度。

[0014] 5. 根据技术方案4所述的系统,其中所述温度估计模块进一步基于进气温度、发

动机冷却剂温度和火花正时估计所述活塞温度。

[0015] 6. 根据技术方案4所述的系统,其中所述活塞温度与所述发动机速度、所述发动机负载和所述空燃比成正比。

[0016] 7. 根据技术方案1所述的系统,还包括使用滞后滤波器过滤所述活塞温度的温度过滤模块。

[0017] 8. 根据技术方案7所述的系统,其中所述滞后滤波器为一阶滞后滤波器。

[0018] 9. 根据技术方案7所述的系统,其中所述温度过滤模块基于发动机速度和迭代循环速率中的至少一个调整所述滞后滤波器。

[0019] 10. 根据技术方案9所述的系统,其中所述活塞温度在与所述发动机速度和所述迭代循环速率中的至少一个成正比的第一速率下被调整。

[0020] 11. 一种方法,包括:

[0021] 基于发动机操作条件估计与气缸相关联的活塞温度;以及

[0022] 基于所述活塞温度控制下列中的至少一项:与所述气缸相关联的喷射正时、与所述气缸相关联的喷射压力、与所述气缸相关联的喷射位置和与所述气缸相关联的每个发动机循环的喷射次数。

[0023] 12. 根据技术方案11所述的方法,还包括当所述活塞温度小于预定温度时延迟所述喷射正时。

[0024] 13. 根据技术方案11所述的方法,还包括当所述活塞温度小于预定温度时命令每个发动机循环多次喷射。

[0025] 14. 根据技术方案11所述的方法,还包括基于发动机速度、发动机负载和空燃比估计所述活塞温度。

[0026] 15. 根据技术方案14所述的方法,还包括进一步基于进气温度、发动机冷却剂温度和火花正时估计所述活塞温度。

[0027] 16. 根据技术方案14所述的方法,其中所述活塞温度与所述发动机速度、所述发动机负载和所述空燃比成正比。

[0028] 17. 根据技术方案11所述的方法,还包括使用滞后滤波器过滤所述活塞温度。

[0029] 18. 根据技术方案17所述的方法,其中所述滞后滤波器为一阶滞后滤波器。

[0030] 19. 根据技术方案17所述的方法,还包括基于发动机速度和迭代循环速率中的至少一个调整所述滞后滤波器。

[0031] 20. 根据技术方案19所述的方法,其中在与所述发动机速度和所述迭代循环速率中的至少一个成正比的第一速率下调整所述活塞温度。

[0032] 本公开进一步的适用范围将通过下文提供的详细描述而变得显而易见。应当理解,详细描述和具体示例仅意图用于举例说明,而并非意图限制本方面的范围。

附图说明

[0033] 通过详细描述和附图将会更全面地理解本公开,附图中:

[0034] 图1是根据本公开的原理的示例性发动机系统的功能框图;

[0035] 图2是根据本公开的原理的示例性发动机控制系统的功能框图;

[0036] 图3是示出根据本公开的原理的示例性发动机控制方法的流程图;以及

[0037] 图4是示出对应于不同的喷射正时策略的颗粒物输出水平以及对应的活塞温度的坐标图。

具体实施方式

[0038] 当燃料接触冷的活塞时,燃料在活塞上形成浆(puddle)。活塞上的燃料浆的燃烧引起颗粒物形成。因此,相比活塞处于典型操作温度时,当发动机中的活塞较冷时,由发动机产生的颗粒物的量可能较大。在发动机中的燃料喷射停止之后,活塞可能较冷。当发动机正在减速以改善燃料经济性时,可以停止燃料喷射。

[0039] 根据本公开的原理的发动机控制系统和方法基于活塞温度调整发动机中的燃料喷射。可基于活塞温度调整的燃料喷射参数包括喷射正时、喷射压力、喷射位置和/或每个发动机循环的喷射次数。当活塞温度小于温度阈值(例如,预定温度)时,喷射正时被延迟,喷射压力被调整,喷射位置被调整和/或每个发动机循环的多次喷射被命令。活塞温度基于诸如发动机速度、发动机负载、进气温度、发动机冷却剂温度、空燃比和火花正时的发动机操作条件来估计。活塞温度与发动机操作条件之间的关系可以在稳态条件(例如,恒定速度)下逐步形成,并且可使用滞后滤波器对活塞温度滤波以考虑瞬态条件。

