



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111441872 A

(43)申请公布日 2020.07.24

(21)申请号 202010046563.X

(22)申请日 2020.01.16

(30)优先权数据

16/249,657 2019.01.16 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 胡良军 德维什·乌帕德亚 宋康

(74)专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

代理人 徐东升

(51)Int.Cl.

F02D 41/02(2006.01)

F02D 41/00(2006.01)

F02D 23/00(2006.01)

F02B 37/24(2006.01)

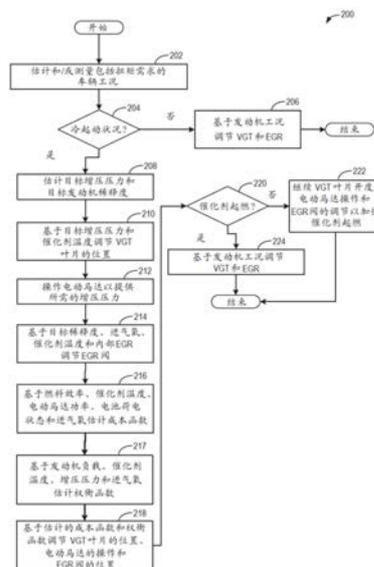
权利要求书2页 说明书15页 附图6页

(54)发明名称

减少排放的方法和系统

(57)摘要

本公开提供了“减少排放的方法和系统”。提供了用于电动可变几何涡轮增压器(e-VGT)、排气再循环(EGR)和联接到所述e-VGT的电动马达的协调操作以加快催化剂起燃的方法和系统。在一个示例中,一种方法可以包括:在冷起动期间,减小e-VGT叶片的开度和EGR阀的开度中的每一者,同时操作所述电动马达以制动并降低所述e-VGT转速。



1. 一种用于发动机的方法,其包括:

在发动机冷起动期间,

减小可变几何涡轮增压器(VGT)的叶片的开度和排气再循环(EGR)系统的阀的开度中的每一者,同时通过调节施加到所述VGT的电动马达制动量来控制所述VGT的转速。

2. 如权利要求1所述的方法,其中调节所述VGT的所述转速以提供目标增压压力,所述目标增压压力是基于驾驶员扭矩需求、发动机转速和发动机温度。

3. 如权利要求2所述的方法,其中所述电动马达联接到所述VGT的轴,所述轴将排气涡轮机连接到进气压缩机,并且在所述VGT的制动期间,所述电动马达在再生模式下操作,直到排气催化剂的温度增加到起燃温度并且发动机转速达到怠速转速为止,然后所述电动马达在辅助模式下操作。

4. 如权利要求3所述的方法,其中在所述再生模式下的操作包括减小所述进气压缩机的所述转速并给联接到所述电动马达的电池充电,并且其中在所述辅助模式下的操作包括使用来自联接到所述电动马达的所述电池的电力来增加所述进气压缩机的所述转速。

5. 如权利要求3所述的方法,其中基于所述目标增压压力、所述排气催化剂的所述温度和目标气缸氧水平来调节所述叶片的所述开度,所述叶片的所述开度随着所述排气催化剂的所述温度降低而减小。

6. 如权利要求5所述的方法,其中所述目标增压压力是所述发动机转速和所述驾驶员扭矩需求的函数,并且其中所述目标气缸氧水平是所述发动机转速、发动机燃料加注速率和所述排气催化剂的所述温度的函数。

7. 如权利要求1所述的方法,其中所述叶片的所述开度被关闭以减少通过所述VGT的排气流。

8. 如权利要求6所述的方法,其还包括在所述再生模式下操作期间,基于所述叶片的所述开度、所述目标增压压力、所述发动机转速、所述排气催化剂的所述温度、所述目标气缸氧水平和所述发动机燃料加注速率,估计提供给所述电动马达的电力。

9. 如权利要求3所述的方法,其中基于所述目标增压压力、所述排气催化剂的所述温度、目标气缸氧水平、排气背压和内部EGR量来调节所述EGR系统的所述阀的所述开度,所述阀的所述开度随着所述内部EGR流率的增加而减小。

10. 一种用于发动机的系统,其包括:

控制器,所述控制器具有存储在非暂时性存储器上的计算机可读指令,所述计算机可读指令在被执行时使所述控制器:

在第一次发动机起动期间,基于目标增压压力,将电动可变几何涡轮增压器(e-VGT)的叶片位置调节到第一叶片位置并且将排气再循环(EGR)系统的阀位置调节到第一阀开度,以及

在第二次发动机起动期间,基于所述目标增压压力和排气催化剂的温度中的每一者,将所述叶片位置调节到第二叶片位置并且将所述阀位置调节到第二阀开度,所述第一叶片位置中的开度高于所述第二叶片位置中的开度并且所述第一阀开度大于所述第二阀开度。

11. 如权利要求10所述的系统,其中所述第一次发动机起动包括高于阈值发动机温度的温度,并且所述第二次发动机起动包括低于阈值发动机温度的温度,所述阈值发动机温度基于所述排气催化剂的起燃温度。

12. 如权利要求10所述的系统,其还包括在所述第一次发动机起动期间,操作联接到所述e-VGT的电动马达以增加所述e-VGT的压缩机的转速,并且在所述第二次发动机起动期间,操作所述电动马达以减小所述e-VGT的所述压缩机的所述转速。

13. 如权利要求12所述的系统,其中在所述第二次发动机起动期间,所述电动马达被操作以提供目标增压压力、基于所述第二叶片位置的所述电动马达的操作转速、所述目标增压压力、发动机转速和排气催化剂的温度。

14. 如权利要求13所述的系统,其中所述第一叶片位置是基于所述目标增压压力,并且其中所述第二叶片位置是基于所述目标增压压力和所述排气催化剂的所述温度中的每一者。

15. 如权利要求13所述的系统,其中所述第一阀开度是基于所述目标增压压力和目标气缸氧水平,并且其中所述第二阀开度是基于所述目标增压压力、所述排气催化剂的所述温度、所述目标气缸氧水平和排气背压。

## 减少排放的方法和系统

### 技术领域

[0001] 本说明书总体上涉及用于同步调节VGT、EGR和电动马达以加快催化剂起燃的方法和系统。

### 背景技术

[0002] 发动机排放控制系统可以包括一种或多种排气催化剂,诸如三元催化剂、NO<sub>x</sub>存储催化剂、柴油氧化催化剂(DOC)、起燃催化剂和SCR催化剂。在催化剂起燃温度(例如工作温度),排气催化剂可以氧化并还原排气中的排气成分,从而将排气中的有毒气体和污染物转化为毒性较小的污染物或惰性成分,然后释放到大气中。作为一个示例,在200°C和600°C之间工作时,选择性催化还原(SCR)催化剂可以将反应性氮氧化物(NO<sub>x</sub>)、一氧化碳(CO)和未燃烧的碳氢化合物(HC)转化为惰性成分,诸如双原子氮(N<sub>2</sub>)、二氧化碳(CO<sub>2</sub>)和水(H<sub>2</sub>O)。然而,在发动机的冷起动期间,当排气催化剂的温度低于起燃温度(例如,SCR催化剂温度降到200°C以下)时,排气催化剂可能无法有效处理排气的反应性成分,并且因此,冷起动排放可能增加。

[0003] 提供了各种方法来通过调节从排气通道到发动机气缸的排气再循环(EGR)和/或排气可变几何涡轮增压器(VGT)中叶片的位置来加快催化剂起燃。在Marlett等人的US 20170314486中示出的一个示例方法中,公开了一种通过增加排气系统中的排气背压来加快催化剂起燃的方法。在冷起动期间,可以关闭低压EGR阀并且可以调节VGT叶片以限制通过VGT的排气流量,以增加排气量背压。

[0004] 然而,本文的发明人已经认识到上述方法的潜在缺点。作为一个示例,通过过度关闭VGT叶片,可能不能为发动机操作提供所需的增压压力。通过关闭VGT叶片,可能无法根据需要调节压缩机转速。通过抑制EGR流量,可能无法满足发动机稀释需求,从而导致燃烧不稳定性和/或导致增加的NO<sub>x</sub>排放。

### 发明内容

[0005] 本文的发明人已经认识到上述问题可以通过一种发动机方法来解决,所述发动机方法包括:在发动机冷起动期间,减小可变几何涡轮增压器(VGT)的叶片的开度和排气再循环(EGR)系统的阀的开度中的每一者,同时通过调节施加到所述VGT的电动马达制动量来控制所述VGT的转速。以这种方式,通过协调电动马达的操作以及VGT和EGR调节,可以加快催化起燃,同时保持燃烧稳定性。

[0006] 作为一个示例,电动涡轮增压器(在本文中也称为e-涡轮增压器)可以包括联接到排气通道的可变几何涡轮增压器(VGT)和经由轴连接的进气压缩机。由电池供电的电动马达可以联接到所述轴上,以基于增压需求和涡轮增压器转速来增加或减小压缩机转速。EGR通道可以使排气从VGT的下游再循环到压缩机的上游。在冷起动状况期间,可以减小VGT叶片的开度以在容纳催化剂的排气通道中建立排气背压。可以以再生模式操作电动马达以提供所需的增压压力。此外,EGR通道的开度也可以至少部分地关闭以另外增加背压。在具有更高涡轮

机前压力的发动机操作期间,可以调节燃料喷射和进气氧以增高排气温度。由于增加的排气背压,整个排气量可能不会从发动机气缸逸出,从而为随后的燃烧事件提供热的内部EGR。可以基于燃料效率、催化剂温度、电动马达功率、进气氧等来估计成本函数,并且可以基于发动机负载、排气温度、进气氧、增压压力等来计算权衡函数。可以基于成本函数和权衡函数继续调节VGT叶片开度、EGR开度和电动马达操作,直到催化剂达到其起燃温度为止。

[0007] 以这种方式,通过在冷起动期间同步调节VGT、EGR和电动马达,可以加快催化剂起燃并且可以减少冷起动排放。通过在冷起动期间提供内部EGR而不是冷的外部EGR,燃烧稳定性和燃料效率可以得到改善。在冷起动期间以再生模式使用电动涡轮增压器的技术效果是即使在VGT叶片关闭的情况下,也可以保持所需的增压压力。总之,通过基于成本函数和权衡函数调节VGT叶片的开度、EGR开度和电动马达的操作,发动机效率和燃料经济性可以得到改善,同时减少冷起动排放。

