



(45) 授权公告日 2014. 11. 12

权利要求书5页 说明书44页 附图17页

The diagram illustrates a vehicle speed control system. It starts with an acceleration position instruction 113, which is processed by a pre-processor 181. The output of the pre-processor is fed into a summing junction 212. The summing junction 212 also receives feedback from a feedback path 217. The output of the summing junction 212 is fed into a proportional controller 204, an integrator 206, and a derivative controller 208. The outputs of these three controllers are summed at a summing junction 245. The output of the summing junction 245 is fed into a feedforward path 240(b), which also receives a reference voltage  $V_{ref}$  216. The output of the feedforward path 240(b) is fed into a synchronous logic 222. The synchronous logic 222 is also connected to a sequence generator 108. The output of the synchronous logic 222 is fed into a PLL 234, which also receives a reference voltage  $V_{ref}$  216. The output of the PLL 234 is fed into an engine speed instruction 116.

1. 一种用于控制具有至少一个工作腔室的内燃机的操作的方法,每个工作腔室通常布置成在一系列工作循环中操作,该方法包括:

接收指示期望的内燃机输出的控制输入;以及

在对所选跳越工作循环的跳越点火并且对所选主动工作循环进行点火的模式中点燃至少一个工作腔室以输送期望的内燃机输出,其中,指示请求的和实际工作循环点火中的至少一个的反馈用于确定将被跳越的工作循环。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,当内燃机在连续变排量操作模式的第一状态中时,充分地优化量的空气和燃料在大部分主动工作循环期间被输送至工作腔室。

3. 如权利要求2所述的方法,其特征在于,当内燃机在连续变排量操作模式的第一状态中时,向工作腔室的空气输送基本上未节流。

4. 如权利要求2所述的方法,其特征在于,在大部分工作循环期间输送至工作腔室的空气和燃料的优化量被优化并且基本上使在内燃机的当前操作状态中的内燃机的热动力效率最大。

5. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,指示由每个各自的工作循环点火提供的功率的反馈或前馈被用于将被跳越的工作循环的确定。

6. 如权利要求5所述的方法,其特征在于,在将被跳越的工作循环的确定中所使用的反馈或前馈被动态地调剂以补偿歧管压力、歧管温度、火花定时和气门定时中的至少一个中的变化。

7. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,点火模式是在内燃机的操作期间由工作循环的基础在工作循环上被动态地计算的以提供期望的内燃机输出。

8. 如权利要求1所述的方法,其特征在于:

当所选工作循环被跳越时,内燃机在跳越点火变排量模式中操作,该内燃机在跳越点火变排量操作模式中具有多个不同的操作级;

操作级会在其节气门的相对设定中改变;

在第一操作级处,在点火的工作循环期间,充分地优化量的空气和燃料被输送;并且

在第二操作级处,在点火的工作循环期间,相对于在第一操作级处输送的空气和燃料,减少量的空气和燃料被输送,这样相对于第一操作级而言,在第二操作级处的点火就会生成较低的功率。

9. 如权利要求8所述的方法,其特征在于,到第二节气门状态的转换是由从一个组中选择的一个触发的,该组包括:

内燃机转速下降低于阈值内燃机转速;和

与内燃机相关的车辆的制动。

10. 如权利要求8所述的方法,其特征在于,节气门在设定位置中的精确位置在内燃机在变排量模式中的操作期间略微地改变。

11. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,点火模式至少是部分地使用预测的自适应控制被确定的以提供期望的内燃机输出。

12. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,当所选的工作循环被跳越时内燃机在跳越点火变排量模式中操作并且内燃机还能够在第二操作模式中操作,该方法还包括:

至少部分地基于内燃机的当前操作状态自动地确定是否在跳越点火变排量模式或第

二操作模式中操作 ; 以及

其中在第二操作模式中, 导入工作腔室的空气的量是由空气供给节气门调制的, 并且在内燃机的每个工作循环期间燃料被输送至工作腔室这样没有工作循环被跳越。

13. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 还包括 :

生成与内燃机的点火机会同步的驱动脉冲模式, 其中驱动脉冲模式通常指示何时工作循环需要被点火以输送期望的内燃机输出 ; 并且

至少部分地基于驱动脉冲模式生成点火模式, 其中燃料依照点火模式被输送至至少一个工作腔室。

14. 如权利要求 13 所述的方法, 其特征在于, 另外 :

控制器布置成至少部分地基于指示期望的内燃机输出的第一输入信号和指示内燃机的当前旋转速度的第二输入信号生成驱动脉冲模式 ; 以及

序列发生器布置成接收驱动脉冲模式并且至少部分地基于驱动脉冲模式确定点火模式, 其中由序列发生器生成的点火模式有时不同于驱动脉冲模式。

15. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于 :

每个工作腔室是一个气缸, 每个气缸均具有置于其中的相关联的往复式活塞,

每个气缸均具有包括涉及燃烧燃料的膨胀冲程的四冲程工作循环 ; 以及

在第一工作循环的结束和包括涉及燃烧燃料的膨胀冲程的下一个顺序工作循环的开始之间有时会发生所选活塞的奇数数目的往复运动。

16. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 还包括 :

在跳越的工作循环期间泵送空气通过工作腔室 ; 以及

调节排放控制单元和输入排放控制单元的信号中的至少一个以补偿在跳越的工作循环期间由于向工作腔室的空气输送而在废气流中检测到的额外的氧气。

17. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于,  $\Sigma - \Delta$  控制器被用于跳越的工作循环的确定。

18. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 将被跳越的工作循环的选择是在内燃机的操作期间未使用预定点火模式而动态地确定的。

19. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 内燃机的当前旋转速度的标记被用作用于可选地使所选工作腔室的工作循环被跳越的控制器的时钟输入。

20. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 颤动信号提供给控制器以减少不希望的振动。

21. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 内燃机的每个工作腔室具有相关联的进气门和相关联的排气门, 该方法还包括在所选跳越的工作循环期间保持进气门和排气门闭合以防止在所选跳越的工作循环期间泵送空气通过相关联的工作腔室。

22. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于 :

内燃机包括内燃机控制单元和协处理器 ; 并且

协处理器被用于确定点火模式。

23. 如权利要求 21 所述的方法, 其特征在于, 在内燃机控制单元和协处理器之间连通的信号被用于控制内燃机的操作。

24. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 在每次点火的工作循环期间, 充分地优化

量的空气和燃料输送至点火的工作腔室。

25. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于:

喷射器被用于在主动工作循环期间输送燃料;以及

当在同一个工作腔室中主动工作循环跟随跳越的工作循环时,相对于在同一个工作腔室中当主动工作循环跟随另一个主动工作循环时输送至工作腔室的燃料的量,被喷射用于输送至工作腔室的燃料的量增加从而补偿在跳越的工作循环期间发生的壁润湿损失。

26. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,当至少一半的工作循环是跳越的工作循环时,一半多的主动工作循环发生在其中紧接着前面的工作循环是主动工作循环的工作腔室中。

27. 如权利要求 26 所述的方法,其特征在于,至少 70% 的主动工作循环发生在其中紧接着前面的工作循环是主动工作循环的工作腔室中。

28. 一种用于控制具有多个工作腔室的内燃机的操作的方法,每个工作腔室通常布置成在一系列工作循环中操作,该方法包括在主动工作循环和跳越工作循环的变排量模式中操作内燃机,其包括:

在主动工作循环期间向工作腔室输送空气和燃料;

在对所选跳越工作循环跳越点火并且对所选主动工作循环进行点火的内燃机的操作期间,在由点火机会的基础在点火机会上动态地确定的点火模式中对工作腔室点火;

其中,在第一组主动工作循环期间输送至工作腔室的空气和燃料的量在第一组主动工作循环期间被充分地优化;并且

其中点火模式至少部分地是使用预测的自适应控制被确定以提供期望的内燃机输出,并且其中,预测的自适应控制包括指示请求的和实际工作循环点火中的至少一个的反馈。

29. 一种适于用于布置成控制内燃机中的工作腔室点火的内燃机控制器的驱动脉冲发生器,其中该内燃机控制器具有导致所选的主动工作循环被点火并且所选被动工作循环不被点火的变排量操作模式,该驱动脉冲发生器包括:

输入信号数字转换器,布置成接收指示期望的内燃机输出的模拟输入信号并且输出作为模拟输入信号的反馈修改的数字表示的数字转换器输出信号;和

同步器,布置成接收数字转换器输出信号并且输出与内燃机转速同步的驱动脉冲信号,其中驱动脉冲信号通常指示何时主动工作循环适于输送期望的内燃机输出;以及

其中指示驱动脉冲信号或至少部分地基于驱动脉冲信号的点火模式中的至少一个的反馈是向输入信号数字转换器的反馈并且用于数字转换器输出信号的生成。

30. 一种用于控制具有至少一个工作腔室的内燃机的操作的内燃机控制器,每个工作腔室通常布置成在一系列工作循环中操作,该内燃机控制器具有导致所选的主动工作循环被点火并且所选被动工作循环未被点火的变排量操作模式,其中该内燃机控制器使用反馈控制来提供期望的内燃机输出,并且在反馈控制中所利用的反馈包括指示请求和实际工作循环点火中的至少一个的信息。

31. 如权利要求 30 所述的内燃机控制器,其特征在于,内燃机控制器布置成在内燃机操作期间由工作循环的基础在工作循环上动态地计算点火模式以提供期望的内燃机输出。

32. 如权利要求 30 所述的内燃机控制器,其特征在于,内燃机控制器包括布置成有助于确定点火模式的预测的自适应控制器。

33. 如权利要求 32 所述的内燃机控制器,其特征在于,预测的自适应控制是  $\Sigma - \Delta$  控制器。

34. 如权利要求 30 所述的内燃机控制器,其特征在于,内燃机控制器包括:

驱动脉冲发生器,提供与内燃机转速同步的一系列驱动脉冲并且界定通常指示何时主动工作循环适于输送期望的内燃机输出的驱动脉冲模式;和

序列发生器,接收驱动脉冲模式并且至少部分地基于接收的驱动脉冲模式确定实际点火顺序。

35. 如权利要求 34 所述的内燃机控制器,其特征在于,驱动脉冲发生器包括:

控制电路,接收指示期望的内燃机输出的模拟输入信号并且输出该模拟输入信号的反馈修改的数字表示;和

同步器,接收模拟信号的数字表示并且输出一系列与内燃机转速同步的驱动脉冲,其中驱动脉冲的顺序界定了驱动脉冲模式。

36. 如权利要求 30 所述的内燃机控制器,其特征在于,:

内燃机控制器还被布置成控制传动装置的传动比选择;以及

内燃机控制器布置成指示传动比的选择,这有助于保证内燃机在以跳越点火变排量模式中在运行车辆的正常巡航操作期间在内燃机转速范围优化的燃料效率内的内燃机转速处操作。

37. 如权利要求 30 所述的内燃机控制器,其特征在于,内燃机控制器还设计成用在有节气门的内燃机中并且布置成在跳越点火变排量操作模式中提供多个操作级,其中操作级会在它们的节气门的相对设定中改变。

38. 如权利要求 30 所述的内燃机控制器,其特征在于,内燃机控制器布置成补偿由变排量模式中的操作导入的氧传感器输入中的变化。

39. 如权利要求 30 所述的内燃机控制器,其特征在于,内燃机控制器实现为点火控制协处理器,火控制协处理器布置成与布置成控制内燃机在第一操作模式中的操作的内燃机控制单元合作,且点火控制协处理器布置成控制在第二操作模式中的操作。

40. 一种内燃机,包括:

每个均布置成在一系列工作循环中操作的多个工作腔室;

布置成便于燃料输送进入工作腔室的燃料输送系统;和

内燃机控制器,能够使内燃机在跳越点火变排量模式中操作,在该模式中,燃料在燃料输送模式中被可选地输送至工作腔室,所述燃料输送模式使燃料在所选的主动工作循环期间被输送同时使燃料在所选跳越的工作循环期间跳越燃料输送;以及

其中内燃机控制器至少部分地基于指示期望的内燃机输出的输入和预测的自适应反馈控制确定燃料输送模式。

41. 一种内燃机,包括:

每个均布置成在一系列工作循环中操作的多个工作腔室;

布置成便于燃料输送进入工作腔室中的燃料输送系统;和

如权利要求 30 所述的内燃机控制器。

42. 如权利要求 41 所述的内燃机,其特征在于,还包括空气供给节气门,并且其中在第一选择组的点火工作循环期间输送至工作腔室的空气和燃料的量被设定成使点火的工作

腔室基本上在它们的最大热动力效率处操作。

43. 如权利要求 41 所述的内燃机,其特征在于,内燃机在从包括下列的组中选取的循环上操作;狄塞尔循环、奥托循环、米勒循环、汪克尔循环和混合热动力循环。

44. 如权利要求 41 所述的内燃机,其特征在于,内燃机是具有多个气缸的往复式活塞内燃机,每个气缸均用作工作腔室之一,并且其中,每个气缸均具有相关联的活塞、进气门和排气门,其中内燃机是从包括下列的组中选取的:两冲程活塞内燃机;四冲程活塞内燃机;和六冲程活塞内燃机。

45. 一种车辆,包括:

如权利要求 41 所述的内燃机;

传动装置;和

多个车轮,其中至少一些车轮由内燃机通过传动装置驱动。

46. 如权利要求 45 所述的车辆,其特征在于:

内燃机控制器还控制传动装置传动比选择;以及

在车辆的正常巡航操作期间,内燃机控制器指示传动比选择的选择以有助于保证内燃机在内燃机转速的燃料效率优化的范围内的内燃机转速下操作。

47. 一种车辆,包括:

如权利要求 41 所述的内燃机;和

至少一个用于将内燃机的操作转换为车辆运动中的部件。

## 用于提高的燃料效率的内燃机控制

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 该申请是 2009 年 1 月 16 日提交的编号为 12/355,725 的美国专利申请的部分继续申请并且要求 2008 年 7 月 11 日提交的编号为 61/080,192 和 2008 年 10 月 9 日提交的编号为 61/104,222 的美国临时专利申请的优先权。这些优先权申请中的每一个均在此引入作为参考并且全部题为：“用于提高的燃料效率的内燃机控制”。

### 技术领域

[0003] 本发明总体上涉及内燃机和用于控制内燃机以更高效地操作的方法和配置。通常，所选的燃烧事件在内燃机的操作被跳过这样其他工作循环就可以在更好的热力效率下操作。

### 背景技术

[0004] 现在存在多种通常使用的内燃机。大多数内燃机利用具有两或四冲程工作循环的往复式活塞并且在远低于它们的理论峰值效率的效率下操作。这种内燃机的效率这样低下的原因之一是内燃机必需能够在多种不同载荷下操作。因此，输送到每个气缸中的空气和/或燃料的量通常会取决于期望的转矩或功率输出而改变。可以很好理解，当气缸在允许完全或接近完全压缩和针对气缸尺寸和运行状况定制的燃料喷射水平的特定状况下操作时更高效。通常，当在最多空气导入气缸时可以找到内燃机的最好热力效率，这通常输送向内燃机的空气未被节流时。然而，在使用节气门调节进入气缸的空气流量的控制功率输出的内燃机（例如许多客车中使用的奥托循环内燃机）中，在未节流位置操作（即，在“节气门全开”）通常会导致比期望或适当的更多功率（并且通常多得多的功率）的输送。

[0005] 在通常不会对进入气缸的流量的节流的内燃机（例如，大多数柴油机）中，功率是通过调制输送至气缸的燃料的量控制的。同样，在热力学最佳燃料喷射水平处操作这种内燃机通常会导致比期望的或适当的输送更多的功率。因此，在大多数应用中，标准内燃机在很大部分时间中是在远低于它们的最佳热力效率的状况下操作的。

[0006] 有很多内燃机不会在部分节气门下有效地操作的原因。最重要的因素之一是在部分节气门下向气缸提供比节气门全开下较少的空气，这会降低气缸的有效压缩，而这又会降低气缸的热力效率。另一个非常重要的因素是在部分节气门下操作比在气缸节气门全开下操作需要花费更多能量来泵送空气到气缸中和气缸外，这些损失常常被称作泵送损失。

[0007] 这么些年已经做过多种努力来提高内燃机的热力效率。一种获得流行的方法是改变内燃机的排量。大多数商业上可获得的变排量内燃机在某些低载荷运行状况期间有效地“关闭”一些气缸。当气缸时“关闭”后，它的活塞仍然往复运动，然而既不向气缸输送空气也不输送燃料，因此活塞在此工作冲程期间不会输送任何功率。因为关闭的气缸不会输送任何功率，所以余下的气缸上按比例的载荷增大，从而使余下的气缸在提高的热力效率下工作。提高的热力效率引起燃料效率提高。虽然余下的气缸往往以高效率操作，但是它们在大多数时间仍然不会在最佳的效率下工作，因为它们仍然不能始终如一地在“节气门全

开”的状态下操作。即,尽管它们的低效率的程度得到降低,但是它们仍然具有相同的缺点即部分节气门操作(例如低压缩比、高泵送损失)。

[0008] 大多数商业上可获得的变排量内燃机它们往往在发生改变以形成内燃机的期望操作状态时非常迅速地脱离变排量模式。例如,许多商业上可获得的汽车变排量内燃机会出现在任何时候只要驾驶员通过进一步踩下加速器踏板来需求获得不小的附加功率时,它们就会通过脱离变排量操作模式并且进入到“传统的”所有气缸操作模式。在许多情况下,这会导致内燃机转换脱离燃料节省的变排量模式,尽管内燃机在理论上完全能够仅仅使用变排量模式中所用的数目减少的气缸就能输送期望的功率。可以相信,这种变排量内燃机如此迅速地脱离变排量模式的原因在于:在任何给定的时间,不论有多少个气缸在使用时,控制内燃机提供基本上相同的反应存在我们能够体会到的难度。

[0009] 更为通常的是,通过使燃料的输送跳越某些气缸来改变内燃机的有效排量的内燃机控制方法通常被称作内燃机的“跳越点火”控制。在传统的跳越点火控制中,基于一些指定的控制算法燃料并没有输送到所选的气缸。有效地关闭如上所述的气缸的变排量内燃机基本上都是跳越点火内燃机的类别。过了这些年,已经提出了许多跳越点火内燃机控制配置,然而,大多数仍然预期使内燃机节流或者调制输送到气缸的燃料数量,从而控制内燃机的功率输出。

[0010] 如上所述,大多数商业上可获得的变排量内燃机在不连续的阶段关闭特定的气缸从而改变排量。还有提出的其他方法用来改变内燃机的排量从而便于提高热力效率。例如一些设计期望改变气缸的有效尺寸从而改变内燃机的排量。虽然这种设计可以提高热动力和燃料效率,但是现有的可变气缸尺寸设计生产往往是相对复杂和昂贵的,从而使得它们对于商业车辆上的广泛应用变得不切实际。

[0011] 编号为 4,509,488 的 US 专利主张用于改变内燃机排量的另一种方法。'488 专利主张以近似均匀分布的方式跳过内燃机气缸的工作循环的以未节流的方式操作内燃机,其中,该均匀分布根据载荷而发生改变。固定数量的燃料供给非跳过的气缸,以便操作的气缸可以在接近它们最佳效率处工作,从而提高内燃机的总体操作效率。然而,'488 专利中描述的方法没有实现商业上的成功。值得怀疑的是,这样的部分原因是因为虽然跳过的工作冲程的分布基于载荷而发生改变,但是不同点火模式的分散数目是预期的,因此内燃机的功率输出就不会精确地均匀匹配期望的载荷,而这从控制和用户观点来看又会造成麻烦。在一些实施例中,点火模式是固定的,这固有地会具有将谐振导入内燃机曲轴的风险。'488 专利识别出了这种风险并且提出了第二实施例,该第二实施例利用实际气缸点火的随机分布来减少了谐振的可能性。然而,这种方法具有引入使驱动能量的变化更大的缺点。'488 专利识别出这个问题并且提出使用比正常更多的重型飞轮来补偿驱动能量中产生的波动。简而言之,'488 专利提出的方法并不能够很好地控制内燃机操作从而达到商业上的成功。

[0012] 虽然现有的变排量内燃机在许多应用中可以很好工作,但是仍然进行着一些努力进一步提高内燃机的热力效率,而无需对内燃机设计进行花费颇高的改动。

## 发明内容

[0013] 本发明描述了多种用于改进内燃机的燃料效率的方法和配置。通常,内燃机被控

制以在跳越点火变排量模式中操作。在变排量模式中,所选的燃烧事件被跳过这样其他工作循环就可以在更好的热力效率下操作。更具体地,当其他“主动的”工作循环被点火时,所选的“跳过的”工作循环未被点火。通常,在跳过的工作循环期间,燃料未被输送至工作腔室。

[0014] 在本发明的一些方面中,反馈控制用在将被跳过的工作循环的确定中。在各种实现中,适当的点火模式至少部分地使用预测的自适应控制确定。作为实例, $\Sigma - \Delta$  控制器可以为该目的很好地工作。在一些实现中,反馈包括指示实际和所需工作循环点火中的至少一个的反馈。在一些实现中,指示由每次点火提供的功率的反馈或前馈还用于点火模式的确定中。

[0015] 依照本发明的另一方面,充分地优化的空气和燃料的量在主动工作循环期间被输送至工作腔室,这样点火的工作腔室就可以在靠近它们的最佳效率的效率下操作。

[0016] 依照本发明的另一方面,控制器被用于动态地确定提供期望的内燃机输出所需的工作腔室点火。在一些实施例中,适当的点火是由点火机会的基础在点火机会上确定的。

[0017] 在一些实施例中,用于确定跳越点火的点火模式的控制器包括驱动脉冲发生器,该驱动脉冲发生器设置成接收指示期望的内燃机输出的输入并且输出与内燃机速度同步的驱动脉冲信号。驱动脉冲信号通常指示何时主动工作循环适于输送期望的内燃机输出。在一些实现中,驱动脉冲发生器的输出可以直接被用于界定点火模式。在其他实施例中,序列发生器被用于至少部分地基于驱动脉冲模式界定实际点火模式。工作腔室点火可以按照有助于减少内燃机的不希望振动的排序方式。

[0018] 自适应预测控制器尤其好地用于控制跳越点火变排量模式中的内燃机操作。在该应用中工作地很好的一类自适应预测控制器是 $\Sigma - \Delta$  控制器。在一些实施例中,控制器的时钟信号设置成与内燃机速度成比例地改变。差动和混合信号 $\Sigma - \Delta$  控制器也可以非常好运行。在其他应用中,包括脉冲宽度调制 (PWM)、最小均方 (LMS) 和递归最小均方 (RLS) 控制器的多种其他控制器可以用于动态地确定期望的工作腔室点火。

[0019] 在许多工作情况下,在变排量模式中喷射到工作腔室中的燃料的量被设定成在当前工作情况下基本上在它们的最佳热力效率下操作工作腔室。在一些实施例中,控制器可以设置成有时导致喷射不同量的燃料到点火的工作腔室中。不同燃料数量的喷射可以用于提供对内燃机输出的转矩的平稳和 / 或更精确的控制和 / 或减少在变排量模式中的操作期间发生谐振的可能性和 / 或提高排放特性。

[0020] 所述方法可以用于显著地改善多种内燃机的燃料效率,包括 2- 冲程、4- 冲程和 6- 冲程活塞内燃机、旋转内燃机、混合内燃机、星形内燃机等等。该方法适用于依照多种不同热动力循环操作的内燃机,这些热动力循环包括奥托循环、狄塞尔循环、米勒循环、艾金森循环、混合循环等等。

[0021] 各种所述实施例包括很好地适于下列中的应用实现:(a) 改造现有的内燃机;(b) 基于当前设计的新的内燃机;和 / 或 (c) 包含其他开发或优化以提高所述工作循环优化的利益的新的内燃机设计。所控制可以包含到内燃机控制单元 (ECU) 中或可以提供在与单独的处理器或与内燃机控制单元合作的处理单元中。

## 附图说明

[0022] 通过下面的说明并结合附图可以最好地理解本发明及其优点,其中:

[0023] 图 1(a) 是显示在节气门全开下操作的典型 4 冲程奥托循环内燃机的热动力工作循环的压力容积 (PV) 图。

[0024] 图 1(b) 是显示在部分节气门下操作的典型 4 冲程奥托循环内燃机的热动力工作循环的压力容积 (PV) 图。图 1(a) 和 1(b) 是按照 Willard W. Pulkrabek (2004) - ISBN 0-13-140570-5 的 Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine 中获得的。

[0025] 图 2(a) 是概略地显示适于操作依照本发明的一个实施例的内燃机的控制单元的功能块框图。

[0026] 图 2(b) 是图 2(a) 的控制单元的功能块框图,它概略地显示了可以由本发明的一些实施例中的驱动脉冲发生器使用的所选反馈。

[0027] 图 2(c) 是图 2(b) 的控制单元的功能块框图,它概略地显示了可以由本发明的一些实施例中的序列发生器使用的所选反馈。

[0028] 图 3 是适于用于本发明的一些实施例的基于驱动脉冲发生器的  $\Sigma - \Delta$  控制电路的框图。

[0029] 图 4 是显示典型的驱动脉冲模式和一套由序列发生器的实施例生成的相应的气缸点火模式的定时图。

[0030] 图 5 是显示由第二序列发生器实施例响应图 4 中显示的驱动脉冲模式生成的点火模式的定时图。

[0031] 图 6 是包括依照本发明的一个实施例的点火控制协处理器的内燃机控制体系结构的框图。

[0032] 图 7 是具有基于内燃机转速的可变时钟的  $\Sigma - \Delta$  控制电路实施例的框图。

[0033] 图 8 是具有多位比较器的  $\Sigma - \Delta$  控制电路实施例的框图。

[0034] 图 9 是依照本发明的另一个实施例的数字  $\Sigma - \Delta$  控制电路实施例的框图。

[0035] 图 10 是显示作为传统火花 - 点火内燃机中空气 / 燃料混合物的函数特定污染物的浓度的曲线图。

[0036] 图 11 是包括依照本发明的另一个实施例的点火控制协处理器的内燃机控制体系结构的框图。

[0037] 图 12 是依照本发明的另一个实施例适于实现单气缸调制跳越点火技术的内燃机控制器的框图。

[0038] 图 13 是显示作为使用不同数目的气缸的节气门位置的函数的典型变排量内燃机的马力输出的曲线图。

[0039] 图 14 是用于典型的美国客车内燃机的典型内燃机性能图,该图是从 The MIT Press 出版的 Charles Fayette Taylor 的 The Internal-Combustion Engine in Theory and Practice, Volume 1: Thermodynamics, Fluid Flow, Performance, 2nd Edition, Revised 获得的。

[0040] 图 15 是包括依照本发明的另一个实施例的点火控制协处理器和多路转换器的内燃机控制体系结构的框图。

[0041] 图 16 是包括依照本发明的另一个实施例的点火控制协处理器和高电压多路转换

器的内燃机控制体系结构的框图。

[0042] 图 17 是依照本发明的另一个实施例的点火控制协处理器的框图。

[0043] 图 18 是依照在点火模式的确定中使用反馈和前馈的本发明的另一个实施例的内燃机控制系统的框图。

[0044] 在附图中,类似的参考数字有时用于指示相似的结构元件。还应该理解,图中的描画是概略的并且并非按比例。

## 具体实施方式

[0045] 本发明总体上涉及用于控制内燃机的操作以提高它们的热动力和燃料效率的方法和配置。本发明的各个方面涉及利用这种内燃机控制器的机动车辆和适于实现这种控制的内燃机控制单元。

[0046] 大多数内燃机布置成基于使用者请求或在任意给定时间需要的内燃机输出而改变输送至气缸(或其他工作腔室)的空气和/或燃料的量。然而,固定尺寸气缸的热力效率在每个空气/燃料水平上并不相同。当最佳量的空气和燃料输送至气缸以实现最大容许压缩和最佳燃烧效率时,热力效率最好。因为内燃机需要能够在多种不同载荷下操作,最终结果是内燃机趋于在比最佳压缩或空气/燃料比更低处操作并且因此在大部分时间是无效率的。本发明公开了控制内燃机的操作这样大部分时间下其工作腔室(例如气缸)就在接近它们的最佳热力效率的状态下操作。

[0047] 从理论的观点来看,内燃机的热力效率可以仅仅通过在气缸的最佳效率下引燃气缸然后跳越不必要的工作循环而得到提高。例如,如果在给定时间,内燃机需要通过运行其所有的气缸在它们的最大压缩和优化的空气/燃料比下输出 30% 的功率,然后功率可以通过操作 30% 的内燃机工作循环在它们的最佳效率下而同时不向用于剩余的 70% 的可用工作循环的气缸供给燃料而最高效地生成。该方法的大体益处由 Forster 等人在编号为 4,509,488 的美国专利中指出。

[0048] 虽然'488 专利认识到了运行一些工作循环在它们的最大效率下同时跳越其他工作循环的总的益处,但是所描述的方法明显地没有经历任何商业成功。据怀疑这部分地是由于控制这种内燃机的操作所固有的困难。本发明描述了许多内燃机设计和控制配置用于有效地控制内燃机的操作,其方式为允许一些内燃机的工作循环在其最大效率下或附近操作而跳越其他工作循环以提高内燃机的总燃料效率。各个描述的实施例包括多种应用实现,它们很好地用于:(a) 改型的现有内燃机;(b) 基于当前设计的新的内燃机;和/或(c) 包含其他开发或优化以增强描述的工作循环优化的好处的新的内燃机设计。

[0049] 使用所述方法提高内燃机的热力效率可以显著地提高内燃机的燃料效率。计算机模拟模型预计通过安装实现所述技术并且与车的现有内燃机控制单元(ECU)合作或者替换该 ECU 为实现所述技术的 ECU,当今道路上的现有车队的燃料喷射的汽油气体内燃机的燃料效率可以提高 20-50% 的数量级。在其中可以控制燃料喷射图和/或提供涡轮增压的(或增压)空气流(当前在道路上的一些车辆是可能的)的应用中和在其中内燃机及其控制器(或点火控制协处理器)利用所述技术特别地设计的应用中,许多显著的改进是可能的。

