



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102333947 B

(45) 授权公告日 2015. 05. 20

(21) 申请号 200980157646. 8

代理人 余刚 吴孟秋

(22) 申请日 2009. 12. 29

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

F02D 41/20(2006. 01)

08425817. 7 2008. 12. 29 EP

F02D 41/40(2006. 01)

F02M 63/00(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 08. 29

(56) 对比文件

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2009/007907 2009. 12. 29

CN 1982685 A, 2007. 06. 20,

US 5499608 A, 1996. 03. 19,

EP 1657422 A1, 2006. 05. 17,

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/076645 EN 2010. 07. 08

US 6415762 B1, 2002. 07. 09,

DE 19636088 A1, 1998. 03. 12,

DE 19809001 A1, 1998. 09. 24,

(73) 专利权人 C. R. F. 阿西安尼顾问公司

地址 意大利奥尔巴萨诺

审查员 林秀霞

(72) 发明人 塞尔吉奥·斯图基

奥诺弗里奥·德 米凯莱

拉法埃莱·里科 多梅尼科·勒波雷

基亚拉·阿尔塔穆拉

马尔塞洛·加尔加诺

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限

责任公司 11240

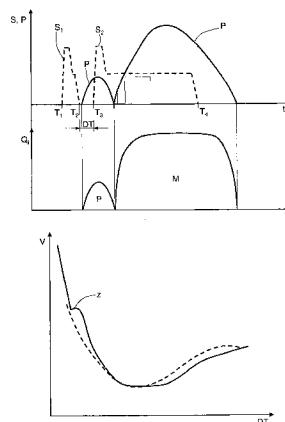
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

具有高操作重复性和稳定性的内燃机燃料喷射系统

(57) 摘要

内燃机燃料喷射系统,包括:至少一个燃料电子喷射器;以及一个电子控制单元,设计为在发动机气缸的燃料喷射阶段为燃料电子喷射器至少提供第一电气命令以执行预燃料喷射以及第二电气命令以执行主燃料喷射。第一电气命令和第二电气命令在时间上以电气驻留时间隔开,使得开始主燃料喷射不会中断预燃料喷射。第一电气命令和第二电气命令之间的电气驻留时间属于这样的电气驻留时间范围,在该电气驻留时间范围内,发动机气缸燃料喷射阶段预燃料喷射和主燃料喷射的燃料总量是基本恒定的。



1. 一种内燃机燃料喷射系统 (2), 包括:

- 至少一个燃料电子喷射器 (1); 以及

- 电子控制单元 (11), 设计为在发动机气缸的燃料喷射阶段中为所述燃料电子喷射器 (1) 至少提供第一电气命令 (S1) 以执行预燃料喷射 (P) 以及第二电气命令 (S2) 以执行主燃料喷射 (M), 所述第一电气命令和第二电气命令 (S1, S2) 在时间上以一电气驻留时间 (DT) 隔开, 使得开始所述主燃料喷射 (M) 而不中断所述预燃料喷射 (P);

所述燃料喷射系统的特征在于:

所述燃料电子喷射器 (1) 使得, 当所述第一电气命令和第二电气命令 (S1, S2) 之间的所述电气驻留时间 (DT) 在介于第一电气驻留时间范围和第二电气驻留时间范围之间的中间电气驻留时间范围 (Z) 内变化并且使得开始所述主燃料喷射 (M) 而不中断所述预燃料喷射 (P) 时, 在发动机气缸的燃料喷射阶段中所述预燃料喷射和主燃料喷射 (P, M) 期间喷射的燃料总量 (V) 的变化小于在所述第一电气驻留时间范围和第二电气驻留时间范围中的变化;