[0008] 应当理解,上述发明内容的提供是为了以简易形式介绍对在具体实施方式中进一步描述的一系列概念。这并不意味着表示所要求保护的的主题的关键或基本特征,所述主题的范围是由具体实施方式之后的权利要求唯一地限定。此外,所要求保护的的主题不限于解决上文提及或本公开的任何部分中的任何缺点的实施方式。

## 附图说明

[0009] 图1示出了包括可变几何涡轮增压器和排气再循环系统的示例发动机系统的示意图。

[0010] 图2示出了流程图,其示出可以在冷起动期间实施以加快催化剂起燃的方法。

[0011] 图3示出了示例控制系统的框图,该示例控制系统可以用于调节VGT叶片的开度、电动马达的操作和EGR阀的位置以加快催化剂加热。

[0012] 图4示出了示例控制系统的框图,该示例控制系统可以用于基于发动机氧跟踪来调节EGR阀的位置。

[0013] 图5示出了示例控制系统的框图,该示例控制系统可以用于基于发动机氧跟踪来调节电动马达的操作。

[0014] 图6示出了所需的进气氧随排气温度变化的示例曲线图。

[0015] 图7示出了示例曲线图,其示出权衡函数和VGT叶片的开度之间的关系。

[0016] 图8示出了用于加快催化剂起燃的对VGT叶片的开度、电动马达的操作和EGR阀的位置进行调节的示例。

## 具体实施方式

[0017] 以下描述涉及用于在冷起动状况期间加快排气催化剂起燃的系统和方法。图1中示出了示例发动机增压系统,其包括具有可变几何涡轮机(VGT)的电动涡轮增压器。发动机控制器可以被配置为执行控制程序,诸如图2的示例程序,以经由基于估计的成本函数和权衡函数对VGT叶片的开度、电动马达的操作和/或EGR阀的位置进行调节来加快催化剂起燃。VGT的开度、联接到涡轮增压器的电动马达的操作以及排气再循环(EGR)阀可以由发动机控制器基于多个输入信号来控制,所述输入信号包括发动机转速、排气温度、扭矩需求等,如在图3、图4和图5的示例控制系统中示出。图6中描绘了所需的进气氧与排气温度的示例曲

线图。图6中描绘了所需的进气氧与排气温度的示例曲线图。图7中示出了示例曲线图,其示出权衡函数和VGT叶片的开度之间的关系。图8中示出了用于加快催化剂起燃的对VGT叶片的开度、电动马达的操作和EGR阀的位置进行的示例调节。

[0018] 图1示出了车辆系统102的示意图101,该车辆系统102具有包括发动机10的示例发动机系统100。在一个示例中,发动机系统100可以是柴油发动机系统。在另一个示例中,发动机系统100可以是汽油发动机系统。

[0019] 在所描绘的实施例中,发动机10是联接到涡轮增压器13的增压发动机,该涡轮增压器13包括由涡轮机116驱动的压缩机114。具体地,新鲜空气沿进气通道42经由空气净化器112引入发动机10,并且流到压缩机114。压缩机可以是任何合适的进气压缩机,诸如马达驱动或驱动轴驱动的机械增压器压缩机。在发动机系统10中,压缩机是经由轴19机械地联接到涡轮机116的涡轮增压器压缩机,所述涡轮机116通过发动机排气膨胀而驱动。

[0020] 涡轮增压器13可以还被配置为电动涡轮增压器,该电动涡轮增压器具有电动马达108(在本文中也称为电动辅助马达),所述电动马达108被配置为向压缩机、涡轮机或涡轮增压器轴提供电动辅助。在所描绘的示例中,电动马达108联接到轴19,但在其他示例中,该电动马达可选择性地联接到压缩机114或涡轮机116。电动马达108可以由车载能量存储装置(诸如系统电池45)供电。输送到电动马达108的电力的量可以改变,以便调节涡轮增压器的输出。在一个示例中,可以增加输送到电动马达108的电力的量,以增大压缩机114的转速。电动辅助的结果是,涡轮增压器13的压缩机114可以快速旋转,从而减小涡轮迟滞。电动马达108还可以用于给系统电池45充电。例如,涡轮增压器涡轮机的输出可以增加超过满足驾驶员扭矩需求所需的输出,同时从电动马达108输出负扭矩,该负扭矩可以转换成电能以给电池45充电。在又一个示例中,可以通过协调从电动马达108和电机152输出的负扭矩来执行系统电池的充电。

[0021] 应当理解,尽管所描绘的示例示出了被配置有电动辅助的涡轮增压器,但这并不意味着仅限于此。在其他另外的示例中,发动机可以是复式增压发动机系统,其具有在发动机进气口中的涡轮增压器的上游或下游的电动机械增压器或其他增压产生装置。涡轮增压器13可以被配置为或可以不被配置为从电动马达108接收电辅助。在这种情况下,为机械增压器或其他增压装置提供动力的电动马达也可以用于制动压缩机并如所述的为电池再充电。

[0022] 电动马达108可以被配置为马达-发电机并且可以在辅助模式或再生模式下使用。因此,在需要电辅助以便累积增压的状况期间,电动马达可以在辅助模式下操作以提供正扭矩来驱动涡轮增压器轴的离心压缩机,以改善瞬态增压压力输送。在再生模式下操作时,电动马达能够通过“制动”马达轴来进行能量回收。其中,可以将负扭矩施加到压缩机(或轴),从而降低压缩机转速并且同时给联接到马达的系统电池(诸如电池45)充电。

[0023] 排气涡轮机116可以被配置为可变几何涡轮机(VGT)。VGT可以包括阀117,该阀117可以被调节以改变VGT的叶轮轮叶(叶片)的展弦比和位置。作为一个示例,通过经由VGT致动器打开VGT叶片,可以增加VGT的展弦比,从而增加暴露于排气流的VGT的表面积。

[0024] VGT的每个叶片可以经由单独的销或轴布置相对于涡轮机壳体安装并旋转。叶片可以被配置为相对于涡轮机壳体移动,以便选择涡轮的入口的特定展弦比。叶片可以被配置为在全开和全闭之间旋转,在全开时经由被定位成基本上平行于排气流的叶片,进入入

口基本上不受限制,并且在全闭时经由被定位成基本上与排气流正交的叶片,阻止进入入口。

[0025] 因此,通过改变阀117的开度,发动机控制器12可以改变从排气流获得并传递到相应压缩机的能量水平。废气门致动器92可以被致动打开,以经由废气门90将至少一些排气压力从涡轮机上游排放到涡轮机下游的位置。通过减少涡轮机上游的排气压力,可以降低涡轮转速,这进而可以促进减少压缩机喘振和增压过量的问题。

[0026] 压缩机114可以通过增压空气冷却器(CAC) 17联接到节流阀20。节流阀20联接到发动机进气歧管22。压缩后的空气充气从压缩机流过增压空气冷却器17和节流阀到达进气歧管。可以提供压缩机再循环通道(未示出)用于压缩机喘振控制。具体地,为了减少诸如驾驶员松加速器踏板时的压缩机喘振,增压压力可以从进气歧管、CAC 17的下游和节流阀20的上游排放到进气通道42。通过使增压空气从进气节流阀入口的上游流到压缩机入口的上游,可以迅速降低增压压力,从而加快增压控制。可以通过调节位于压缩机再循环通道中的压缩机再循环阀(未示出)的位置来调节通过压缩机再循环通道的流量。压缩机再循环阀可以是连续可变阀,可将其位置调节到全开位置、全闭位置或其间的任何位置。因此,再循环阀也可以称为连续可变压缩机再循环阀或CCRV。

[0027] 一个或多个传感器可以联接到压缩机114的入口。例如,温度传感器55可以联接到入口以估计压缩机入口温度,而压力传感器56可以联接到入口以估计压缩机入口压力。作为另一个示例,湿度传感器57可以联接到入口以估计进入压缩机的空气充气的湿度。再一些其他传感器可以包括例如空燃比传感器等。在其他示例中,可以基于发动机工况来推断压缩机入口状况(诸如湿度、温度、压力等)中的一者或多者。另外,当排气再循环(EGR)被启用时,传感器可以估计包括新鲜空气、再循环的压缩空气和在压缩机入口处接收的残余排气的空气充气混合物的温度、压力、湿度以及空燃比。

[0028] 在一些示例中,进气歧管22可以包括用于估计歧管压力(MAP)的进气歧管压力传感器124和/或用于估计进气歧管22中的质量空气流量(MAF)的进气流量传感器125。进气歧管22通过一系列进气门(未示出)联接到一系列燃烧室30。燃烧室还经由一系列排气门(未示出)联接到排气歧管36。在所示实施例中,示出了单个排气歧管36。然而,在其他实施例中,排气歧管可以包括多个排气歧管段。具有多个排气歧管段的配置可以使来自不同燃烧室的流出物能够被引导到发动机系统中的不同位置。

[0029] 在一个实施例中,排气门和进气门中的每一者都可以是电子致动或控制的。在另一个实施例中,排气门和进气门中的每一者可以是凸轮致动或控制的。无论是电子致动的还是凸轮致动的,排气门和进气门打开和关闭的正时都可以根据需要调节以达到所需的燃烧和排放控制性能。

[0030] 燃烧室30可以经由喷射器66被供应一种或多种燃料,诸如汽油、醇燃料混合物、柴油、生物柴油、压缩天然气等。可以经由直接喷射、进气道喷射、节流阀体喷射或者它们的任何组合将燃料供应到燃烧室。在燃烧室中,可以经由火花点火和/或压缩点火来发起燃烧。

[0031] 如图1中所示,来自一个或多个排气歧管部分的排气被引导至涡轮116以驱动涡轮。然后,来自涡轮和废气门的组合流量流过排放控制装置170。通常,一个或多个排放控制装置170可以包括一种或多种排气后处理催化剂,所述排气后处理催化剂被配置为催化处理排气流,且由此减少排气流中的一种或多种物质的量。例如,一种排气后处理催化剂可以