[0040] 当活塞温度小于温度阈值时如本文所述调整燃料喷射防止在活塞表面上形成燃料浆。防止在发动机中在活塞表面上形成燃料浆减少了由发动机产生的颗粒物的量。防止在活塞表面上形成燃料浆还可以防止诸如油稀释的其它负面效应。

[0041] 现在参看图1,提供了示例性发动机系统100的功能框图。发动机系统100包括发动机102,发动机102基于来自驾驶员输入模块104的驾驶员输入燃烧空气燃料混合物以产生用于车辆的驱动扭矩。驾驶员输入包括加速踏板位置和/或巡航控制设置。巡航控制设置接收自巡航控制系统,该系统可以是改变车辆速度以保持预定行车间距的自适应巡航控制系统。

[0042] 空气通过进气系统108吸入发动机102中。进气系统108包括进气歧管110和节流阀112,节流阀112可包括具有可旋转叶片的蝶阀。发动机控制模块(ECM) 114控制节流阀致动器模块116,节流阀致动器模块116调节节流阀112的开度,以控制吸入进气歧管110的空气的量。

[0043] 来自进气歧管110的空气被吸入发动机102的气缸中。虽然发动机102可包括多个气缸,但为了说明目的,示出单个代表性气缸118。仅仅是举例,发动机102可包括2个、3个、4个、5个、6个、8个、10个和/或12个气缸。ECM 114可停用气缸中的一些,这可以在某些发动机操作条件下改善燃料经济性。

[0044] 发动机102可使用四冲程循环来操作。以下描述的四个冲程被称为进气冲程、压缩冲程、燃烧冲程和排气冲程。在曲轴(未示出)的每周旋转期间,在气缸118内进行四个冲程中的两个。因此,气缸118经历所有四个冲程需要曲轴旋转两周。

[0045] 在进气冲程期间,来自进气歧管110的空气通过进气阀122被吸入气缸118中。ECM 114控制燃料致动器模块124,该模块调节燃料喷射器126以实现所需空燃比。如此处所示,燃料喷射器126将燃料直接喷入气缸。附加地或备选地,燃料可喷入与气缸相关联的混合室。另外,燃料可在中央位置处或多个位置处(例如,在每个气缸的进气阀122附近)喷入进气歧管110中。燃料致动器模块124可以停止向停用的气缸喷射燃料。

[0046] 在压缩冲程期间,气缸118内的活塞128压缩空气燃料混合物。发动机102可以是压缩点火发动机,在这种情况下,在气缸118中的压缩点燃空气燃料混合物。备选地,发动机102可以是火花点火发动机(例如,火花点火直喷(SIDI)发动机),在这种情况下,火花致动器模块130基于来自ECM 114的信号激励气缸118中的火花塞132,这点燃空气燃料混合物。可相对于活塞处于其称为上止点(TDC)的最高位置时的时间来指定火花的正时。

[0047] 火花致动器模块130可由指定距TDC之前或之后多远的正时信号控制以生成火花。由于活塞位置与曲轴旋转直接相关,火花致动器模块130的操作可以与曲轴角度同步。在各种实施中,火花致动器模块130可以停止向停用的气缸提供火花。

[0048] 生成火花可被称为点火事件。火花致动器模块130可具有针对每个点火事件改变火花正时的能力。当火花正时信号在上一点火事件和下一点火事件之间改变时,火花致动器模块130甚至可能能够改变下一点火事件的火花正时。在各种实施中,发动机102可包括多个气缸,并且对于发动机102中的所有气缸来说,火花致动器模块130可将火花正时相对于TDC改变相同量。

[0049] 在燃烧冲程期间,空气燃料混合物的燃烧向下驱动活塞,从而驱动曲柄轴。燃烧冲程可被定义为在活塞到达TDC和活塞返回到下止点(BDC)的时间之间的时间。在排气冲程期间,活塞开始从BDC向上移动并且通过排气阀134排出燃烧的副产物。燃烧副产物经由排气系统136从车辆排出。