并且, 所述第一电气命令和第二电气命令 (S1, S2) 之间的所述电气驻留时间 (DT) 属于所述中间电气驻留时间范围 (Z)。

2. 根据权利要求 1 所述的燃料喷射系统, 其中, 在所述中间电气驻留时间范围内, 所述燃料喷射阶段中喷射的所述燃料总量 (V) 基本恒定。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的燃料喷射系统, 其中, 在所述中间电气驻留时间范围内, 在乘用车发动机应用中, 所述燃料喷射阶段中喷射的所述燃料总量 (V) 基于时间 $40 \mu s$ 的变化不超过 $3mm^3$, 在工业机动车发动机应用中, 所述燃料喷射阶段中喷射的所述燃料总量基于时间 $60 \mu s$ 的变化不超过 $6mm^3$ 。

4. 根据权利要求 1 或 2 所述的燃料喷射系统, 其中, 在所述中间电气驻留时间范围内, 所述燃料喷射阶段中喷射的所述燃料总量 (V) 的变化至多是所述第一电气驻留时间范围和第二电气驻留时间范围内的变化的四分之一。

5. 根据权利要求 1 或 2 所述的燃料喷射系统, 其中, 所述第一电气命令和第二电气命令 (S1, S2) 之间的所述电气驻留时间 (DT) 使得, 开始所述主燃料喷射 (M) 而不中断所述预燃料喷射 (P), 且所述主燃料喷射基本在所述预燃料喷射终止的瞬间开始。

6. 根据权利要求 1 或 2 所述的燃料喷射系统, 其中, 所述燃料电子喷射器 (1) 包括计量伺服阀 (9), 所述计量伺服阀包括:

- 控制室 (12), 设计为提供燃料并具有燃料出口 (14);

- 开/关元件 (15), 能够沿开启和关闭冲程移动, 以开启以及相应地关闭所述燃料出口 (14);

- 推动装置, 设计为作用于所述开/关元件 (15), 以关闭所述燃料出口 (14); 以及

- 电动致动器 (10), 设计为抵抗所述推动装置的作用而作用于所述开/关元件 (15), 以开启所述燃料出口 (14)。

7. 根据权利要求 1 或 2 所述的燃料喷射系统, 其中, 所述燃料喷射系统为共轨燃料喷射系统。

8. 一种根据前述权利要求中任一项所述的燃料喷射系统 (2) 的燃料电子喷射器 (1)。

9. 一种根据权利要求 1 或 5 所述的燃料喷射系统 (2) 的电子控制单元 (11)。

10. 一种控制内燃机中的燃料喷射的方法,所述内燃机配备有燃料喷射系统(2),所述燃料喷射系统包括:

- 至少一个燃料电子喷射器(1);以及

- 电子控制单元(11),设计为在内燃机燃料喷射阶段中为所述燃料电子喷射器(1)至少提供第一电气命令(S1)以执行预燃料喷射以及第二电气命令(S2)以执行主燃料喷射,所述第一电气命令和第二电气命令(S1,S2)在时间上以一电气驻留时间(DT)隔开,使得开始所述主燃料喷射(M)而不中断所述预燃料喷射(P);

所述燃料喷射控制方法的特征在于,包括:

- 赋予燃料电子喷射器(1)特征,以确定在发动机气缸燃料喷射阶段中,在所述预燃料喷射和主燃料喷射(P,M)期间喷射的所述燃料总量(Q),所述燃料总量根据所述第一电气命令和第二电气命令(S1,S2)之间的所述电气驻留时间(DT)而变化;

- 检测当所述第一电气命令和第二电气命令(S1,S2)之间的所述电气驻留时间(DT)在介于第一电气驻留时间范围和第二电气驻留时间范围之间的中间电气驻留时间范围(Z)内变化并且开始所述主燃料喷射(M)而不中断所述预燃料喷射(P)时,所述燃料总量(Q)的变化是否小于在所述第一电气驻留时间范围和第二电气驻留时间范围中的变化;以及