是选择性催化还原 (SCR) 催化剂或柴油氧化催化剂 (DOC), 其被配置为当排气流为稀时从排气流中捕集 $\text{NO}_x$ , 并且当排气流为浓时减少捕集的 $\text{NO}_x$ 。在其他示例中, 排气后处理催化剂可以被配置为使 $\text{NO}_x$ 不成比例或者借助还原剂选择性地来还原 $\text{NO}_x$ 。在再一些其他示例中, 排气后处理催化剂可以被配置为氧化排气流中的残余碳氢化合物和/或一氧化碳。具有任何这种功能性的不同排气后处理催化剂可以单独或一起布置在涂层中或排气后处理阶段的其他地方。在一些实施例中, 排气后处理阶段可以包括可再生碳烟过滤器, 所述可再生碳烟过滤器被配置为捕集和氧化排气流中的碳烟微粒。

[0032] 来自排放控制170的全部或部分处理后排气可以在通过消声器172之后经由排气通道102释放至大气中。低压排气再循环 (LP-EGR) 输送通道180可以在排放控制装置170上游的位置处联接到排气通道102。来自排气管102的排气的一部分可以作为LP-EGR从涡轮增压器涡轮机116的下游输送到涡轮增压器压缩机114的上游的发动机进气歧管22。可以调节EGR阀52的开度以控制从排气通道102经由EGR通道180到进气歧管22的排气的流量。可以打开EGR阀52以允许受控量的排气到达压缩机入口以获得所需的燃烧和排放控制性能。发动机还可以包括高压EGR (HP-EGR) 系统, 其中来自排气管102的排气的一部分可以经由HP-EGR通道从涡轮增压器涡轮机116的上游输送到涡轮增压器压缩机114的下游的发动机进气歧管22。HP-EGR的流量可以通过调节HP-EGR阀的开度进行调节。EGR阀可以被配置为连续可变阀。然而, 在可选示例中, EGR阀可以被配置为开/关阀。

[0033] 一个或多个传感器可以联接到EGR通道180, 用于提供关于EGR的组分和状况的细节。例如, 温度传感器可以被提供用于确定EGR的温度, 压力传感器可以被提供用于确定EGR的压力, 湿度传感器可以被提供用于确定EGR的湿度或水含量, 并且空燃比传感器可以被提供用于估计EGR的空燃比。可选地, 可以由联接到压缩机入口的一个或多个温度、压力、湿度和空燃比传感器55至57来推断EGR状况。在一个示例中, 空燃比传感器57是氧传感器。

[0034] 催化剂170在低于起燃温度下可能无法完全起作用, 并且因此可能无法在达到起燃温度之前对 $\text{NO}_x$ 还原起作用。因此, 在冷起动状况期间, 当催化剂温度低于起燃温度时, 可以修改一个或多个发动机的操作参数, 以加快达到催化剂的起燃温度。在冷起动期间, 可以基于目标增压压力、排气催化剂的温度和目标气缸氧水平来调节VGT叶片的开度。叶片的开度会随着排气催化剂温度的降低而减小, 从而增加排气背压, 这继而可以增高排气温度。此外, 为了在提供所需的发动机稀释水平的同时另外增加排气背压, 可以基于目标增压压力、排气催化剂的温度、目标气缸氧水平和内部EGR量来调节EGR阀52的开度, 阀的开度随着内部EGR流率的增加而减小。电动马达108可以在再生模式 (制动VGT转速) 下操作以提供目标增压压力、基于VGT叶片位置的电动马达的操作转速、目标增压压力、发动机转速和催化剂温度。结合图2详细描述了加快催化剂变热同时改善燃烧稳定性的方法。

[0035] 发动机系统100还可以包括控制系统14。控制系统14被示为从多个传感器16 (其各种示例在本文描述) 接收信息并将控制信号发送到多个致动器18 (其各种示例在本文描述)。作为一个示例, 传感器16可以包括MAP传感器124、MAF传感器126、排气温度传感器128、排气压力传感器129、压缩机入口温度传感器55、压缩机入口压力传感器56、压缩机入口湿度传感器57、曲轴传感器和EGR传感器。其他传感器 (诸如附加的压力、温度、空燃比和成分传感器) 可以联接到发动机系统100中的各个位置。致动器81可以包括例如节流阀20、EGR阀52、VGT致动器117、废气门92和燃料喷射器66。

[0036] 控制系统14可以包括控制器12。控制器12可以从各种传感器接收输入数据,处理输入数据,并且响应于处理后的输入数据基于与一个或多个程序相对应的指令或编程在指令中的代码来触发各种致动器。控制器12可以包括比例积分微分 (PID) 控制器。例如,控制器可以从排气温度传感器128接收排气温度的指示,并且基于这些信号,控制器可以经由相应的致动器来调节VGT叶片的位置、废气门、电动辅助马达108操作和EGR阀的开度中的至少一者。通过对VGT几何形状、电动辅助马达108操作和EGR流率进行调节,能够控制增压并增高排气温度以加快催化剂起燃。关于图3、图4和图5讨论所提及的控制器详细描述。

[0037] 在一些示例中,车辆102可以是混合动力车辆,所述混合动力车辆具有可用于一个或多个车轮157的多个扭矩源。在其他示例中,车辆102是仅具有发动机的常规车辆,或仅具有一个或多个电机的电动车辆。在所示的示例中,车辆102包括发动机10和电机152。电机152可以是马达或马达/发电机。当一个或多个离合器156接合时,发动机10的曲轴和电机152经由变速器46连接到车轮157。在所描绘的示例中,第一离合器156设置在曲轴与电机152之间,而第二离合器156设置在电机152与变速器46之间。控制器12可以向每个离合器156的致动器发送信号以接合或分离离合器,以便将曲轴与电机152和与其连接的部件连接或断开,和/或将电机152与变速器46和与其连接的部件连接或断开。变速器46可以是齿轮箱、行星齿轮系统或其他类型的变速器。动力传动系统可以通过各种方式配置,包括被配置为并联、串联或混联式混合动力车辆。

[0038] 电机152从牵引电池58接收电力以向车轮157提供扭矩。例如在制动操作期间,电机152还可以用作发电机以提供电力来对牵引电池58充电。

[0039] 以这种方式,图1的部件实现用于混合动力车辆的系统,该系统包括:控制器,其具有存储在非暂时性存储器上的计算机可读指令,所述计算机可读指令在执行时致使控制器执行以下操作:在低于排气催化剂的起燃温度期间,在再生模式下操作与可变几何涡轮增压器 (VGT) 联接的电动马达,以制动VGT的转速并关闭VGT的叶片,以及在催化剂起燃之后,在辅助模式下操作电动马达以增加VGT的转速并打开VGT的叶片。

[0040] 图2示出了示例方法200,其可以被实施以用于在发动机冷起动状况期间加快排气催化剂(诸如图1中的排放控制装置170)起燃。用于实施方法200和本文中包括的剩余方法的指令可以由控制器基于存储在控制器的存储器上的指令并结合从发动机系统的传感器(诸如上面参考图1描述的传感器)接收的信号来执行。根据下面描述的方法,控制器可以采用发动机系统的发动机致动器来调节发动机操作。

[0041] 在202处,程序包括估计和/或测量当前发动机工况。所评估的状况可以包括例如发动机温度、发动机负载、发动机转速、歧管真空度、节流阀位置、排气压力、发动机冷却液温度、排气压力、排气空燃比、增压压力等。

[0042] 在204处,程序包括确定车辆发动机是否在冷起动状况下操作。当发动机在长时间无发动机活动之后起动时,以及在如经由发动机冷却液传感器估计的发动机温度低于阈值时,都可以确认发动机冷起动状况。该阈值可以基于催化剂的起燃温度。在达到起燃温度之前,催化剂可能无法有效地起作用,从而致使排放质量下降。冷起动状况还可以从低于阈值环境温度的温度来推断。

[0043] 如果冷起动状况未得到确认,诸如在热起动(发动机温度高于阈值温度)期间,在206处,可变几何涡轮机(诸如图1中的涡轮机116)叶片的开度和排气再循环(EGR)流量可以

基于发动机工况进行调节。这样,VGT叶片可以响应于所需的增压压力的增加而被更高程度地打开,而VGT叶片可以根据需要被关闭以降低增压压力。联接到涡轮增压器轴的电动马达(诸如图1中的电动马达108)可以在辅助模式下操作以提供增加的增压,或者可以在再生模式下操作以减小压缩机转速并给联接到马达的电池充电。可以基于发动机稀释需求来调节EGR阀(诸如图1中的EGR阀52)的开度。在一个示例中,控制器可以使用查找表来确定EGR阀的开度,其中发动机转速、发动机温度和发动机负载作为输入,并且EGR阀的开度(与EGR流率成正比)作为输出。

[0044] 如果冷起动状况被确认,则在208处,可以估计目标增压压力和目标发动机稀释度。可以使用查找表或操作图来估计目标增压压力,其中发动机转速、发动机扭矩需求、发动机温度、驾驶员扭矩需求作为输入,并且目标增压压力作为输出。可以基于包括发动机转速、发动机温度、发动机负载等的发动机工况来估计目标发动机稀释度。在一个示例中,控制器可以使用查找表来确定目标稀释需求,其中发动机转速、发动机温度和发动机负载作为输入,并且目标稀释需求作为输出。

[0045] 估计目标发动机稀释度可以包括估计所需的气缸氧水平。所需的气缸氧水平也可以基于NO<sub>x</sub>排气尾管排放水平。排气尾管NO<sub>x</sub>排放水平可以与(如经由排气温度传感器,诸如图1中的传感器128估计的)催化剂温度成反比。在冷起动状况期间,在催化剂起燃之前,所需的气缸氧水平可以降低,以便减少NO<sub>x</sub>的产生和排放。

[0046] 在210处,可以基于目标增压压力和催化剂温度来调节VGT叶片的位置。可以根据目标增压压力来估计所需的VGT位置。在一个示例中,在冷起动(催化剂温度低于起燃温度)期间,VGT叶片的位置可以是关闭的。在另一个示例中,在热起动状况期间(当无需加快催化剂加热时),VGT的关闭程度可以相对于VGT位置增加(部分关闭),使得在不影响进入后处理系统的焓流(排气温度和排气流率的组合)的情况下增高排气温度。随着VGT越来越关闭,排气背压可以开始在涡轮机上游和催化剂上游建立。由于排气温度与排气压力成正比,因此更高的背压可以致使排气温度增加。排气温度的增加补偿了VGT下游排气流量的减少,从而增加了总的焓流。