[0050] 发动机系统100可使用曲轴位置(CKP)传感器180测量曲轴的位置。可使用发动机冷却剂温度(ECT)传感器182测量发动机冷却剂的温度。ECT传感器182可位于发动机102内或冷却剂流过的其它位置,例如散热器(未示出)。

[0051] 使用歧管绝对压力(MAP)传感器184测量进气歧管110内的压力。在各种实施中,可测量发动机真空,其为环境空气压力与进气歧管110内的压力之间的差值。使用空气质量流量(MAF)传感器186测量流入进气歧管110中的空气的质量流量。在各种实施中,MAF传感器186可位于还包括节流阀112的外壳中。

[0052] 节流阀致动器模块116使用一个或多个节流阀位置传感器(TPS)190监测节流阀112的位置。吸入发动机102的环境空气的温度使用进气温度(IAT)传感器192测量。由发动机102输出的排气的空燃比使用空燃比(AFR)传感器194测量。ECM 114使用来自传感器的信号来为发动机系统100做出控制决策。例如,ECM 114估计活塞温度并基于活塞温度调整喷射正时、喷射压力、喷射位置和/或每个发动机循环的喷射次数。

[0053] 现在参看图2,ECM 114的示例性实施包括速度确定模块202、负载确定模块204、温度估计模块206和温度过滤模块208。速度确定模块202基于来自CKP传感器180的输入确定发动机速度。例如,速度确定模块202可基于曲轴完成一个或多个回转时经过的时期来计算发动机速度。速度确定模块202输出发动机速度。

[0054] 负载确定模块204基于来自MAF传感器186的输入确定发动机负载。负载确定模块204可基于空气的质量流量和发动机102中的气缸的数量来确定每个气缸的空气流量。发动机负载可与每个气缸的空气流量成正比。负载确定模块204输出发动机负载。

[0055] 温度估计模块206基于发动机操作参数估计活塞温度。发动机操作参数可包括发动机速度、发动机负载、进气温度、发动机冷却剂温度、空燃比和/或火花正时。空燃比和/或火花正时可与发动机102中的所有气缸和/或活塞温度与之相关联的单个气缸相关联。

[0056] 温度估计模块206可从AFR传感器194接收空燃比。附加地或备选地,温度估计模块206可基于从节流阀控制模块210和燃料控制模块212接收的输入确定空燃比。所接收的输入可包括所需节流面积和所需脉冲宽度。温度估计模块206基于从火花控制模块214接收的输入确定火花正时。所接收的输入可包括所需火花正时。

[0057] 温度估计模块206可使用预定的关系基于发动机操作条件估计活塞温度。预定的关系可体现在数学模型和/或查找表中。预定的关系可将权重系数施加到发动机操作条件。施加到发动机操作条件中一些(例如,发动机速度、发动机负载、空燃比)的权重系数可大于施加到其它发动机操作条件(例如,进气温度、火花正时)的权重系数。

[0058] 当发动机102在稳态条件下操作时,可产生预定的关系。当发动机102较热(例如,在操作温度下)和/或在相对恒定的速度下操作时,发动机102可以在稳态条件下操作。使用预定的关系估计的活塞温度可称为稳态温度。温度估计模块206输出稳态活塞温度。

[0059] 温度过滤模块208使用滞后滤波器过滤活塞温度以考虑在瞬态条件下操作的发动机102。当发动机102较冷(例如,在小于操作温度的温度下)时和/或当发动机102快速加速或减速时,发动机102可在瞬态条件下操作。当发动机102在瞬态条件下操作时,活塞温度可能不像发动机操作条件那样快速地变化。因此,可使用滞后滤波器来考虑活塞温度的变化速率和发动机操作条件的变化速率之间的差值。滤波后的活塞温度可称为瞬态温度。

[0060] 温度过滤模块208可使用一阶滞后滤波器过滤活塞温度。例如,温度过滤模块208可使用下式确定当前迭代中滤波后的活塞温度 $(T_f)_{pres}$:

$$[0061] \quad (T_f)_{pres} = (T_f)_{prev} + k * [(T_{ss})_{pres} - (T_f)_{prev}] \quad (1)$$