- 如果所述检测的结果是肯定的,则选择所述中间电气驻留时间范围(Z)内的所述电气驻留时间(DT)。

11. 根据权利要求10所述的燃料喷射控制方法,其中,在所述中间电气驻留时间范围(Z)内,所述燃料喷射阶段中喷射的所述燃料总量(V)基本恒定。

12. 根据权利要求10或11所述的燃料喷射控制方法,其中,在所述中间电气驻留时间范围(Z)内,在乘用车发动机应用中,所述燃料喷射阶段喷射的所述燃料总量(V)基于时间 $40\mu\text{s}$ 的变化不超过 3mm^3 ,在工业机动车发动机应用中,所述燃料喷射阶段喷射的所述燃料总量基于时间 $60\mu\text{s}$ 的变化不超过 6mm^3 。

13. 根据权利要求10或11所述的燃料喷射控制方法,其中,所述燃料电子喷射器(1)使得,在所述中间电气驻留时间范围(Z)内,在所述燃料喷射阶段喷射的所述燃料总量(V)的变化至多是所述第一电气驻留时间范围和第二电气驻留时间范围内的变化的四分之一。

14. 根据权利要求10或11所述的燃料喷射控制方法,其中,所述第一电气命令和第二电气命令(S1,S2)之间的所述电气驻留时间(DT)使得,开始所述主燃料喷射(M)而不中断所述预燃料喷射(P),且所述主燃料喷射基本在所述预燃料喷射终止的瞬间开始。

具有高操作重复性和稳定性的内燃机燃料喷射系统

技术领域

[0001] 本发明涉及具有高操作重复性和稳定性的内燃机燃料喷射系统。

背景技术

[0002] 通常,燃料喷射系统包括多个燃料电子喷射器,每个均设置有计量伺服阀,计量伺服阀包括提供有增压燃料的控制室并设置有燃料出口,燃料出口通常借助于弹性推动装置 (elastic urging means) 由开 / 关元件关闭。操作该开 / 关元件,以通过与弹性推动装置相对作用的电子致动器 (actuator) 打开控制室的燃料出口而喷射燃料。控制室中的燃料压力作用于喷射器本体中轴向移动的控制杆,该控制杆与雾化器针接合轴向移动,以打开和关闭雾化器喷嘴中的燃料喷射孔。

[0003] 燃料喷射系统进一步包括电子控制单元,程控 (program) 为对电动致动器提供相应的电气命令,以执行每次燃料喷射。控制杆相对于电气命令移动的时间延迟取决于作用于计量伺服阀开 / 关元件上的推动装置的预加载荷,并取决于控制室的容积以及燃料入口和出口之间的截面比。

[0004] 为改进发动机性能,EP 1657422 和 EP 1795738 描述了一种燃料喷射系统,其中,在预定的发动机操作条件下 (基于发动机速度、载荷、冷却剂温度等),在发动机气缸中的燃料喷射阶段和相应的燃料燃烧阶段中,电子控制单元至少提供一预定持续时间的第一电气命令以执行预燃料喷射 (pilot fuel injection) 以及随后的一持续时间的电气命令以执行主燃料喷射,该持续时间取决于发动机操作条件。两个电气命令在时间上以电气驻留时间 (electrical dwell time) 隔开,使得开始主燃料喷射不中断预燃料喷射,即,燃料喷射阶段的瞬间燃料流速设定为所谓的“双峰曲线 (two-hump profile)”。

发明内容

[0005] 本申请人根据实验发现,在上述专利所述的燃料喷射系统中,一旦用于预燃料喷射和主燃料喷射的电气命令的持续时间、预燃料喷射过程中的燃料压力以及通常以体积表示的所喷射燃料量基于发动机操作条件而固定,则经由预燃料喷射和主燃料喷射喷入发动机气缸中的所喷射燃料总量作为整体根据电气控制单元发出的相应电气命令之间的电气驻留时间而变化。具体地,燃料电子喷射器 (electroinjector) 的两种不同行为已经确定为根据预燃料喷射和主燃料喷射电气命令之间的电气驻留时间而变化。事实上,可以确定一极限电气驻留时间,在该极限电气驻留时间之上,主燃料喷射期间喷射的燃料量不仅取决于相应电气命令的持续时间,还取决于燃料压力和预燃料喷射期间所喷射的燃料量 (其为预设质量),以及取决于燃料输送管中设定的由预燃料喷射造成的燃料压力振荡 (pressure oscillation),其中,燃料经由燃料输送管输送到燃料电子喷射器。