[0050] 紧密地控制内燃机的气缸(或其他工作腔室)内的操作状况的能力还开创了在传

统内燃机中使用不同的燃料和 / 或燃料组分的可能性,而这在当今由于需要在大范围改变的载荷下操作气缸而并不实际。在它们的最佳效率下操作气缸还具有降低反应物—例如一氧化氮 (NO<sub>x</sub>)—和在内燃机的操作期间生成的其他污染物的排放物的总水平的潜在益处。

[0051] 为了助于理解使用所述方法可以获得的效率增益,考虑一下典型内燃机的效率是有帮助的。为了该说明的目的,我们可以讨论奥托循环内燃机(它是在当今道路上的大多数客车中使用的内燃机类型)。然而,本发明的优点与多种其他内燃机同等地相关,包括使用狄塞尔循环、双循环、艾金森循环、密勒循环、两冲程火花点火(SI)内燃机循环、两冲程压缩点火(CI)内燃机、混合内燃机、星形内燃机、混合循环内燃机、汪克尔内燃机和其他类型的旋转内燃机等等。

[0052] 图 1(a) 和 1(b) 是显示典型 4 冲程奥托循环内燃机的热动力工作循环的 PV(压力 - 容积)图形。图 1(a) 显示了在其中气缸在其最高效率(即最佳量的燃料被输送至气缸)下使用的大开度节气门下的气缸的性能。图 1(b) 显示了部分节气门下气缸的性能。因为奥托循环是四冲程循环,对于气缸的每个工作循环,活塞往复两次(曲轴的 720° 旋转)。因此,每个工作循环可以在 PV 图形中形成两个回路。横轴表示容积。每个回路沿着容积轴线的范围从最小容积—指示为 TDC(上死点)到最大容积—指示为 BDC(下死点)。一般而言,由上回路(A, A')为界的面积表示通过引燃气缸生成的功的量,而由下回路(B, B')为界的面积表示由于将空气泵入和泵出气缸经历的能量损失(这些损失经常被称为泵送损失)。由内燃机输出的总的功是上回路面积和下回路面积之差。

[0053] 比较在节气门全开下操作的气缸和在部分节气门下操作的气缸的 PV 图形,可以看出,在部分节气门下操作的气缸的总效率低于(并且通常远低于)气缸在节气门全开下的效率。存在多个影响操作效率的因素—但是其中最大因素之一是节气门自身的位置。当节气门部分地闭合时,较少的空气提供给气缸。因此,当进气门闭合时气缸内的压力就可以显著地低于大气压。当气缸内的起动压力显著地低于大气压时,内燃机循环中气缸的有效压缩就会降低,这会显著地降低在燃烧冲程期间形成的压力并且减少由气缸的引燃生成的功的量。这一点可以通过比较回路 A 的面积—它是由在节气门全开下操作的气缸生成的功—和回路 A'—它是由在部分节气门下操作的气缸生成的功—而看出来。此外,节气门部分地闭合的事实使之很难将空气吸入气缸中,这样泵送损失就升高。这一点可以通过比较回路 B 的面积—它是由在节气门全开下操作的气缸经受的泵送损失—和回路 B'—它是由在部分节气门下操作的气缸经受的泵送损失—而看出来。从 A 中减去 B 并且从 A' 中减去 B', 可以看出,由在节气门全开下操作的内燃机生成的净功远大于由在部分节气门下操作的内燃机生成的净功—即使是在做出调整以补偿部分节气门操作使用较少燃料的事实。

[0054] 虽然上文显示的比较是用于奥托循环内燃机上,但是应当理解,当在其他热动力循环下操作的内燃机在低于它们的最佳效率(通常相对紧密地对应于基本上未节流的空气输送且结合在热力学地最佳空气 / 燃料比下燃烧)下操作时,它们会经受相似类型的效率损失。

[0055] 在本发明的各个实施例中,通过在其中一些工作腔室在它们的最佳热力效率下(或接近处)操作而跳越不需要的工作循环的变排量模式中操作内燃机,可以提高内燃机的热力效率。

[0056] 点火控制单元

[0057] 图 2(a) 是概略地显示适于操作依照本发明的一个实施例的内燃机的控制单元的功能块框图。在主要描述的实施例中,受控的内燃机是活塞内燃机。然而,所描述的控制同样地适用于其他内燃机设计。在所示实施例中,点火控制单元 100 包括驱动脉冲发生器 104 和序列发生器 108。指示期望的内燃机输出的输入信号 113 提供给驱动脉冲发生器 104。驱动脉冲发生器 104 可以布置成使用自适应预测控制以动态地计算总体上指示需要气缸点火以获得期望的输出的时间的驱动脉冲信号 110。如下面更详细地描述的那样,控制器可以与内燃机转速(输入信号 116)同步,这样所生成的驱动脉冲模式就适于输送在当前内燃机转速(它可以是不断改变的)下期望的功率。驱动脉冲信号 110 然后可以提供给命令脉冲以提供最终的气缸点火模式 120 的序列发生器。总体上,序列发生器 108 布置成以有助于防止内燃机内过多或不适当振动的方式命令点火模式。如在内燃机设计领域中众所周知的那样,气缸被点火的命令可以对许多内燃机内的振动具有显著的影响。因此,如下文更详细地描述的那样,序列发生器设计成助于保证由内燃机的操作生成的振动在设计公差内。如果特定内燃机可以使用任意点火模式运行(即气缸能够以任何模式点火而不会生成不适当的振动),那么序列发生器就可以被潜在地消除并且驱动脉冲信号 110 可以用于指示点火模式。

[0058] 在第一实现中,被点火的每个气缸在其最佳热力效率处或附近操作。即,空气和燃料导入气缸,其数量允许大多数功从气缸中燃烧的每单位的燃料获得同时仍满足对于内燃机的其他约束(例如排放要求、燃烧对内燃机寿命的影响等等)。在大多数有节气门的内燃机中,该近似地对应于允许大多数空气导入气缸中的“节气门全开”位置。许多车辆包括确定(在许多其他事情之外)期望的空气/燃料比和将对于每个气缸点火的喷射的燃料量的内燃机控制单元(ECU)。通常 ECU 具有查找表格,且查找表格基于各个当前环境条件(包括气压、温度、湿度等等)针对许多不同的运行状况(例如不同的节气门位置、内燃机转速、歧管气流等等)识别期望的空燃比和/或燃料喷射量。在这种车辆中,点火控制单元导致在连续变排量模式中喷射到每个气缸中的燃料量可以是存储在燃料喷射查找表格中用于在当前条件下以最佳模式操作气缸的值。

[0059] 期望的输出信号 113 可以来自被认为是期望的内燃机输出的合理代理的任意适当来源。例如,输入信号可以仅仅是直接或间接地从加速器踏板位置传感器获取的加速器踏板的指示信号。或者,在不具有电子加速器位置传感器但是具有节气门的车辆中,期望的节气门位置的指示信号可以代替加速器位置信号使用。在具有巡航控制特征的车辆中,当巡航控制特征是主动的时,输入信号 113 可以来自巡航控制器。在其他实施例中,输入信号 113 可以是除加速器位置之外的几个变量的函数。在具有固定操作状态的其他内燃机中,输入信号 113 可以基于特定的操作设置进行设定。一般而言,期望的输出信号可以来自在被控制的车辆或内燃机中可获得的任意适当来源。

[0060] 驱动脉冲发生器 104 通常布置成确定生成给出内燃机的当前操作状态和运行状况的期望输出所需的气缸点火的数量和一般定时。驱动脉冲发生器使用反馈控制,例如自适应预测控制以确定气缸必须被点火以输送期望的内燃机输出的时间。因此,由驱动脉冲发生器 104 输出的驱动脉冲信号 110 有效地指示内燃机所需的瞬时排量以输送期望的内燃机输出。内燃机所需的排量将随着运行状况改变并且可以基于过去发生的和预测在紧接的将来发生的。在各个实施例中,驱动脉冲发生器 104 通常并未被约束以限制曲轴的每个回

转中所需的气缸点火的数目中的波动以输送期望的输出。因此,内燃机的有效排量可以通过在点火机会上由点火机会的基础选择点火的气缸和不点火的气缸而连续地改变。这非常不同于传统的商业上可用的变排量内燃机,其中不同排量之间的快速波动并且尤其是不同的气缸点火模式被认为是不希望的(例如参见编号为 5,408,974 的美国专利)。连续地改变内燃机的有效排量的该能力有时在此被称为操作的连续变排量模式。

[0061] 在驱动脉冲发生器 104 内可以实现多种不同控制模式。通常,控制模式可以使用模拟部件或使用混合近似法数字地、算法地实现。驱动脉冲发生器可以使用模拟部件或任意其他适当的硬件在处理器上、可编程逻辑例如 FPGA 上、在电路例如 ASIC 中、在数字信号处理器 (DSP) 上实现。

[0062] 一类尤其好地适于用在驱动脉冲发生器中的控制器是自适应预测控制器。熟悉控制理论的人可以理解,自适应预测控制器在它们利用反馈以基于来自期望的输出信号的输出信号的方差适应或改变它们的输出信号的性质方面是自适应的并且在它们是一体化的这样输入信号的过去的特性就影响未来的输出信号方面是预测性的。

[0063] 多种不同的自适应预测控制器可以用于计算所需的腔室点火以提供期望的输出。一类在该应用中尤其好地工作的自适应预测控制器是  $\Sigma - \Delta$  控制器。 $\Sigma - \Delta$  控制器可以利用采样数据  $\Sigma - \Delta$ 、连续时间  $\Sigma - \Delta$ 、基于  $\Sigma - \Delta$  的算法、微分  $\Sigma - \Delta$ 、混合模拟 / 数字  $\Sigma - \Delta$  配置或任意其他适当的  $\Sigma - \Delta$  实现。在一些实施例中, $\Sigma - \Delta$  控制器的时钟信号布置成与内燃机转速成比例地改变。在其他实现中,包括脉冲宽度调制 (PWM)、最小均方 (LMS) 和递归最小均方控制器的多种其他自适应预测控制器可以用于动态地计算所需的腔室点火。

[0064] 驱动脉冲发生器 104 在确定驱动脉冲适于输送期望的内燃机输出时优选地使用反馈控制。反馈的分量可以包括通常显示于图 2(b) 中的驱动脉冲信号 110 的反馈和 / 或实际气缸点火模式 120 的反馈。因为驱动脉冲信号 110 指示何时工作腔室点火是适当的,所以它通常被认为是请求的点火的指示信号。序列发生器然后确定请求点火的实际定时。当期望时,从实际点火模式 120 反馈的信息可以包括指示点火模式自身的信息、点火的定时、点火的比率或关于由驱动脉冲发生器 104 期望或者对它有用的气缸点火的其他信息。通常,还希望向驱动脉冲发生器 104 提供内燃机转速 116 的示值这样驱动脉冲信号 110 就通常与内燃机同步。

[0065] 如果希望的话,可以向序列发生器 108 提供各种反馈。例如,如图 2(c) 中概略地所示,指示实际点火定时和 / 或模式 120 的反馈或存储器可以用于序列发生器,以允许它以有助于降低内燃机振动的方式对实际气缸点火排序。

[0066]  $\Sigma - \Delta$  控制电路

[0067] 接下来参见图 3,将描述基于  $\Sigma - \Delta$  控制的驱动脉冲发生器 104 的一种实现。驱动脉冲发生器 104 包括  $\Sigma - \Delta$  控制器 202 和同步器 240。 $\Sigma - \Delta$  控制器 202 使用  $\Sigma - \Delta$  转换的原理,它是一种重复采样的转换的类型。(  $\Sigma - \Delta$  转换还被称作  $\Delta - \Sigma$  转换。)  $\Sigma - \Delta$  转换的基本原理已经描述在通常被称为关于该主题的开创性参考的资料: H. Inose, Y. Yasuda and J. Murakami "A Telemetry System by Code Modulation: Modulation," IRE Transactions on Space Electronics Telemetry, Vol. SET-8, 1962 年九月,第 204-209 页。在 1976 年由 IEEE Press and John Wiley 重新印刷在 N. S. Jayant, Waveform Quantization and Coding 中, ISBN 0-471-01970-4。

[0068] 所示的 $\Sigma - \Delta$ 控制电路 202(a) 是通常基于被称为 Richie 体系结构的一个体系结构的模拟三阶 $\Sigma - \Delta$ 电路。 $\Sigma - \Delta$ 控制电路 202(a) 接收指示期望输出（如果希望的话，它可以被认为是功输出或期望的转矩）的模拟输入信号 113。因为所示类型的 $\Sigma - \Delta$ 控制器通常是已知并且可以理解的，下面的说明阐述了适当控制器的一般体系结构。然而，应当理解，存在可以配置成对特定实现工作得很好的多种不同的 $\Sigma - \Delta$ 控制器。

[0069] 在所示实施例中，输入信号 113 表示加速器踏板位置（虽然如上所述，指示或代理期望输出的其他适当输入信号也可以同样使用）。输入信号 113 提供为 $\Sigma - \Delta$ 控制电路 202(a) 并且尤其是第一积分器 204 的正输入。积分器 204 的负输入配置成接收作为输出的函数的反馈信号 206，这样 $\Sigma - \Delta$ 控制电路 202(a) 的操作就是自适应的。如下文所述，反馈信号 206 实际上可以是基于一种以上的输出级的复合信号。积分器 204 也可以接收其他输入例如同样在下文中详细描述颤动信号 207。在各个实现中，积分器 204 的一些输入可以在它们输送至积分器 204 之前被组合或者可以对积分器直接做出多个输出。在所示实施例中，颤动信号 207 由加法器 212 与输入信号 113 结合并且结合的信号用作正输入。反馈信号 206 是来自 $\Sigma - \Delta$ 控制电路和控制系统的输出的反馈的结合，在所示实施例中它显示为表示驱动脉冲模式 110 或点火的实际定时的反馈或从两者的反馈的结合。

[0070]  $\Sigma - \Delta$ 控制电路 202(a) 包括两个附加的积分器、积分器 208 和积分器 214。 $\Sigma - \Delta$ 控制电路 202(a) 的“阶”为三，它对应于其积分器（即积分器 204、208 和 214）的数目。第一积分器 204 的输出供给至第二积分器 208 并且还前馈至第三积分器 214。

[0071] 最后一个积分器 214 的输出提供给充当一位量化器的比较器 216。比较器 216 提供了与时钟信号 217 同步的一位输出信号 219。通常，为了确保非常高质量的控制，希望时钟信号 217（并且因此比较器 216 的输出流）具有是最大期望点火机会率的许多倍的频率。对于模拟 $\Sigma - \Delta$ 控制电路，通常希望比较器的输出重复采样期望驱动脉冲率一个至少大约为 10 的因子并且重复采样因子在至少大约 100 的数量级上工作得尤其好。即，比较器 216 的输出优选地为发生内燃机点火机会的速率的至少 10 倍的速率并且通常为至少 100 倍。提供给比较器 216 的时钟信号 217 可以来自任意适当的来源。例如，在图 3 所示实施例中，时钟信号 217 是由晶体振荡器 218 提供的。

[0072] 应当理解，这些时钟频率对于现代数字电子系统实际上相对较慢并且因此很容易获得和可用。例如，如果控制器内燃机是使用四冲程工作循环操作的八缸内燃机，然后期望的最大点火机会率可以是在  $8,000\text{RPM} \times 8 \text{ 气缸} \times 1/2$  的数量级上。 $1/2$  的因子之所以被提供是因为在正常操作的四循环内燃机中，每个气缸在内燃机曲轴的每两个回转中仅具有一个点火机会。因此，点火机会的最大期望频率可以近似地为每分钟 32,000 次或每秒大约 533 次。在这种情形下，在大约 50 千赫兹下操作的时钟将具有几乎 100 倍的点火机会的最大期望速率。因此，具有 50 千赫兹或最大的时钟频率的固定时钟将在该应用中很好地工作。

[0073] 在其他实施例中，用于驱动比较器的时钟可以是与内燃机转速成比例地改变的可变时钟。据信 $\Sigma - \Delta$ 控制器中变速时钟的使用不同于传统的 $\Sigma - \Delta$ 控制器设计。变速时钟的使用具有的优点是确保比较器的输出与内燃机转速并且因此与点火机会更好地同步。时钟可以利用由内燃机转速的示值（例如测速信号）驱动的锁相回路很容易地与内燃机转速同步。下面将参照图 7 进一步描述使用基于内燃机转速的变速时钟的一些优点。

[0074] 从比较器 216 输出的一位输出信号 240 是通过比较积分器 214 的输出与参考电压

比较而生成的。该输出有效地是以时钟频率输出的一串一和零。比较器 216 的输出 240 (它是  $\Sigma - \Delta$  控制电路 202(a) 的输出) 提供给布置成生成驱动脉冲信号 110 的同步器 222。在所示实施例中,  $\Sigma - \Delta$  控制电路 202(a) 和同步器 222 一起构成驱动脉冲发生器 104 (图 2)。

[0075] 同步器 222 通常布置成确定应该输出驱动脉冲的时间。驱动脉冲优选地布置成与点火机会的频率匹配, 这样每个驱动脉冲通常指示工作腔室的特定工作循环是否应该执行。为了同步驱动脉冲信号 110 与内燃机转速, 在图 3 中所示的该实施例中的同步器 222 使用基于内燃机转速的变时钟信号 230 操作。可以提供锁相回路 234 以同步时钟与内燃机转速。优选地, 时钟信号 230 具有与输出的驱动脉冲信号 110 的期望频率相等的频率。即, 它优选地同步以匹配点火机会率。

[0076]  $\Sigma - \Delta$  控制电路的输出信号 240 通常是由  $\Sigma - \Delta$  控制电路 202(a) 接收的模拟输入信号 113 的数字表示。因为 (a) 输入信号被有效地处理为期望的输出, 或期望的功输出, 并且 (b) 工作腔室内的燃烧被控制这样会由每个内燃机点火生成通常已知和相对恒定量的功—当来自  $\Sigma - \Delta$  控制电路 202(a) 的数字输出信号 240 包含特定数目的“高”符号时, 生成正驱动脉冲 (即命令工作腔室的点火) 是适当的。因此, 概念地, 同步器 222 的目的可以被认为计算输出信号中高符号的数目并且当计数了足够的符号时, 发送与内燃机转速同步的驱动脉冲。在实践中, 实际上并不需要真正的计数 (虽然它可以在一些应用中实现)。

[0077] 当用在该类型的内燃机控制应用中时具有高重复采样速率的所述  $\Sigma - \Delta$  控制电路的输出的另一种特性是该控制器趋于发射其后跟随低信号块的长的高信号块。输出信号 240 的该特性可被用于简化同步器 222 的设计。在一个实现中, 同步器仅仅测量在输出信号 240 中发射的高信号块的长度 (即时间或周期)。如果高信号块的长度超过指定阈值, 就会生成驱动脉冲。如果高信号块的长度并未超过阈值—就不会生成基于高信号块的驱动脉冲。使用的实际阈值可以大范围地改变以满足特定设计的需要。例如, 在一些设计中阈值可以是时钟信号 230 的周期, 它 (因为时钟与内燃机转速同步) 对应于驱动脉冲模式 110 的占空比和在工作腔室点火机会之间的平均延迟。使用该配置, 如果高信号块的长度小于一个占空比, 就不会对应于该块生成驱动脉冲; 如果块的长度超过一个占空比并且小于两个占空比, 那么就会生成一个驱动脉冲; 如果它超过两个占空比但是小于三个占空比, 那么就会生成两个时序驱动脉冲; 并且依此类推。

[0078] 应当理解使用该配置, 与内燃机转速高时为了触发驱动脉冲所需的脉冲的长度相比, 在内燃机转速低时, 从  $\Sigma - \Delta$  控制电路的高输出的脉冲的“长度”或持续时间将必须较长从而触发驱动脉冲。这是因为驱动脉冲信号的占空比在较低内燃机转速下较长。

[0079] 在其他实现中, 阈值可以不同地设定。例如, 阈值可以设定成具有超过驱动脉冲信号的占空比的一些指定百分比 (例如, 百分之 80 或 90) 的长度的任意高输出块导致驱动脉冲生成, 而更短的脉宽被有效地截去。

[0080] 乍看上去, 可以看出上面提出方式中忽略部分的脉冲可以降低控制系统的性能至不可接受的级别。然而, 对于许多内燃机而言, 点火机会的高频和控制系统的响应度通常使之完美地可接受以使用这种简单的同步器。当然, 应当理解, 也可以使用多种其他同步方案。

[0081] 如上所述,  $\Sigma - \Delta$  控制电路布置成向第一积分器提供反馈。在所示实施例中, 反馈信号 206 是下列的合成: (a) 来自比较器 216 的输出 240 的反馈; (b) 同步器 222 输出的驱

动脉脉冲模式 110 ;和 / 或 (c) 实际点火模式 120。组合器 245 布置成以期望的比例组合反馈信号。给予反馈至第一积分器 204 的各个反馈信号的相对比或比重可以改变以提供期望的控制。

[0082] 应当理解,虽然比较器输出、驱动脉冲信号和实际点火模式都被涉及—它们的定时将改变并且比较器输出的一般量值可以彼此不同。反映实际内燃机特性的最精确反馈是点火模式—然而,在比较器的输出和工作腔室的实际点火之间存在显著的时间延迟(从  $\Sigma - \Delta$  控制电路 202 的观点来看)。反映实际内燃机特性的次最佳反馈是驱动脉冲信号。因此,在许多实现中,希望极大地加权朝驱动脉冲信号和 / 或点火模式的反馈。然而,在实践中,  $\Sigma - \Delta$  控制器的性能通常可以通过反馈一部分比较器输出信号 240 而增强。通过实例,在一些实施实现中,在总反馈信号 206 的 15-25% 范围内加权比较器输出信号 240 的反馈且剩余部分是驱动脉冲信号或点火模式或两者组合的反映应该可以适当地工作。当然,这些比例仅仅是示例性并且适当的,优选和最佳反馈百分比将依照点火控制单元 100 和相关联的内燃机的特定实现而改变。

[0083] 在一些实施例中,会希望对输入信号 113 和反馈信号 206 进行抗混滤波。抗混功能可以提供为  $\Sigma - \Delta$  控制电路 202 的一部分或者它可以提供为在  $\Sigma - \Delta$  控制电路之前的抗混滤波器或者它能够以任意其他适当形式提供。在图 3 所示的三阶模拟连续时间  $\Sigma - \Delta$  控制电路 202(a) 中,第一积分器 204 提供了抗混滤波功能。即,它有效地充当低通滤波器。

[0084]  $\Sigma - \Delta$  控制器的另一种已知特性是它们有时会生成在输出信号中相对于输入信号循环变化的“音调”。当模拟输入信号 113 缓慢地改变时,这种音调尤其明显,而这通常是在驱动和许多其他内燃机控制应用中的情形。比较器输出信号 240 内这种音调的存在会反映在内燃机点火模式中。在一些情况下中,存在驱动模式中的这种循环变化可以在内燃机中产生不希望的共振的风险,而这种共振会生成不希望的振动模式。在极端情形下,音调甚至可以出现为驱动能量中的显著波动。因此,可以提供各种配置以努力帮助防止和 / 或破坏这种音调。

[0085] 可以助于防止和 / 或破坏  $\Sigma - \Delta$  控制器输出中的音调的一个选项是向控制器中导入随着时间平均为零的噪音信号,但是其局部差异趋于破坏  $\Sigma - \Delta$  控制器的输出信号中的音调。在信号处理应用中,这样噪音信号通常被称作“颤动”。颤动信号实际上可以在控制环内的任意位置上导入。在图 3 中所示的该实施例中,加法器 212 会结合输入信号 113 与这种颤动信号 246。然而,颤动信号也可以其他便利的位置导入。例如,在  $\Sigma - \Delta$  控制器中,颤动通常被导入至量化器之前的末级(例如导入图 3 中所示实施例中的积分器 214 中)。

[0086] 在所实施例中,使用了伪随机颤动发电机 (PRD) 226 以生成颤动信号,但是应当理解,颤动也可以使用多种其他途径导入。颤动可以使用软件或通过离散颤动逻辑块或其他适当的方法算法地生成,或者它可以从对控制器可用的任意其他适当来源获取。

[0087] 同步器 222 的输出是上面参照图 2 所述的驱动脉冲信号 110。如上所述,驱动脉冲信号 110 有效地识别提供期望的内燃机输出所需的气缸点火(或瞬时有效内燃机排量)。即,驱动脉冲信号 110 提供了通常指示何时气缸点火是适当的以提供期望的或请求的内燃机输出的脉冲模式。在理论上,气缸可以使用同步器 222 输出的驱动脉冲信号 110 的定时直接地点火。然而,在许多情形下,与脉冲模式 110 使用完全相同的定时对气缸点火并不是审慎的,因为这会在内燃机内产生不希望的振动。因此,驱动脉冲信号 110 可以被提供给确

定适当的点火模式的序列发生器 108。序列发生器 108 布置成被要求以允许内燃机平稳地运行而不生成过多振动的方式分配气缸点火。序列发生器 108 用来对气缸点火排序的逻辑控制可以大范围地改变并且序列发生器的复杂将在很大程度上取决于特定应用的需要。

#### [0088] 序列发生器

[0089] 接下来参见图 4, 将描述适于许多应用的序列发生器 108 的相对简单的实施例的操作。现今使用的活塞内燃机以固定的顺序操作它们的气缸。出于说明的目的, 考虑标准的四缸内燃机。四个气缸按照它们在内燃机的“正常”操作 (即, 没有控制跳越内燃机的工作循环的操作) 的次序被标记为“1”、“2”、“3”和“4”。应当理解, 该次序并不并且通常并不与气缸在内燃机内的物理布置相符。简单的序列发生器 108(a) 可以设计成以它们在正常操作中点火的完全相同的次序对气缸点火。即, 如果气缸 #1 被点火, 那么下一个被点火的气缸是 #2, 然后是 #3、#4、#1、#2、#3、#4、#1, 等等。

[0090] 图 4 是显示输入序列发生器 108 的可能的驱动脉冲信号 110(a)、由每个气缸的序列发生器输出的相应的点火模式 120(a) (1)、120(a) (2)、120(a) (3) 和 120(a) (4)、与由序列发生器输出的合成点火模式 120(a) 的定时图。信号以气缸点火机会的速率被全部计时, 这是 4 气缸、4 冲程内燃机的 RPM 的两倍。在图 4 所示的模式中, 输入的驱动脉冲信号要求第一气缸点火 D1, 然后两个跳越 (S1, S2), 第二点火 D2, 另一个跳越 (S3), 第三点火 D3, 另两个跳越 (S4, S5), 第四点火 D4 和另三个跳越 (S6-S8)。因为在请求第一点火 D1 时气缸 #1 可用, 所以它会如模式 120(a) (1) 中 F1 所示点火。接下来的两个点火机会 (气缸 #2 & #3) 会依照输入脉冲模式 110(a) 中的跳越 S1 和 S2 跳越。只有当气缸 #4 可用时第二点火 D2 被请求一次—但是假定序列发生器 108(a) 设计成以指定 (例如正常或传统) 次序对气缸点火, 它会在下一次可用时对气缸 #2 点火, 如模式 120(a) (2) (这对应于总体点火机会 #6) 中所示。因此 D2 被有效地延迟直到气缸 #2 可用并且在气缸 #2 恢复之前其他气缸不会被点火, 无论是否请求附加的点火请求, 如模式 120(a) (2) 中的点火 F2 所示。

[0091] 在第六点火机会处对第三点火 D3 请求驱动脉冲输入信号 110(a)。序列发生器 108 将该点火分配至并未可用的气缸 #3 (然后仅仅气缸 #2 是可用的), 所以 F3 被延迟直到气缸 #3 变得可用—在所实例中式下一个点火机会。序列发生器 108(a) 在变排量模式中的操作中使用该方法继续操作。应当理解, 序列发生器 108(a) 指示的点火 F 的数目与接收的驱动脉冲 D 的数目相同—仅仅定时已经略微地改变从而助于平衡内燃机并且随着时间的过去而更均一地利用每个气缸。据信, 即便是该非常简单的序列发生器逻辑, 由于  $\Sigma - \Delta$  控制器生成的驱动脉冲信号 110 的伪随机, 也可以在利用所述  $\Sigma - \Delta$  控制电路 202 的许多实施中而足以适当地平衡内燃机。当合理的颤动输入组合器 212 中时, 尤其是这样。点火模式 120 并非与驱动脉冲发生器 104 生成的驱动脉冲信号 110 精确地相同的这一事实可能还有助于破坏可能会由驱动脉冲发生器 104 生成的任意音调。

[0092] 应当指出, 相对于驱动脉冲延迟气缸点火在理论上会使内燃机对加速器踏板位置的变化响应比驱动脉冲直接用于控制气缸点火的情形略低。然而, 在实践中, 该延迟可以是无关紧要的。例如, 在 3000RPM 下操作的四气缸内燃机中, 每分钟有 6000 个点火机会—每秒一百个。因此, 最大延迟—将是三个点火循环—将近似为百分之三秒。给定了车辆相对于由一个点火提供的能量的气缸点火率和总质量, 在汽车应用中的操作者通常感觉不到该范围的延迟。