[0062] 其中, $(T_f)_{prev}$ 为在前一迭代中确定的滤波后的温度, k 为常数,并且 $(T_{ss})_{pres}$ 为在当前迭代中确定的稳态温度。常数 k 可以是包括端值在内的0和1之间的预定值。

[0063] 滞后滤波器可通过建模、测试和/或校准而开发。滞后滤波器可基于发动机系统100的操作条件而调整。例如,可基于发动机速度和/或ECM 114的迭代循环速率来调整常数 k 。在各种实施中,常数 k 与发动机速度和ECM 114的迭代循环速率成正比。温度过滤模块208输出滤波后的活塞温度。

[0064] 燃料控制模块212基于活塞温度控制喷射正时、喷射压力、喷射位置和/或每个发动机循环的喷射次数。当活塞温度小于温度阈值时,燃料控制模块212可以延迟喷射正时,调整喷射压力,调整喷射位置,和/或命令每个发动机循环的多次喷射。燃料控制模块212可通过从经由进气口喷射和直喷喷射燃料切换至仅经由进气口喷射喷射燃料来调整喷射位置。当活塞温度大于温度阈值时,燃料控制模块212可停止延迟喷射正时,经由直喷喷射燃料,和/或命令每个发动机循环单次喷射。

[0065] 燃料控制模块212输出所需脉冲宽度。燃料控制模块212可基于驾驶员扭矩请求确定所需脉冲宽度,驾驶员扭矩请求可基于驾驶员输入确定。当燃料控制模块212命令每个发动机循环多次喷射时,燃料控制模块212可将所需脉冲宽度除以喷射次数以获得每次喷射的脉冲宽度。

[0066] 燃料控制模块212还输出所需曲柄角,其为对应于喷射起点为所需时的时间的曲柄角。当活塞128完成进气冲程时,燃料控制模块212可调整所需曲柄角以将燃料喷入气缸118中。因此,所需曲柄角可指定为TDC之前的角度数。当燃料控制模块212延迟喷射正时时,燃料控制模块212可减小所需曲柄角以延迟喷射起点。

[0067] 节流阀控制模块210指示节流阀致动器模块116基于所需节流面积来调节节流阀112。燃料控制模块212指示燃料致动器模块124基于所需脉冲宽度和所需曲柄角来调节燃料喷射器126。火花控制模块214指示火花致动器模块130基于所需火花正时来调节火花塞132。

[0068] 现在参看图3,用于基于活塞温度调整喷射正时和/或喷射次数的方法始于302。在304处,该方法基于发动机操作条件估计活塞温度。发动机操作条件可包括发动机速度、发动机负载、进气温度、发动机冷却剂温度、空燃比和/或火花正时。该方法可基于发动机操作条件和活塞温度之间的预定的关系来估计活塞温度。预定的关系可体现在数学模型和/或查找表中。当发动机在稳态条件下操作时,可产生该预定的关系。

[0069] 在306处,该方法基于迭代循环速率和/或发动机速度调整滞后滤波器。滞后滤波器可以是一阶滤波器,例如由以上讨论的公式(1)表示的一阶滤波器。该方法可基于迭代循环速率和/或发动机速度调整常数k。例如,当迭代循环速率增加和/或发动机速度增加时,该方法可增加常数k。在308处,该方法使用滞后滤波器过滤活塞温度。

[0070] 在310处,该方法确定活塞温度是否小于温度阈值。如果活塞温度小于温度阈值,则该方法在312处继续。否则,该方法在304处继续。在312处,该方法基于活塞温度调整燃料喷射参数。例如,该方法可延迟喷射正时,调整喷射压力,调整喷射位置,和/或命令每个发动机循环多次喷射。该方法可通过从经由进气口喷射和直喷喷射燃料切换至仅经由进气口喷射喷射燃料来调整喷射位置。当活塞温度大于温度阈值时,该方法可停止延迟喷射正时,经由直喷喷射燃料,和/或命令每个发动机循环单次喷射。

[0071] 现在参看图4,示出了喷射正时和由火花点火直喷(SIDI)发动机产生的颗粒物的量之间的关系。X轴线402表示以秒计的时间,Y轴线404表示以百万分之一(ppm)计的颗粒物水平。第一颗粒物水平406、第二颗粒物水平408和第三颗粒物水平410分别对应于第一喷射正时、第二喷射正时和第三喷射正时。