[0006] 如果用于预燃料喷射和主燃料喷射的电气命令之间的电气驻留时间短于该极限电气驻留时间,则替代地,除上述因素 (即,燃料压力和预燃料喷射期间喷射的燃料量) 外,主燃料喷射期间喷射的燃料量还受到多个因素的影响,即,两个电气命令之间的电气驻留

时间、关闭控制室燃料出口期间阀座上开 / 关元件的回弹（该回弹重新开启控制室的燃料出口且影响控制室中的燃料压力变化，且因此影响由其控制的控制杆的动态）、主燃料喷射电气命令开始时雾化器针的位置、以及计量伺服阀开 / 关元件的流体密封区附近设定的流体动态条件。

[0007] 此外，也有必要考虑燃料电子喷射器的老化，因为流体密封部件的磨损或具有极小间隙的相对活动部件的磨损严重影响了开 / 关元件的回弹，同时要考虑所谓的“结焦 (coking)”现象，其影响了雾化器喷嘴孔且基本上是因为燃烧室中高燃料喷射压力与高温组合生成的碳沉积的积淀导致的孔截面逐渐缩小，该“结焦”现象使得孔截面积减小，从而降低了燃料电子喷射器的燃料流量。

[0008] 如前所述，预燃料喷射实际上改变了提供主燃料喷射的电气命令时燃料电子喷射器的流体动态条件。具体地，对于典型的出现在乘用车 (passenger motor vehicle) 发动机应用中的 $1-3\text{mm}^3$ 区间中的预燃料喷射期间喷射燃料量以及典型的出现在工业机动车发动机应用中的 $5-7\text{mm}^3$ 区间中的预燃料喷射期间喷射燃料量而言，预燃料喷射电气命令和主燃料喷射电气命令之间的将这两个行为隔开的极限电气驻留时间大约为 $300\ \mu\text{s}$ 。

[0009] 申请人还根据实验发现，当预燃料喷射电气命令与主燃料喷射电气命令之间的电气驻留时间短于前述极限电气驻留时间时，且尤其当该电气驻留时间变得非常短而导致预燃料喷射更大程度上妨碍到了随后的主燃料喷射时，燃料喷射器的操作鲁棒性 (robustness) 会受到明显的危害。

[0010] 即使可以对电子控制单元进行程控以便在燃料喷射器使用寿命期间改变用于预燃料喷射和主燃料喷射的电气命令之间的电气驻留时间，但任何情况下都不可能预先确定引入的校正量以使预燃料喷射期间和主燃料喷射期间的瞬间燃料流量持续具有双峰曲线。具体地，不可能保持预燃料喷射期间和主燃料喷射期间所喷射的燃料量之间的预定比不变；且由于其变化，因而可能会达到一个极限的情况，在这种情况下，两次燃料喷射实质上融合为一次单一的燃料喷射，与此相关的是过量的燃料会被引入到燃烧室中，这不利地影响发动机废气排放。

[0011] 事实上，所述类型的已知燃料喷射系统中经历的缺点源于这样一个事实，即，为了获得预燃料喷射期间和主燃料喷射期间瞬间燃料流量的双峰曲线，其中，在任何情况下，预燃料喷射（尽管相近）总能很好地与主燃料喷射进行识别和区分，所以，有必要在相应电气命令之间设定一个非常短的电气驻留时间。因此，当流体动态条件显著变化时，且取决于之前所指的参数，开始重启计量伺服阀以实现主燃料喷射，从而在发动机效率和污染物废气排放方面造成有害影响。