[0093] 对上面讨论的序列发生器的第一实施例的约束是气缸是以固定次序点火的一即使在点火机会被跳越时。然而,这并非是所有内燃机设计中的要求。在许多应用中,具有改变的点火顺序是完全可以接受的。例如,在一些实现中,将序列发生器约束为特定的“跟随模式”是适当的。即,在特定气缸被点火之后,仅仅一组指定气缸可以接下来被点火。例如,在 8 气缸内燃机中,可以完全接受气缸 2 或气缸 6 跟随气缸 1,并且气缸 3 或 7 跟随气缸 2,等等(在实践中变化更多的跟随模式通常可以有效地工作)。显而易见,序列发生器逻辑可以很容易地配置成允许这些类型的固定点火顺序约束。作为实例,图 5 显示了由允许气缸 2 或 4 跟随 1 或 3 并且反之亦然序列发生器的第二实施例生成的点火模式 120(b)。点火模式 120(b) 是由与图 4 所示相同的驱动脉冲信号 110(a) 生成的。可以看出虽然在两个实施例中生成了相同数目的气缸点火,但是它们各自的定时由于序列发生器逻辑中的差异而不同。适于特定内燃机的实际跟随模式将高度地取决于内燃机设计的性质(即,V 形或直列式;气缸的数目、活塞的旋转偏移等等),并且做出这些确定所需的振动分析是很好理解的。

[0094] 当然,序列发生器 108 可以设计成集成更复杂的跟随模式。例如,在确定哪些气缸可用于接下来的点火时可以考虑最近两个、三个或更多点火。在其他实施例中,跟随模式可以是内燃机转速和/或其他因子的函数。

[0095] 在其他实施例中,序列发生器 108 不需要限于特定跟随模式。点火模式可以使用适于被控制的内燃机的任意标准确定或计算。序列发生器 108 可以包括存储器以便于更先进的分析和/或可以适应或编程以识别和中断已知或可能会向内燃机操作中导致不希望振动的不希望的点火模式。或者或此外,序列发生器可以应用实时振动分析,它考虑可以被认为是适当的多种因子—包括例如内燃机的旋转速度、跳越或部分能量工作循环的存在和/或影响等等以适当地对所需气缸点火排序。

[0096] 序列发生器也可以设计成准备被认为是对于特定内燃机重要或希望的任意其他设计标准。例如,为了助于延长内燃机寿命,可能希望设计序列发生器这样在变排量模式的操作期间,随着时间的过去,所有工作腔室基本上被点火相同的数量。

[0097] 对于具有电子控制经历的人而言,显而易见,所述序列器的逻辑能够以数字逻辑、算法地、使用模拟部件或以这些途径的多种组合很容易地实现。虽然仅仅描述了少数几种序列发生器逻辑,但是应当理解,序列发生器 108 的逻辑可以非常大地改变以符合任意特定实现的需要。

[0098] 优化的点火和空气/燃料比

[0099] 许多内燃机的特征在于模拟内燃机在不同内燃机转速、载荷和其他运行状况下的特性的内燃机性能图。所述控制的特征是在每个腔室点火期间输送的燃料量可以布置成与内燃机性能图上的任意期望的点匹配。在一些情况中,会希望提供稀薄空气/燃料比,而在其他情况中,会希望提供富空气/燃料比。

[0100] 在大多数传统内燃机中,输送至工作腔室的空气和燃料的实际量是内燃机当前操作状态的函数。在特定工作循环期间输送至工作腔室的燃料量将主要地取决于输送至工作腔室的空气的量。它还部分地取决于期望的空气/燃料比。在特定工作循环期间输送至腔室的空气的实际量将取决于操作和环境因素例如歧管气压(受到节气门位置的影响)、当前内燃机转速、气门定时、入口空气温度等等。通常,在特定节气门位置下输送至气缸的

空气量在高内燃机转速下时低于它在低内燃机转速时，部分地是因为当内燃机操作高 RPM 时，进气门趋于打开更短的一段时间。

[0101] 现代内燃机控制单元从允许内燃机控制单元 (ECU) 的许多传感器接收输入以监视内燃机的操作状态。作为实例，传感器可以包括大量气流传感器 (MAF 传感器)、环境空气温度传感器、内燃机冷却液温度传感器、歧管气压 (MAP) 传感器、内燃机转速传感器、节气门位置传感器、废气氧传感器等等。ECU 解释传感器输入从而计算将被喷射的适当量的燃料并且通过操纵燃料和 / 或气流来控制内燃机操作。喷射的燃料的实际的量取决于内燃机的操作状态和环境条件，包括变量例如内燃机和环境温度、内燃机转速和工作负荷、歧管压力、节气门位置、废气组分等等。通常，采取了大量的努力和分析从而界定在不同操作状况下提供给气缸的最佳或期望量的燃料。通常这些努力导致了针对特定运行状况界定将被喷射的适当的燃料量的多维图的发展。燃料喷射图通常反映在 ECU 中存储的查找表格中。ECU 然后使用查找表格来确定适当量的燃料以基于内燃机的当前状态喷射到工作腔室中。

[0102] 当形成燃料喷射图时，在针对导入气缸的给定量的空气确定输送的最佳（或者期望）燃料量时需要考虑许多因素。这些因素可以包括对燃料效率、功率输出、排放控制、燃料点火等的影响。这些分析必然会对可能不能精确地知道或可控的（例如，燃料如燃料的辛烷或能含量的性能）的相关因子做出一些估计和 / 或假设。因此，针对给定量的空气输送的“优化”量的燃料和 / 或优化的空气 / 燃料比不是固定的值。相反，它们可以在内燃机之间和 / 或同一台内燃机的操作状态之间基于被认为对于内燃机或操作状态很重要的性能参数而改变。这些设计选择通常反映在 ECU 使用的燃料喷射图中。另外，许多 ECU 设计成基于从各个传感器例如废气  $\lambda$ （氧）传感器接收的反馈动态地调节器空气 / 燃料比。

[0103] 当在连续变排量模式中时，可以考虑相同的事项。在一些实现中，连续变排量模式中的节气门位置基本上是固定的（例如大开或接近大开）。然而，未必始终是这种情形并且应当理解，导入工作腔室的空气的实际质量并非始终是相同的，即使是在空气输送由于内燃机的操作状态和环境条件中的差异而未节流时。例如，在更高内燃机转速下，在特定工作循环期间实际地进入气缸的空气小于在较低内燃机转速下进入同一台气缸的空气。类似地，在海平面上，与高地势下相同内燃机转速下相比，通常更多空气会进入气缸。气门定时和其他因子也会影响导入气缸的空气量。优选地，在确定任意特定工作循环期间应该输送多少燃料时会考虑这些因子。另外，在确定输送的燃料量时会考虑因子例如期望的空气 / 燃料比。期望的空气 / 燃料比也可以基于内燃机的操作状态动态地改变。在一些情况下，可能希望提供贫空气 / 燃料混合物，而在其他操作状态中，会希望利用富空气 / 燃料混合物。

[0104] 在任意特定的优化点火期间输送的燃料量的确定可以通过使用与当今使用的相同（或简化）类型的燃料喷射图而很容易地实现。有节气门的内燃机的差异是需要仅仅考虑节气门位置之一（或有限的数目）。当改进现有的内燃机时，现有的燃料喷射图通常可以用于该目的。当然，随着技术的发展，会希望开发特别适合在连续变排量模式中操作的燃料喷射图或是利用分析或计算方法以确定适当量的燃料进行输送。

[0105] 因此，应当理解，在每个工作循环期间喷射的燃料的实际量通常不是绝对和固定数（虽然这是可能的并且在一些实现中是希望的）。优选地是针对内燃机的当前操作状态优化的数量。如上文所述，当我们提及“优化的”数量的燃料时——我们并不必然地意味着该数量针对任意特定变量（例如燃料效率、功率、热力效率、环境考虑）优化。它可以是被认

为适于特定操作状态的燃料的数量优化量的燃料可以提供在查找表格中,动态地计算,或者以任意其他适当的方式确定。当提供了查找表格时,输送的燃料的实际量可以相对于由查找表格提供的值基于排放物或 ECU 接收的其他反馈进行调节。

[0106] 在一些实现中,将会希望更肯定地控制导入气缸的空气量。为了助于显示控制输送至气缸的的空气的量的好处,参见图 14 中所示的用于典型传统客车的性能图。该图显示了制动燃料消耗率 (BSFC) 和内燃机输出都作为制动平均有效压力 (BMEP) 和活塞速度 (直接地对应于内燃机转速) 的函数。燃料消耗率 (BSFC) 越低,内燃机的燃料经济性越好。如可以由曲线图可以看出的那样,以在曲线图上的操作范围标签为 50 处发现图 14 中所示的内燃机的最佳燃料效率。可以看出,这在略微小于节气门全开的节气门位置,且内燃机在相对狭窄范围的内燃机转速内操作。因此,应当理解,针对特定内燃机的最佳运行条件可能不在节气门全开处并且因此,在有节气门的内燃机中,可能会希望调节节气门设置为小于节气门全开以获得更好的燃料效率或获得其他期望的性能特征。

[0107] 应当指出,图 14 显示了典型的汽车内燃机的制动燃料消耗率 (BSFC)。BSFC 是对以传统方式操作的有节气门的内燃机的燃料效率的传统测量。当内燃机以跳越点火方式操作时,针对于 BSFC 相反的指示比燃料消耗率 (ISFC) 优化通常是优选的。指示比燃料消耗率与热力效率具有相反关系这样对于最大热力效率的优化就理解为与优化最小指示比燃料消耗率相同。应当理解,对与 BSFC 相反的 ISFC 制图的性能图看上去类似于 BSFC 性能图,然而优化的区域可能会有些不同。

[0108] 本领域的技术人员可以理解,许多因素会影响内燃机的总效率和性能。一个重要因素是实际输送至气缸的空气量。在有节气门的内燃机中,输送至气缸的空气量可以使用节气门进行调整。一些内燃机还允许气门定时的动态调节,这提供了对主动工作循环期间输送至气缸的空气量的进一步控制。其他内燃机包含涡轮增压器、增压器或其他机构以进一步增加或者改变特定工作循环期间输送至气缸的空气量。当希望和可用时,节气门中的任意一个或是组合、气门定时或影响输送至气缸的空气输送的其他装置可以被设定、优化或控制以助于优化气缸点火。还应该理解,节气门、气门定时等的大多数燃料有效的 (或优化的) 设定可以基于内燃机的操作状况改变。因此,有时会希望在内燃机的操作期间调节设定 (例如节气门设定) 以进一步提高内燃机性能。例如,应当理解,在一些内燃机中,最高效的节气门位置可以随着内燃机的旋转速度和其他因素而略微地改变。在这种内燃机中,可能会希望略微调节作为内燃机速度或其他适当因子的函数的节气门位置。作为实例,可以很好理解,进气歧管压力对任意特定气缸点火的效率具有很重大的影响。因此,可能希望以位置基本上恒定进气歧管压力的方式控制节气门。

[0109] 应当指出,该类型的节气门调制与在有节气门的内燃机的传统操作期间使用的节气门调制相当不同。在传统操作中,节气门是用于调制内燃机的输出的主要机构。节气门被打开更多以提供附加的功率,并且关闭更多以减少内燃机输出。相比较而言,节气门位置的所述调节被用于助于优化点火一并且内燃机的功率输出使用在此所述的跳越点火技术主要地控制。

[0110] 除优化空气和燃料输送之外,还存在影响内燃机性能的其他变量。例如,可以很好理解,在火花点火内燃机中,火花塞点火的定时可以影响气缸点火的热力效率和相应的排放图。许多汽车内燃机能够调节内燃机的操作期间火花塞点火的定时。如果这种控制是可

用的,火花塞点火的定时也可以被调节以助于优化点火。本领域的技术人员可以理解,通常希望在内燃机较冷时提前火花并且在内燃机较暖时延迟火花。火花定时也可以随内燃机的旋转速度和 / 或其他因子而改变。

[0111] 如在该应用中其他处讨论的,当内燃机在跳越点火方式中运行时,在不同的气缸的温度中会由于这种因子作为每个特定气缸的点火历史而具有重要的变化。由于多种原因,在任意特定工作循环期间输送的 (或期望输送的) 实际燃料输送中存在变化。如果需要的话,火花定时控制器或控制算法可以设计成在基于特定气缸的点火历史和据信与火花定时相关的其它因子的点火对点火基础上尝试优化每个工作腔室的火花定时。

[0112] 在另一个实例中,一些内燃机具有凸轮移相器、电子气门控制或可以用于改变气门定时的其他机构。一些机构 (例如电子气门) 可以便于在气缸 / 工作循环对工作循环的基础上控制气缸。其它 (例如机械凸轮移相器) 可以便于内燃机操作期间气门定时的动态控制—但是不是在单个气缸对单个气缸的基础上。控制器可以设计成基于改变气门定时可用的机构以任意适当的级别控制气门定时。

[0113] 虽然仅仅描述了几个操作变量 (例如空气、燃料和火花定时) 的优化,但是应当理解,在内燃机操作期间影响内燃机操作的可控变量可选地按照希望调节以助于优化气缸点火。同时,虽然可以优化许多变量,但是不需要优化所有可能的变量,并且不需要优化任意变量为它们的最大热力效率或任意特定的排放特性。使用通常优化输送的空气和燃料的内燃机的所述跳越点火类型的好处可以在影响气缸点火的热力效率的机构 (例如燃料喷射器、气门提升器、节气门、火花定时等等) 的不同的特定设定的范围上获得。

[0114] 在内燃机的操作期间任意给定时间处使用的特定设定的确定能够以任意适当的方式做出。例如,设定可以在内燃机的操作期间基于内燃机的当前操作状态动态地实时计算。或者,适当的设定可以基于预定的内燃机性能图存储在查找表格中。在其他实现中,计算或检索的值可以基于当前操作参数例如排放图或催化转化器的当前状态而进行修改。当然,多种其他传统或非传统方法可以用于确定用于优化点火的特定参数。

[0115] 富燃料驱动脉冲

[0116] 有时会希望想工作腔室提供比正常 / 全驱动脉冲更富燃料的空气 / 燃料混合物从而提供希望的排放图 (例如使内燃机的排放输出更好地匹配催化转化器) 或用于某些其他目的。实际上,这会向气缸输送比认为是最佳量的燃料更多并且多于化学计算量的燃料的燃料。作为背景技术方面,在许多实现中,用于特定操作状态的“优化”量的燃料将对应于略稀薄的混合物。即,略微少于化学计算量的燃料导入每个点火的工作腔室中。有时在运行稀薄内燃机时出现的问题是气缸的排放图可能不会始终落在催化转化器的容量内。相似类型的问题会出现在传统模式中的内燃机的操作中。为了解决该问题,一些传统内燃机周期性地短期内在富燃料模式 (即提供略微多于化学计算量的燃料) 从而以便于催化转化器的良好操作的方式调节排放图。

[0117] 参见图 10 可以理解该问题的实质,该图显示了典型的奥托循环内燃机在不同空气 / 燃料比下的所选排放特性。在其中可以看出,排放物中一氧化碳 (CO) 的量在混合物变得更富足时趋于增大并且在比化学当量计算更富足的混合物中相当显著地增大。一氧化氮 (NO) 的量在接近化学当量计算混合比处趋于最高并且当空气 / 燃料比变得更贫乏或更富足时相对迅速地下降。排气中碳氢化合物 (HC) 的量通常也随着混合比超过化学计算情况

的增大而相对迅速地增大。许多催化转化器需要特定量的一氧化碳的存在以有效地运行。如果内燃机稀薄地运行,催化转化器可能将会变得耗尽并且由于缺乏一氧化碳而不能有效地工作。为了解决这些问题,一些现有的 ECU 设计成周期性地使用富燃料混合物运行内燃机很短的时间从而补充催化转化器。

[0118] 在所述跳越点火变排量模式中通过周期性地使用富燃料点火可以很容易地解决催化转化器损耗问题。如果需要的话,驱动脉冲发生器可以配置成有时输出请求输送大于最佳量的燃料的“富燃料”驱动脉冲或者序列发生器可以布置成有时向所选气缸适当地提供过量燃料。或者,序列发生器或燃料处理器内的其他逻辑或内燃机控制单元可以布置成指示燃料喷射驱动器以增加在特定点火或点火组中输送的燃料量从而获得期望的效果。

[0119] 在利用  $\Sigma - \Delta$  控制器 202 至少部分地确定富燃料脉冲的定时的实施中,例如下文参见图 8 所述的多位比较器的状态之一可以用于指定富燃料脉冲。虽然  $\Sigma - \Delta$  控制器 202 可被用于指定富燃料脉冲的定时,但这并非必需的。富燃料点火的定时和生成可以由多种部件响应从废气监视传感器和 / 或 ECU 接收的信号而确定。作为实例,在各种实现中,由同步器 222、序列发生器 108、ECU 或燃料处理器内的其他逻辑独立地做出导入富燃料脉冲或一组富燃料脉冲的决定从而获得期望的效果。应当指出,富燃料点火通常不会由点火显著地影响功率。即,从富燃料点火得到的能量的量通常相对接近地近似于从正常 / 优化点火得到的能量。因此,从控制的观点上说,通常不存在基于富燃料点火期间被输送的附加燃料改变  $\Sigma - \Delta$  控制电路的反馈的需要。然而,如果需要的话,反馈可以以其他方式估算或调节以反映点火的实际能量输出。

[0120] 部分驱动脉冲

[0121] 在大多数上面讨论的实施例中—实际上被点火的所有气缸都在它们的最佳效率附近操作,例如,在基本上未节流的运行状况下(例如,在有节气门的内燃机中在或者接近“节气门全开”处)具有恒定或接近恒定的燃料供给。然而,并不存在这种要求。在一些情况,会希望在低于工作循环的最佳效率下操作一些工作循环以符合特定的短期要求例如更精确地控制和 / 或平滑内燃机的输出或解决排放问题。所述驱动脉冲发电机 104 可以很容易地配置成在期望时使一些百分比(或所有)的非跳越工作循环在低于它们的最佳效率处操作。更具体地,驱动脉冲发电机可以设计成使一些生成的驱动脉冲是要求降低的能量输出气缸点火的部分驱动脉冲。部分驱动脉冲可以均具有相同的能量输出级(例如,1/2 能量)或可以具有多个分散的能量输出级(例如,1/2 和 1/4 能量)。当然,在任意特定实现中使用的不同能量输出级的数目以及它们的相对量值可以大范围地改变。

[0122] 当序列发生器 108 接收到部分驱动脉冲时,它安排较低量的燃料喷射到对应于部分驱动脉冲而点火的气缸中。如果内燃机中使用的燃料可以在稀薄环境中点火,则可能会减少针对特定点火输送的燃料的量而不用调节节气门用于部分驱动脉冲,这样输送至气缸的空气的量就不会受到部分驱动脉冲的影响。然而,大多数汽油内燃机不能在非常稀薄的环境中始终如一地并且可靠地点燃汽油燃料。因此,在这种内燃机中,需要还减少导入指定气缸中的空气的量以作为部分驱动脉冲点火。应当理解,大多数节气门的响应时间相对较慢。因此,在有节气门的内燃机中,在其中部分驱动脉冲散布于全驱动脉冲中的情况下,很难将节气门位置在全驱动脉冲和部分驱动脉冲之间转换。在这种内燃机中,可能会希望使用在特定内燃机中可控的任意其他技术来减少向气缸提供的空气,作为实例可以通过改变

气门打开定时,如果气门定时是可控的话,因为它通常是可以使用电子气门进行控制的。

[0123] 当使用部分驱动脉冲时,输送至气缸的空气和燃料的量优选地被测量以提供反映在部分驱动脉冲中的成比例量的驱动能量。例如,如果部分驱动脉冲要求总能量的一半,然后供给的燃料量将是期望输送一半的总驱动能量的燃料的量—它通常大于在最佳效率下操作所需的燃料的  $1/2$ ,因为气缸的热力效率在它在次最佳状况下操作时较低。

[0124] 应当理解,虽然优选相对精确地联系由部分能量工作循环与部分驱动脉冲请求的内燃机输出,但是这并非始终需要的。尤其是当部分驱动脉冲是驱动脉冲的总数的相对低的百分比(例如小于大约百分之 10 或 15)时,它们对内燃机输送的总驱动能量的累积影响并不是特别大这样近似值仍可以适当地工作。例如,半驱动脉冲可以与全驱动脉冲中输送的燃料的一半(或其他固定的百分比—例如 65%)的输送相关。

[0125] 部分驱动脉冲能够以多种方式有用。如上文所述,它们可以被用于助于平滑内燃机的输出。该平滑可以在任意内燃机速度下有用并且在较低内燃机速度(低 RPM)下尤其明显。部分驱动脉冲有时是希望的另一个原因是助于进一步减少内燃机振动。如上文指出的那样,许多控制器例如上所述的  $\Sigma - \Delta$  控制电路 202 对生成的音调敏感—这在一些情况下会导致谐振或其他不希望的振动模式。颤动会导入控制器并且序列发生器可以适当地设计以助于破坏这些模式中的一些。然而,在许多应用中,可能希望提供其他机构以助于破坏模式和/或更主动地控制内燃机振动。部分驱动脉冲可以另外使用和/或代替在此讨论的其他模式控制措施。

[0126] 提供部分驱动脉冲的另外一个理由是改变内燃机的排放图。例如,在一些工作情况下,在一些车辆中,催化转化器可能不能很好地适于处理仅仅优化的全驱动脉冲的排放图。在这种情况下,输送至一些点火气缸的燃料的量可以改变以使内燃机的排放输出更好地匹配催化转化器。

[0127] 如上所述的简单的同步器 222 可以很容易地配置成处理部分驱动脉冲。在一个实现中,同步器配置成每当从  $\Sigma - \Delta$  控制电路的高输出的脉冲时间在指定范围内时就生成半能量脉冲。例如,如果高输出的脉冲时间大于驱动脉冲的周期的一半但是小于全驱动脉冲周期,就可以生成半个脉冲。当然,实际的触发点可以改变以符合特定应用的需要(例如,脉冲时间从驱动脉冲周期的百分之 45 至 90 或者其他适当的范围可以设定成触发部分驱动脉冲的生成)。

[0128] 如果提供了多个部分驱动脉冲级,那么每个级均可以配置成在具有相关范围的脉冲时间上触发。例如,驱动脉冲周期的 25-49%的脉冲时间可以导致四分之一驱动脉冲的生成,并且驱动脉冲周期的 50-99%的脉冲时间可以导致半驱动脉冲的生成。同样,应当理解,这仅仅是一个实例并且触发部分驱动脉冲的实际范围和条件可以很大程度地改变。

[0129] 当希望时,当脉冲时间显著地长于驱动脉冲周期但是没有足够长以触发另一个全驱动脉冲时,也可以使用部分驱动脉冲。例如,当脉冲的剩余部分(即,超过驱动脉冲的整数的脉冲的长度)落在指定范围内时,部分驱动脉冲可以触发。

[0130] 为了确保内燃机有效地操作并且在可接受的排放级内,在许多应用中,可能会希望限制由驱动脉冲发生器 104 输出的部分驱动脉冲的数目。例如,可能会希望限制部分驱动脉冲为由驱动脉冲发生器生成的驱动脉冲的某些百分比(例如,最大量为百分之 10 或 20)。如果需要的话,允许的驱动脉冲的百分比可以是内燃机速度的函数。例如,如果内燃

机非常慢地运行（例如空转），可能会希望允许更多（或所有）驱动脉冲为部分驱动脉冲。

[0131] 驱动脉冲发生器可以很容易地配置成提供部分驱动脉冲并且针对部分驱动脉冲的可用性、数目和 / 或定时设定适当的条件或限制。作为实例，下面将参照图 8 描述适于生成多级驱动脉冲的  $\Sigma - \Delta$  控制器和相应的驱动脉冲发生器。

#### [0132] 部分节气门操作

[0133] 在有节气门的内燃机的其他实施例中，内燃机有时可以在跳越点火型变排量模式中操作且节气门位置基本上小于大开度（即，在部分节气门处）。在这些实施例中，内燃机保持在连续变排量模式中，即使它没有优化工作循环。即，输送至每个气缸 / 工作腔的空气和燃料的量相对于优化的点火减少，虽然输送的燃料的实际量可以针对实际地输送至气缸的空气的量进行优化（例如以化学计算比例）。虽然在具有去优化工作循环的部分节气门下操作的内燃机的燃料效率通常不如它在节气门全开下好，部分节气门跳越点火操作模式在给定的内燃机速度 / 功率下通常仍然比内燃机的传统节流操作提供了更好的燃料效率，因为主动工作循环比每个气缸都被点火的工作循环更高效。

[0134] 该部分节气门跳越点火操作在多种应用中是有用的—包括其中需要相对低的功率输出的应用和 / 或在低内燃机速度下，作为实例，当内燃机空转、车辆制动时等等。显著地，部分节气门跳越点火操作趋于便于更平滑的内燃机操作和 / 或低内燃机速度下的控制。而且，部分节气门操作可以用于提供更好的内燃机制动、改进排放特性等等。在一些实现中，当内燃机在预定的操作状态中时，控制器可以布置成自动调节为更低的节气门设定同时继续在跳越点火型变排量模式中操作。例如，在制动期间和 / 或内燃机完全地预热之前，如果内燃机速度降低于指定阈值（例如，低于 2000RPM、1500RPM 等等），控制单元可以降低节气门设定。

[0135] 如果需要的话，可以应用多个不同的部分节气门设定以符合特定应用的需要。例如，一种实现可以应用四个不同的节气门状态。一个状态通常对应于节气门全开位置，第二状态对应于半节气门位置，第三状态对应于四分之一节气门位置并且第四状态对应于空转和 / 或制动节气门位置。用于触发操作状态之间的转换的条件可以依照特定应用的需要而广泛地改变。

[0136] 节气门位置不必在不同的部分节气门操作状态中完全地固定。次要考虑会影响在任意特定操作状态中任意特定时间使用的特定节气门设定。例如，用于空闲状态的实际节气门位置可以基于内燃机的冷热而有些改变。在另一个实例中，用于“节气门全开”状态的实际节气门位置可以改变以优化如上所述的燃料效率。当然，其他考虑也可以影响特定的节气门设定。

#### [0137] 变排量操作模式

[0138] 有时在内燃机操作期间，不希望在所述连续变排量操作模式中操作内燃机。在这种时候，内燃机可以按照它当今操作的同样的方式—即正常或传统操作模式—或以被认为是适当的任意其他方式操作。例如，当内燃机冷启动时，可能不希望立即在其最佳效率乃至部分节气门跳越点火方式中操作气缸中的任一个。另一个实例是当内燃机空转和 / 或内燃机速度很低并且内燃机上的载荷很低时。在这种状况下，可能不希望在其最佳效率乃至使用部分节气门跳越点火操作气缸，因为很难保证内燃机的平滑操作和 / 或控制振动。为了显示该问题，考虑在 600RPM 下空转且没有大的外载荷（例如车辆在空挡中）的 4 气缸内燃

机。在这种状态中,每分钟将出现总共 1200 次或每秒 20 次点火机会(即每个气缸 300 次点火机会)。然而,在空挡中,内燃机的载荷主要地是与保持曲轴转动相关的摩擦损失。该载荷可以足够低这样在时序优化的点火之间就将过去大于一秒钟。点火之间的这种延迟会导致许多内燃机中的粗暴操作和不希望的振动。类似地,当驾驶者正在制动并且在内燃机上的载荷非常低的其他情况下,可能不希望继续优化工作循环。

[0139] 为处理这些类型的情况,每当不希望跳越点火操作时,内燃机都可以在传统模式中运行。多种触发器可以用于确定何时适于在操作模式之间转换。例如,包含在此所述的优化控制的内燃机控制单元可以布置成在每次起动之后一或直至内燃机达到期望的操作温度以传统模式操作固定时间。类似地,每当内燃机在规定范围—例如内燃机空转或低于阈值内燃机速度(例如 1000 或 2000RPM)操作时—之外的速度下操作时,内燃机控制单元可以布置成以传统模式操作。虽然当内燃机在低内燃机速度下操作时最关注,如果需要或是适当的,变排量模式的优化控制也可以在高于指定阈值(例如在高于 6000RPM 处)的内燃机速度下解除。在高内燃机速度下或当最大内燃机输出是期望的时,可能会希望提供附加的功率。在另一个实例中,内燃机可以仅仅在特定范围的内燃机速度(例如 2000-4000RPM)内运行时在变排量模式中操作。在其他实例中,用于进入或离开变排量模式的触发阈值可以显示出滞后。例如,可能希望提供一个点火阈值(例如在 2500RPM 之上操作)以触发进入变排量模式并且提供第二阈值(例如在低于 2000RPM 下操作)用于离开变排量模式。阈值的交错有助于降低进出不同操作模式的频繁转换的可能性。

[0140] 在其他特定实例中,变排量模式可以被解除:(a) 当车辆制动时;(b) 如果在内燃机中检测到不希望的振动或其他感觉到的问题;(c) 当内燃机上的载荷低于指定阈值时;和/或(d) 当加速器踏板位置低于或高于指定阈值时。在其他实例中,当在时序点火之间的时间延迟大于指定时间段(例如,0.2 秒)或时序点火之间的间隙大于指定数目的点火机会时,变排量模式可以被解除。在其他实施例中,可能希望在模式之间的转换中提供一些滞后或延迟。例如,如果针对内燃机设定阈值在内燃机速度下降到低于 2000RPM 时从变排量模式转换为传统操作模式,可能也希望要求内燃机在作出模式转换之前在低于 2000RPM 下操作一些时间(例如至少 3 秒)。这种等待期有助于降低非常短暂事件例如换挡的齿轮将触发模式变化的可能性。

[0141] 应当理解,这些只是其中希望退出连续变排量模式的情况的实例并且还有保证脱离和/或可以用于启动脱离的触发器的多种其他情况。所述情况和触发器仅仅是可以单独地、以任意期望的组合使用或根本不是用的实例。内燃机控制单元、点火控制单元、点火控制器、协处理器和包含所述优化的其他配置的各种实施例可以布置成当认为是适当的时和/或当在连续变排量模式中的操作被认为是不适当时解除连续变排量模式。

#### [0142] 反馈控制

[0143] 在此处的讨论中,我们通常指的是控制内燃机以提供期望的输出。在简单的模拟求解法中,指示点火或驱动脉冲的反馈可以在通常恒定的水平(“高度”)下为对应于点火机会之间周期的时间段提供。应当理解,当提供该类型的反馈时,内燃机被控制以提供作为加速器踏板位置(或其他输入信号)的函数的期望输出并且踏板位置并不对应于固定的转矩或功率值。因此,内燃机在任意期望的输出级下输送的实际功率将是内燃机的当前操作状态和当前环境条件的函数,如同在大多数当前车辆控制系统中那样。更具体地,应当理