[0072] 在412处,SIDI发动机中的燃料喷射停止。当车辆正在减速以改善燃料经济性时,可以停止燃料喷射。在414处,燃料喷射重新开始。在414和416之间,第一喷射正时、第二喷射正时和第三喷射正时被延迟以分别产生在TDC之前310度、在TDC之前270度和在TDC之前220度的喷射起点(SOI)角度。在416处,第一、第二和第三喷射正时返回到正常。

[0073] 当SIDI发动机中的燃料喷射停止时,活塞温度418在412处开始降低。因此,当燃料喷射重新开始时,燃料SIDI发动机中接触冷的活塞,这导致颗粒物水平406、408、410中的峰值。如图4所示,峰值的量值可通过延迟SIDI发动机的喷射正时而减小。例如,第三喷射正时相对于第一喷射正时延迟,因此第三颗粒物水平410中的峰值小于第一颗粒物水平406中的峰值。

[0074] 当燃料喷射重新开始时,在414处,活塞温度418开始增加。图4所示数据对应于2,000转/分钟的发动机速度、7巴的制动平均有效压力和54℃的发动机冷却剂温度。活塞温度418可通过分析和/或通过将热电偶置于活塞表面上的实验室测试来确定。

[0075] 上面的描述本质上仅是示例性的并且决不是要限制本公开、其应用或用途。本公开的广义教导可以以各种形式实施。因此,虽然本公开包括具体示例,但本公开的真正范围不应局限于此,因为在研究附图、说明书和随附权利要求书的基础上其它修改将变得显而易见。为了清楚起见,在附图中将使用相同的附图标记标识相似的元件。如本文所用,短语

A、B和C中的至少一个应当被解释为是指使用非排他逻辑“或”的逻辑(A或B或C)。应当理解,在不改变本公开的原理的情况下,可以以不同的顺序(或同时地)执行方法内的一个或多个步骤。

[0076] 如本文所用,术语模块可以指属于或包括:专用集成电路(ASIC);电子电路;组合逻辑电路;现场可编程门阵列(FPGA);执行代码的处理器(共享、专用或成组);提供所描述功能的其它合适的硬件部件;或以上的一些或全部的组合,例如在片上系统中。术语模块可包括存储由处理器执行的代码的存储器(共享、专用或成组)。

[0077] 如在上面所使用的术语代码可包括软件、固件和/或微代码并可指程序、例程、函数、类和/或对象。如在上面所使用的术语“共享”意味着来自多个模块的一些或全部代码可使用单个(共享)处理器来执行。此外,来自多个模块的一些或全部代码可由单个(共享)存储器来存储。如在上面所使用的术语“成组”意味着来自单个模块的一些或全部代码可使用一组处理器来执行。此外,来自单个模块的一些或全部代码可使用一组存储器来存储。

[0078] 本文所述设备和方法可通过由一个或多个处理器执行的一个或多个计算机程序来实现。计算机程序包括存储在非暂时的有形计算机可读介质上的处理器可执行指令。计算机程序还可包括存储的数据。非暂时的有形计算机可读介质的非限制性示例是非易失性存储器、磁存储器和光存储器。