[0012] 以上缺点在燃料电子喷射器使用寿命期内增加迅速；具体地，燃料电子喷射器中相对活动部件的磨损和诸如雾化器喷嘴孔结焦的现象改变电子喷射器性能曲线，诸如对于固定燃料压力而言表示主燃料喷射期间喷射的燃料量相对于相应电气命令持续时间的变化的所谓的“燃料流量曲线”，或者对于给定的燃料压力和电气命令持续时间而言表示预燃料喷射期间和随后的主燃料喷射期间喷射的燃料总量作为整体相对于相应电气命令之间的电气驻留时间的变化的所谓的“临近曲线”，下文会对该“临近曲线”进行更全面的说明。由于电子控制单元发出的电气命令基于前述燃料电子喷射器的性能曲线，且由于不可能准确预见其因为磨损或结焦导致的随着时间的变化，因此非常难以计算出使得电子控制单元

能够保证鲁棒性操作的控制算法,在燃料电子喷射器的整个使用寿命期内,该鲁棒性操作可以从一个燃料电子喷射器再现到另一个燃料电子喷射器。具体地,不可能诉诸宽域氧传感器 (UEGO) 探针对每个燃料电子喷射器的映射连续校正变化,由于其位于所有发动机气缸排气歧管的下游且因此将分析平均废气排放。为了符合最新的严格的排气排放限制,此类举措也并不充分,因为,首先,一个燃料电子喷射器的性能曲线与另一燃料电子喷射器的性能曲线并不是完全重叠的;此外,如上所述,在所关心的操作范围中,即使是预燃料喷射和主燃料喷射电气命令之间的电气驻留时间的最小变化也会导致燃料电子喷射器操作的显著差异。

[0013] 本发明的一个目的是提供一种在一段时间内具有长期的高操作重复性和稳定性的共轨燃料喷射系统,由此消除根据现有技术状态的燃料喷射系统的缺点。

[0014] 根据本发明,以上目的通过如所附权利要求限定的内燃机共轨燃料喷射系统实现。

附图说明

[0015] 为了更好地理解本发明,此处仅通过实例且借助于附图说明本发明的一些优选实施例,其中:

[0016] • 图 1 示意性示出了内燃机燃料喷射系统的燃料电子喷射器;以及

[0017] • 图 2 到图 6 示出了说明燃料喷射系统中物理量的发展变化 (evolution) 的图示。

具体实施方式

[0018] 在图 1 中,由标号 1 表示高压燃料喷射系统 2 的燃料电子喷射器整体,该高压燃料喷射系统具体为共轨 (common rail) 燃料喷射系统,其用于内燃机 (未示出),且具体用于柴油机。

[0019] 燃料电子喷射器 1 包括中空喷射器本体 3,其沿纵向轴线延伸且具有设计为通过高压燃料输送管连接至共轨的侧向燃料入口 4,该共轨进而连接至燃料喷射系统 2 的高压泵 (未显示)。喷射器本体 3 在雾化器 5 处结束,该雾化器主要包括喷嘴 5,其通过管道 6 与燃料入口 4 连通且具有设有燃料喷射孔的锥形顶。喷嘴通常通过具有锥形顶的针形闸板 7 保持关闭,该针形闸板设计为与喷嘴的锥形顶接合并且在雾化器内轴向移动,以在控制杆 8 的作用下开启和关闭喷嘴孔,该控制杆在喷射器本体 3 的底部中轴向移动。在一个不同的实施例中,针形闸板 7 制成为与控制杆 8 为单一件,因此可以直接开启和关闭喷嘴孔。

[0020] 在喷射器本体 3 的顶部中容纳有燃料计量伺服阀 9,其可操作以控制控制杆 8 的移动。计量伺服阀 9 包括电动致动器 10,其通过电子控制单元 11 程控以对于发动机气缸的每个燃料喷射阶段和相应的燃料燃烧周期而言为电动致动器 10 提供一个或多个电气命令,以执行相应的燃料喷射。在本申请说明书和权利要求书中,术语“电气命令”表示具有预定持续时间和预定发展变化时间的电流信号。