解,从每个工作腔室点火钟获得的驱动能量或功率的实际量将会作为多个变量的函数而改变。例如,在高地势和高 RPM 下操作的内燃机的优化点火可能会比在低 RPM 下的优化点火提供较少的功率。类似地,针对排放物考虑调节的优化的点火可能会比主要针对燃料效率调节的优化的点火提供略微不同的功率量。

[0144] 如上所述的控制器在任意情况下会更好工作并且趋于模仿可在许多当今的车辆中发现类型的响应。然而,由内燃机针对给定节气门位置输送的实际功率量可以作为环境和 / 或运行状况的函数而略微地改变。应当理解,可以很容易地设立控制器以在期望时提供不同的控制特性。例如,可以设立控制以处理期望的输出信号作为对来自内燃机的指定功率量输出的请求。在一个这种实施例中,气缸的每个点火可被简单地认为是提供指定量的功,并且反馈可以基于该概念。即,每个反馈点火机会向  $\Sigma - \Delta$  控制器输送相同量的负反馈。

[0145] 应当理解,在实际内燃机中,功量、功率和 / 或从特定气缸的点火实际获得的转矩并非始终是相同的。许多因子会影响从特定点火可用的热动力能量。这些因子包括导入气缸的空气质量、温度和压力、空气 / 燃料比和燃料的能含量、内燃机速度等等。在各种实施例中,反馈可以调节和 / 或前馈可以使用,这样控制器内使用的反馈可以更精确地反映从每次点火期望的功 (或转矩或功率) 的实际量。在特定实施例中,可以在内燃机的运行状况出现变化和 / 或适当信息可用时调节反馈以考虑点火之间的变化。点火之间的变化可能是由于:受控因子例如输送至气缸的燃料供给 (例如,稀薄、富和正常燃料供给之间的变化);内在因子例如会导致不同空气量导入不同气缸中的进气歧管浇口中的几何差异;操作因子例如当前内燃机速度、点火历史等等;和环境因子例如环境空气温度和压力等等。

[0146] 大多数现代汽车内燃机具有多种传感器,它们可用于内燃机控制单元,而内燃机控制单元可用于助于估算由任意特定点火获得的实际能量的量。作为实例,输入变量例如歧管压力 (MAP)、空气质量流量、空气供给温度、凸轮定时、内燃机速度 (RPM)、喷射定时、火花定时、排气氧含量、排气背压 (尤其在涡轮增压内燃机中)、废气再循环和在特定内燃机中可用的任意其他输入都可以用于助于估算从当前点火期望的有效功的量并且适当地调节到控制电路的反馈。因此,向控制器提供的反馈可以布置成单独或组合地作为这些因子的函数而改变。虽然反馈的这种微调在一些应用中是希望的,但是应当理解,它并非在所有应用中是必要的。

[0147] 实际上,从任意特定点火获得的实际功可以基于在特定内燃机中可用的有限数目的输入 (例如,仅仅提供了燃料的量、仅仅提供了空气和燃料的量和内燃机速度等等) 进行估算。当然,也可以使用估算输出的其他方法。这些估算可以在操作期间动态地计算,提供在查找表格由控制器可访问或使用多种其他方法确定。

[0148] 另外,如果内燃机开始在其中内燃机输出的功率或转矩开始稳定或减少的范围内操作,驱动脉冲发生器可以设计成适当地识别操作状态和响应。在一些实施例中,这可以通过简单地解除连续变排量模式并且使用传统控制操作而实现。在一些其他实施例中,驱动脉冲发生器可以适于相应地调节输出的驱动脉冲。当然,多种其他方法也可以用于处理这些情况。在其中形成部分驱动脉冲 / 节气门点火的情况下,可以缩放反馈以更精确地反映由减少的燃料点火生成的减少的能量。

[0149] 在设计成处理输入信号作为期望的功率输出的示值的控制器中,与每个点火相关

的反馈的量可以缩放以反映从每次点火获得的能量的量。在从几个位置（作为实例，显示在图 3 中）获取反馈的控制器中，来自每个来源的反馈以适当的比例缩放这样总反馈就会相对精确地反映由特定点火提供的功率。应当指出，在数字系统中，所提供的反馈的量可以适当地设定以反映从特定点火期望的功率。在模拟的  $\Sigma - \Delta$  系统中，反馈脉冲的“宽度”指示内燃机速度并且反馈脉冲的“高度”被缩放这样反馈的总量对应于从相关的点火获得的能量。

[0150] 在如上所述的大多数实施例中，可以预期来自驱动系统的反馈（例如由同步器 222 输出的驱动脉冲模式 110；和 / 或实际点火的点火模式 120）基于外在的反馈信号。然而，应当理解，在一些实施例中，所需信息可以从对控制器可用的其他信号中得到。例如，工作腔室的每次实际点火将对内燃机速度具有一些影响（即它将提高内燃机速度）。该改变在其对从动的机械系统方面非常小——但是这种改变可以使用现代电子信号处理技术可以很容易地检测出来。因此，如果需要并且测速信号足够精确的话，如果需要的话，可以从测速（内燃机速度）信号得到实际的点火模式反馈。一般而言，反馈可以从对具有指示嵌入其中的点火模式的信息的控制器可用的任意信号源获得。

[0151] 接下来参见图 18，将描述本发明的另一个实施例，该实施例在点火模式的确定中使用了反馈和前馈。在本实施例中，控制器 600 布置成补偿由每次点火提供的驱动能量中的变化。该图除点火可以由任意一种所述内燃机控制器控制之外还显示了一些其他的内燃机控制。在所示实施例中，加速器踏板位置的示值被供应给布置成预处理踏板位置信号的预处理器 181。如此前讨论的那样，踏板位置信号被处理为内燃机的期望输出的示值。下面在标记为预处理器阶段的部分中更详细地描述了预处理器 181 的目的。预处理的踏板信号供给至乘法器 601，乘法器 601 使用适当的因子乘以踏板信号以补偿由点火提供的驱动能量中的变化。这是使用前馈针对操作期间发生的变化调节控制器的一个实例。因子处理的期望输出信号提供给生成驱动脉冲信号 110 的驱动脉冲发生器 104。驱动脉冲信号 110 供给至如此前所述确定实际点火模式 120 的序列发生器 108。点火模式 120 被用于控制内燃机 604 的气缸点火。

[0152] 内燃机控制器 600 还布置成控制其他内燃机变量例如节气门位置、火花定时和喷射器。在所示实施例中，内燃机控制块 620 布置成指示部件控制器以便于内燃机的高效或优化操作的方式控制其相关联部件。内燃机控制块 620 布置成针对多种可控部件中的任何一种确定期望的设定从而允许内燃机有效地操作。通常，可以在适当的查找表格中找到适当的设定。然而，在期望时，可以基于当前操作和 / 或环境条件动态地计算适当的设定。

[0153] 在所示实施例中，内燃机控制块 620 包括节气门控制器 621、火花定时控制器 624 和喷射控制器 627。在其他实施例中，内燃机控制块可以包括适于控制特定内燃机或车辆的其他可控部件的附加设备驱动器。一个这种实例是用于控制自动变速器的变速器控制器。在其他实施例中，存量 ECU 可以用于处理内燃机控制块的这些函数。

[0154] 内燃机控制块 620 接收多个传感器输入，所属输入包括当前内燃机速度 (RPM)、进气歧管压力 (MAP)、车轮速度、可用环境传感器等等。内燃机控制块 620 还具有一系列查找表格，且查找表格存储期望的设定以基于当前状况提供期望的（例如优化的）点火。在简单的系统中，这些变量可以包括期望的燃料输送、火花定时和歧管压力。表格可以使基于因子例如内燃机的旋转速度、当前环境条件和 / 或其他方面的内燃机的操作状态的多维图。

特定控制器然后控制它们的相关联的部件以获得期望的点火。应当理解,现有的内燃机控制器技术非常好地适于处理这些部件的控制并且因此,这种功能可以很容易地包含到内燃机控制块中。这些控制器也可以改变实际设定(例如燃料输送)中的一些以适应其他关心例如排放控制等等。应当理解,在各种部件控制器中使用的特定控制图、算法和优先考虑也可以很大程度地改变以符合任意特定应用的需要。例如,如上文所述,在一些情况下,可能希望保持相对恒定的歧管压力。针对特定运行状况的期望的歧管压力可以作为查找表格的一部分存储在喷射图中。该信息可以传递给接收适当的可用传感器输出一例如当前歧管压力、当前内燃机速度(例如 RPM)等等的节气门控制器。基于这些输入,节气门控制器可以布置成以提供期望的歧管压力的方式控制节气门。

[0155] 基于设定和内燃机的当前运行状况,内燃机控制块 620 也可以确定相对于额定驱动能量标准点火所提供的驱动能量的数量。然后可以计算适当的乘数因子以提供给乘法器 601 以补偿点火的期望的驱动能量和点火的额定驱动能量之差。例如,如果期望从点火中获得的驱动能量是额定驱动能量的 95%,乘法器可以布置成使踏板输入乘以 95%的倒数。在优化点火期间乘法器以该方式的使用会导致控制器有效地处理加速器踏板位置为期望功率的请求。

[0156] 如上文所述,有时希望在部分节气门下操作同时保持在跳越点火变排量模式中。乘法器也可以用于便于这种部分节气门操作。例如,如果决定利用一半能量点火,内燃机控制块 620 可以适当地设定节气门和燃料输送,这样每次点火就提供了近似一半的驱动能量。同时,提供给乘法器的乘数可以设定为“2”。这有效地告诉驱动脉冲发生器 104 需要多达两倍的点火来提供期望的输出。显而易见,乘法器可以按该方式使用以便于在实际上任意期望级别的部分节气门下的操作。

[0157] 应当理解,图 18 中显示的内燃机控制器体系结构仅仅是一个适当的实现并且内燃机控制器的体系结构可以很大程度地改变以执行期望的功能并且适当地指示可控内燃机部件。还应该理解,在任意给定的实现中,所述乘法器可以用于便于基于期望功率的控制和部分节气门操作—或者这些功能之一。

[0158] 在一些实现中,会希望利用操作的所述跳越点火方式并连同巡航控制。通常同样点火控制单元可以如此前所述与巡航控制连同使用,且巡航控制器正如今巡航控制器工作那样提供输入信号 113。

[0159] 在另外一个实施例中,巡航控制功能甚至可以创建到驱动脉冲发生器中,虽然输入信号 113 的解释和到控制器的反馈需要适当地改变。通常,巡航控制试图保持恒定的车辆速度,这与恒定的功率输出相反。为了充当巡航控制器,期望速度的示值可以代替加速器踏板位置的示值用作输入信号 113。期望的速度输入信号可以直接或间接地来自巡航控制单元或任意其他适当的来源。在这种实现中,提供给驱动脉冲发生器的反馈指示车辆的当前速度,这与特定点火相反。该示值可以来自任意适当的来源,作为实例,可以来自一个或多个车轮速度传感器、速度计或其他适当的来源。当车辆从巡航控制中转换出来时,输入信号和反馈可以回转回分别适当地指示点火的期望的输出信号和反馈。或者,如果当车辆转换出巡航控制时出现的状况不适合跳越点火操作,车辆可以转换到其中所有气缸在所有时间点火的传统操作模式。

[0160] 在此处的说明中,描述了许多不同的反馈和前馈方法。这些方法中的任一种可以

在特定应用中适当地工作。所用方法的选择将对内燃机的性能和效率产生影响并且特定反馈方法的选择可以基于内燃机的期望的性能特性。

[0161] 改进当前的内燃机

[0162] 在当前商业上可用的变排量内燃机中,所选的气缸被停止—通常在成组地—并且在它们的正常操作模式中使用剩余的气缸。因为当一些气缸被停止时较少的气缸在工作,所以剩余的气缸会在比它们在所有气缸操作时更高效的情况下操作。然而,它们仍然不会在它们的最佳效率下操作。

[0163] 当传统变排量内燃机的所选气缸停止时,与这些气缸相关的气门通常会闭合并且在内燃机的操作中保持闭合。在不具有电子气门的内燃机中,这需要更复杂的机械结构和一些协作努力以可选地使气门脱离凸轮轴。因此,商业上可用的变排量内燃机并没有设计成在不同的排量之间迅速地前后改变。

[0164] 在传统的商业上可用的变排量内燃机中气门在停止的气缸中保持闭合的一个原因是助于减少固有地发生在停止的气缸中的泵送损失,如果跳越的气缸的气门在它们的正常时间打开和闭合的话。如果当在所述连续变排量模式中操作时气门在它们的正常时间打开和闭合,将会发生相同类型的泵送损失。因此,当用于对气门的打开和闭合具有选择性控制的内燃机中时,可能会希望闭合跳越的气缸的进气门和排气门。然而,燃料和内燃机的热效率将会实质地提高,即使跳越气缸的气门在它们的正常次数被打开和闭合。

[0165] 闭合与停止气缸相关的气门的需要的感觉可以导致将现有的定排量内燃机转变为变排量内燃机是不切实际的印象。本发明的一个非常显著的优点是适当的控制器可以很容易地安装在许多现有的内燃机上以改进现有的内燃机以显著地提高它们的燃料效率。即使不可能或不实际闭合跳越气缸的气门—这将是大多数现有内燃机中的情形,也会如此。改进可以实现为:通过替换内燃机控制单元(通常也被称作内燃机控制模块)为包含本发明的控制的改进的内燃机控制单元;或连接包含本发明的控制的点火控制协处理器或协处理单元与现有的内燃机控制单元;或通过将所述控制合并到现有的内燃机控制单元中。

[0166] 在传统变排量内燃机中与停止的气缸相关的气门保持在关闭位置的另一个原因是确保排放控制单元不会由于如果与非燃烧的跳越气缸相关的气门正常地打开和闭合而出现在废气中的很大的氧气而改变内燃机的操作。特别地,如果空气抽吸到气缸中并且在从气缸排出之前未燃烧,与如果燃料已经喷射到气缸中并且燃烧(这将具有消耗出现的大部分氧气的效果)中相比,排气就会显著地具有更多氧气。许多内燃机有废气氧传感器以检测在废气流中出现的氧气的量。氧传感器向排放控制单元提供信息,而排放控制单元利用该信息以助于管理内燃机操作以确保废气排放减小到最低并且遵守环境法规。如果允许跳越的气缸的气门在以连续变排量模式中操作时以传统方式打开和闭合,那么废气就会比控制单元期望的排放物具有多得多的氧气。因此,当具有废气氧传感器的内燃机以允许跳越的气缸的气门以正常方式打开和闭合的方式运行时,通常希望调节或不考虑氧传感器信号,或调节基于废气中氧气的水平的任意控制以考虑预料在排气中的额外的氧气。在其他应用中,可能希望或需要替换氧传感器为与内燃机控制单元或点火控制协处理器共同工作的宽带  $\lambda$  传感器。此外,如此前提到的那样,有时会希望以每次点火优化提供的燃料量和/或周期性地提供部分或富燃料供送以确保废气排放适于催化转化器的良好的操作。

[0167] 在改进当前内燃机时希望考虑的另一个因素是设法保证操作内燃机的“感觉”(例

如,驾驶包括受控内燃机的车辆)在作出改进之后不会过于明显地改变。即,希望内燃机的感觉在作出改进前后是相似的。一种助于实现这一点的一种方式是什么时候感觉到操作内燃机的感觉可能会显著改变时就将内燃机从连续变排量模式转换为调节节气门并且不会跳越气缸的“正常”操作模式。在其他实现中,变排量模式中的控制可以在特定情况下改变以提供近似于在正常操作期间经历感觉的感觉。

[0168] 作为实例,许多车辆(包括卡车、小汽车等等)在释放加速器踏板时会经历显著的“内燃机制动”。在连续变排量模式中,节气门通常保持在有些靠近大开处以允许大量的空气供给工作腔室并且因此便于优化内燃机的热力效率。然而,当节气门为大开时,内燃机经受的泵送损失会降低并且因此,使用者可以感觉到的内燃机制动的量会降低显著的数量。在一些情况下,可能希望尝试更紧密地模拟在预改进操作期间察觉到的内燃机制动感。同样,这可以通过无论何时加速器踏板被释放或施加制动就将内燃机从连续变量操作模式转换为正常操作模式来实现。或者,节气门可以部分地或完全地闭合(例如,靠近它在正常操作期间被关闭的程度),而仍然在连续变排量模式中跳越所选点火。如果这种方法被用于便于内燃机制动,则导入点火的工作腔室中的燃料量将会被调节以对应于由于节气门的闭合或部分闭合而提供给气缸的减少量的空气。

[0169] 虽然结合改进现有内燃机的讨论讨论了内燃机制动的概念,但是应当理解,针对特定内燃机的设计目标可能比设置有全开节气门(甚至在新的内燃机中)需要更有效的内燃机制动。因此,点火控制单元 100 可以布置成调节节气门位置以提供期望的内燃机制动,如果希望的话。或者或此外,在便于气门的打开和闭合的选择性控制的内燃机(例如具有电子气门的内燃机)中,调制跳越的气缸的气门的打开和/或闭合以提供增强的内燃机制动是可能的。

[0170] 应当理解,内燃机制动只是在变排量模式中的操作期间希望重复的内燃机的“正常”感觉的一个方面。点火控制单元 100 可以设计成同样重复内燃机操作感觉的其他期望的方面。

#### [0171] 排气和排放系统

[0172] 熟悉车辆内燃机设计的技术人员可以理解,许多现有内燃机的排气系统可以适应废气的期望的化学和温度。当在连续变排量模式中操作而允许以传统的方式打开和闭合跳越的气缸的气门时,空气可以有效地泵送通过未燃烧的气缸。这导致在跳越点火操作下输出的废气与内燃机的正常操作期间期望的废气具有非常不同的图形。最显著地,当空气泵送通过未燃烧的气缸时,废气将比内燃机的正常操作期间出现的具有更多的氧气(并且通常是多得多的氧气)。泵送通过跳越的气缸的未燃烧的空气还比从点火的气缸排出的废气冷得多。许多传统排放系统不能处理当空气泵送通过未燃烧的气缸时固有的冷或过量的氧气。因此,在许多应用(并且尤其是在泵送空气通过未燃烧的气缸的应用)中,确保排气和排放系统能够处理使用跳越点火方法输出的废气十分重要。

[0173] 该问题的实质在需要符合高排放标准并且设计成节流输送至工作腔室的空气从而调节功率(例如,大多数非狄赛尔汽车内燃机)的内燃机中尤其尖锐。这种内燃机中利用的排气系统通常具有催化转化器,催化转化器并未设计成处理当空气泵送通过跳越的气缸时固有地出现的大量氧气或相对冷的空气。

[0174] 不同于大多数奥托循环内燃机,大多数商业上可用的柴油机会未节流地运行并且

调节输送至气缸的燃料量从而控制内燃机输出。同样地,柴油机倾向于在废气中具有大范围地改变量的氧气。因此,柴油机中的排气系统通常布置成比许多奥托循环内燃机中使用的排气系统处理更宽种类的排气化学。作为实例,一些汽车柴油机使用洗涤系统来清洁废气。这种洗涤系统很好地适于处理具有当空气泵送通过跳越的气缸时固有的富氧脉冲和改变的温度的废气。当然,也可以使用多种其他排放系统,只有它们能够处理在跳越点火操作期间输出的废气数据图即可。

[0175] 在设计新的内燃机时,排气和排放系统可以很容易地设计以符合任意特定设计的需要。然而,当改进现有的内燃机以在所述变排量模式中运行时,通常也需要考虑排放和排气问题。如果内燃机能够闭合未燃烧气缸的气门,则现有的排气和排放系统通常可以处理在变排量模式中的操作期间生成的排气。排气数据图的任意所需微调通常可以由燃料处理器或内燃机控制器中的固件或软件适当地设定和 / 或有时候改变如上所述点火机会期间输送的燃料的供送来实现。

[0176] 许多现有的内燃机并不具有复杂的排放系统并且因此当空气泵送通过未用的气缸时它们的现有排气系统就不会被出现在排气流中的过量氧气不利地影响。在这些内燃机中,排放通常可以由变排量模式中的操作改进,因为内燃机会使用更一致燃烧室状况更有效地操作,这样燃料供送就可以很容易地适应以提供更好的排放数据图。

[0177] 许多其他现有的内燃机应用不能处理泵送通过未燃烧系统的过量氧气的排放系统。在这种内燃机中,可能需要修改排气和 / 或排放系统,这样它们能够处理流经排气的过量氧气和相对冷的空气的脉冲。在一些应用中,这可以需要替换排气和排放系统为能够处理排气流系统。

[0178] 在其他实施例中,可能希望有效地提供两个平行的排气路径。一个用于从点火的工作腔室排出的废气并且另一个用于泵送通过未燃烧气缸的空气。这在理论上可以如下实现:通过在排气路径(例如在排气歧管)中插入可以在两个位置—指引废气到正常排气和排放系统的第一位置和指引废气到对正常排放设备设置旁路的可选排气路径的第二位置之间转换的流导向器,但是具有处理泵送通过未燃烧气缸的空气所需的任意排放设备。使用该配置,燃料处理器可以控制排气流导向器(未显示)在位置之前前后转换以指引废气进入适当的路径。应当理解,这种控制非常易于实现,因为燃料处理器知道每次点火发生的时间和点火之间的延迟并且到达流导向器的相应的废气可以基于内燃机的几何尺寸和当前旋转速度相对容易地确定。

[0179] 在其他实现中,一个或多个高速阀可以在理论上插入进气歧管(或吸入空气流程中的另一个适当位置)中并且被控制以阻止空气输送至跳越的气缸(即,在空气到达气缸的进气门之前)。这将充分地减少或消除空气泵送通过未燃烧的气缸并且将消除改变现有的排气和 / 或排放系统的相应需要。当然,在其他实施例中,可以对内燃机做出其他适当修改以确保(1) 空气没有泵送通过未用气缸;或(2) 排气和排放系统可以处理泵送通过未用气缸的所有空气。

[0180] 壁润湿问题

[0181] 存在多种不同的用于传统内燃机中的燃料喷射方案图。一个常见技术—被称作气口喷射—设想将燃料喷射到燃料进气歧管中的进气口中。然后在空气 / 燃料混合物由气缸的进气门打开而导入气缸之前,燃料与进气歧管中的空气混合。在大多数气口喷射系统中,

做出相当多的努力以优化燃料喷射特性（包括喷射器瞄准、喷射定时、喷射喷雾包络和喷射燃料液滴尺寸）从而减少内燃机排放、提高性能和 / 或改进燃料经济性。然而，在跳越点火方式中运行这种内燃机时，可能会希望不同的喷射特性。

[0182] 气口喷射系统的一个已知问题被称作壁润湿。特别地，当燃料喷射到进气歧管中并且一些量的燃料撞击到进气歧管的壁伤因此导致在进气歧管壁上形成燃料薄膜时，就会发生壁润湿。覆盖歧管的壁的燃料的量基于多种因素改变，这些因素包括：(a) 包括来自喷射器的燃料喷雾相对于进气门的方向的喷射器瞄准；(b) 包括来自喷射器的燃料喷雾的宽度的喷射喷雾包络；(c) 燃料液滴尺寸；(d) 涉及相对于气门被打开和闭合的时间的用于喷射燃料的开始和结束时间的喷射定时。（注意，如果在进气门闭合之后继续喷射，燃料将撞击在闭合的气门上并且喷射回到进气歧管的壁上）。

[0183] 当在其中空气被泵送通过未点燃的气缸的跳越点火方式中运行内燃机时，壁润湿具有几个独特的含义。最显著地，如果邻近特定气缸的进气歧管的壁在特定气缸被点火之后覆盖燃料并且该气缸在其下一个点火机会期间未被点火，那么经过进气歧管的润湿部分的空气通常会蒸发润湿气缸壁的燃料薄膜中的一些。润湿进气歧管壁的燃料的这种蒸发具有几个潜在效果。一个潜在效果是蒸发的燃料可以泵送通过未燃烧的气缸并且离开排气。这会增大排气中碳氢化合物的水平并且降低燃料效率。当未燃烧的碳氢化合物出现在排气中时，可能会被催化转化器消耗。随着时间的过去，排气中的过多碳氢化合物会降低催化转化器的寿命。壁润湿蒸发的另一个效果是下一次跳越的气缸被点火时，较少的燃料对气缸可用，因为一些打算用于气缸的燃料会有效地“再润湿”进气歧管的壁。

[0184] 为了降低壁润湿损失的影响，可能会希望改变喷射数据图为对壁润湿较不敏感的数据图—例如，通过改变喷射定时或喷射的其他特性。还会希望调节在任意特定气缸点火中输送的燃料的量以补偿期望在跳越的气缸被点火之后发生的蒸发润湿壁损失。当然，适于任意给定点火的附加燃料的实际量（数量）将会随内燃机的操作状态而很大程度地改变并且可以使用任意适当的补偿。

[0185] 熟悉壁润湿的技术人员可以理解，在一些现有的内燃机设计中，出现在进气歧管壁上的燃料的量几乎与在任意一次气缸点火期间喷射的燃料的量一样多或者甚至潜在地更多。如果在几个跳越循环之后喷射正常的燃料供送，就存在几乎所有喷射的燃料会“再润湿”进气歧管的壁的风险并且气缸可能不会接收到足够的燃料以适当地点火，而这是不希望的。应当理解，尤其地希望调节在这些类型的情况下喷射的燃料的数量。

[0186] 在一些上面讨论的实施例，气缸的点火被有效地随机化。在具有对壁润湿或相似类型的损失敏感的燃料输送技术的内燃机中，气缸点火的这种随机化由于壁润湿损失而固有地经历燃料效率中的一些下降。因此，当适当时，可能会希望以支持最近使用的气缸的方式对点火排序。这可以使用序列发生器中适当的气缸点火优先算法很容易地实现。

[0187] 作为实例，设计用于多缸内燃机中的简单序列发生器可以被编程以仅仅点燃在其前一个点火机会期间点火的气缸，除非多于指定书目的请求点火（例如，一个或两个以上的请求点火）在序列发生器中排队。或者，序列发生器可以被编程以延迟请求的点火直至指定数目的点火机会（例如直至 2 或 3 次点火机会），如果可以通过点燃前一轮点燃的气缸满足的话。这些实施例仅仅旨在作为可能进入排序逻辑的开发的考虑类型的实例。应当理解，适当的逻辑可以在不同内燃机之间并且给予不同的设计优先权而显著地改变。当然，显

著地更复杂的逻辑可以并且通常包含到排序算法中。作为一般规律,在试图减少壁润湿损失的实施例中,希望以保证点火的实际点火的大部分发生在它们的上一个工作循环期间点火的工作腔室中的方式来设计序列发生器。作为实例,会希望保证至少 75% 的点火发生在他们的前一个工作循环期间点火的工作腔室中,即使是在小于 50% 的工作腔室实际上被点火时。

[0188] 现在将描述降低壁润湿损失和相应的排放增多的另一种点火控制方法。在本实施例中,代替随机化所有气缸,仅仅一个气缸(或气缸的子集)在任意给定时间被随机化。其他气缸在所有的时间被点火或者都不被点火。出于说明的目的,考虑其中六气缸内燃机被操作的情景,其中操作方式为需要在优化效率(即在它们的最大压缩和优化的空气/燃料比下)操作的二又二分之一( $2\frac{1}{2}$ )气缸的输出。在理论上,可以通过在所有时间内气缸中的两个点火和在一半时间内对第三个气缸点火而输送适当量的功率。如果需要相对适度量的附加的功率,那么第三气缸可以被控制以在更高百分比的时间内点火以提高内燃机的功率输出以符合需要。如果需要较小的功率,那么第三气缸可以在较低百分比的时间内被点火以符合内燃机减少的功率要求。如果做出高于三个气缸在所有时间都点火所能输送的更高功率的请求,那么三个气缸可以在所有时间内都点火并且另一个气缸(例如,第四气缸)可以被控制以输送所需的附加的功率。如果需要更多功率,则可以向点火组的气缸中添加附加的气缸。当需要更低功率时,可以从点火气缸组中除去气缸。进行排序的该方法在此通常被称为单气缸调制跳越点火方法。

[0189] 单气缸调制跳越点火方法的一个优点是它趋于显著地减少特定类型的内燃机(例如气口喷射内燃机)中发生的壁润湿损失和燃料效率中相应的降低和增加的排放问题。一个侧面效应是单气缸调制跳越点火方法趋于具有好的振动特性(即,它趋于比许多其他点火模式生成更小的振动)。据信这是由于点火模式中变化的频率降低(例如减少等于内燃机具有的气缸数目的因子)。

[0190] 所述单气缸调制跳越点火方法可以使用多种不同配置实现。例如,如上所述的序列发生器 108 可以很容易地配置成提供这种点火模式。当使用依照其他所述实施例中的任一个时,单气缸调制跳越点火方法可以算法地或在序列发生器内的逻辑中实现。或者,可以使用包含仅仅控制可用气缸的子集的点火的专用驱动脉冲发生器的另一种控制体系结构。作为实例,下面参照图 12 描述了尤其适于提供单气缸调制跳越点火的可选控制器体系结构。

[0191] 熟悉壁润湿问题的技术人员可以理解,直接喷射式内燃机趋于避免气口喷射内燃机经历的大多数壁润湿问题(虽然即使直接喷射式内燃机可以经历燃料的小薄膜在气缸壁上的形成)。因此,与气口喷射内燃机相比,所述跳越点火变排量内燃机的一些优点对于直接喷射式内燃机更显著。然而,通过对壁润湿问题的良好管理,气口喷射系统可以获得接近对直接喷射系统可用效率的效率。