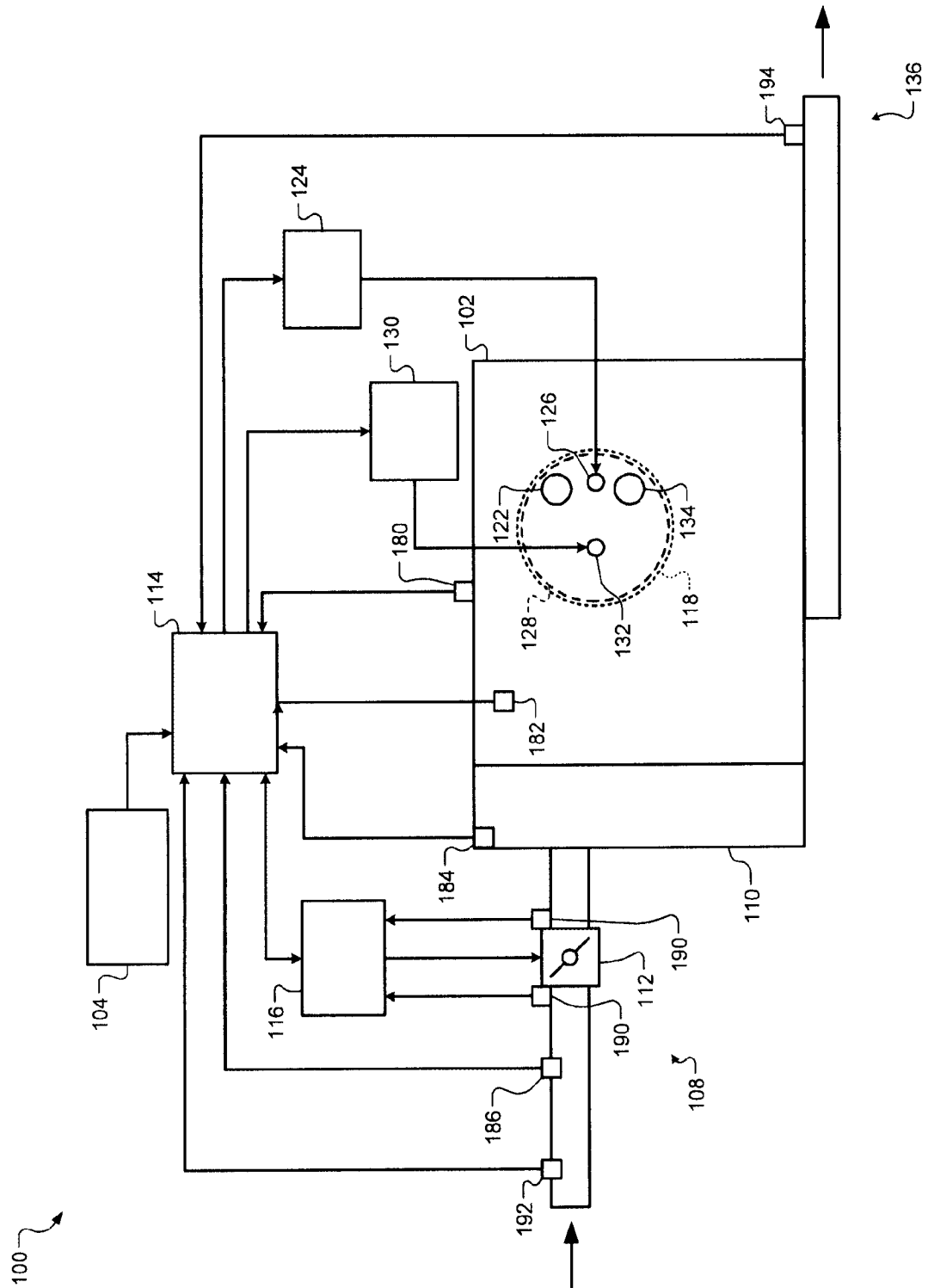


图 1