[0021] 计量伺服阀 9 进一步包括控制室 12,其通过燃料入口通道 13 与燃料入口 4 连通并且通过燃料出口通道 14 与燃料排放口 (未显示) 连通,其通过与相应阀座协作的闸板 15 开启和关闭,其中,出口通道 14 布置为填充或排空控制室 12,且因此使得控制杆 8 响应控制室 12 中的燃料压力的减小或增大而执行轴向开启和关闭冲程,由此确定雾化器 5 的开启和

关闭并且因此确定进入相应发动机气缸中的燃料喷射等。

[0022] 计量伺服阀 9 可以是电磁电动致动器 (solenoid electric actuator) 10 的类型, 或压电电动致动器 (piezoelectric electric actuator) 10 的类型, 且其可能是所谓的“不平衡”液压结构的类型, 其中, 在关闭燃料出口通道 14 时, 闸板 15 在一侧受到燃料压力的反作用并且在另一侧受到通常由弹簧形成的推动装置的反作用; 或者其可能是所谓的“平衡”液压结构的类型, 其中, 在关闭燃料出口通道 14 时, 闸板 15 只受到推动装置的作用, 因为燃料对闸板 15 的轴向推动基本为零。

[0023] 例如, 从 EP 1106816 可知具有电磁电动致动器和不平衡液压结构的计量伺服阀, 其中, 阀座由锥形座形成, 控制室的燃料出口通道的校准部在该座处分出 (give out), 而闸板由在电动致动器作用下在轴套中滑动的杆所控制的球形成。

[0024] 从上述 EP 1795738 和 EP 1621764 可知具有电磁电动致动器和平衡液压结构的计量伺服阀, 其中, 闸板由以流体密封方式在轴向固定阀杆上轴向滑动的轴套形成, 燃料出口通道设置在此, 而阀座由杆和凸缘之间的连接区所限定的环形台肩形成, 该凸缘制成为与杆成为单一件且杆由凸缘伸出, 且其容纳在喷射器本体中并以流体密封方式通过旋拧在内螺纹上的有螺纹线的环形螺母而与喷射器本体的台肩保持轴向接触。

[0025] 例如从 W02009092507 和 W02009092484 可获知与上述两个专利中所示不一样的具有电磁电动致动器和平衡液压结构的计量伺服阀。

[0026] 从 EP 1612398 和 W02008138800 可知具有压电电动致动器和平衡液压结构的计量伺服阀, 其中, 闸板由以流体密封方式在轴向固定的轴套上轴向滑动的杆形成, 而阀座由轴套的环形台肩形成。

[0027] 为了获得高发动机效率并降低污染物废气排放, 对发动机气缸中的每个燃料燃烧周期而言, 电子控制单元 11 程控为控制计量伺服阀 9, 使燃料电子喷射器 1 执行包括预燃料喷射和随后的主燃料喷射的燃料喷射阶段, 开始主燃料喷射不会中断预燃料喷射。

[0028] 对于所述目的, 在发动机气缸中的每个燃料喷射阶段, 电子控制单元 11 程控为至少生成具有预定持续时间的第一电气命令 S_1 以操作电动致动器 10 且由此操作闸板 15, 并且使得控制杆 8 执行第一开启冲程和随后相应的第一关闭冲程, 以执行预燃料喷射, 并且生成持续时间作为发动机操作条件的函数的第二电气命令 S_2 以操作电动致动器 10 且由此操作闸板 15, 使得控制杆 8 执行第二开启冲程和随后相应的第二关闭冲程, 以执行主燃料喷射。两个电气命令 S_1 和 S_2 通过设计为 D_T 的电气驻留时间在时间上隔开, 该电气驻留时间对于确定燃料喷射器 1 的操作稳定性和鲁棒性的作用会在下文更详细地说明。