[0192] 燃料控制处理器

[0193] 所述控制可以使用多种不同方式实现。它可以使用数字逻辑、模拟逻辑、算法地或以任意其他适当的方式实现。在一些实施例中,连续地可变控制逻辑将建立到内燃机控制单元(ECU-有时也被称为 ECM-内燃机控制模块)中。在其他实施例中,连续变排量模式控制逻辑可以建立到布置成与现有的内燃机控制单元一起工作的点火控制协处理器或协处

理单元中。

[0194] 预期随着技术发展,连续变排量模式控制逻辑将集成到设置有新的车辆或内燃机的内燃机控制单元中。这是尤其有益的,因为它允许 ECU 很容易地利用可用内燃机的所有特性以使用连续变排量模式提高内燃机性能。

[0195] 包含连续变排量模式的新的 ECU 也可以针对当今在路上行驶的车辆(并且用于其他现有的内燃机和/或内燃机设计)开发。当开发了这种 ECU 时,可以通过替换现有的 ECU 为包含变排量模式的改进的 ECU 而很容易地改进现有的内燃机。

[0196] 可替换的是,熟悉当前汽车内燃机控制设计的技术人员可以理解—最新样式汽车中的内燃机控制单元布置成第三方设备可以与内燃机控制单元相互作用。通常至少部分地提供了这些接口以便于内燃机诊断—然而,多种第三方产品例如涡轮增压器、增压器等等包括已经设计成利用这种接口以与内燃机合作而不使制造商的保证无效的控制协处理器。可以有利地利用这些接口以允许包含连续地可变控制逻辑的低成本点火控制协处理器作为改进安装以极大地改进当今在路上行驶的汽车燃料效率。

[0197] 点火控制协处理器

[0198] 接下来参见图 6,下面将描述包括依照本发明的一个实施例的点火控制协处理器(有时被称作燃料协处理器)的内燃机控制体系结构。内燃机控制系统 300 包括传统内燃机控制单元 (ECU) 305 和包含例如图 2 中所示逻辑的连续变排量模式控制逻辑的点火控制协处理器 320。该设计尤其好地适于改进现有的内燃机以包含所述连续变排量操作模式。

[0199] 本领域的技术人员可以理解,现有 ECU 和它们的各自的接口的设计可以显著地改变并且因此,点火控制协处理器必需被改动和设计成与针对内燃机提供的特定 ECU 合作。概念地,ECU 通常包括输入电缆 325 和输出电缆 327,其中输入电缆 325 具有多根输送 ECU 需要的信号和传感器输入的输入线,并且输出电缆 327 包括多根输送控制和忧 ECU 提供给其他设备的其他输出的输出线。实际上,输入和输出电缆可以集成到单个电缆束或混合输入和输出线的多个束中,和/或可以包括一些双向 I/O 线。

[0200] 最新样式的汽车内燃机控制单元 (ECU) 具有允许第三方设备与 ECU 相互作用的外部接口。通常,该接口采取诊断接口的形式。图 6 中所示的实施例中的 ECU 300 包括外部诊断接口 310 并且点火控制协处理器 320 通过诊断接口与 ECU 连通。特别地,ECU 总线电缆 331 连接点火控制协处理器 320 至诊断接口 310。输入电缆 325 连接至输送输入信号至 ECU 305 和点火控制协处理器 320 的分路器 333。因此,协处理器使所有对它可用的信息对 ECU 可用。当在连续变排量模式中操作时,点火控制协处理器通过 ECU 总线电缆 331 与 ECU 连通并且无视由 ECU 计算的节气门和燃料喷射水平指令并且命令由点火控制协处理器确定为适当的点火和节气门位置。协处理器还适当地无视其他输入(例如氧传感器输入)以确保内燃机的系统的剩余部分正确地运行。

[0201] 图 11 中显示了另一个点火控制协处理器实施例。在所示实施例中,内燃机控制系统 300(a) 包括传统内燃机控制单元 (ECU) 305、包含连续变排量模式控制逻辑的点火控制协处理器 320(a) 和多路转换器 342。在本实施例中,点火控制协处理器 320(a)(除了 ECU 305 之外)包括一组喷射器驱动器(每个驱动器均用于燃料喷射器中的每一个),这样点火控制协处理器自身就可以驱动燃料喷射器。在该配置中,ECU 305 和点火控制协处理器 320(a) 平行操作,且每个均从输入电缆 325 接收输入并且两者都确定适当的内燃机控制,

且内燃机控制被供给至多路转换器 342。当内燃机在连续变排量模式中操作时,多路转换器 342 被指示以仅仅向燃料喷射器(和由点火控制协处理器控制的任意其他部件)输送由点火控制协处理器 320(a) 接收的信号。无论何时内燃机离开变排量模式,多路转换器 342 被指示以仅仅向燃料喷射器(和其他部件)输送从 ECU 接收的信号。在正常和变排量操作模式中由 ECU 控制的所有部件都始终由 ECU 直接地控制。

[0202] 应当理解,燃料喷射器驱动器的生产相对昂贵,部分地是因为它们(在内燃机控制器的情况下)是相对高功率的设备。因此,在喷射器驱动器之前的所述多路转换是希望的特征。事实上,尤其希望在逻辑级上(即在涉及高压或高功率信号之前)多路复用。

[0203] 在图 11 的实施例中,点火控制协处理器 320(a) 通过 ECU 总线电缆 331 穿过诊断接口 310 与 ECU 连通并且布置成无视当内燃机在变排量模式中操作时需要被校正的所有输入信号(例如氧传感器信号)。

[0204] 接下来参见图 15,将要描述包括依照本发明的另外一个实施例的点火控制协处理器的内燃机控制体系结构。如在先前实施例中那样,传感器和其他预定用于 ECU 305 的输入由分路器 337 分离并且同时提供给燃料协处理器 449。然后来自 ECU 305 和燃料协处理器 449 的输出控制信号提供给多路转换器 454。

[0205] 在一个实施例中,燃料协处理器 449 包括燃料模式控制模块 450。燃料模式控制模块 450 确定内燃机是否应该在连续变排量(跳越点火)模式中操作。燃料模式控制模块 450 的输出可以是控制多路转换器 454 的选择线 452。

[0206] 在参照图 15 描述的实施例中,多路转换器 454 是在逻辑级实现的。即,低压数字信号线从 ECU 和燃料协处理器 449 直接地提供给多路转换器 454。选择线 452 控制允许哪组输出信号由多路转换器 454 通过。这种数字逻辑线的电压通常低于 6V。

[0207] 将由多路转换器 454 多路转换的信号的数量可以依照实现而改变。在图 15 中所示的实例中,仅仅显示了用于火花和燃料喷射的输出,并且这些线的数量还将依照特定内燃机的气缸数目而改变。选择线 452 的宽度将取决于被多路转换的控制逻辑线的数量。

[0208] 多路转换器 454 的输出提供给火花塞驱动器 460 和燃料喷射器驱动器 456。火花塞驱动器 460 不需要知道它们的输入控制信号是否源于燃料协处理器 449 或存量 ECU 305。火花塞驱动器 460 将使用输入控制信号并且对将被点火的火花塞生成适当的电脉冲。类似地,燃料喷射器驱动器 456 不需要知道它们的输入控制信号是否源于燃料协处理器 449 或存量 ECU 305。燃料喷射器驱动器 456 将使用输入控制信号并且生成适当的电脉冲以操作将被使用的一或多个喷射器。

[0209] 燃料协处理器 449 的另一种配置显示在图 16 中并且现在将参见该图进行描述。在本实施例中,燃料协处理器 449 和 ECU 305 的输出信号首先提供给由这些信号控制的驱动器。例如,来自 ECU 305 的燃料喷射控制信号提供给燃料喷射驱动器 470,而来自燃料协处理器 449 的燃料喷射控制信号提供给燃料喷射驱动器 472。类似地,来自 ECU 305 的火花塞控制信号提供给火花塞驱动器 476,而来自燃料协处理器 449 的火花塞控制信号提供给火花塞驱动器 478。

[0210] 然后更高压的驱动器控制信号提供给多路转换器 474,而多路转换器 474 由燃料模式控制模块 450 使用选择线 452 控制,如上所述。

[0211] 图 17 显示了实例燃料协处理器 449 的一些可能的输入和输出信号。一些输入信

号仅仅用在跳越点火的点火模式的确定中,一些输入信号仅仅用于确定是否在连续变排量模式中操作(例如由燃料模式控制模块 450),并且一些输入信号可以用于这两种目的。其他输入信号可以提供给燃料协处理器 449 以在输送至内燃机控制单元之前被调节或无视。

[0212] 上面已经讨论了加速器作为燃料协处理器 449 的驱动脉冲发生器的输入的使用。加速器输入信号可以提供为踏板、杆或其他加速器位置传感器。在一些应用中,加速器可以被通称作节气门,但是实际的节气门位置传感器是向燃料协处理器 449 的单独的输入。

[0213] 一些用于燃料协处理器 449 的其他输入包括一个或多个  $\lambda$  传感器—也被称作氧或  $O_2$  传感器—曲轴和凸轮轴角度传感器、冷却剂、近期和废气温度传感器、检测蝶形阀位置的节气门位置传感器、空气质量流量传感器和进气和排气歧管压力传感器。附加的输入信号可以包括离合、制动、和巡航控制传感器。离合和制动传感器通常为这些车辆控制报告二进制状态(啮合/脱离)。通常,这些传感器中的大多数输出表示随着时间而检测的参数的模拟信号,但是大多数传感器的数字实现是可能的。

[0214] 在一个实施例中,燃料协处理器 449 向燃料喷射驱动器和火花塞驱动器输出控制信号。连续变排量模式是使用这些控制信号来在工作循环上由工作循环基础识别哪些喷射器和火花塞将被驱动而实现的。

[0215] 燃料协处理器 449 的其他输出可以包括重复和重写的传感器信号。例如,输入传感器信号可能需要提供给 ECU 305,如果燃料协处理器 449 与 ECU 305 串连的话。另外,如上文所述,一些传感器读数可能需要被重写—或欺骗—在将它们提供给 ECU 305 从而保持 ECU 305 响应由燃料协处理器 449 有意地生成的情况之前。

[0216] 燃料协处理器 449 的另一个输出是指示是否在连续变排量模式中操作的燃料模式控制信号。如图 15 和 16 中所示,该信号可以被用于控制在来自 ECU 305 和燃料协处理器 449 的各种控制线之间选择的多路转换器 454。

[0217] 另外,燃料协处理器 449 可以包括几个输入/输出接口,例如使用者接口以执行诊断、数据分析和燃料协处理器 449 的设置和配置,以及 FPGA 程序设计接口以允许燃料协处理器 449 的低级配置,如果它是使用 FPGA(现场可编程门阵列)实现的话。燃料协处理器 449 还可包括伸缩总线以允许附加的外围车辆控制或分析设备的连接。

[0218] 点火控制协处理器可以实现为单芯片解决方案、芯片组、板级解决方案。例如,在一个实施例中,点火控制协处理器可以包括母板和与母板相互作用的子板。概念地,母板预计是可以用于多种不同内燃机的相对一般的内燃机控制器。子板预计是用于特定内燃机的定制单元并且设计成提供特定内燃机和母板之间的适当接口。优选地,母板和子板均被实现为单芯片解决方案。然而,如果未实现该集成级,一个或两者可以实现为芯片组或在电路板级实现。母板/子板体系结构在便于针对不同内燃机的燃料处理器的更快速开发方面是有利的,因为提供了核心功能的母板不需要为用于不同内燃机而重新设计。仅仅需要使子板适于用于特定内燃机或车辆等等。

[0219] 虽然图 6 和 11 中显示了点火控制协处理器的特定接线,但是应当理解,可以使用多种其他接线。例如,分路器 333 可以设计成仅仅向点火控制协处理器 320 输送输入信号中的一些,因为一些输入信号可能与点火控制协处理器的操作不相关。另外或者可选地,预计由点火控制协处理器修改的输入信号可以接线以首先输入协处理器,然后(潜在地)修改的信号可以由点火控制协处理器供给 ECU。即,点火控制协处理器可以在输送信号输送至

ECU 之前截取一些或全部的输入信号并且适当地修改这些信号中的一些。

[0220] 在其他实施例中,输出线中的一些或所有可以连接至燃料处理器而非 ECU。在其中点火控制协处理器设计成确定内燃机的所有操作中的点火模式的实施中,这尤其是适当的。

[0221] 在大多数如上所述的点火控制协处理器中,点火控制协处理器形成为与内燃机控制单元分开的设备。这种配置很适于许多应用。然而,最后,会希望将所述跳越点火变排量控制包含到 ECU 芯片中。因为实现所述跳越点火变排量方法所需的逻辑相对专门但是同样的逻辑块可以用于控制多种不同的内燃机,所以在许多应用中,就会希望将点火控制协处理器块集成到还包含另一个 ECU 的所有功能的单个集成电路模具中。这类似于一些微处理器芯片将数学协处理器集成到同一个模具中的方式。集成的 ECU/ 点火控制协处理器体系结构可以有助于进一步降低实现所述跳越点火内燃机控制的成本。

[0222] 电子气门及半循环操作

[0223] 在传统的 4 冲程往复运动活塞内燃机中,每个活塞的工作循环仅仅可以在活塞的每个第二往复运动之后(例如在活塞的 0、2、4、6、8...之后)才开始。在利用传统的凸轮轴打开和闭合气门的内燃机中,在连续变排量模式中也是如此。即,进气门仅仅可以在曲轴的每隔一个的往复运动中才能打开,即使在跳过一个或多个工作循环的情况下也是如此。然而,一些更新的内燃机设计中都包含有电子气门(即气门通过电子而不是通过机械方式打开和闭合)。在这种内燃机中,可以在任意期望的时间打开气门。当含有电子气门的内燃机在能跳越过内燃机的工作循环的变排量模式下操作时,就没有必要非要限制工作循环在每隔一个往复运动时启动。即,不是限制控制器跳过整数个工作循环(例如 1、2、3 个工作循环),而是控制器可以设置成也可以跳过半个工作循环(例如  $1/2$ 、 $1$ 、 $1\frac{1}{2}$ 、 $2$ 、 $2\frac{1}{2}$ 、3 个工作循环)。这可以有助于平滑和提高内燃机的精确性和敏感度。从振动控制的观点来看,这样也可以控制振动,因为半循环时的有效启动能够消除可能在驱动脉冲信号中发展的图形。例如,如果上面参照图 4 讨论的简单序列发生器被用于生成点火模式,序列发生器就可以很容易地用于允许“下一个”工作循环在传统中被认为是工作循环的中点时开始。在 4 冲程活塞内燃机中,这意味着工作循环可以在活塞任意数目的往复运动之后启动(包括在活塞的奇数个往复运动之后启动)。相比较而言,传统的 4 冲程活塞内燃机仅仅可以在活塞的偶数个往复运动之后启动。当然,相同的原理也适用于具有更长(例如 6 冲程)工作循环的活塞内燃机。

[0224] 工作循环的半循环(或部分循环)启动方法可以用于具有在任何时候能够可选择地打开和闭合气门的能力的任意内燃机。带有电子控制气门的内燃机是唯一的商业上可获得的目前具有这种能力的内燃机。然而,如果发展了利用磁性、电磁、机械或其他适当技术来控制气门的打开和闭合的其他气门控制技术,它们也可以很容易地使用。

[0225] 当提供了气门的定时打开和闭合的控制的时候,在工作循环跳越期间气门可以保持闭合,如果它们在目前大多数商业上可获得的变排量内燃机中一样。可替换的是,也可以希望在正常的点火气缸之外的另一个顺序中打开和闭合气门以便减少泵送损失。

[0226] 应当理解,在内燃机的任意往复运动期间开始工作循环的能力与当前的内燃机设计中可能的操作是很不相同的。

[0227]  $\Sigma - \Delta$  控制器与可变时钟

[0228] 如上所述,多种自适应预测控制器包括可以用于驱动脉冲发生器 104 的多种不同的  $\Sigma - \Delta$  控制器。如上所述,可变时钟可以用于  $\Sigma - \Delta$  控制电路 202。对于比较器使用基于内燃机速度的可变时钟具有能使  $\Sigma - \Delta$  控制电路与内燃机的操作的输出更好地同步的优点。这反过来又可以帮助驱动脉冲发生器的同步器部分的总体设计变得简化。

[0229] 接下来参见图 7,将描述包含可变时钟  $\Sigma - \Delta$  控制器 202(b) 的驱动脉冲发生器的可选实施例。驱动脉冲发生器 104(b) 具有与如上所述参见图 3 的驱动脉冲发生器 104(a) 非常类似的结构。然而,在本实施例中,向比较器 216 提供的时钟信号 217(b) 是基于内燃机速度的可变时钟信号。时钟信号通常利用由内燃机速度的示值(例如测速信号)驱动的锁相回路 234 实现与内燃机速度同步。如上所述,希望  $\Sigma - \Delta$  控制器  $\Sigma - \Delta$  控制器具有一个采样速率,由此输出信号 240(b) 的频率能够基本上高于同步器 222 输出的驱动脉冲模式的期望频率。这样,又可以大大地改变重复采样的数量。如上所示,重复采样速率是期望驱动脉冲频率的 100 倍的数量级时可以正常工作,并且由此,在所示实施例中,除法器 252 设置成用因子 100 来除同步器逻辑提供的时钟信号 230,并且除法器 252 的输出用作比较器 216 的时钟。这种配置导致比较器 216 的输出频率为同步器 222 输出的驱动脉冲模式的频率的 100 倍。当然,在其他实施例中,除法器可以设置成用能够提供足够重复采样的任意整数去除该信号。在其他方面,  $\Sigma - \Delta$  控制器 202 的其他部件可以与参照图 3 所描述的相同。上面讨论的同步器 222 和 / 或序列发生器 108 或多种其他的同步器和序列发生器的设计的任意之一也可以用于与可变时钟  $\Sigma - \Delta$  控制器 202(b) 一起使用。使  $\Sigma - \Delta$  控制器 202 的输出与内燃机速度的同步的一个优点在于能够允许简单的同步器设计。

[0230] 具有多位比较器输出的  $\Sigma - \Delta$  控制器

[0231] 如上所述,在一些实施例中使用少的能量进行气缸点火是所期望的。降低能量点火可以用于多种目的,其中包括降低不希望的内燃机产生的振动的可能性,以及帮助微调控制以便于在空转或者内燃机低速期间的操作。为了利于降低能量点火,驱动脉冲发生器 104 可以设置成在驱动脉冲模式中产生一些部分驱动脉冲,从而在期望减少能量点火时进行指示。

[0232] 接下来参见图 8,将描述能输出多位信号的  $\Sigma - \Delta$  控制器的变体。在所示实施例中,  $\Sigma - \Delta$  控制器的多位输出同步器 222 来生成部分驱动脉冲。在本实施例中,  $\Sigma - \Delta$  控制器 202(c) 可以具有与预先描述的任意实施例类似的设计,然而,比较器 216(c) 设置成可以输出多位信号 240(c)。在描述的主要实施例中,比较器 216(c) 是个两位比较器,由此输出信号 240(c) 是两位信号。然而,在其他实施例中也可以提供高位比较器,从而产生高位输出信号 240(c)。使用的位的实际数目可以发生改变来满足任意特定应用的需要。

[0233] 多位输出信号的各种状态可以每种进行设定从而具有相关的意义。例如,在两位比较器中—0,0 输出信号可以反映零输出;1,1 输出信号可以是全信号输出—例如 1;0,1 可以设置成表示 1/4 信号;1,0 可以设置成表示 1/2 信号。当然,两位比较器可以很容易地设计成具有与以上提出的 0,1/4,1/2 和 1 电平不同的各种状态。在高阶比较器中,许多其他的状态也是可用的。例如,在三位比较器中,有 8 种状态可用;在四位比较器中,有 16 种状态可用,等等。

[0234] 那些熟悉多位比较器  $\Sigma - \Delta$  设计的人可以理解,比较器 216(c) 可以设计成能够输出非零样本的一定(通常是可控的)百分比作为中间电平信号。这种中间信号可以由同步

器 222 和序列发生器 208 来响应部分能量驱动脉冲和降低能量点火的需求来进行处理。例如如果  $\Sigma - \Delta$  控制器 202(c) 输出充分长的半 (1/2) 电平输出信号串, 从而使同步器 222(c) 生成驱动脉冲—那么该输出的驱动脉冲就可以是半能量驱动脉冲。该半能量驱动脉冲反过来又会由序列发生器 108(c) 用来指示半能量点火。相同类型的逻辑也可以用于其他 (例如四分之一) 电平输出信号。当比较器输出是多位输出时, 同步器和序列发生器可以很容易地设置来处理 and 输出相应的多位信号。

[0235] 应当理解, 多位比较  $\Sigma - \Delta$  控制器通常设置成可以产生具有相同状态的扩展字符串。因此, 任意的如上所述的一般序列发生器逻辑可以被用于输出与供给同步器 222(c) 的信号 240(c) 具有相同状态的驱动脉冲。即, 由同步器输出的驱动脉冲可以设置成与信号 240(c) 的电平相匹配, 该信号 240(c) 输入到同步器从而产生驱动脉冲。

[0236] 再次应当理解, 同步器 222(c) 的逻辑可以优化和 / 或较大程度地改变从而满足任意特定应用的要求。在一些应用中, 可以期望提供更复杂的同步器逻辑从而以期望的方式来处理特定的情况。例如, 可以提供不同逻辑来处理以下的情况, 在该情况下, 其中输入至同步器的信号 240 从高水平转换到在驱动脉冲周期末尾一直保持的较低的非零电平。在一些实现中, 在这种情况下具有低电平的驱动脉冲输出是值得期望的。类似地, 当信号从较低的非零电平转换到较高的非零电平时, 可以期望提供特定的逻辑来指示在这些情况下发生了什么。

[0237] 应当理解, 当工作腔室以它们的最佳效率运行时, 内燃机的热动力 (和燃料) 效率会最佳。因此, 通常不希望具有太多的降低能量点火, 除非有特定的需要。然而, 在一些情况下, 从控制的立场出发期望有降低能量点火。通常, 当内燃机以中等内燃机速度向高速运行时, 优选降低能量点火的数目相对较低 (例如小于 20% 或更为优选小于 10%)。比较器 216(c) 可以很容易地设计成输出这种百分比的中间信号, 从而尽量保证降低能量点火的最终数据位于期望范围内。

[0238] 比较器和 / 或同步器逻辑也可以设置成在确定中间比较器的输出信号的百分比和 / 或部分驱动脉冲的输出时, 将内燃机的速度和 / 或操作状态 (例如冷启动等等) 考虑在内。例如当内燃机空转或冷启动时候, 仅仅从比较器输出中间信号是值得期望的, 这样在这种情况下就能够仅仅生成部分驱动脉冲。应当理解, 比较器和 / 或同步器逻辑可以布置成容纳多种不同期望的操作规则。

[0239] 差动  $\Sigma - \Delta$  控制器

[0240] 在其他实施例中可以使用差动  $\Sigma - \Delta$  控制器。在这种实施例中, 同步器可以设置成基于  $\Sigma - \Delta$  控制器输出的差动信号生成驱动脉冲模式。多种不同的差动  $\Sigma - \Delta$  控制器可以使用, 并且通常它们可以包括在期望时具有如上所讨论的可变时钟和 / 或多位比较器的输出特征。差动  $\Sigma - \Delta$  控制器的一个优点是它们通常可以布置成能够提供比相应的非差动  $\Sigma - \Delta$  控制器更平稳的性能。

[0241] 在一些情况下, 在我们称作隐式差动  $\Sigma - \Delta$  的模式下运行时有利的。在这种模式下, 制约同步器或序列发生器的任一个 (或两个) 来限制驱动脉冲和 / 或腔室点火为一次一个。即, 在这种模式下, 制约每个点火的工作腔室后跟随一次跳过的点火机会 (和 / 或制约每个驱动脉冲后跟随着零脉冲)。当内燃机在需要显著低于 50% 的点火机会的电平下操作从而输送期望的内燃机输出时, 这种隐式差动  $\Sigma - \Delta$  更为有利, 在该情况下, 因为当需要

的输出相对较低时,通过确保这两次点火不会彼此紧跟着能有助于进一步平滑内燃机的输出。

[0242] 应当理解,汽车内燃机通常在需要能够输送较小(例如,10-25%)的内燃机功率的状况下操作。在这类运行状况下隐式差动 $\Sigma - \Delta$ 方法尤其有用。在一些实现中,可以期望在一些工作情况期间内燃机在隐式差动 $\Sigma - \Delta$ 模式操作,在另外的工作情况期间以另一种形式的连续变排量模式操作,并且在其他工作情况下以传统的操作模式操作。当然,各种操作模式的数目和性质可以较大地改变。因此,应当理解,内燃机控制器通常可以设置成在不同工作情况期间以多种不同的操作模式操作。

[0243] 由隐式差动 $\Sigma - \Delta$ 提供的约束也可以很大地改变。例如,在需要较低的内燃机输出时,当期望制约点火模式在每个点火之后跳过至少两个点火机会时,就是这种情况。在其他情况下,可以期望允许两个点火彼此跟随,而不是三个。在其他情况下,可能需要在任意时间跳过指定数目的彼此跟随的点火。通常,应当理解,对于特定内燃机的点火模式可以通过序列发生器或同步器以能提供期望的内燃机输出而确定的适当的多种方式来制约,并且这些制约可以设置成随着内燃机上的载荷、跳越点火的总体比值或适合控制特定内燃机的任意其他因子而变化。

[0244] 数字 $\Sigma - \Delta$ 控制器

[0245] 也可以使用上面所提到的早期的数字 $\Sigma - \Delta$ 控制器。这种实施例在图9中显示了,其中显示了数字三阶 $\Sigma - \Delta$ 控制电路202(c)。在本实施例中,加速器踏板位置指示信号输入到第一数字积分器304中。第一数字积分器304的输出供给到第二数字积分器308,并且第二数字积分器312的输出供给到第三数字积分器314。第三数字积分器314的输出供给比较器116,该比较器116可以设置成与如上所述与模拟 $\Sigma - \Delta$ 电路相对应的单位或多位比较器相同的方式来操作。在图9所示的该实施例中,第一数字积分器304有效地充当抗混滤波器。

[0246] 为三个数字积分器段304、308和314的每一个提供负反馈。反馈可以来自比较器116的输出、同步器逻辑222的输出或序列发生器126的输出的任意一个或任意组合。每个阶段反馈分别具有倍增因数L、M和N。

[0247] 像如上所述的模拟 $\Sigma - \Delta$ 控制电路一样,向数字 $\Sigma - \Delta$ 控制电路的主输入可以是加速器位置113的指示或任意其他的期望输出的适当指示。如预先所描述的,在所示实施例中期望输出信号113与伪随机颤动信号246组合从而减少生成不希望的音调的可能性。

[0248] 模拟和数字操作之间的主要差别在于模拟 $\Sigma - \Delta$ 中的积分器是连续工作的,而数字积分器通常仅仅在每个时钟循环的起始阶段工作。在一些实现中,期望相对于各种模拟 $\Sigma - \Delta$ 设计像如上所述一样以非常高的速度运行时钟,该速度非常类似固定的可变时钟的速度。然而,并不存在这种要求。因为最终期望的输出的频率等于受到控制的点火机会,所以时钟可以与点火机会同步,这样就可以消除对于同步器和/或序列发生器的需要(或简化其功能)。因此,当使用数字控制时,通过在受控的点火机会的频率下运行时钟可以简化控制器的设计。

[0249] 虽然已经描述了模拟和数字控制器,但是应当理解在其他实现中也可以期望提供模拟/数字混合 $\Sigma - \Delta$ 控制器。在混合的模拟/数字控制器中,可以从模拟部件形成 $\Sigma - \Delta$ 控制器的一些阶段,同时另外的部分也可以从数字部件形成。混合模拟/数字 $\Sigma - \Delta$ 控制

器的一个实例使用了模拟积分器 204 代替第一数字积分器 304 作为控制器的第一阶段。然后从数字部件形成第二和第三积分器。当然,在其他实施例中也可以使用具有其他个数的阶段,并且模拟与数字积分器的相对数目也可以改变。在其他实施例中,可以使用数字或混合差动  $\Sigma - \Delta$  控制器。

[0250] 单气缸调制跳越点火

[0251] 接下来参见图 12,将依照本发明的另外一个实施例描述内燃机控制单元 400。该实施例尤其适用于在如上所述的单气缸调制跳越点火方法或各种方法的变体中使用。在所示实施例中,向可选的低通滤波器 402 配置加速器踏板位置 113 的指示(或其他适当的期望输出的指示)。低通滤波器(也可以与任意其他描述的实施例一起使用)旨在消除期望输出信号中非常短(例如高频)的变化。该类变化例如可能会由因为道路不平而导致的驾驶员脚部位置的抖动或其他原因而产生。低通滤波器可以被用于减少或消除这种抖动和输入信号 113 中的其他未料的高频变化。

[0252] 然后期望输出的经过滤后的示值供给能够有效将输入信号除以气缸的可用数目的剩余计算器 404。例如如果内燃机具有六气缸,那么输入信号就在概念上除以 6。剩余计算器可以缩放从而结果包括整数和余数。一般而言,整数输出 406 可以通过控制器用作指示器来指示所有时间中有多少气缸点火,余数输出 407 可以有效地用于控制受调制的气缸。除法器优选可以适当地缩放以便输出能针对内燃机提供期望的功率输出范围。例如,在概念上讲,它可以缩放从而当期望最大功率时(例如当加速器踏板完全踩下时),除法器输出等于内燃机中的气缸数目的整数,而没有余数。当然,在其他实现中可以使用不同的缩放,非线性除法器可以用作期望的缩放工具,和/或其他部件可以用来调节对于缩放的补偿或者使用其他的变体。