[0047] 由于背压增加,因此发动机效率可能受到不利影响。为了完成相同的发动机工作,可以增加喷射的燃料量。增加的燃料喷射可以增加排气的焓,这可以另外增高排气温度。以这种方式,在冷起动期间,通过增加排气背压和焓,可以有效地增高排气温度和催化剂温度。

[0048] 在212处,可以操作联接到涡轮轴的电动马达以提供所需的增压压力。由于VGT叶片已部分或完全关闭,因此涡轮增压器可能超速。可以通过操作电动马达来调节用于提供所需的增压压力的压缩机转速。在一个示例中,电动马达可以在再生模式下操作以制动轴和压缩机的转速,以提供所需的增压并抑制超速。在另一个示例中,电动马达可以在辅助模式下用于向轴供应动力并增加压缩机转速以增加增压压力。以这种方式,即使当VGT叶片关闭时,也可以保持增压压力以改善发动机操作。

[0049] 在214处,可以基于估计的目标发动机稀释度、进气氧(与节流阀开度成比例)、催化剂温度和内部EGR来调节EGR阀的开度。可以根据目标发动机稀释度来估计所需的EGR阀的位置(EGR流率)。在一个示例中,在冷起动(催化剂温度低于起燃温度)期间,EGR阀可以被完全关闭。在另一个示例中,在热起动状况期间,EGR阀的关闭程度可以相对于EGR位置而增

加(部分关闭)。由于EGR阀的关闭,因此排气背压可能进一步增加。

[0050] 由于增加的排气背压,因此在排气冲程期间,产物的全部燃烧量可能不会从发动机气缸逸出,而是可能保留在发动机气缸内,从而提供内部EGR。内部EGR的温度可能高于外部(低压或高压)EGR。通过提供热EGR而不是较冷的EGR,可以在冷起动期间改善燃烧稳定性。以这种方式,热的内部EGR可以补偿冷的EGR并提供目标发动机稀释度。

[0051] 在216处,可以基于燃料效率、催化剂温度、电动马达功率、为电动马达供电的电池的荷电状态(SOC)以及实际进气氧浓度和所需进气氧浓度之间的差来估计成本函数。进气氧浓度可以基于排气空燃比来估计,并且所需氧浓度可以是基于发动机扭矩需求和发动机稀释需求。在一个示例中,成本函数可以由等式1给出。

$$[0052] \quad J = \int_{t_0}^t \left( W_1 \frac{\dot{m}_f}{P_{Eng} - \frac{1}{n_B - M_G} P_{TEMG}^{再生} + n_B - M_G P_{TEMG}^{辅助}} + W_2 NO_x^{TP} + W_3 (X_{oim}^{des} - X_{oim})^2 \right) dt \quad (1)$$

[0053] 其中J是成本函数, $P_{Eng}$ 是发动机功率, $P_{TEMG}^{再生}$ 是在再生模式下操作的电动马达功率, $P_{TEMG}^{辅助}$ 是在辅助模式下操作的电动马达功率, $\dot{m}_f$ 是发动机的燃料加注速率, $n_B - M_G$ 是电动马达的效率(为电动马达供电的电池的SOC的函数), $NO_x^{TP}$ 是经由排气尾管NOx传感器估计的排气尾管NOx排放量, $X_{oim}^{des}$ 是所需的氧浓度, $X_{oim}$ 是实际的氧浓度,并且 $W_{1,2,3}$ 是可调节的权重因子。 $P_{Eng} - \frac{1}{n_B - M_G} P_{TEMG}^{再生} + n_B - M_G P_{TEMG}^{辅助}$ 是结合了燃料燃烧和电动马达操作的能量消耗二者的制动特定的燃料消耗(BSFC)的测量值。

[0054] 在217处,可以根据发动机负载、排气温度、所需增压压力、所需氧浓度和实际氧浓度来估计权衡函数(f)。权衡函数与成本函数一起可以用于优化催化剂起燃、燃烧稳定性和增压压力。作为一个示例,成本函数可以输出优化(最小化)燃料使用量的VGT位置,然后权衡函数可以搜索相对次优的VGT位置,该相对次优的VGT位置用一些燃料经济性益处来平衡更热的排气温度,并且因此降低排放。在一个示例中,该权衡函数(f)可以是根据发动机负载、排气温度和EGR率估计的多维表面。

[0055] 在218处,可以基于估计成本函数和权衡函数来调节VGT叶片的位置、EGR阀的位置和电动马达的操作,以便优化催化剂起燃、燃烧稳定性和增压压力。作为一个示例,基于权衡函数,如果当前工况指示排放弊处高于要实现的燃料经济性益处,可以调节发动机操作(诸如增高排气温度)以符合排放标准。

[0056] 在220处,程序包括确定催化剂是否起燃,诸如催化剂是否达到了其起燃温度。由于关闭的VGT叶片和关闭的EGR阀导致的背压增加,因此排气温度增加,继而催化剂温度增加。一旦催化剂起燃,可以在催化剂处有效地进行NOx转化,从而减少排气尾管排放。如果确定了催化剂起燃,可以推断出催化剂是完全起作用的,并且可以不再为了增加催化剂温度而增加排气背压。因此,在224处,可以基于发动机工况来调节VGT叶片的位置、EGR阀的开度和电动马达的操作(如在步骤206中详细说明书的)。如果确定了催化剂温度低于起燃温度,在222处,VGT叶片的位置、EGR阀的开度和电动马达的操作可以继续增加排气背压和排气温度以加快催化剂起燃。此外,可以继续电动马达在再生模式下的操作,直到发动机转速增加到怠速转速为止。因此,电动马达可以在再生模式下操作,直到排气催化剂的温度增加到起燃温度并且发动机转速达到怠速转速,然后电动马达可以在辅助模式下操作。

[0057] 以这种方式,在第一次发动机起动期间,基于目标增压压力,电动可变几何涡轮增压

压器 (e-VGT) 的叶片位置可以调节到第一叶片位置并且排气再循环 (EGR) 系统的阀位置可以调节到第一阀开度, 并且在第二次发动机起动期间, 基于目标增压压力和排气催化剂的温度中的每一者, 可以将叶片位置调节到第二叶片位置并且可以将阀位置调节到第二阀开度, 第一叶片位置中的开度高于第二叶片位置中的开度并且第一阀开度大于第二阀开度。第一次发动机起动可以包括高于阈值发动机温度, 并且第二次发动机起动可以包括低于阈值发动机温度, 该阈值发动机温度基于排气催化剂的起燃温度。

[0058] 图3示出了示例控制系统300的框图, 该示例控制系统300可以用于调节VGT叶片的开度、电动马达的操作和EGR阀的位置以加快催化剂加热。在一个示例中, 控制系统可以是发动机控制器 (诸如图1中的控制器12) 的一部分。

[0059] 最初在302处, 可以用发动机扭矩需求 ( $TQ_{Eng}^{des}$ ) 和发动机转速 ( $N_{Eng}$ ) 作为输入来解释驾驶员扭矩需求。基于驾驶员扭矩需求, 可以估计所需的燃料喷射量 ( $m_f^{des}$ )。在304处, 所需的燃料喷射量 ( $m_f^{des}$ ) 和发动机转速 ( $N_{Eng}$ ) 可以用作估计目标增压压力 ( $P_2^{des}$ ) 的输入。在306处, 所需的燃料喷射量 ( $m_f^{des}$ )、催化剂上游的排气温度 ( $T_{pre-DOC}$ )、发动机转速 ( $N_{Eng}$ ) 可以用作优化排放质量 (排气尾管NO<sub>x</sub>排放) 和燃烧稳定性的输入。通过优化排放质量和燃烧稳定性, 所需的气缸氧水平 ( $[O_2]_{cyl}^{des}$ ) 被估计, 并且在306处, 被用作调节气缸中的氧以达到最佳排放质量和燃烧稳定性的输入。在308处, 发动机氧跟踪器可以基于排放质量和燃烧稳定性来估计所需的进气氧水平。所需的外部EGR (高压或低压) 阀开度 ( $\theta_{HP EGR}^{des}$ ) 可以基于所需的进气氧水平和所需的气缸氧水平来估计。

[0060] 如图4所示, 氧跟踪器308在示例控制系统400中进行了详细说明。氧跟踪器可以包括内部EGR跟踪器410, 其使用发动机转速 ( $N_{Eng}$ )、所需的VGT叶片的开度 ( $\theta_{VGT}^{des}$ ) 以及所需的燃料喷射量 ( $m_f^{des}$ ) 作为估计内部EGR流率 ( $m_{iEGR}$ ) 的输入。内部EGR流率 ( $m_{iEGR}$ ) 和所需的气缸氧水平 ( $[O_2]_{cyl}^{des}$ ) 可以用作氧跟踪模块406的输入。基于所需的发动机稀释水平和可用的内部EGR, 可以估计所需的外部 (高压或低压) EGR流率 ( $m_{HP EGR}^{des}$ )。在408处, 基于EGR阀流量模型的逆模型, 控制器可以用所需的外部 (高压或低压) EGR流率作为输入来估计所需的外部EGR (高压或低压) 阀开度 ( $\theta_{HP EGR}^{des}$ )。 ( $m_{HP EGR}^{des}$ ) 以这种方式, 可以基于目标增压压力、排气催化剂的温度、目标气缸氧水平、排气背压和内部EGR量来调节EGR系统的叶片的开度。

[0061] 在310处, 可以基于增压压力和气缸氧含量来优化催化剂温度 (T4) 和燃料经济性。优化模块310可以使用所需的燃料喷射量 ( $m_f^{des}$ )、发动机转速 ( $N_{Eng}$ )、催化剂上游的排气温度 ( $T_{pre-DOC}$ )、所需的进气氧水平 ( $[O_2]_{im}^{des}$ )、所需的气缸氧水平 ( $[O_2]_{cyl}^{des}$ ) 和目标增压压力 ( $P_2^{des}$ ) 作为优化催化剂温度 (T4) 和燃料经济性的输入。基于优化, 可以估计所需的VGT叶片的开度 ( $\theta_{VGT}^{des}$ ) 和所需的电动马达功率 ( $P_{TEMG}^{des}$ )。