[0029] 预燃料喷射期间喷射的燃料量 V_p 基本上取决于燃料压力, 且与气缸燃烧室容积成比例。具体地, 在乘用车发动机中的应用中, 预燃料喷射期间喷射的燃料量为 $1-3\text{mm}^3$ 的区间, 而在工业机动车发动机中的应用中, 该值增加到 $5-7\text{mm}^3$ 的区间。

[0030] 而主燃料喷射期间喷射的燃料量 V_m 不仅取决于发动机气缸的容积, 还取决于通过发动机速度和载荷限定的发动机操作点, 且从在惰转期间设定的最低值 5mm^3 开始增加到最大扭矩 (即, 1900 到 200r. p. m) 期间设定的处于 55mm^3 区间 (对发动机气缸排量 (displacement) 约为 330cc 的情况而言) 或 70mm^3 区间 (对气缸排量约为 500cc 的情况而言) 的最大值。

[0031] 图 2 示出了一条顶部曲线图, 其中, 电子控制单元 11 提供的用于预燃料喷射和主

燃料喷射的电气命令 S_1 和 S_2 的时间发展变化以虚线表示, 而控制杆 8 响应电气命令 S_1 和 S_2 相对于原点“零”的相应位移 P (其中雾化器 5 关闭) 以实线表示。此外, 图 2 示出了一条底部曲线图, 其中示出了预燃料喷射和主燃料喷射 (分别以 P 和 M 标识且) 期间喷射入发动机气缸的瞬间燃料流量 Q_1 的时间发展变化, 其对应于控制杆 8 的位移 P 。

[0032] 在图 2 的底部曲线中, 可以理解的是, 预燃料喷射和主燃料喷射在时间上是邻接的, 或者从不同的立足点来看, 是通过基本为零的液压驻留时间隔开的, 其允许实现瞬间燃料流量 Q_1 的双峰曲线, 该曲线进而允许实现电子喷射器 1 操作稳定性和鲁棒性方面的给定优势, 这一点会在下文更全面地进行论述。

[0033] 在图 2 的顶部曲线图中, 可以理解的是, 从 T_1 表示的瞬间开始生成用于预燃料喷射的第一电气命令 S_1 并将其提供给燃料电子喷射器 1, 该命令的发展变化具有相对快速增长到最大值的上升段 (stretch), 以便给电动致动器 10 通电 (energize), 然后就是具有比最大值小的值的励磁维护段 (excitation maintenance stretch), 最后就是在 T_2 表示的瞬间终止的最终下降段。

[0034] 从 T_3 表示的瞬间开始生成第二电气命令 S_2 并将其提供给燃料电子喷射器 1, 使得控制杆 8 不是在已经到达基于第一电气命令 S_1 发生的关闭冲程末端的时候才开始相应的开启冲程, 由此导致主燃料喷射, 该主燃料喷射的开始不中断预燃料喷射。具体地, 为了准确获得图 2 底部图所示的瞬间燃料流量 Q_1 的双峰曲线, 瞬间 T_3 形成为使得, 控制杆 8 准确地在到达基于第一电气命令 S_1 发生的关闭冲程的末端的瞬时开始基于第二电气命令 S_2 发生的启动冲程。与控制杆 8 未中断的位移一样, 控制杆 8 作用于其上的针 7 也进行同样的未中断的位移, 由此确定雾化器喷头孔在基本为零的时间内关闭, 对应于此的是的预燃料喷射与主燃料喷射之间的也基本为零的液压驻留时间。

[0035] 而时间间隔 T_3-T_2 确定了上述两个电气命令 S_1 和 S_2 之间的电气驻留时间 DT 。

[0036] 第二电气命令 S_2 也具有时间发展变化, 该时间发展变化具有增加至最大值的上升段以对电动致动器 10 通电, 随之是具有比最大值小的值且持续时间比第一电气命令 S_1 的励磁维护段的时间长的励磁维护段。最后, 第二电信号 S_2 的励磁维护段之后就是最终下降段, 其在 T_4 表示的瞬间终止。