[0253] 在所示实施例中,剩余计算器的整数输出 406 供给喷射控制器 440,余数输出 407 供给受调制的工作腔室控制器 405。更具体地说,余数提供给包含在受调制的工作腔室控制器中的乘法器 410。乘法器 410 用等于内燃机可用气缸数目的因子乘以余数信号。例如在典型的六气缸内燃机中,乘法器可以用因子 6 乘以余数。然后乘法器 410 的输出用作驱动脉冲发生器的控制输入。驱动脉冲发生器可以具有任意适当的形式。在所示实施例中,作为实例,驱动脉冲发生器包括预测的自适应控制器 420,该控制器 420 具有数字三阶  $\Sigma - \Delta$  控制器的形式,即类似于如上所述的数字  $\Sigma - \Delta$  控制器 202(a),虽然他使用了另一种时钟信号。当然,在其他实施例中可以去掉乘法器并且  $\Sigma - \Delta$  控制器 420 可以适当地缩放从而提供期望的输出。

[0254] 在本实施例中,乘法器 410 的输出输入到第一数字积分器 304 中。如果需要的话,可选的伪随机颤动器也可以与乘法器的输出在第一数字积分器 304 之前进行组合。第一数字积分器 304 的输出供给到第二数字积分器 308,并且第二数字积分器 308 的输出供给第三数字积分器 314。第三数字积分器 314 的输出供给预先描述的比较器 116。因为  $\Sigma - \Delta$  控制器 420 的设计与参见图 9 所述的设计非常类似,所以在此没有重复相似特征的解释。比较器 116 的输出提供给门锁 430,门锁 430 依次又将该驱动信号输送给喷射控制器 440。比较器的输出还作为第一数字积分器 304 的负输入进行反馈。时钟信号提供给  $\Sigma - \Delta$  控制器 420,并且门锁 430 与调制气缸的点火机会同步。使用这种配置,门锁 430 的输出可以用作调制气缸的驱动脉冲模式 442。在不包括门锁的实施例中,比较器 116 的输出可能直接用作

驱动脉冲模式。这可以消除对图 9 的实施例中使用的同步器的需要。

[0255] 应当指出,在大多数预先描述的实施例中,使用了高频时钟。相比较而言,图 12 的实施例使用了频率非常低的时钟,该时钟频率与受控的(多个)气缸的点火机会同步。因此,在任意给定时间, $\Sigma - \Delta$  控制器 420 正在控制一个气缸,然后时钟就会具有与受控的单个气缸的点火机会同步的频率,从而在受控气缸的每个点火机会时就会紧紧发生一个时钟循环。在其他实施例中,其中控制器 420 正在控制一个以上的气缸(例如 2 个、3 个或所有气缸)的点火时,时钟频率可以与所有受控气缸的点火机会的频率相匹配。

[0256] 在所示实施例中,剩余计算器 404 的整数输出 406 和驱动脉冲模式信号 442 都提供给喷射控制器 440。喷射控制器 440 充当简化的序列发生器并且控制燃料喷射驱动器 444。喷射控制器的逻辑设置成始终通过喷射控制器的整数输出来识别与气缸的数目相等的一组气缸点火。由此,在驱动脉冲模式 442 指示的图形中为一个气缸进行点火。余下的气缸组没有进行点火。点火气缸组中的特定气缸通过能提供良好的内燃机振动以及热管理特征的方式来优选。在许多实现中,期望将喷射控制器 440 设置成随着时间的变化使点火气缸中的气缸周期性地变化。周期性地改变点火气缸中的特定气缸存在几种可能的好处。在一些内燃机设计中一个重要的考虑是内燃机的热管理。应当理解,在所有的时间内在点火的气缸和跳过的气缸之间存在较大的温差。如果相对较冷的空气通过跳过的气缸进行泵送,那么该温差还会放大。温差也会对排放物有影响。因此,期望有时期望能够改变跳过的以及始终点火的气缸组中的特定气缸,从而确保内燃机维持可接受的热平衡。

[0257] 周期性地改变点火气缸中的特定气缸也出于其他的原因。例如,期望确保随着时间的过去,所有的气缸大体上具有相同的点火数量。这可以有助于确保内燃机均匀的磨损特性并且有助于清洁不用的气缸。各种气缸组中的特定气缸可以相对经常地(例如在每隔几分钟的数量级上或者更频繁地)、相对很少地(例如每次内燃机熄灭的数量级上、内燃机操作的小时数等等)或者以这二者之间的频次发生改变。

[0258] 应当理解,使用所述的方法,通常通过更频繁地对单个调制气缸进行点火也可以适应要求附加功率相对较小这一需求。类似地,使用所述的方法,通常通过较低频率地对单个调制气缸进行点火也可以适应要求功率降低相对较小这一需求。然而,在一些情况下,对于附加功率或者降低功率的要求也对剩余计算器 404 计算的整数值的改变会产生影响。在这些情况下,附加的气缸可以添加,或者从始终点火的气缸组中除去。应当理解,在一些实现中, $\Sigma - \Delta$  控制器 420 会存在等待时间,这样,当从始终点火的气缸组中添加或者减去气缸形成转换时,这回对内燃机的“感觉”产生不利影响。潜在的问题可以通过考虑在假想情况来理解,即,其中一个气缸在所有的时间内操作,第二调制气缸 95% 的时间操作(即剩余计算器 404 的整数输出 406 为“1”,余数输出 407 的有效值  $y$  为 0.95)。当驱动时,操作者会对加速器踏板进行微小的调整,将需求功率提高到“2.05”的等级,这样就会使剩余计算器 404 的整数输出 406 增加到“2”,余数输出 407 降低到 5%。如果不管的话, $\Sigma - \Delta$  控制器将会时候总适应新需求的功率等级。然而,因为控制器具有等待时间,所以可能产生如下的瞬时影响,即在很短的时期内产生太大的输送功率。这可以想象,即控制器设法在较短的周期继续以 95% 的点火频率操作,而此时却期望仅仅以 5% 的点火频率进行操作。

[0259] 当增加或减少始终点火气缸组中的气缸数目时,为了改进控制器的瞬时反应,通过在调制气缸的点火机会之间的周期中向  $\Sigma - \Delta$  控制器 420 施加短脉冲的高速时钟信号,

$\Sigma - \Delta$  控制器就可以“有效地”进行重新设置。这就允许积分器相对于调制气缸调节到新的需求功率等级。应当理解,可以以多种不同的方式实现  $\Sigma - \Delta$  控制器 420 的复位。作为实例,实现这种方法的一种方式是提供一种时钟多路传送换器 425,该时钟多路传送换器 425 在每次剩余计算器的整数计数递增或递减时,将调制的气缸点火机会时钟信号 423 与剩余计算器 404 发送的复位信号 429 驱动的高频时钟信号 427 一起进行多路传送。该脉冲显著短于点火机会时钟信号 423 的周期,并且优选具有充分的周期从而允许  $\Sigma - \Delta$  控制器 420 完全调节到新的功率等级需求。因为数字电子设备可以很容易地在高速下操作(例如在千赫、兆赫或高频范围的时钟速率下),同时单个气缸的点火机会通常大大低于 100Hz,因此有充分的时间来使控制器 420 在点火机会之间进行复位。

[0260] 在本实施例中,当调制气缸点火机会时钟信号触发闭锁时,仅仅闭锁使用的比较器的输出作为激活的比较器输出。如果需要的话,短脉冲可以定时以便脉冲可以仅仅在有序的点火机会之间发生。使用这种配置,复位脉冲中的所有信号都由闭锁忽略了,从而脉冲永远不会对点火发生影响。然而,并不存在这种要求。

[0261] 在描述的实施例中,在任意给定的时间,仅仅单个气缸进行调制,同时其他的每个气缸要么始终被跳过,要么始终被点火。然而,在其他实现中,内燃机控制器 400 可以修改成对一个以上(例如 2 个气缸等等)进行调制,同时其他的每个气缸要么始终被跳过,要么始终被点火。

[0262] 当剩余计算器 404 确定更多或者更少的气缸应该在“始终点火的”组中时,就会向喷射控制器 440 发送适当的信号从而产生适当的调节。向始终点火组添加的(或除去的)特定气缸可以基于多种设计方案和任意特定系统的需要而大大地改变。例如,在一些实现或情况下,当向始终点火组添加气缸时,可能期望指定目前调制的气缸作为“下一个”始终点火的气缸,然后指定跳过的气缸组的气缸之一作为“新的”调制气缸。在其他实现或情况下,也可以期望简单地指定跳过的气缸组中的气缸之一作为下一个“始终点火”的气缸并且调制该气缸。在其他实现或情况下,可以优选简单选择新的一组始终点火的气缸以及新的调制气缸,而无需考虑先前的指定。当然,在安排“始终点火”、“跳过的”和“调制的”气缸组中的气缸时,也会考虑多种其他的因素。

[0263] 在操作期间,剩余计算器 404 连续地监视期望输出信号 113 并且连续地除该信号。实际上,期望输出信号 113 的任何变化都会导致供给调制工作腔室控制器 405 的余数输出信号 407 的变化。控制器 405 依次产生由余数输出信号 407 指定的输出的驱动脉冲模式。每当剩余计算器的整数值发生改变时,复位信号就会发送给时钟多路传送换器 425,该时钟多路传送换器 425 在较短的时间内向  $\Sigma - \Delta$  控制器 420 施加高频时钟 427 的由此使  $\Sigma - \Delta$  控制器复位并且允许它调节到新的余数等级。每当整数输出增加或减少时复位信号就会触发。

[0264] 如上所述,在跳越点火方式下操作会产生的一个潜在问题涉及跳过的气缸的操作。如果在跳过的工作循环期间气门打开和闭合,那么空气就会通过气缸泵送到排气系统,并且排气/排放系统必需设计成能够处理废气中的过量氧气。在一些内燃机(例如使用电子气门的内燃机中),气门的打开和闭合可以在工作循环对工作循环的基础上控制,这种情况是理想的,因为这样允许跳过的气缸可以保持闭合。然而,实际上,现今道路上极少的车辆具有电子控制阀(或者,具有在工作循环对工作循环的基础上控制阀的打开和闭合的能

力)。

[0265] 如上所述,大多数商业上可获得的变排量内燃机设计成关闭所选择的气缸从而改变内燃机的位置。当气缸关闭时,其气门通常在内燃机的进气或排气冲程期间不会打开。虽然所选择的气缸可以关闭,但是脱离机构的响应时间可以阻止气缸在工作循环对工作循环的基础上发生启动和停用。虽然传统的变排量内燃机显示了与普通内燃机相比得到提高效率,但是内燃机输出仍然通过改变输送到主动气缸中的空气和 / 或燃料的量而发生改变。因此,它们的效率还可以利用在此所述的优化的跳越点火技术来提高。参见图 12 描述的内燃机控制单元 400 也适用于与这类变排量内燃机一起使用。例如,如果特定内燃机能够关闭特定气缸或特定组的气缸,那么在单气缸调制跳越点火方式下未使用的气缸就可以在操作期间关闭。这还可以改进受控内燃机的排放特性,部分原因是因为减少了排气中的过量氧气的数量。关闭跳过的气缸也可以减少相对于不能够关闭任意气缸的内燃机的泵送损失,从而也同样可以立于改进热力效率。

[0266] 本领域的技术人员可以理解,一些现有的变排量内燃机能够单个地或者成组地关闭选择的气缸。例如,Honda 目前生产六气缸的可变气缸管理内燃机,它能够关闭 2 个、3 个或略微改动的 4 个气缸。其他的内燃机可以设置成成对或成组地关闭气缸。单气缸调制跳越点火控制器 400 也适用于与这种内燃机一起使用,因为一些、甚至可能全部的未使用的气缸可以关闭从而减少了排气中的过量氧气和泵送损失。在这种配置中,喷射控制器 440 可以设置成基于内燃机的设计适当地在操作状态之间进行额外的转换内燃机。

[0267] 变排量内燃机操作状态的快速调制

[0268] 发明者观察到商业上可获得的变排量内燃机的操作中存在问题在于,在任意时候在内燃机的状态中产生了非微小的改变时,例如如果存在增多或减少功率的需求,或者存在载荷发生较大改变的需求的时候,等等,它们的控制器就会出现脱离变排量模式。结果是在正常的行车状况下,内燃机往往不会在大多数时间内以更高效率的减少位移的模式操作(或者保持)。可以怀疑的一个原因是,在不论使用的气缸的数目多少时,以提供与响应加速器踏板的运动相同的“感觉”的方式控制内燃机存在难度。因此,对于大多数传统的变排量内燃机控制器,不是冒险改变内燃机的感觉,而是选择脱离变排量模式。

[0269] 参照图 12 描述的反馈控制系统非常适合于以下情况,即在任意时间不论操作的气缸的数目多少而提供期望的功率时。结果是内燃机可以相对于更多(或更低)功率的需求而产生基本相同的感受,而不论任意特定时间下所使用的气缸的数目为多少。因此,描述的控制器非常适合于传统的变排量内燃机,并且可以进一步提高它们的燃料效率,不仅仅由于使用了更高效(例如优化的)点火,还由于具有在较多的时间内便于以减少数量的气缸操作的能力。因为它有能力在气缸数量较少时有效地控制内燃机,所以所描述的反馈控制系统可以改进传统的变排量内燃机的效率,即使在点火没有优化(例如即使内燃机被节流)的情况下。

[0270] 如上所述,在使用如上所述的纯单气缸调制跳越点火方法会遇到的一个潜在问题在于,如果未点火的气缸的气门不能保持闭合,那么空气就会泵送经过内燃机。对于一些内燃机而言,排除有效成本改造这个缺点已经够充分了,因为内燃机现存的排放系统不能处理经过跳过的气缸泵送的未燃烧的空气。

[0271] 如果变排量内燃机能够关闭不同组的气缸从而提供几种不同的排量(例如能够

在 2、3、4 或 6 个气缸上操作的内燃机), 由泵送空气通过未点火气缸的空气生成的问题可以通过在内燃机的不同操作模式之间迅速地转换而潜在地消除。例如, 如果内燃机的期望的输出可以由在所有时间最优地对两个气缸点火并且在一半时间对第三气缸点火提供, 然后在概念上, 期望的输出可以通过在两气缸操作状态和三气缸操作状态之间迅速地前后转换获得, 这样平均起来, 在内燃机的每个完整循环期间就有两个半气缸被点火。如果有效地做到这一点, 那么空气就不会输送到 (并因此不会泵送通过) 所有未点火的气缸。这类应用的限制因素在于不同操作状态之间变换的速度。

[0272] 如果变排量内燃机可以相对迅速地转换到新的操作状态, 那么就可以类似于如上参照图 12 所述的控制器那样来使用控制器以控制内燃机。在这种实施例中, 喷射控制器 440 还可以设置成根据需要指示内燃机在操作状态之间转换。接下来参见图 13, 将描述对于操作这种内燃机的适当的控制图。图 13 是显示在传统的变排量内燃机中作为节气门位置的函数的可用功率的曲线图。在所示实施例中, 内燃机是能够使用 2、3、4 或 6 各气缸操作的奥托循环内燃机。当期望的内燃机输出低于可以通过在其最佳状态中操作两个气缸提供的功率量时, 所需功率可以通过操作内燃机在使用两个操作气缸的节流以调制功率的节流的两个气缸操作模式中输送。这通常类似于其中传统的变排量内燃机当今的操作方式并且内燃机性能由图 13 中显示两个节流气缸的功率输出的曲线 470 表示。当请求的功率等于或超过可以由在其最佳级操作的两个气缸输送的功率量时, 内燃机就可以转换为优化的 (例如基本上未节流的) 操作模式, 且该操作模式使用类似于图 12 中所示控制器的控制器来输送所需功率。如上参照图 14 和其他处所述, “优化的” 操作状态可能实际上不对应于完全开口节气门状态。因此, 应当理解, 在本说明书的情况下, 当我们使用术语 “未节流的” 或 “基本上未节流的” 时, 并非旨在仅仅限于其中节气门全开的情况。相反, 预计指示其中节气门充分地打开以允许相对充分的空气进入气缸并且不用作调制内燃机输出的主要机构的状态。

[0273] 当所需功率是可以由在所有时间在其最佳级上操作的两个和三个气缸输送的功率之间的数量时, 那么喷射控制器 440 就指示内燃机在由驱动脉冲信号 442 指示的两和三气缸模式之间前后转换。即, 当驱动脉冲信号 442 低时, 喷射控制器 440 就将内燃机置于两气缸模式中, 并且当驱动脉冲信号 442 高时, 喷射控制器 440 就将内燃机置于三气缸模式中。在这种操作状态中, 内燃机基本上未节流的运行并且气缸点火如上文所述被优化。因此, 驱动脉冲信号 442 有效地充当何时内燃机应该被放入两气缸模式时和何时它应该在三气缸模式中的指示器。类似地, 当所需功率是可以由在所有时间在其最佳级上操作的三个和四个气缸输送的功率之间的数量时, 那么喷射控制器就指示内燃机在由驱动脉冲信号 442 指示的三和四气缸模式之间前后转换。

[0274] 在图 13 中, 当在两和三气缸模式之间转换时的内燃机输出由线 475 表示并且当在三和四气缸之间转换时的内燃机输出由线 476 表示。这与显示分别以传统的节流方式使用三个、四个和六个气缸的内燃机输出的线 471、472 和 473 形成对照。应当理解, 当输送比可以由两个气缸单独地输送更多功率时允许内燃机基本上未节流的运行可以显著地提高内燃机的燃料效率。

[0275] 当所需功率是可以由在所有时间在其最佳级上操作的四个和六个气缸输送的功率之间的数量时, 那么喷射控制器就指示内燃机基于驱动脉冲信号 442 适当地在四和六气缸模式之间前后转换。应当理解, 内燃机控制器 400 必须被设置成考虑到当内燃机从四气

缸操作状态转换为六气缸操作状态时两个附加的气缸被点火的事实。这种差异可以使用几种不同的方式处理。出于说明的目的,考虑其中内燃机在内燃机的完整操作循环中仅仅可以在操作状态之间转换一次的实现。即,当内燃机转换操作状态时,每个操作气缸必须被点火一次。补偿附加的气缸的一个适当方法是利用喷射控制器逻辑来确定何时在四气缸状态和六气缸状态之间转换。例如,如果剩余计算器的整数输出 407 是“4”,那么对于内燃机的一个操作循环,在转换为六气缸模式之前,喷射控制器需要两个“高”驱动脉冲的累积,其后喷射控制器将内燃机转换回四气缸操作状态直到已经累积了另两个“高”驱动脉冲。

[0276] 当剩余计算器的整数输出 407 是“5”时,那么喷射控制器将对内燃机的每个完整工作循环有效地向累加器加一,这将具有使内燃机在六气缸状态中操作更高百分比的时间的期望效果以因此输送期望的功率。

[0277] 补偿附加的气缸的第二中适当方法是利用  $\Sigma - \Delta$  控制器逻辑来指示何时四气缸状态和六气缸状态是适当的。在一个这种实现中,向  $\Sigma - \Delta$  控制器的输入可以适当地调节以考虑两个气缸被控制而代替仅仅一个气缸被控制的事实。这可以涉及基于期望的输出信号超出“4”气缸的数量改变剩余计算器为输出“余数”信号的逻辑,然后将该值除以 2 的因子从而补偿“高”驱动脉冲信号导致两个附加的气缸被点火的事实。

[0278] 在另一个实现中,如果内燃机的模式转换响应时间足够快,这样会在“第五个”和“第六个”气缸的点火机会之间生成模式转换,那么内燃机控制器就可以配置成就如同如上使用用于适当地关闭气缸的模式转换所述的单气缸调制跳越点火内燃机控制器那样操作。

[0279] 应当理解,前述实例在本质上仅仅是示例性的而且任意特定实现的细节都需要被调节以补偿被控制的特定变排量内燃机的容量。容许的操作状态的实际数目和每个这种状态中的可用气缸的实际数目将随着内燃机的不同而改变。控制器需要被调节以利用可用状态。此外,用于在不同操作状态之间转换的响应时间将随着内燃机的不同而改变。一些内燃机可以采用内燃机的一个以上的完整操作循环来在操作模式之间转换,而其他的可以足够快以便于在气缸的点火机会上由点火机会的基础在模式之间前后转换。有鉴于这些变体,内燃机控制器的逻辑将需要针对内燃机的容量定制。应当理解,不是所有现有的变排量内燃机都是耐用的并且足够快以在所述模式转换方式中平稳地运行内燃机所需的速度中在模式之间前后转换。然而,应当理解,以该类型的模式转换方式操作适当的传统地设计的变排量模式是一种可以解决空气泵送问题的方法。

[0280] 预处理器阶段

[0281] 在一些如上所述的实施例中,来自加速器踏板位置的信号被处理为用作控制系统的输入(例如驱动脉冲发生器 104、内燃机控制单元 400 等等)的期望的内燃机输入的指示。在这种实施例中,期望的内燃机输出信号 113 可以直接地从车辆上的踏板位置传感器上取得,或者它可以采用适当的方式放大。在其他实施例中,踏板位置传感器信号可以在提供给驱动脉冲发生器 104 之前与其他输入(例如如上所述的颤动信号 207)组合。在其他实施例中,加速器踏板位置传感器信号可以提供给预处理器 181(例如由图 3 中的虚线箱表示),且预处理器 181 生成其自己的信号或对踏板传感器信号进行一些级别的处理。预处理器 181 的输出然后用作驱动脉冲发生器的输入,具有或未具有可能适于特定设计的附加的颤动信号。

[0282] 预处理器 181 可以设置成提供任意期望类型的加速器踏板位置传感器信号的预

处理。例如,可能期望汽车提供一种燃料节省模式,其中加速器踏板位置信号有助于以燃料最高效方式操作内燃机的方式被预处理。在另一个实例中,通常已知一些驱动器趋于相对迅速地升降踏板位置。对于这种驱动器,可能期望汽车提供一种平稳的驾驶方式,其中预处理器平均或平滑特定踏板位置波动(例如,预处理器可以采取如上参照图 12 所述的低通滤波器 402 的形式或者包含低通滤波器 402)。在其他实现中,车辆可以包括巡航控制器。在这种车辆中,当车辆在巡航控制模式中时,巡航控制器可以包含在预处理器中或可以用作驱动脉冲发生器的输入信号 113 的来源。在其他实施例中,可以在预处理器 181 中提供踏板位置的抗混滤波。当然,预处理器可以设置成执行被认为适于被控制的内燃机和/或车辆的任意类型的预处理。

#### [0283] 变速器控制和无级变速器

[0284] 众所周知内燃机速度对内燃机的燃料效率具有影响。在图 14 中显示的性能图中可以图形地看出该影响。如图 14 中所述和上文所述,内燃机在相对狭窄范围的内燃机速度、歧管压力等等内操作时趋于最高效。为此,在具有自动变速器的许多车辆上使用的内燃机控制单元(ECU)被设置成至少部分地基于内燃机速度控制变速器的换挡以改进总体燃烧效率。燃料处理器可以设置成以与在跳越点火型变排量模式中操作类似的方式控制或影响档位选择。

[0285] 一些现有的车辆使用无级变速器。无级变速器的一个已知优点是它允许内燃机比标准变速器在一定范围的车辆速度上更接近其峰值效率处操作。应当理解,无级变速器的使用并连同所述基于跳越点火的变排量内燃机操作允许内燃机在大多数时间在非常接近其最佳热力效率处运行。即,所述跳越点火方法允许每次点火都针对热力效率(或其他期望的参数)进行优化并且无级变速器的使用允许内燃机在最佳内燃机速度(RPM)处操作,因此允许内燃机大多数时间内在最佳区域(例如图 14 中的区域 50)中操作。

[0286] 虽然现有的内燃机控制器通常控制传动装置以提高效率,但是发明者并不知道如下的现有内燃机控制器,该控制器能够以保证点火的工作腔室在针对燃料效率或其它期望标准进行优化的相对密封的区域内操作的方式来控制传动装置、歧管压力和工作腔室的点火。

#### [0287] 柴油机

[0288] 虽然上文阐述的许多实例讨论了应用基于所述跳越点火的变排量方法到基于通过节流向工作腔室的空气输送调制功率的奥托循环或其他热动力循环的内燃机,但是应当理解,本发明也可以很好地适于用于柴油机。许多现有的柴油机设计尤其好地适于使用所述跳越点火方法操作。例如,许多现有的柴油机中使用的排气和排放系统已经适于利用高含氧排气流,这可以简化改造和新的内燃机设计。而且,大多数柴油机使用消除了上面讨论的壁润湿问题的直接喷射。另外,许多柴油机当前应用喷射仿形(injection profiling)。即,燃料进入气缸的喷射式分级并且定时的以提高气缸的热力效率。当使用优化的点火时,这种仿形可以进一步提高内燃机的效率。因此,应当理解,如上所述任意内燃机控制实施例都可以与柴油机联合使用。

#### [0289] 其他特征

[0290] 虽然仅仅详细描述了本发明的几个实施例,但是应当理解,本发明可以使用许多其他形式实现而不脱离本发明的精神或范围。上面给出的许多实例涉及适于汽车中使用的

4冲程活塞内燃机。然而,应当理解,所述连续变排量方法非常好地适于用在多种内燃机中。这些包括实际上用于任意类型车辆的内燃机—包括汽车、卡车、船只、飞机、摩托车、踏板车等等;用于非车辆应用例如发电机、剪草机、树叶鼓风机、模型等等;和实际上使用内燃机的任意其他应用。各种所述方法用于在多种不同热动力循环下操作的内燃机—实际上包括任意类型的两冲程活塞内燃机、柴油机、奥托循环内燃机、双循环内燃机、米勒循环内燃机、艾金森循环内燃机、汪克尔内燃机和其他类型的旋转内燃机、混合循环内燃机(例如双奥托和柴油机)、混合内燃机、星形内燃机等等。据信所述方法将很好地用于新开发的内燃机,无论它们是否利用当前已知的或后面开发的热动力循环操作。

[0291] 上面的一些实例是基于奥托循环内燃机的,该内燃机通常进行节流因此它们通常不会以最大的压缩比操作。然而,这些概念也对等地适用于未节流的内燃机例如狄塞尔循环内燃机、双循环内燃机和密勒循环内燃机等等。

[0292] 在一些上面明确讨论的这些实施例中,假定所有气缸都被使用或者以连续变排量模式操作。然而,并不存在这种要求。如果需要的话,对于特定申请,点火控制单元可以很容易地设计成如下方式:当需要的位移低于特定的阈值时始终跳过一些指定(多个)气缸(一个或多个工作腔室),和/或在特定的位移等级处始终对所选的气缸点火。在其他实现中,所有描述的工作循环跳越方法可以应用到传统的变排量内燃机上,同时在其中关闭一些气缸的模式下进行操作。

[0293] 描述的连续变排量模式操作可以很容易地与多种其他燃料经济技术和/或性能提高的技术一起使用,其中包括稀薄燃烧技术、燃料喷射图形技术、涡轮增压以及增压等等。应该相信的是,点火气缸内的状况相对固定使得易于实现基本上已知但是还没有广泛使用的增强技术(例如在汽车内燃机中使用具有多阶段喷射的燃料喷射图形技术)。此外,应该相信的是,气缸内受控的状况也可以使多种在传统内燃机中不可行的其他增强技术能够应用。

[0294] 上面详细描述的大多数驱动脉冲发生器实施例都使用了 $\Sigma-\Delta$ 控制器。虽然值得相信, $\Sigma-\Delta$ 控制器非常适合在控制内燃机中使用,但是应当理解,多种其他的控制器并且尤其是自适应(即反馈)控制器都可以使用或者发展,从而代替 $\Sigma-\Delta$ 控制器。例如,应当理解其他反馈控制图可以用于将期望内燃机输出信号113输入到直接或间接用来驱动内燃机的驱动脉冲流中。

[0295] 在几个描述的实施例中, $\Sigma-\Delta$ 控制器通常被设计成将期望内燃机输出信号输入到可以被用于生成驱动脉冲的信号中。 $\Sigma-\Delta$ 是一种可以用于表示输入信号的转换器。一些描述的 $\Sigma-\Delta$ 转换器显示了重复采样转换,并且在各种可选实施例,其他的重复采样转换器也可以使用来代替 $\Sigma-\Delta$ 转换。在其他实施例中,也可以使用其他类型的转换器。应当理解,转换器可以应用多种调制图,其中包括各种脉冲宽度调制图、脉冲高度调制、CDMA定向调制,或其他调制图也可以用来表示输入信号,只要驱动脉冲发生器的同步器部件相应地调节即可。

[0296] 从前面的描述中显而易见的是,所述的连续变排量方法与现有的内燃机设计可以很好地匹配。然而,应该相信的是,描述的跳越工作循环控制方法还有利于甚至使能够进一步提高内燃机热力效率的多种其他技术能够使用。例如增压或涡轮增压器与描述的连续变排量方法结合使用可以进一步提高内燃机的效率。计算机模拟模型表示所述的连续变排量

控制方法与增压技术的组合可以很容易地将许多现有的奥托循环内燃机的燃料效率提高超过 100%。

[0297] 这种显著的改进能在汽车内燃机中成为可能的原因之一在于,大多数汽车内燃机在大多数时间都处在它们的潜在功率的相对很小的百分比上操作。例如,设计成在 200-300 马力数量级上输送最大功率输出的内燃机在大多数时候例如车辆以 100 千米每小时的速度行驶时可能需要不多于 20-30 的马力。

[0298] 在以上所述中,已经描述了基于控制技术的许多不同方式的跳越点火以及多种增强技术。在众多情况下,在特定控制器的情况下描述了增强技术。然而,应当理解许多增强技术可以与许多控制器协同使用。例如,所述的燃料脉冲变化(例如燃料喷射量的优化、富燃料脉冲、贫脉冲等等)可以与任何所述的控制器协同使用。所有的描述的控制方法和控制器可以作为协处理器或内燃机控制单元本身的所属等等来实现。

[0299] 在一些实现中,可以期望提供冗余的控制器,例如冗余  $\Sigma - \Delta$  控制器。冗余控制器可以同时运行,这样,如果一个失效了,其他的就能够接管。通常,数字  $\Sigma - \Delta$  控制器可以比模拟  $\Sigma - \Delta$  控制器调节得更精确。同时,数字  $\Sigma - \Delta$  控制器可以略微比模拟  $\Sigma - \Delta$  控制器对失效更敏感。因此,在一些实现中,期望提供冗余  $\Sigma - \Delta$ , 其中主控制器是数字控制器辅助或备用控制器是模拟  $\Sigma - \Delta$  控制器。