[0062] 如图5所示, 在示例控制系统500中详细说明了优化模块310。优化模块310可以包括VGT叶片位置控制器502, 其基于作为输入的以下每一者估计所需的VGT叶片开度 ( $\theta_{VGT}^{des}$ ): 目标增压压力 ( $P_2^{des}$ )、所需的进气氧水平 ( $[O_2]_{im}^{des}$ )、所需的燃料喷射量 ( $m_f^{des}$ )、催化剂上游的排

气温度 ( $T_{\text{pre-DOC}}$ ) 和发动机转速 ( $N_{\text{Eng}}$ )。所需的VGT叶片开度 ( $\theta_{\text{VGT}}^{\text{des}}$ ) 可以与目标增压压力 ( $P_2^{\text{des}}$ ) 和实际增压压力 ( $P_2$ ) 一起用作增压压力跟踪器模块504的输入。所需的电动马达功率 ( $P_{\text{TEMG}}^{\text{des}}$ ) 可以由增压压力跟踪器模块504估计,使得可以保持所需的增压压力以改善发动机操作。

[0063] 以这种方式,在再生模式下的操作期间,提供给联接到VGT的电动马达的电力可以基于叶片的开度、目标增压压力、发动机转速、排气催化剂的温度、目标气缸氧水平和发动机燃料加注速率;并且可以基于目标增压压力、排气催化剂的温度和目标气缸氧水平来调节叶片的开度。通过基于所需的VGT叶片开度 ( $\theta_{\text{VGT}}^{\text{des}}$ ) 来调节VGT叶片的开度并且然后以所需的电动马达功率 ( $P_{\text{TEMG}}^{\text{des}}$ ) 操作联接到VGT的电动马达,可以增加排气背压以加快催化剂升温同时可以提供所需的增压压力。

[0064] 图6示出了所需的进气氧 ( $[O_2]_{\text{im}}^{\text{des}}$ ) 随催化剂上游的排气温度 ( $T_{\text{pre-DOC}}$ ) 变化的示例曲线图600。第一线602表示在冷起动状况期间的所需的进气氧,其中未进行VGT、EGR和电动马达的同步调节,而第二线604表示在冷起动状况期间,在进行VGT、EGR和电动马达的同步调节以加快催化剂起燃时的进气氧。点P1和P2表示分别对应于第一线和第二线的催化剂起燃温度的所需进气氧。观察到P1高于P2,这表明如果不进行VGT、EGR和电动马达的同步调节,则用于发动机的所需的进气氧会更高,并且在冷起动期间提供更高的稀释水平可能会对发动机向外排放 ( $\text{NO}_x$ ) 产生不利影响。因此,通过同时调节VGT、EGR和电动马达中的每一者,可以在保持燃烧稳定性的情况下降低发动机稀释度。这样的调节可以在冷起动状况期间将发动机向外排放的  $\text{NO}_x$  保持在理想水平。

[0065] 图7示出了权衡函数 ( $f$ ) 对所需的VGT叶片开度 ( $\theta_{\text{VGT}}^{\text{des}}$ ) 随催化剂上游的排气温度 ( $T_{\text{pre-DOC}}$ ) 变化的示例曲线图700。如在图2的方法200的步骤217处估计的,权衡函数 ( $f$ ) 可以是发动机负载、排气温度、所需的增压压力、所需氧浓度和实际氧浓度的函数。第一线702表示在冷起动状况期间的权衡函数 ( $f$ ),其中未进行VGT、EGR和电动马达的同步调节,而第二线704表示在冷起动状况期间,在进行VGT、EGR和电动马达的同步调节以加快催化剂起燃时的权衡函数 ( $f$ )。点S1和S2表示分别对应于第一线和第二线的权衡函数的最低值的所需的VGT叶片开度 ( $\theta_{\text{VGT}}^{\text{des}}$ )。观察到S1高于S2,这表明对于最低权衡函数,如果不进行VGT、EGR和电动马达的同步调节,则所需的VGT叶片开度 ( $\theta_{\text{VGT}}^{\text{des}}$ ) 会增加,从而提供所需的增压压力同时改善燃料经济性。以这种方式,通过基于权衡函数来调节VGT的开度,增压压力和燃料效率都可以得到改善。

[0066] 图8示出了示例时间线800,其示出用于加快催化剂起燃的对VGT叶片的开度、联接到VGT的电动马达的操作和EGR阀的位置进行同步调节。水平 ( $x$ 轴) 表示时间,并且竖直标记  $t_0$ - $t_1$  标识用于在冷起动期间催化剂起燃的程序中的重要时间。

[0067] 第一曲线图804示出了在不进行VGT、EGR和电动马达的同步调节时 (诸如在热起动期间) 的第一所需的外部EGR (高压或低压) 阀开度 ( $\theta_{\text{HP EGR}}^{\text{des}}$ )。虚线802示出了在冷起动状况期间进行VGT、EGR和电动马达的同步调节时的第二所需的外部EGR (高压或低压) 阀开度 ( $\theta_{\text{HP EGR}}^{\text{des}}$ )。第二曲线图808示出了在不进行VGT、EGR和电动马达的同步调节时 (诸如在热起

动期间)的第一所需的VGT开度( $\theta_{VGT}^{des}$ )。虚线806示出了在冷起动状况期间进行VGT、EGR和电动马达的同步调节时的第二所需的VGT开度( $\theta_{VGT}^{des}$ )。第三曲线图812示出了在不进行VGT、EGR和电动马达的同步调节时(诸如在热起动期间)的第一电动马达功率( $P_{TEMG}^{des}$ )。虚线802示出了在冷起动状况期间进行VGT、EGR和电动马达的同步调节时的第二电动马达功率( $P_{TEMG}^{des}$ )。电动马达联接到将排气涡轮机连接到进气压缩机的涡轮增压器轴上,可以在辅助模式下操作以提供增加的增压(通过增加轴的旋转速度),或者在再生模式下操作以减小压缩机转速(通过制动轴)并给联接到马达的电池充电。第四曲线图示出了催化剂上游的排气温度。点T1表示催化剂的起燃温度。

[0068] 在时间t0,发动机在冷起动状况下从静止状态起动。催化剂上游的排气温度低于起燃温度。为了加快催化剂起燃,在时间t0和t1之间,当不进行VGT、EGR和电动马达的同步调节时,相对于相应的EGR阀开度和VGT开度减小EGR阀开度并且减小VGT开度。通过减小VGT开度,排气背压在催化剂上游累积,并致使催化剂上游的排气温度稳定增加。另外,通过减小EGR开度,背压增加。在具有更高的涡轮机前压力的发动机操作期间,增加燃料喷射以进一步增高排气温度。

[0069] 此外,电动马达在再生模式下操作以制动涡轮增压器轴,使得即使在减小了VGT开度时也能保持所需的增压压力。相反,如果不进行VGT、EGR和电动马达的同步调节,则在VGT打开的情况下,电动马达在辅助模式下操作,以增加增压压力。在时间t1,催化剂温度增加到起燃温度,并且催化剂开始有效处理排气中存在的NO<sub>x</sub>。

[0070] 在催化剂起燃之后(在时间t1之后),VGT的开度基于当前的增压需求而增加。此外,电动马达在辅助模式下操作,以根据需要提供任何另外的增压压力。EGR阀的开度也增加,以提供所需的稀释。由于排气背压减小,因此内部EGR也减小,并且外部EGR提供稀释作用。

[0071] 以这种方式,可以进行VGT、EGR和电动马达的协同操作以在冷起动期间增高排气温度以加快催化剂起燃。在催化剂升温期间以再生模式操作电动马达的技术效果是可以保持增压压力,从而改善发动机效率。此外,通过增加排气背压,可以在冷起动期间提供热的内部EGR,以促进发动机气缸升温。

[0072] 一种用于发动机的方法,其包括:在发动机期间冷起动,减小可变几何涡轮增压器(VGT)的叶片的开度和排气再循环(EGR)系统的阀的开度中的每一者,同时通过调节施加到VGT的电动马达制动量来控制VGT的转速。在任何前述示例中,附加地或任选地,调节VGT的转速以提供目标增压压力,所述目标增压压力是基于驾驶员扭矩需求、发动机转速和发动机温度。在任何或全部前述示例中,附加地或任选地,电动马达联接到VGT的轴,所述轴将排气涡轮机连接到进气压缩机,并且在VGT制动期间,电动马达在再生模式下操作,直到排气催化剂的温度增加到起燃温度并且发动机转速达到怠速转速为止,然后电动马达在辅助模式下操作。在任何或全部前述示例中,附加地或任选地,在再生模式下的操作包括减小进气压缩机的转速并给联接到电动马达的电池充电,并且其中在辅助模式下的操作包括使用来自联接到电动马达的电池的电力来增加进气压缩机的转速。在任何或全部前述示例中,附加地或任选地,基于目标增压压力、排气催化剂的温度和目标气缸氧水平来调节叶片的开

度,所述叶片的开度随着排气催化剂的温度降低而减小。在任何或全部前述示例中,附加地或任选地,目标增压压力是发动机转速和驾驶员扭矩需求的函数,并且其中目标气缸氧水平是发动机转速、发动机燃料加注速率和排气催化剂的温度的函数。在任何或全部前述示例中,附加地或任选地,叶片的开度被关闭以减少通过VGT的排气流。在任何或全部前述示例中,所述方法附加地或任选地还包括,在再生模式下操作期间,基于叶片的开度、目标增压压力、发动机转速、排气催化剂的温度、目标气缸氧水平和发动机燃料加注速率,估计提供给电动马达的电力。在任何或全部前述示例中,附加地或任选地,基于目标增压压力、排气催化剂的温度、目标气缸氧水平、排气背压和内部EGR量来调节EGR系统的阀的开度,阀的开度随着内部EGR流率的增加而减小。在任何或全部前述示例中,附加地或任选地,内部EGR是在排气冲程之后保留在发动机气缸中的排气量,内部EGR量随着排气背压的增加而增加。