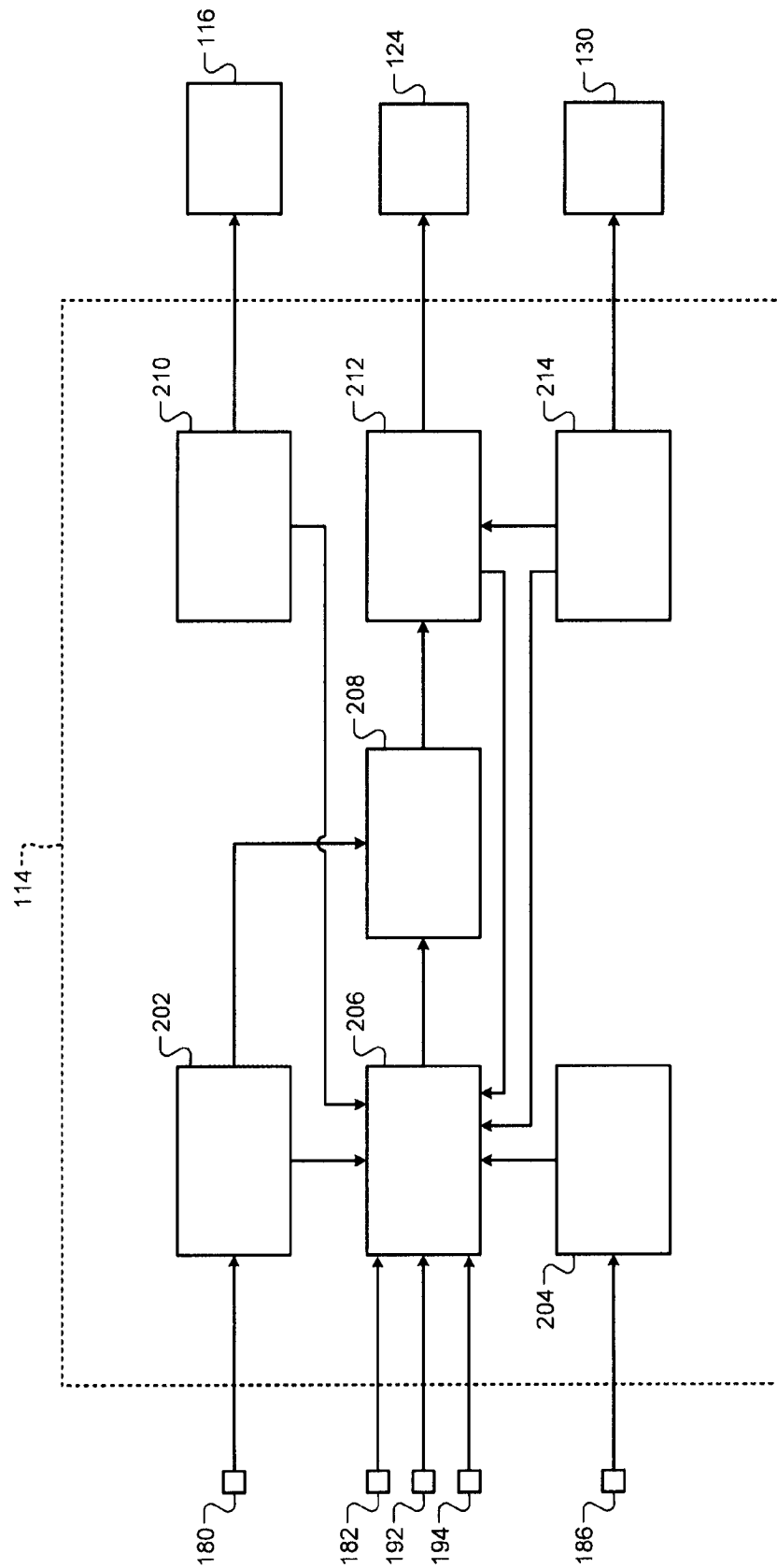


图 2

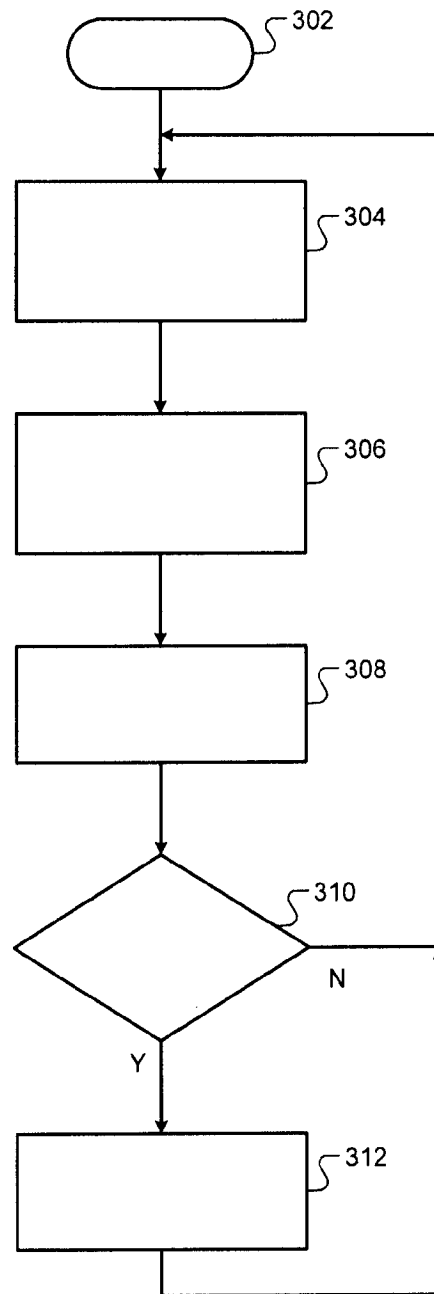