[0300] 应当指出,随着时间的过去,已经有了多种预期在“跳越点火”模式下运行特定内燃机的方法。然而,申请人的理解是这些方法中没有能够获得显著的商业成功的。可疑的是,导致这种不认可的主要因素是现有的努力不能够通过按照内燃机所需的平稳性、性能以及驾驶性能特性的方式来控制内燃机,从而得不到商业上的发展。相比较而言,值得相信的是,所描述的内燃机控制和操作方法很适用于多种不同的应用里使用。

[0301] 因此,本实施例应该被视为示意性的而不是限制性的,本发明并不限于在此所给出的细节,但是可以在所附权利要求书的范围内进行修改。

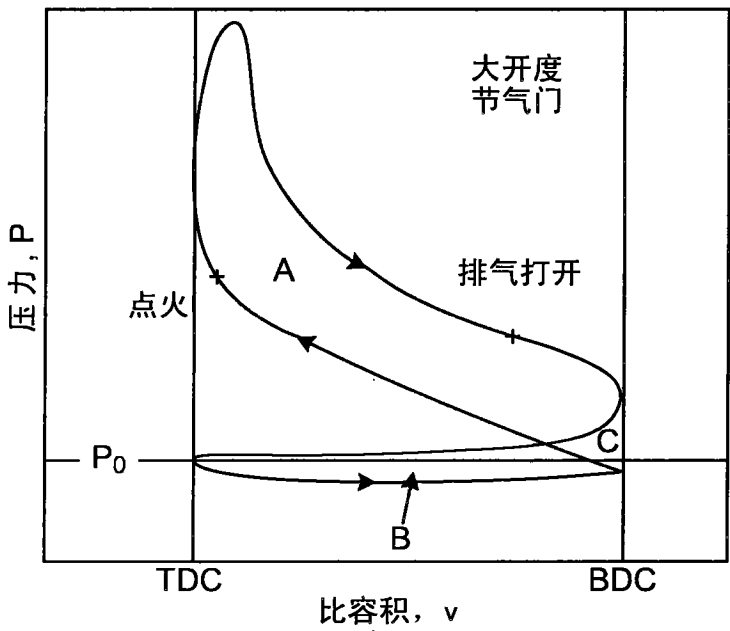


图 1(a)

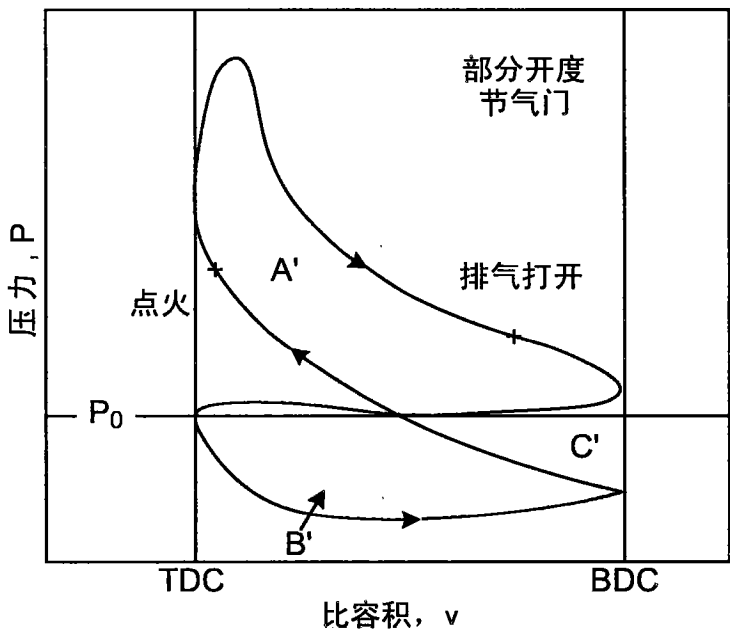


图 1(b)

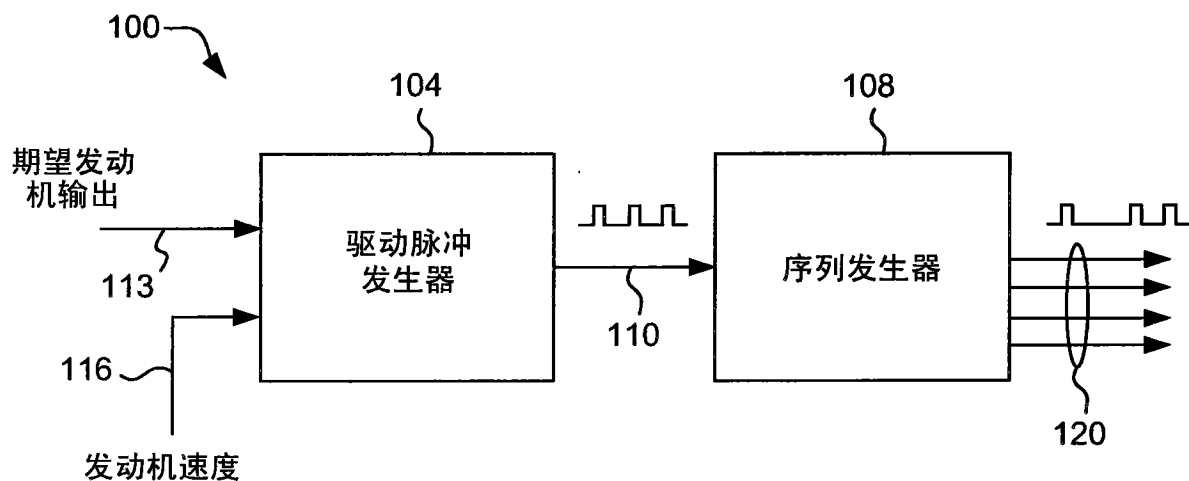


图 2(a)

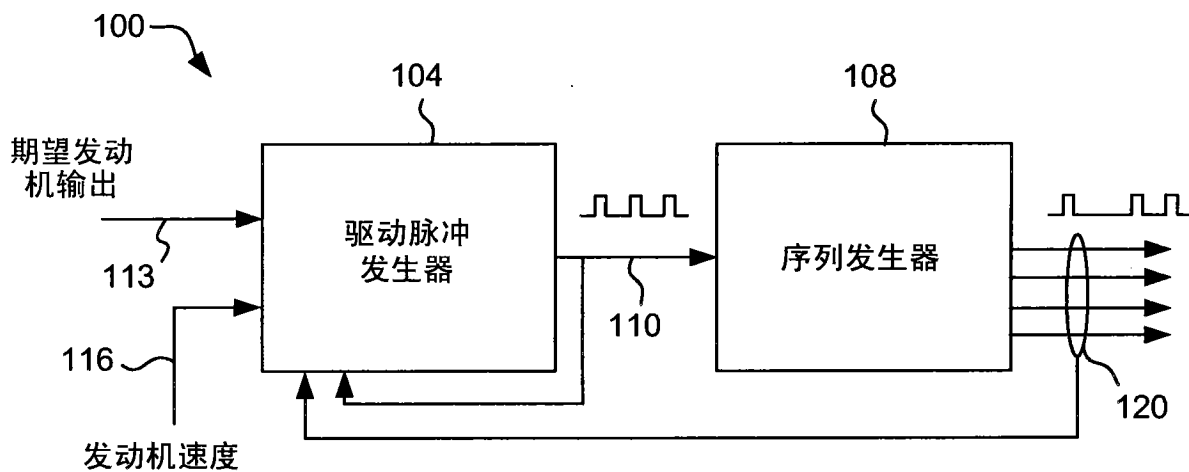


图 2(b)

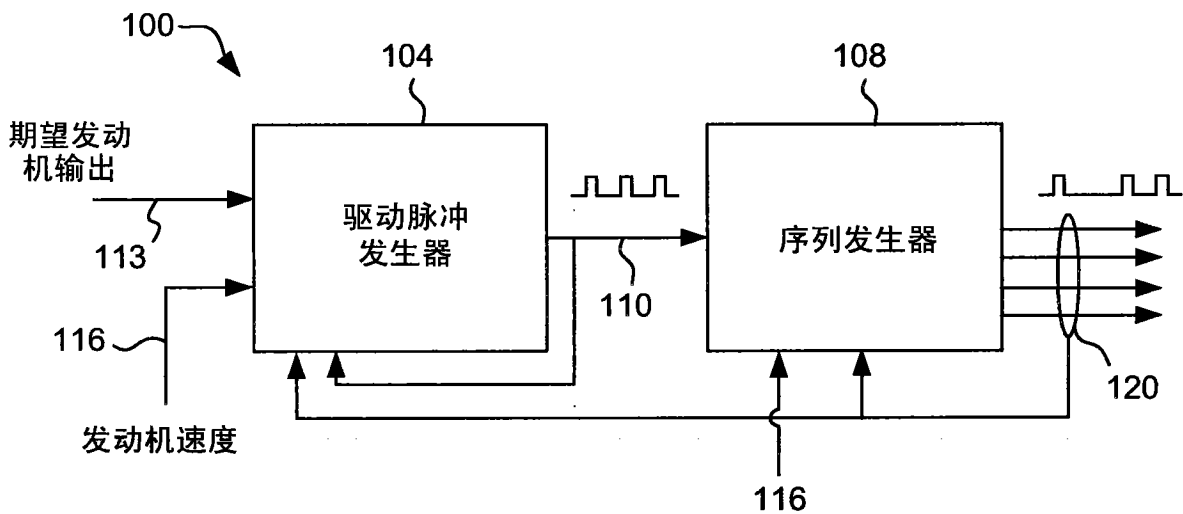


图 2(c)