[0073] 另一个用于发动机的示例方法,其包括:在第一次发动机起动期间,基于目标增压压力,将电动可变几何涡轮增压器(e-VGT)的叶片位置调节到第一叶片位置并且将排气再循环(EGR)系统的阀位置调节到第一阀开度,并且在第二次发动机起动期间,基于目标增压压力和排气催化剂的温度中的每一者,将叶片位置调节到第二叶片位置并且将阀位置调节到第二阀开度,第一叶片位置中的开度高于第二叶片位置中的开度并且第一阀开度大于第二阀开度。在任何前述示例中,附加地或任选地,第一次发动机起动包括高于阈值发动机温度,第二次发动机起动包括低于阈值发动机温度,所述阈值发动机温度基于排气催化剂的起燃温度。在任何或全部前述示例中,所述方法还包括,附加地或任选地,在第一次发动机起动期间,操作联接到e-VGT的电动马达以增加e-VGT的压缩机的转速,并且在第二次发动机起动期间,操作电动马达以减小e-VGT的压缩机的转速。在任何或全部前述示例中,附加地或任选地,在第二次发动机起动期间,电动马达被操作以提供目标增压压力、基于第二叶片位置的电动马达的操作转速、目标增压压力、发动机转速和排气催化剂的温度。在任何或全部前述示例中,附加地或任选地,第一叶片位置是基于目标增压压力,并且其中第二叶片位置是基于目标增压压力和排气催化剂的温度中的每一者。在任何或全部前述示例中,附加地或任选地,第一阀开度是基于目标增压压力和目标气缸氧水平,并且其中第二阀开度是基于目标增压压力、排气催化剂的温度、目标气缸氧水平和排气背压。

[0074] 又一个示例发动机系统,其包括:控制器,其具有存储在非暂时性存储器上的计算机可读指令,所述计算机可读指令在执行时致使控制器执行以下操作:在低于排气催化剂的起燃温度期间,在再生模式下操作与可变几何涡轮增压器(VGT)联接的电动马达以制动VGT的转速并关闭VGT的叶片,以及在催化剂起燃之后,在辅助模式下操作电动马达以增加VGT的转速并打开VGT的叶片。在任何前述示例中,附加地或任选地,发动机是柴油发动机,并且其中由电池供电的电动马达联接到轴,所述轴连接VGT的涡轮机和压缩机。在任何或全部前述示例中,附加地或任选地,控制器还包括用于以下操作的指令:在低于排气催化剂的起燃温度期间,基于发动机气缸中的热排气的量、排气背压和排气温度,调节要从排气通道再循环到发动机进气口的冷排气的量。在任何或全部前述示例中,附加地或任选地,调节冷排气的量包括关闭联接到EGR管线的排气再循环(EGR)阀,所述EGR管线从排气通道向发动机进气口供应冷排气。

[0075] 在另一种表示中,一种用于发动机的示例方法包括:在发动机冷起动期间,通过减小可变几何涡轮增压器(VGT)的开度同时通过操作联接到VGT的电动马达来调节VGT的转速,增

加到达排气催化剂的排气的焓。在任何前述示例中,附加地或任选地,排气的焓是排气流率和排气温度的组合,所述焓随着排气流率和排气温度中的至少一者的增加而增加。在任何或全部前述示例中,附加地或任选地,调节VGT的转速包括通过经由联接到VGT的轴的电机的操作制动VGT来减小VGT的转速,所述VGT的轴连接排气涡轮机与进气压缩机。

[0076] 注意,本文包括的示例控制和估计程序可以与各种发动机和/或车辆系统配置一起使用。本文公开的控制方法和程序可以作为可执行指令存储在非暂时性存储器中,并且可以由包括控制器的控制系统结合各种传感器、致动器和其他发动机硬件来执行。本文所述的具体程序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、多线程的处理策略等)中的一种或多种。因此,所示的各种动作、操作和/或功能可以按所示的顺序执行,可以并行地执行,或在一些情况下可以省略。同样,处理次序不一定是实现本文所述的示例实施例的特征和优点所需要的,而是为了便于说明和描述而提供的。所示的动作、操作和/或功能中的一者或多者可以根据所使用的特定策略重复地执行。此外,所示的动作、操作和/或功能可以图形地表示要编程到发动机控制系统中的计算机可读存储介质的非暂时性存储器中的代码,其中所述的动作通过结合电子控制器在包括各种发动机硬件部件的系统中执行所述指令来实施。

[0077] 应当理解,本文公开的配置和程序本质上是示例性的,并且这些具体实施例不应当被视为具有限制性意义,因为许多变型是可能的。例如,以上技术可以应用于V型6缸、直列4缸、直列6缸、V型12缸、对置4缸及其他发动机类型。本公开的主题包括本文公开的各种系统和配置以及其他特征、功能和/或特性的所有新颖的和非显而易见的组合和子组合。

[0078] 如本文所使用的,除非另外指明,否则术语“大约”被解释为表示所述范围的 $\pm 5\%$ 。

[0079] 以下权利要求特别地指出被认为新颖且并非显而易见的某些组合和子组合。这些权利要求可以是指“一个”要素或“第一”要素或其等效物。此类权利要求应当被理解为包括一个或多个这样的要素的合并,从而既不要求也不排除两个或更多个这样的要素。所公开的特征、功能、元件和/或特性的其他组合和子组合可以通过修改本发明权利要求或通过在本申请或相关申请中提出新权利要求而被要求保护。此类权利要求与原权利要求相比无论在范围上更宽、更窄、等同或不同也都被认为包括在本公开的主题内。

[0080] 根据本发明,提供了一种用于发动机的方法,其具有:在发动机冷起动期间,减小可变几何涡轮增压器(VGT)的叶片的开度和排气再循环(EGR)系统的阀的开度中的每一者,同时通过调节施加到所述VGT的电动马达制动量来控制所述VGT的转速。

[0081] 根据一个实施例,调节VGT的转速以提供目标增压压力,所述目标增压压力是基于驾驶员扭矩需求、发动机转速和发动机温度。

[0082] 根据一个实施例,电动马达联接到VGT的轴,所述轴将排气涡轮机连接到进气压缩机,并且在VGT制动期间,电动马达在再生模式下操作,直到排气催化剂的温度增加到起燃温度并且发动机转速达到怠速转速为止,然后电动马达在辅助模式下操作。

[0083] 根据一个实施例,在再生模式下的操作包括减小进气压缩机的转速并给联接到电动马达的电池充电,并且其中在辅助模式下的操作包括使用来自联接到电动马达的电池的电力来增加进气压缩机的转速。

[0084] 根据一个实施例,基于目标增压压力、排气催化剂的温度和目标气缸氧水平来调

节叶片的开度,所述叶片的开度随着排气催化剂的温度降低而减小。

[0085] 根据一个实施例,目标增压压力是发动机转速和驾驶员扭矩需求的函数,并且其中目标气缸氧水平是发动机转速、发动机燃料加注速率和排气催化剂的温度的函数。

[0086] 根据一个实施例,叶片的开度被关闭以减少通过VGT的排气流。

[0087] 根据一个实施例,本发明的特征还在于,在再生模式下操作期间,基于叶片的开度、目标增压压力、发动机转速、排气催化剂的温度、目标气缸氧水平和发动机燃料加注速率,估计提供给电动马达的电力。

[0088] 根据一个实施例,基于目标增压压力、排气催化剂的温度、目标气缸氧水平、排气背压和内部EGR量来调节EGR系统的阀的开度,阀的开度随着内部EGR流率的增加而减小。

[0089] 根据一个实施例,内部EGR是在排气冲程之后保留在发动机气缸中的排气量,内部EGR量随着排气背压的增加而增加。

[0090] 根据本发明,一种用于发动机的方法,其特征还在于:在第一次发动机起动期间,基于目标增压压力,将电动可变几何涡轮增压器(e-VGT)的叶片位置调节到第一叶片位置并且将排气再循环(EGR)系统的阀位置调节到第一阀开度,并且在第二次发动机起动期间,基于目标增压压力和排气催化剂的温度中的每一者,将叶片位置调节到第二叶片位置并且将阀位置调节到第二阀开度,第一叶片位置中的开度高于第二叶片位置中的开度并且第一阀开度大于第二阀开度。

[0091] 根据一个实施例,第一次发动机起动包括高于阈值发动机温度,并且第二次发动机起动包括低于阈值发动机温度,所述阈值发动机温度基于排气催化剂的起燃温度。

[0092] 根据一个实施例,本发明的特征还在于,在第一次发动机起动期间,操作联接到e-VGT的电动马达以增加e-VGT的压缩机的转速,并且在第二次发动机起动期间,操作电动马达以减小e-VGT的压缩机的转速。

[0093] 根据一个实施例,在第二次发动机起动期间,电动马达被操作以提供目标增压压力、基于第二叶片位置的电动马达的操作转速、目标增压压力、发动机转速和排气催化剂的温度。

[0094] 根据一个实施例,第一叶片位置是基于目标增压压力,并且其中第二叶片位置是基于目标增压压力和排气催化剂的温度中的每一者。

[0095] 根据一个实施例,第一阀开度是基于目标增压压力和目标气缸氧水平,并且其中第二阀开度是基于目标增压压力、排气催化剂的温度、目标气缸氧水平和排气背压。

[0096] 根据本发明,提供了一种用于发动机的系统,其具有:控制器,其具有存储在非暂时性存储器上的计算机可读指令,所述计算机可读指令在执行时致使控制器执行以下操作:在低于排气催化剂的起燃温度期间;在再生模式下操作与可变几何涡轮增压器(VGT)联接的电动马达,以制动VGT的转速并关闭VGT的叶片;以及在催化剂起燃之后,在辅助模式下操作电动马达以增加VGT的转速并打开VGT的叶片。

[0097] 根据一个实施例,发动机是柴油发动机,并且其中由电池供电的电动马达联接到轴,所述轴连接VGT的涡轮机和压缩机。

[0098] 根据一个实施例,控制器还包括用于以下操作的指令:在低于排气催化剂的起燃温度期间,基于发动机气缸中的热排气的量、排气背压和排气温度,调节要从排气通道再循环到发动机进气口的冷排气的量。