图 3

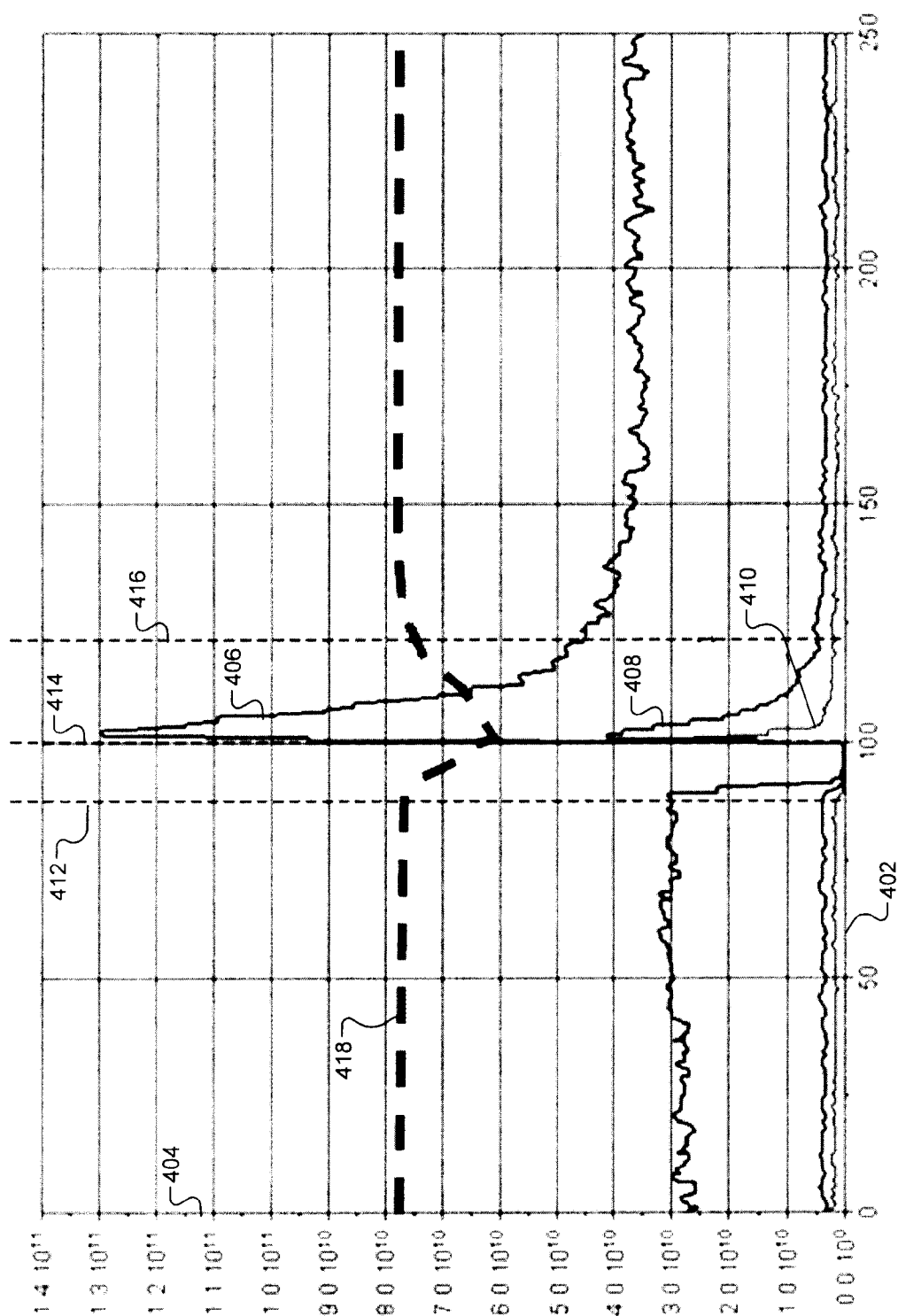


图 4