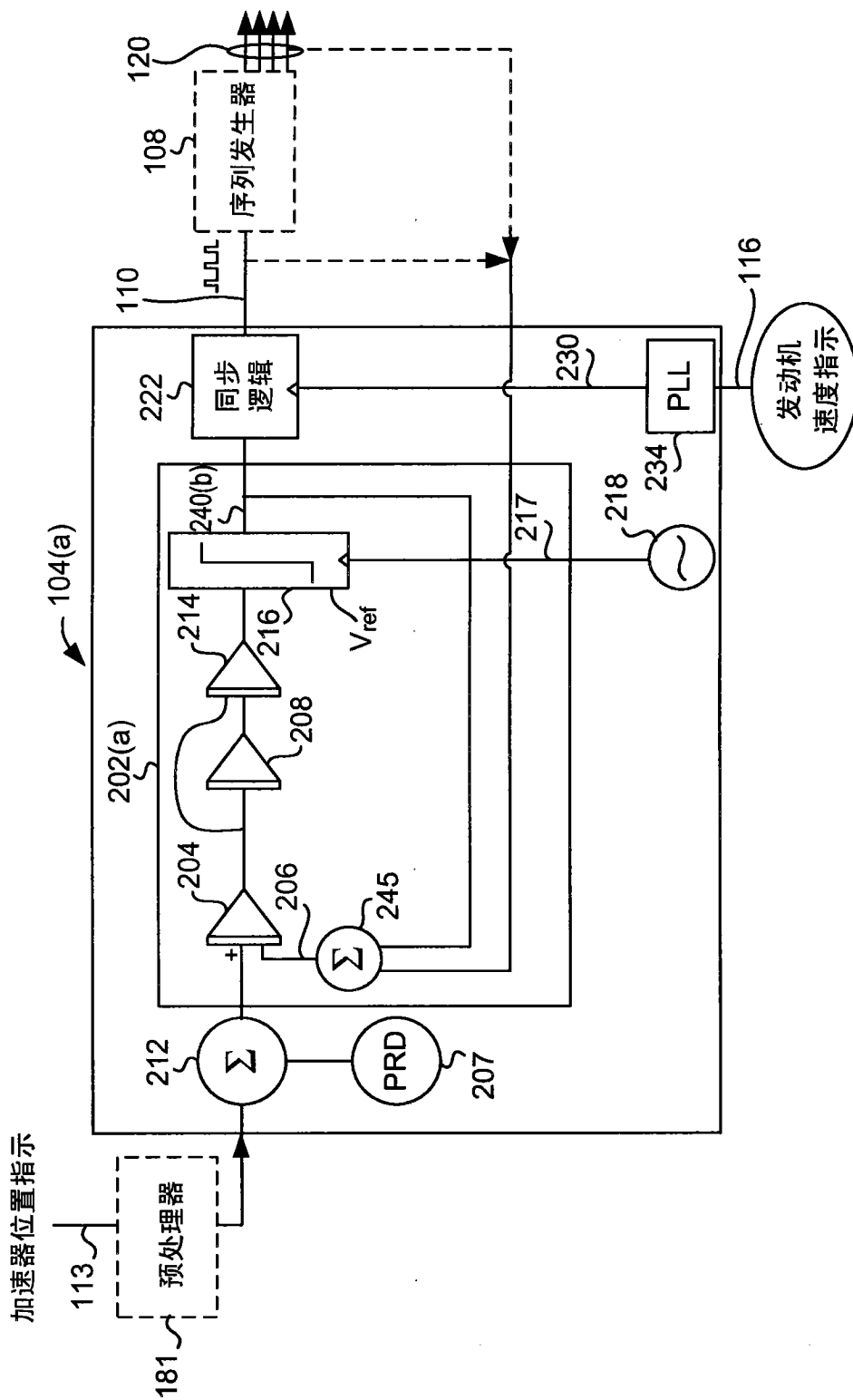


图 3

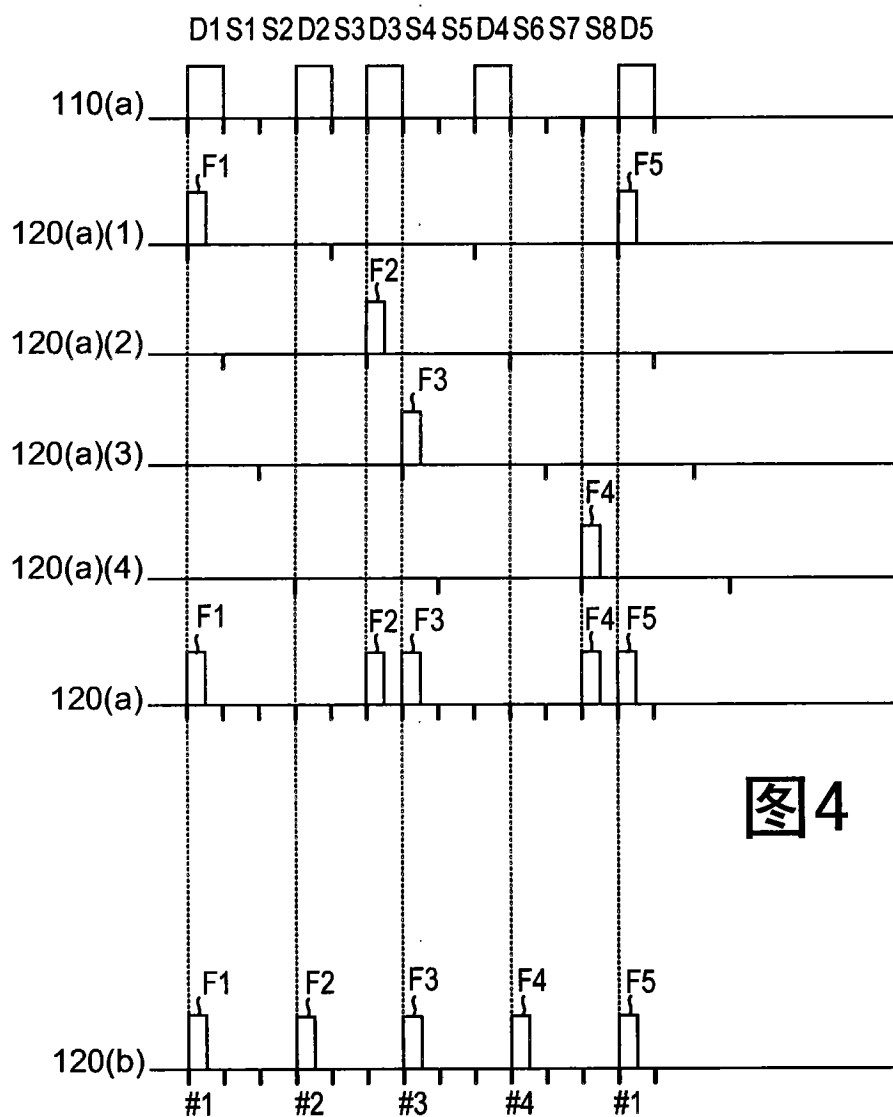


图4

图5

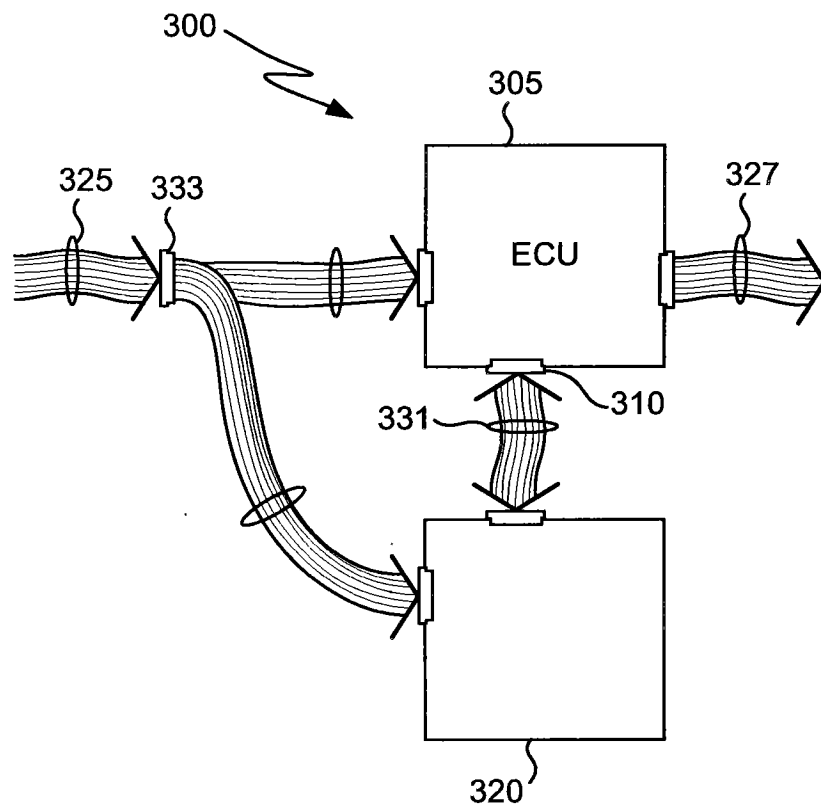


图 6

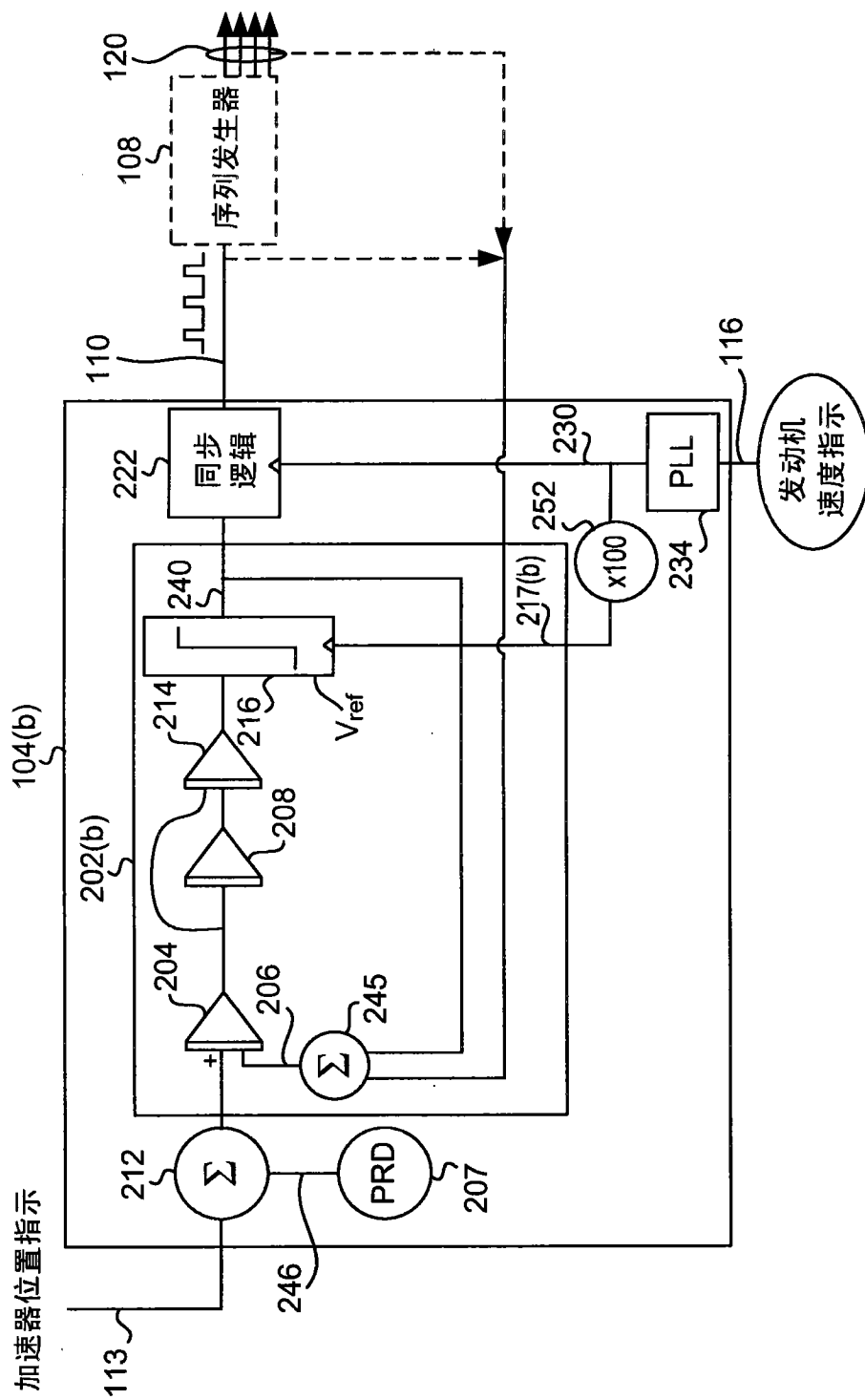


图 7

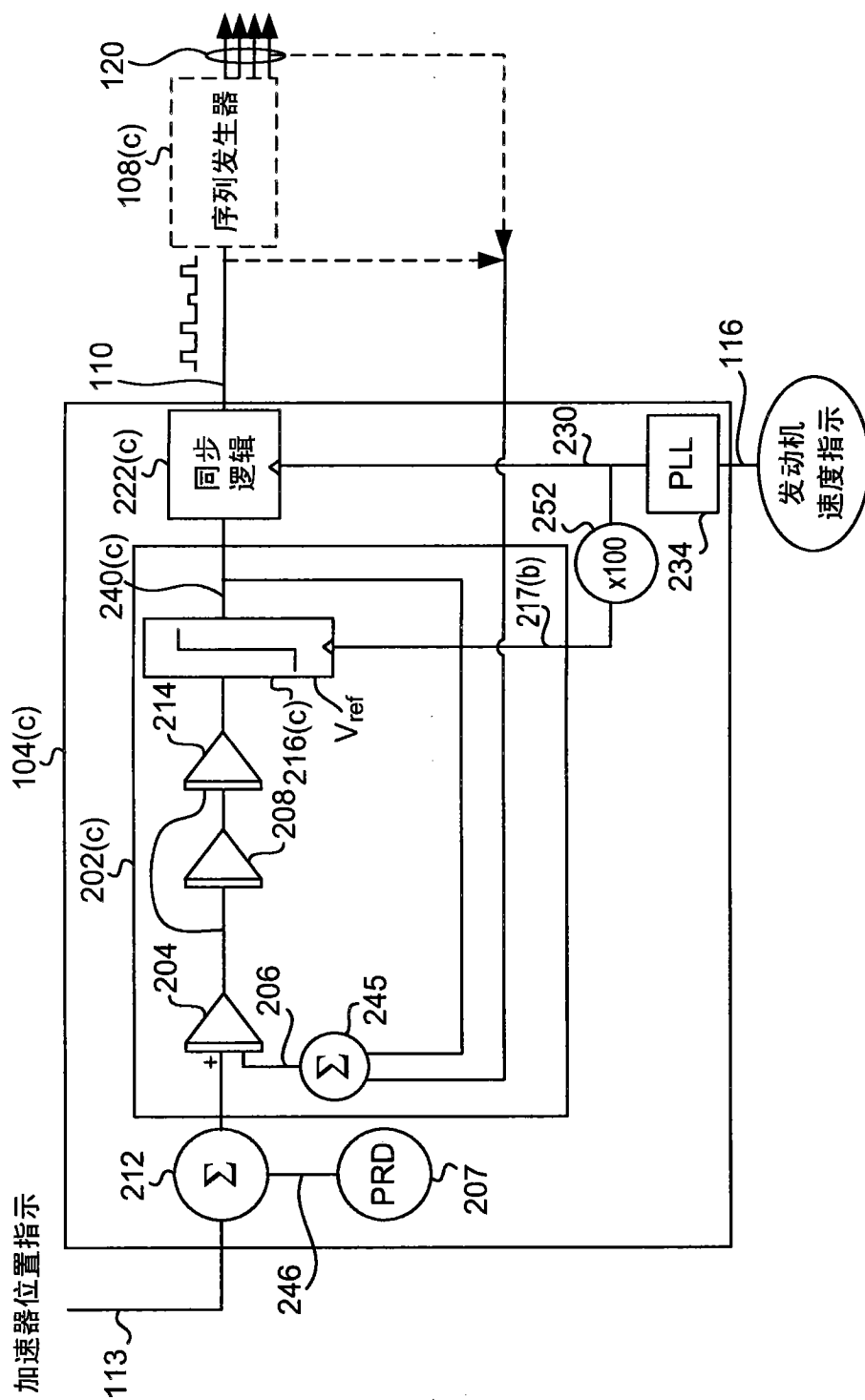


图 8

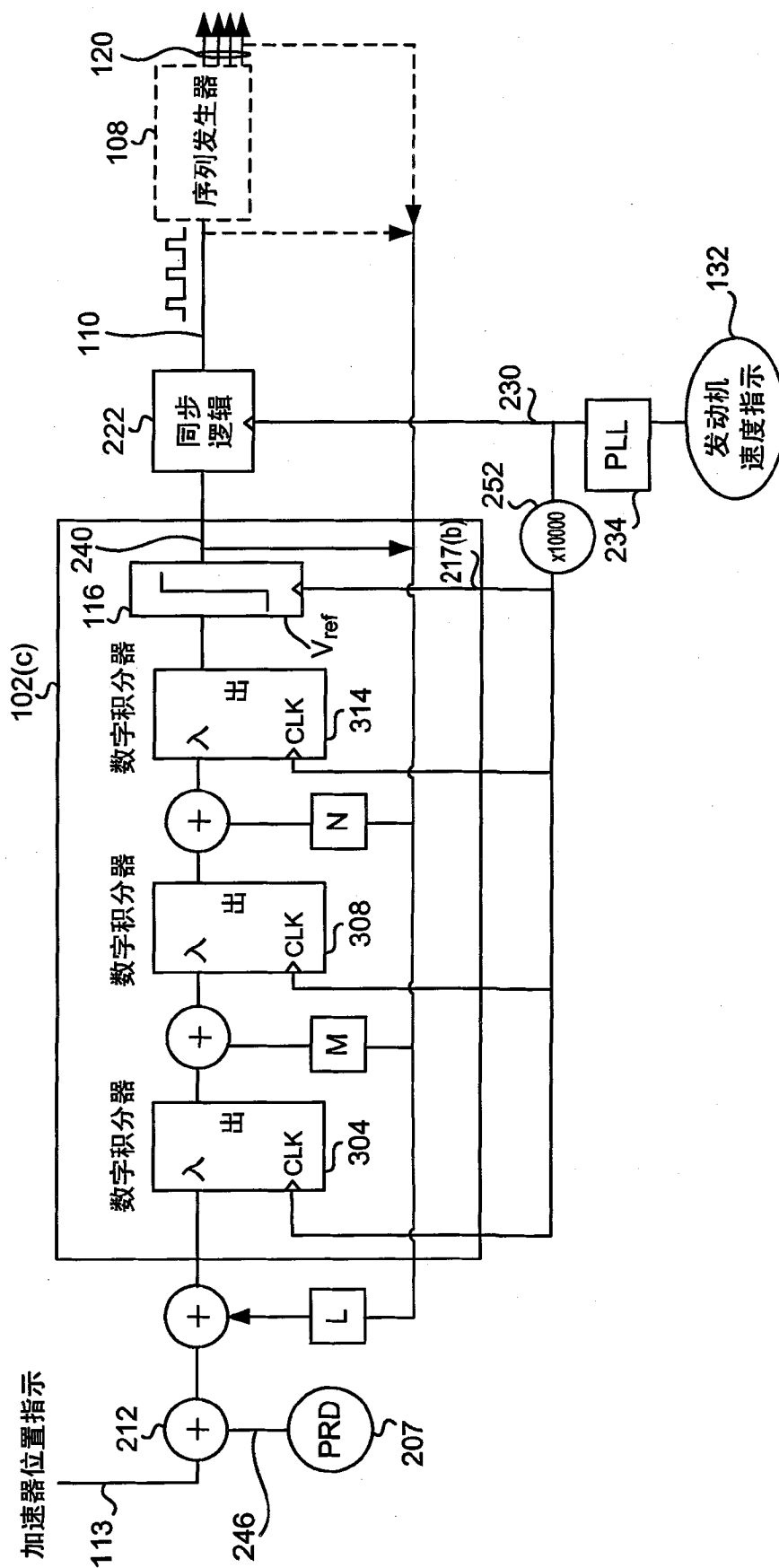


图 9

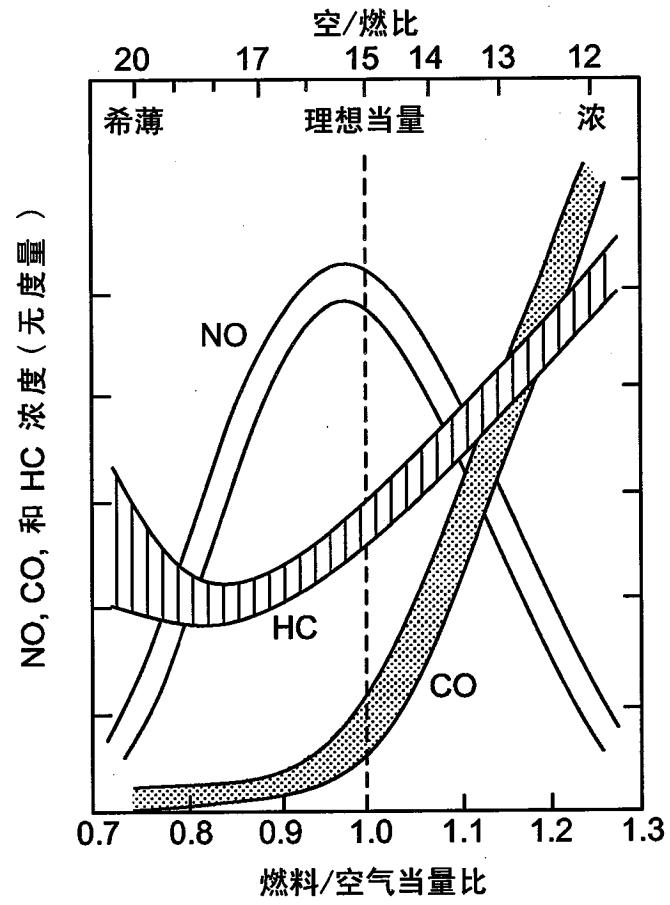


图 10

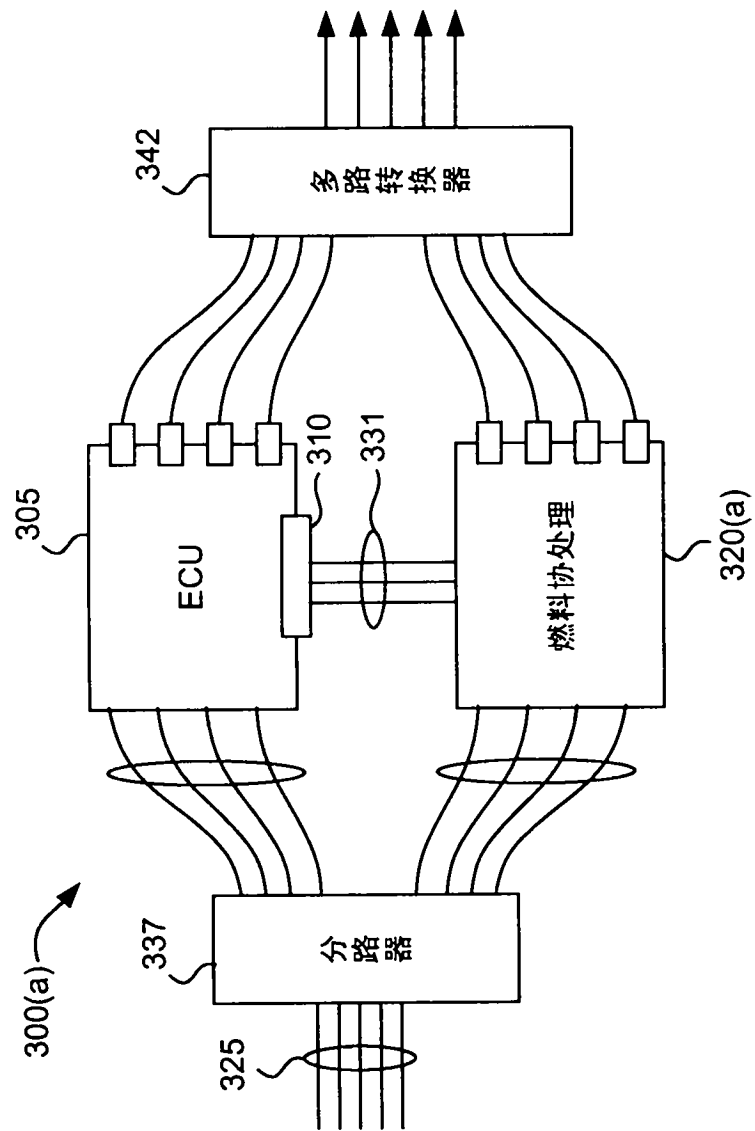


图 11

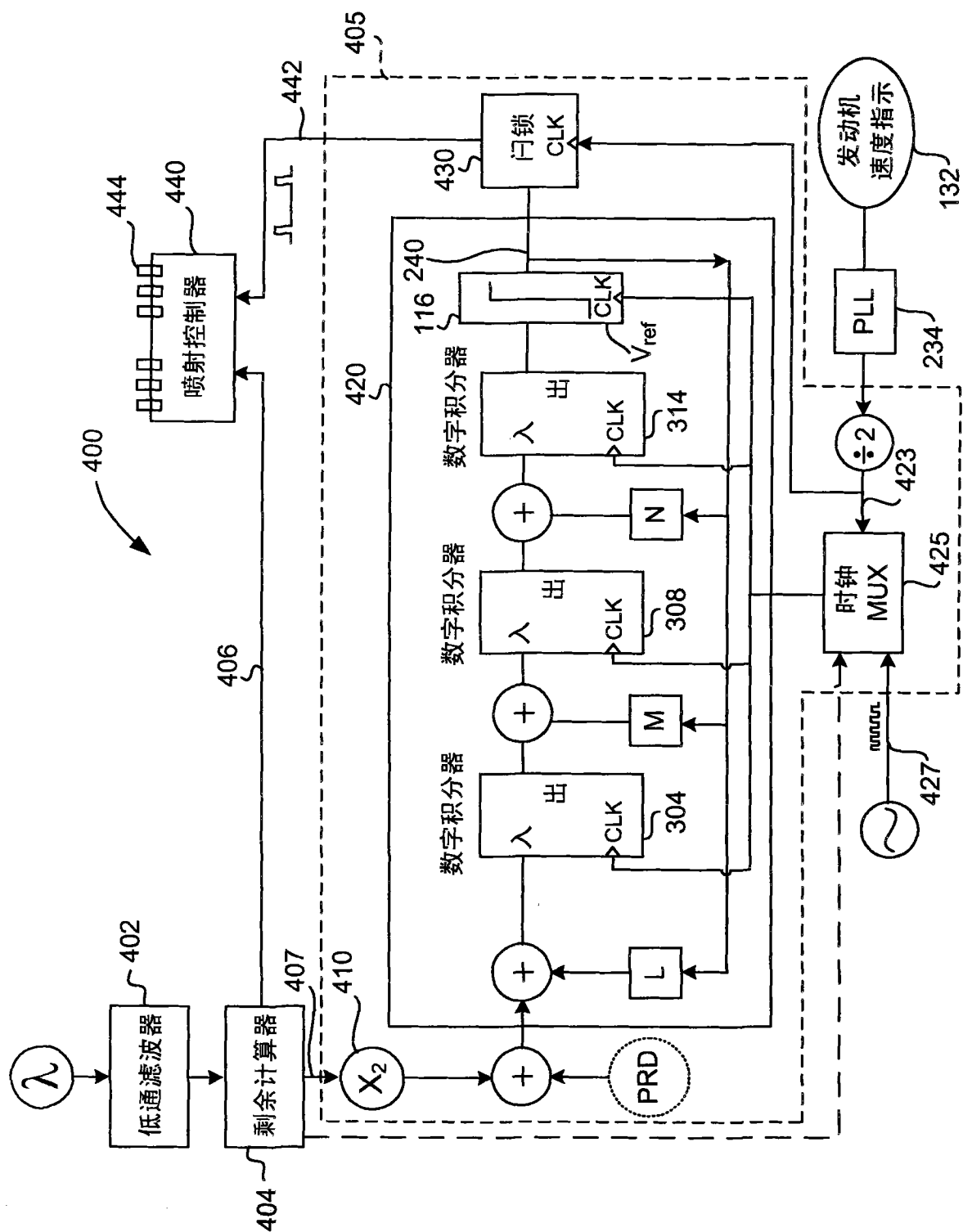


图 12

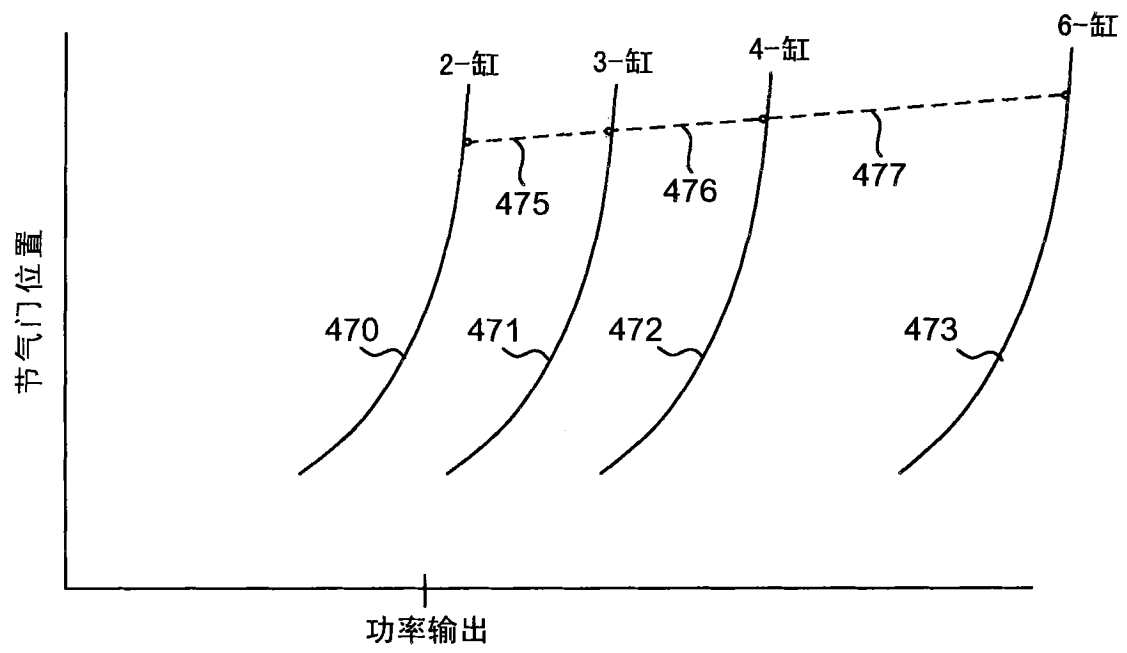


图 13

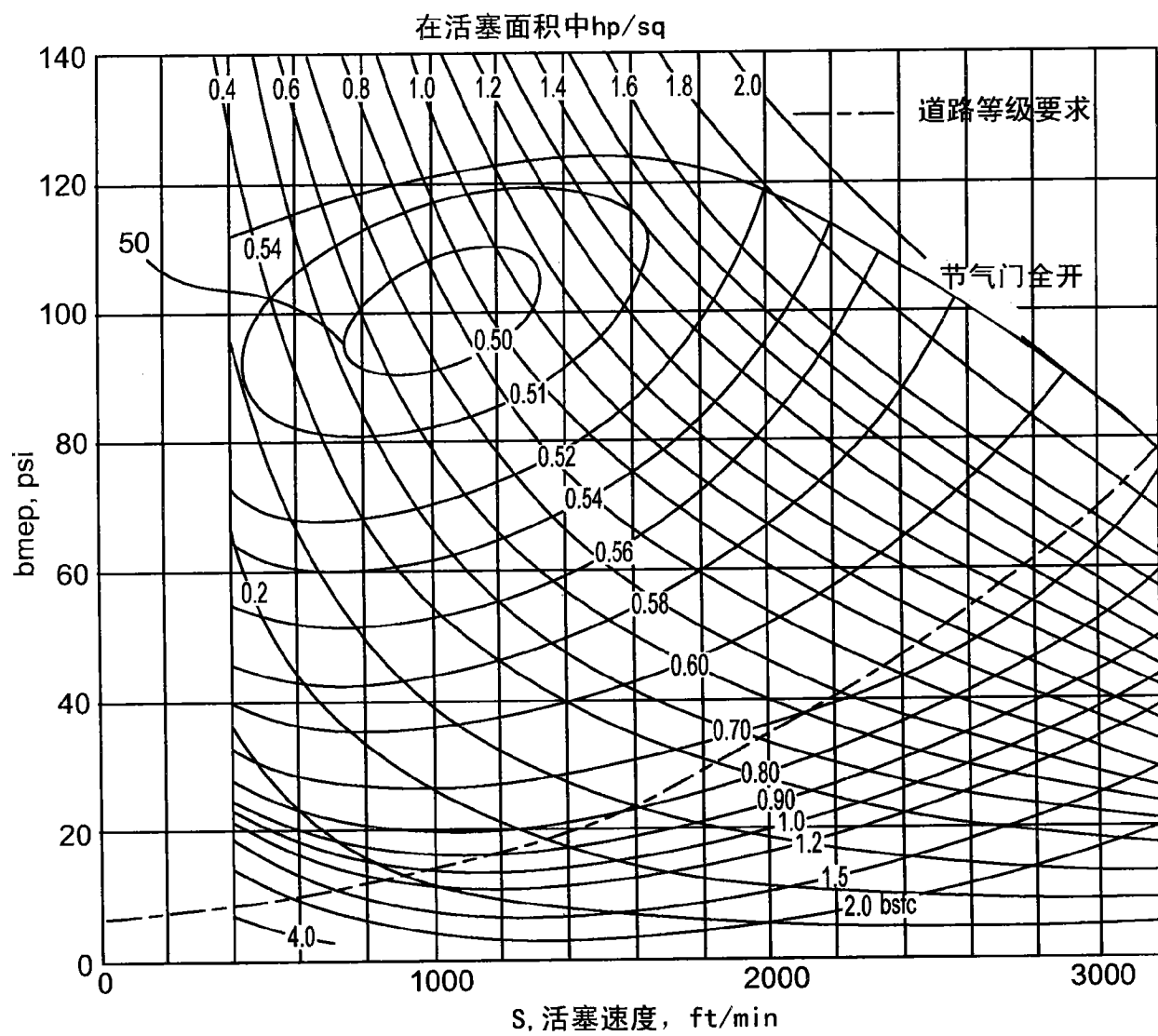


图 14

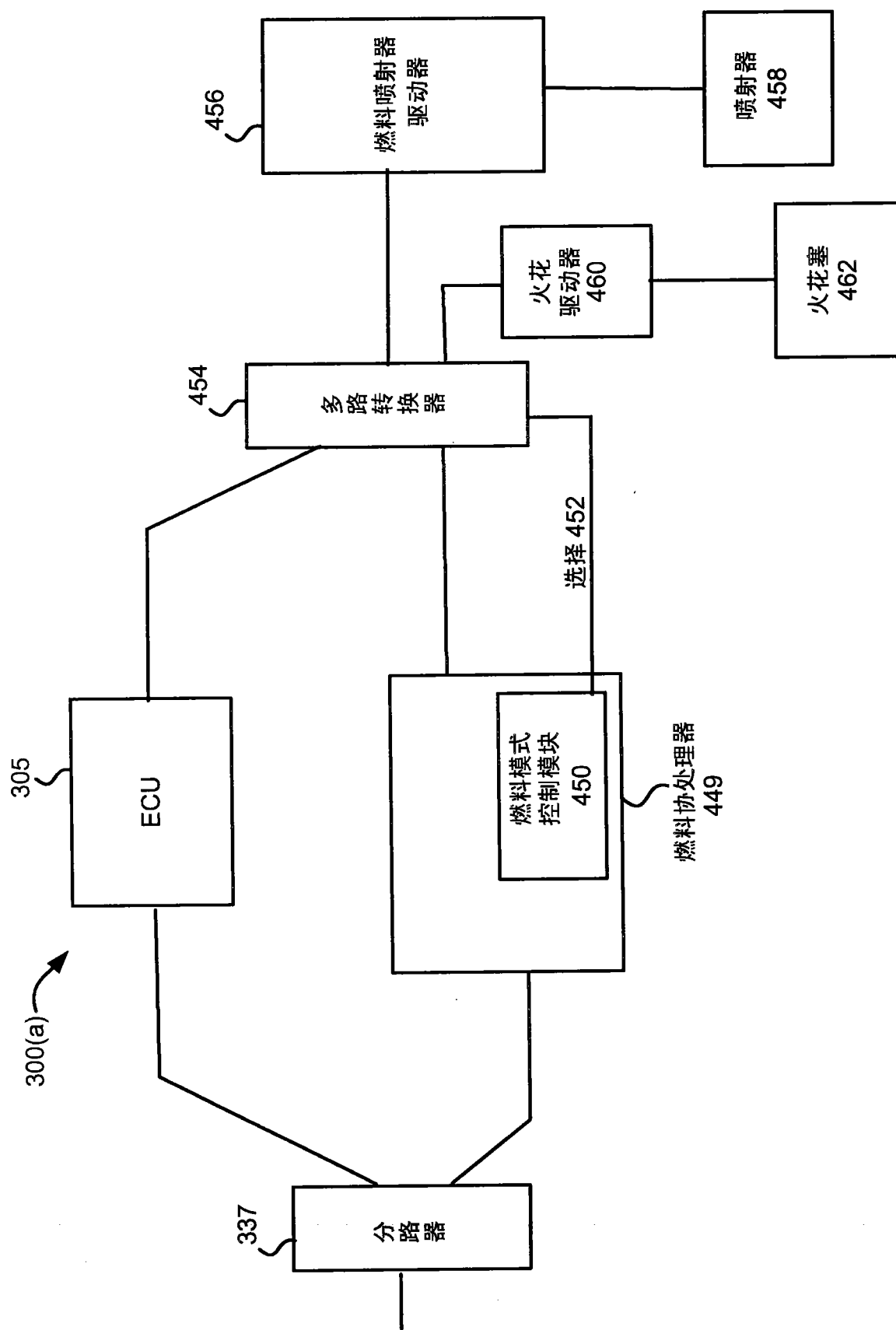


图 15

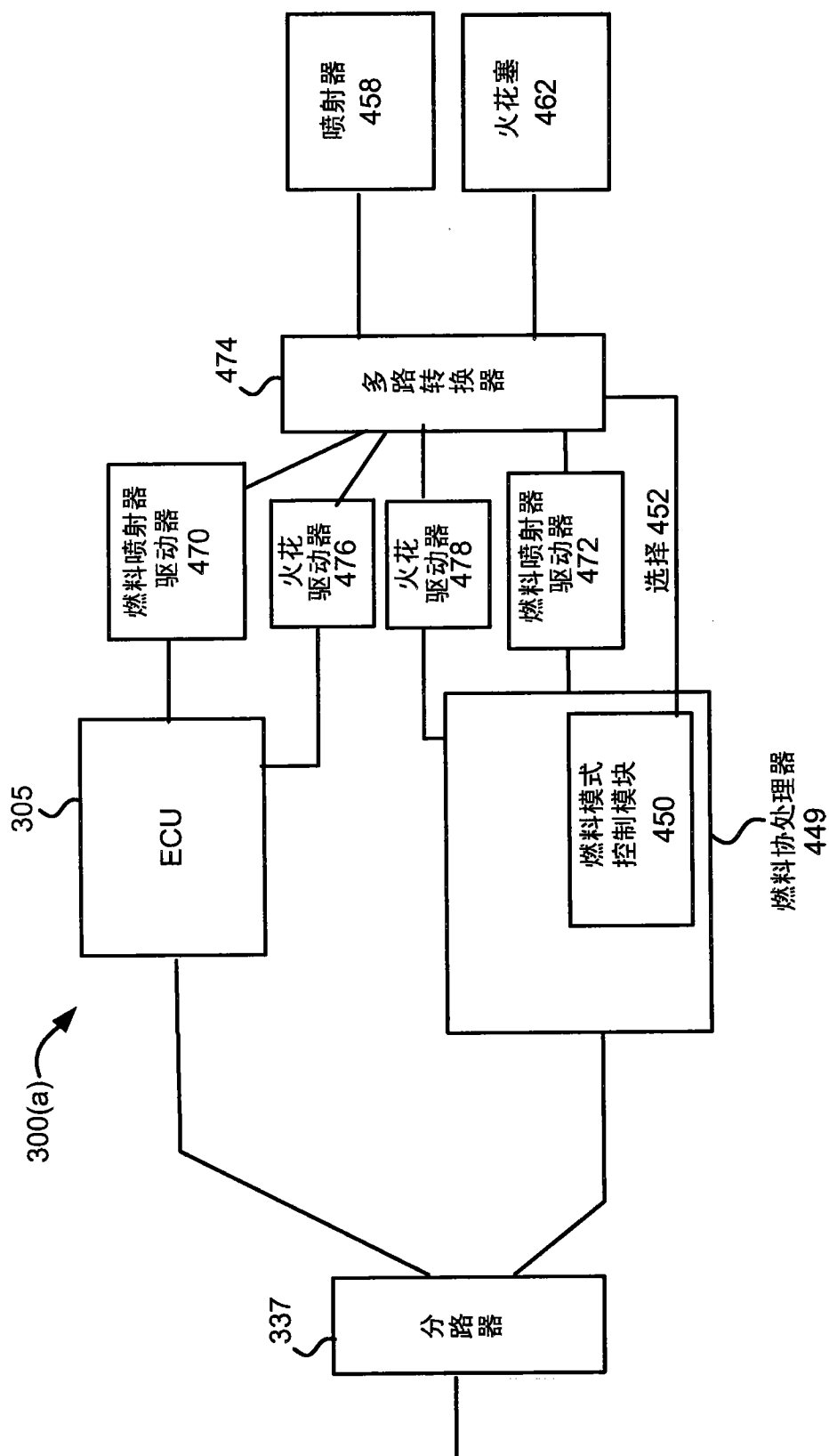


图 16

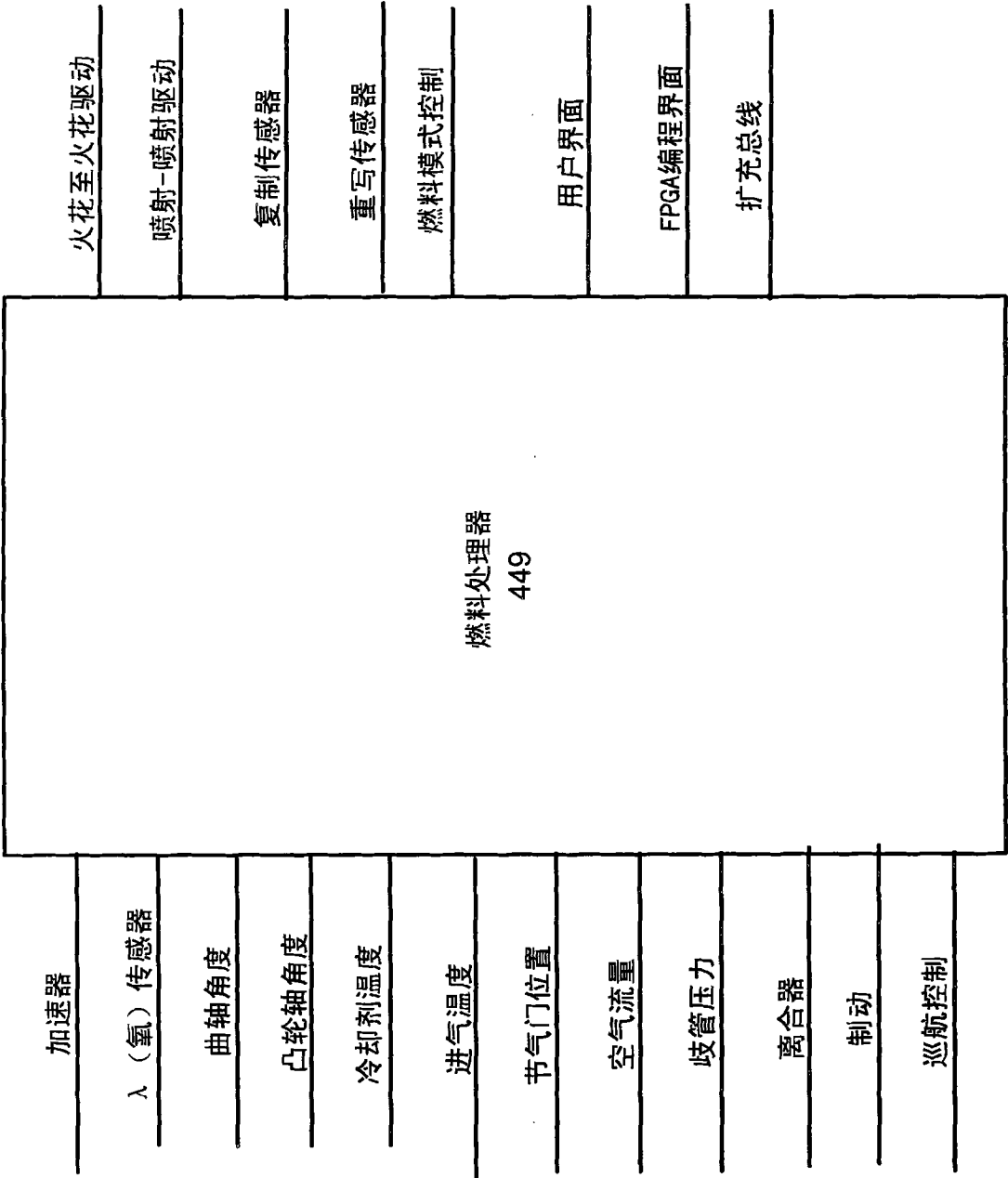


图 17

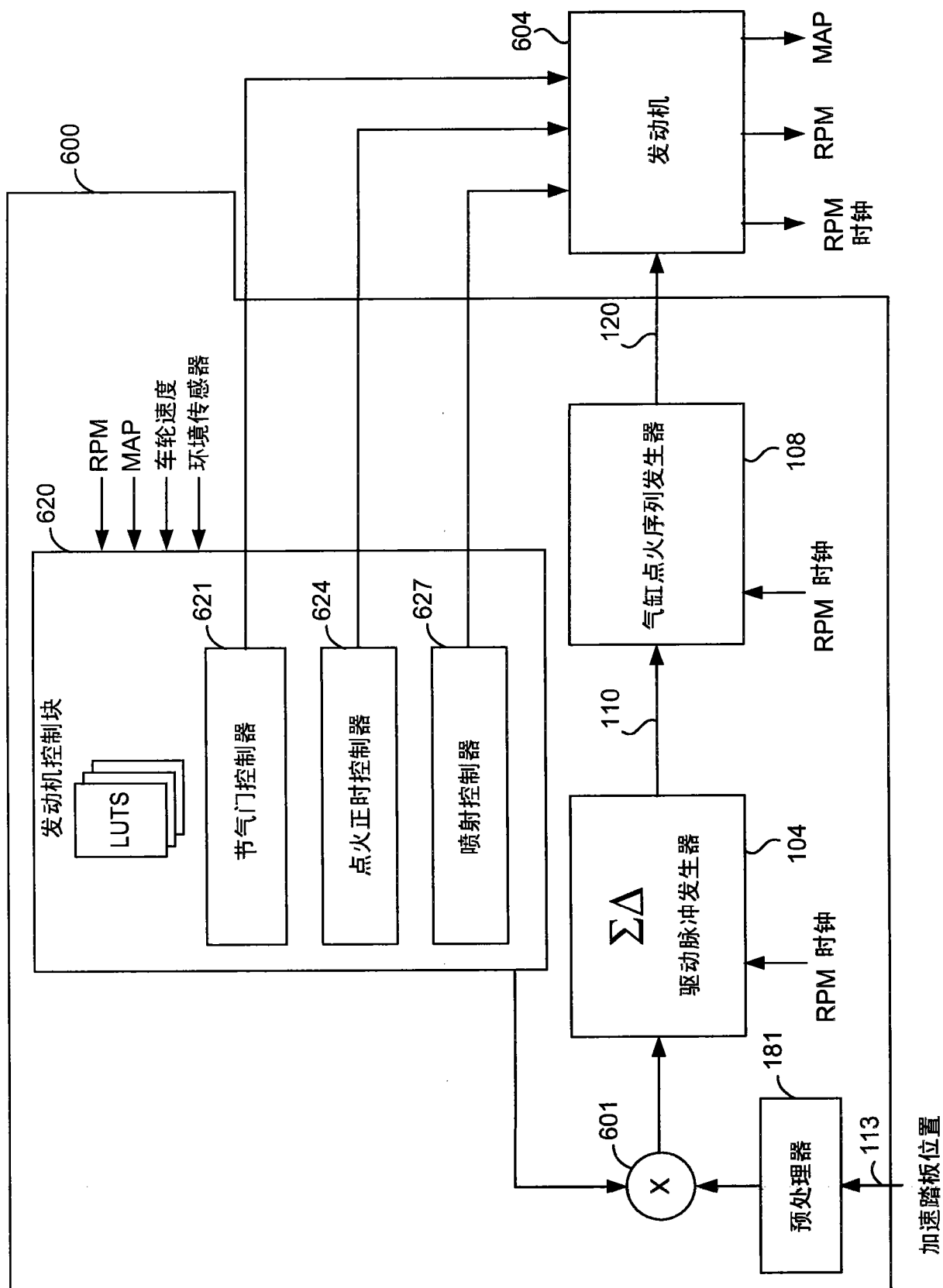


图 18