[0099] 根据一个实施例,调节冷排气的量包括关闭联接到EGR管线的排气再循环(EGR)阀,所述EGR管线从排气通道向发动机进气口供应冷排气。



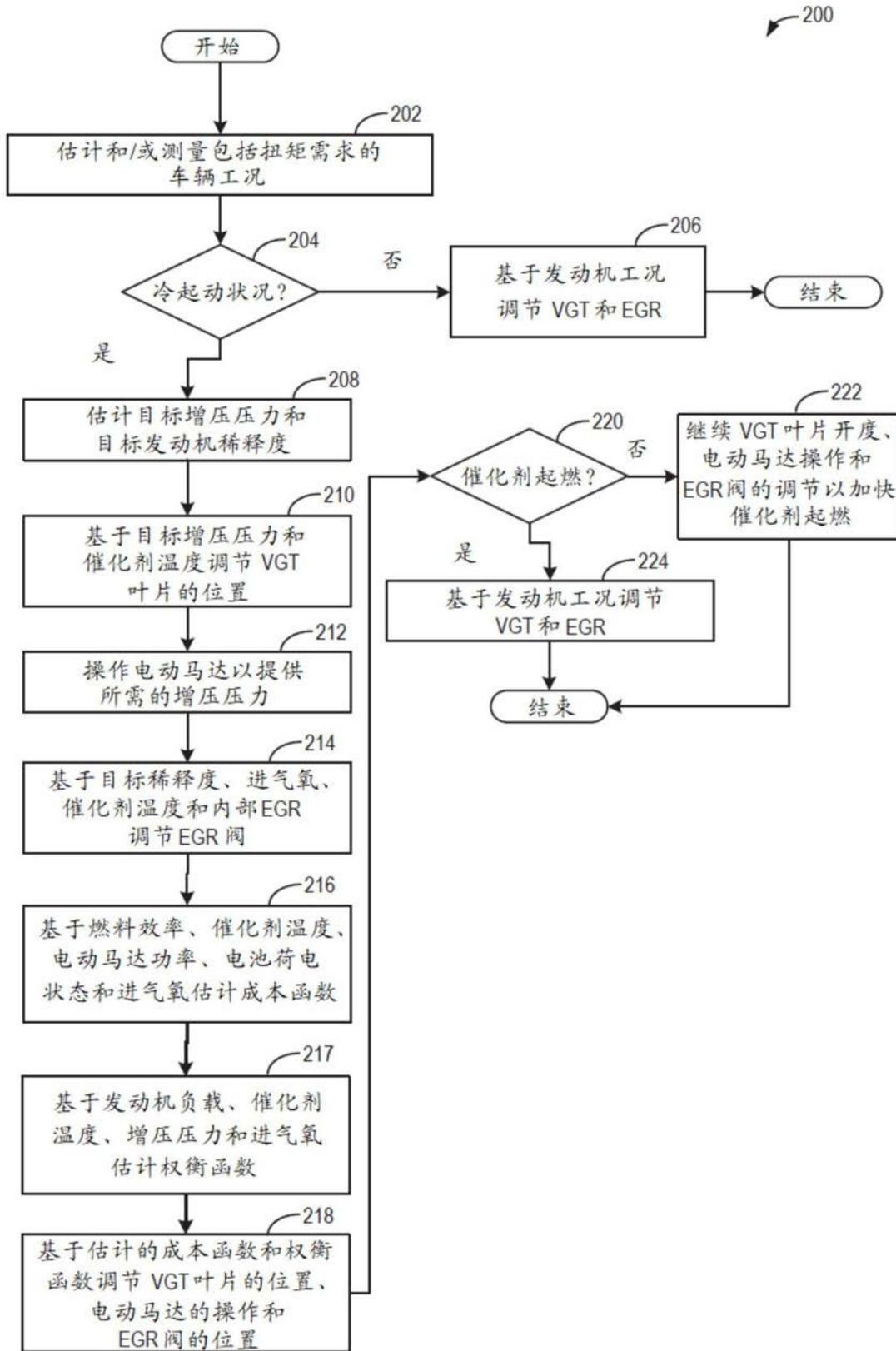


图2

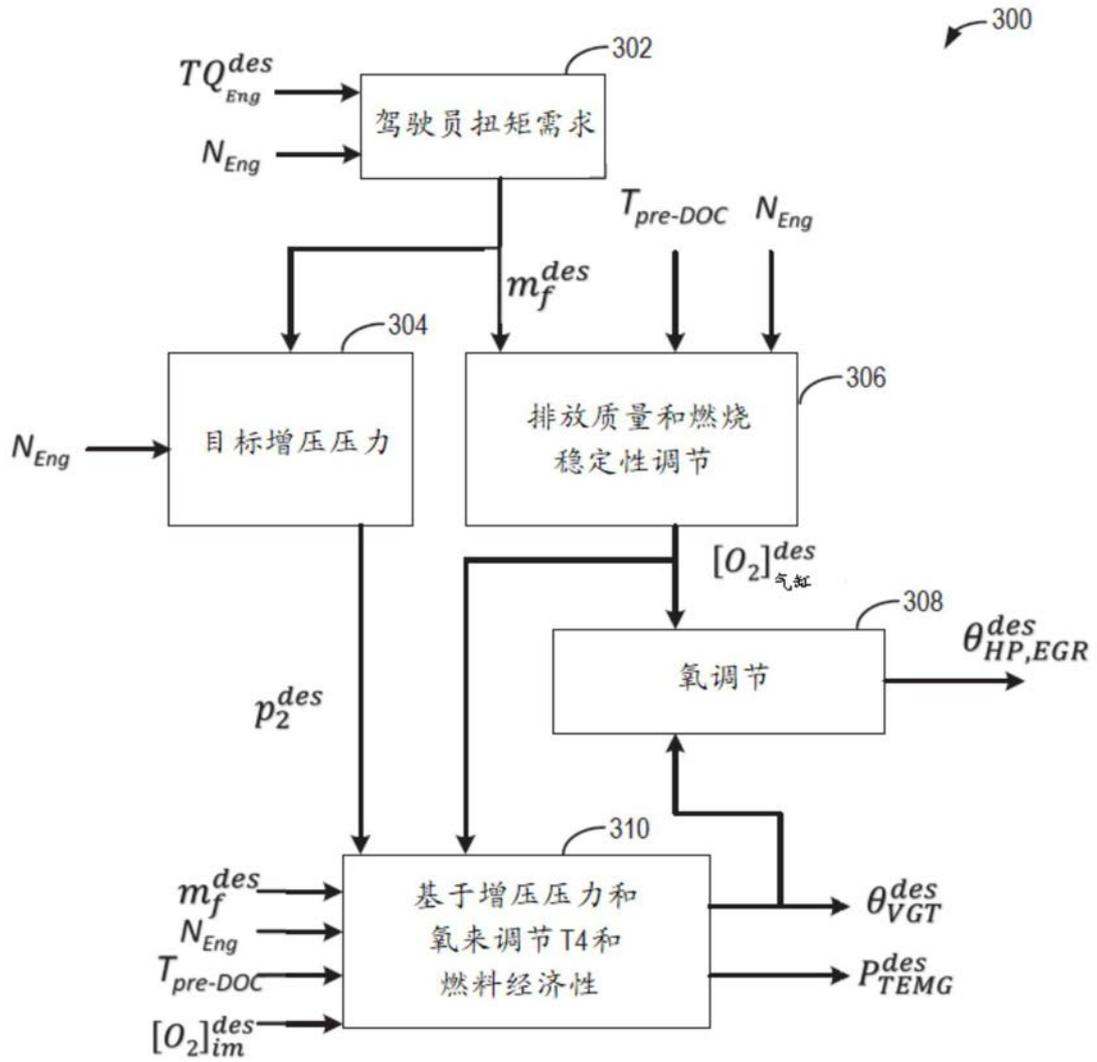


图3

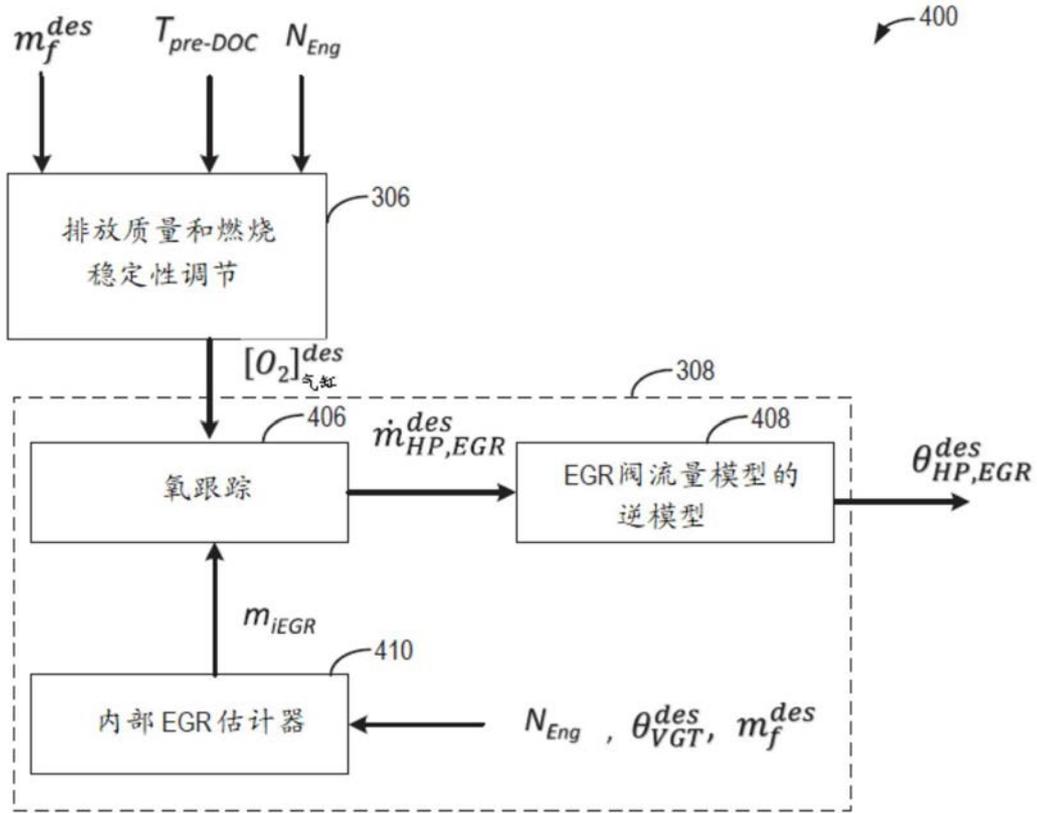


图4

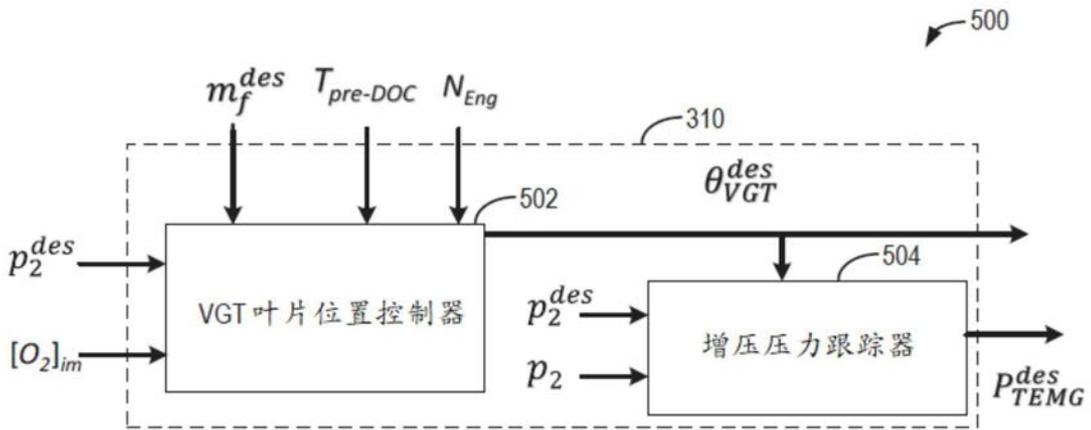


图5

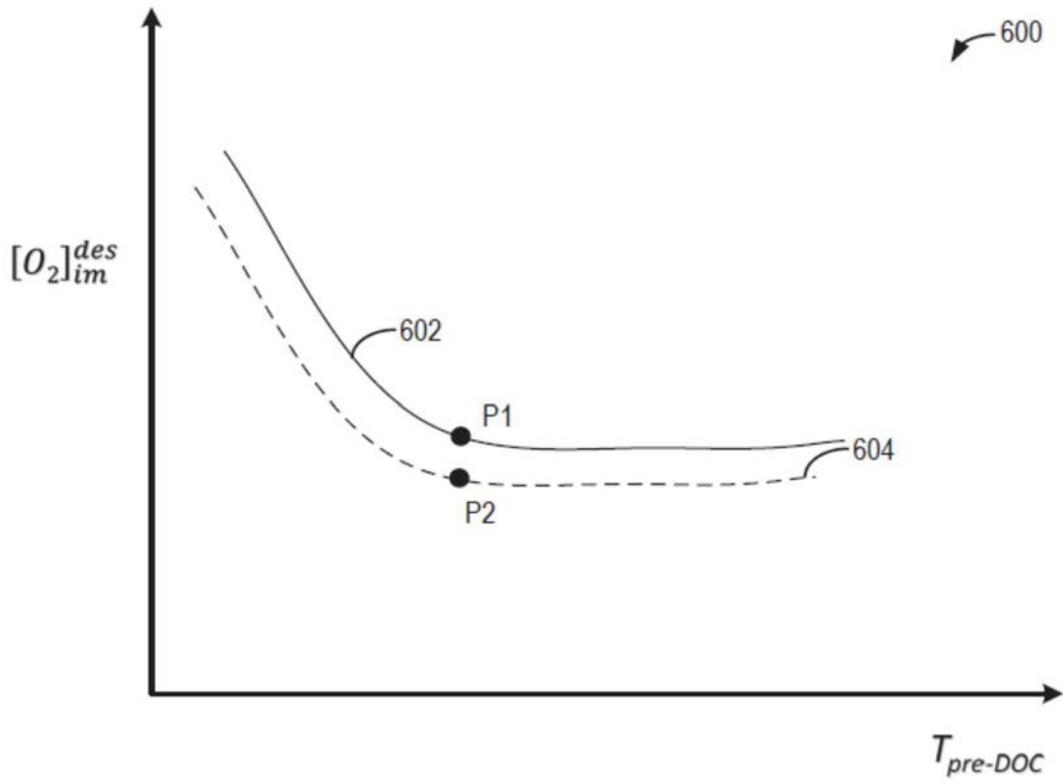


图6

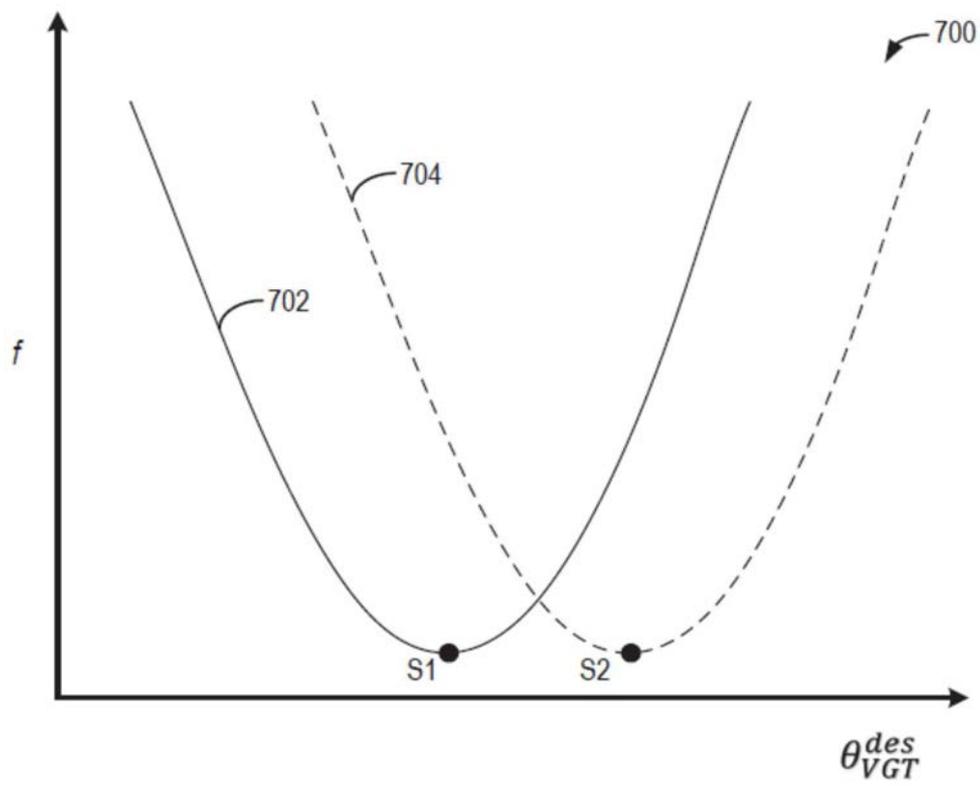


图7

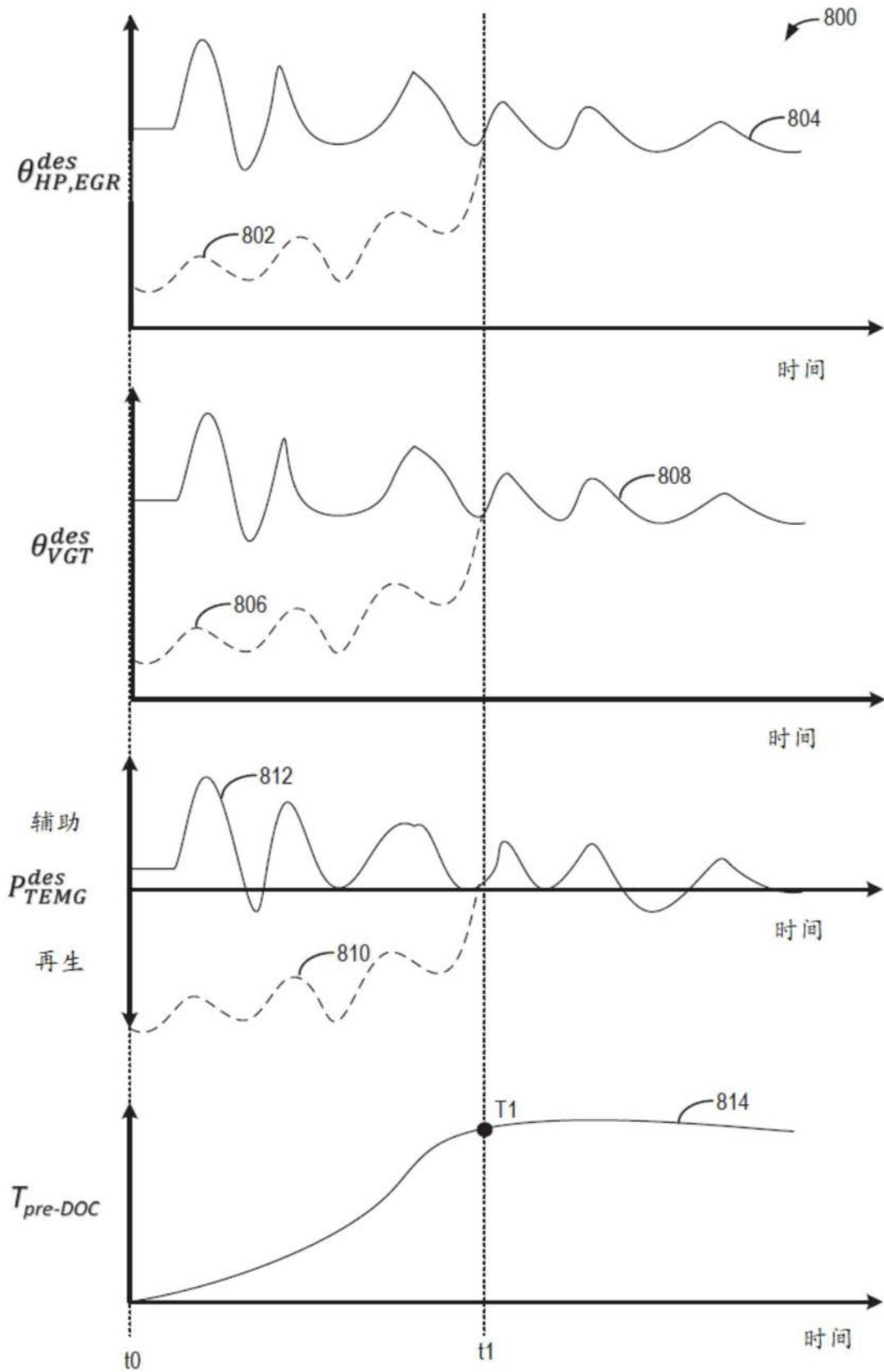


图8