[0037] 假设主燃料喷射期间喷射的燃料量高于预燃料喷射期间喷射的燃料量, 则在主燃料喷射期间, 控制杆 8 执行的开启冲程长于其在预燃料喷射期间执行的开启冲程, 尤其是在全载荷发动机操作条件下, 其达到最大的升程 (lift)。换句话说, 在预燃料喷射期间, 控制杆 8 的移动在所谓的“弹道 (ballistic)”条件下发生, 然而, 在主燃料喷射期间, 控制杆 8 到达最大升程, 以有利于主燃料喷射的鲁棒性和可重复性。

[0038] 为更好地理解上述内容, 图 3 示出了分开考虑的 (即, 而不是形成连续燃料喷射的部分的) 预燃料喷射和主燃料喷射之间的比较。具体地, 在图 3 中, P_1 和 P_2 表示的曲线示出了控制杆 8 在分别响应于 S_1 和 S_2 表示的各电气命令的预燃料喷射和主燃料喷射期间随着时间 t 的位移, 其与图 2 所示类似, 且为了便于说明, 显示为从相同的瞬间 T_1 开始。可以理解的是, 尽管如此, 但在预燃料喷射期间, 控制杆 8 的移动为弹道型, C_1 所表示的升程在瞬间 T_6 达到, 在主燃料喷射期间, 控制杆 8 在瞬间 T_7 达到 C_2 表示的升程, 该升程保持恒定直至瞬间 T_8 , 然后在瞬间 T_8 开始关闭冲程。还可理解的是, 对应于第一电气命令 S_1 持续时间的时间间隔 T_1-T_2 如何比对应于控制杆 8 基于第一电气命令 S_1 发生的开启冲程的时间间隔

T_5-T_6 短,这表明计量伺服阀 9 对电气命令的响应比控制杆 8 迅速。

[0039] 以上参考专利中所述的燃料电子喷射器都具有这样的特点,即,计量伺服阀对电气命令响应迅速,尤其是那些控制室非常小的计量伺服阀。申请人已经根据实验发现,在该类燃料电子喷射器中,通过以电气驻留时间 DT 而在时间上间隔的电气命令 S_1 和 S_2 移动控制杆 8(这种间隔使得开始主燃料喷射不会中断预燃料喷射),如具体的情况一样,确定了图 2 所示的瞬间燃料流量 Q_1 的双峰曲线,其他条件保持不变,随着电气命令之间的电气驻留时间 DT 发生变化,每个燃料喷射阶段的整个喷射燃料总量,即,预燃料喷射和随后的主燃料喷射的整个燃料总量变化显著。

[0040] 具体地,随着两个电气命令之间的电气驻留时间 DT 减少,可能发生这样的情况,即,当控制杆还在处于由第一电气命令确定的开启冲程期间时第二电气命令就开始了。这是非常不期望的情况,因为这会引起预燃料喷射和主燃料喷射部分重叠,这种重叠确定了引入的燃料量超过所期望的燃料量,由此引起相应的发动机操作不平衡以及废气排放恶化。

[0041] 这种情况在图 4 中示出,其通过用实线和虚线比较性地示出了基于分别由两个不同电气驻留时间 DT 隔开的两个电气命令 S_1 和 S_2 发生的瞬间燃料流量 Q_1 和 Q_2 的时间发展变化,一个较长(实线),一个较短,极其短(虚线)。可以理解的是,随着电气驻留时间 DT 减少,实线表示的瞬间燃料流量 Q_1 的时间发展变化可能衰退为用虚线表示的瞬间燃料流量 Q_2 ,且结果所喷射的燃料量超过所期望燃料量,该超过的量由阴影面积表示。

[0042] 图 5 用实线表示了燃料电子喷射器的临近曲线 (approach curve),且在说明书的引言部分进行了参考,其正是燃料喷射阶段喷射的整个燃料总量 V (通常以体积单位表示,一般为 mm^3)的时间发展变化,该燃料喷射阶段包括预燃料喷射和随后的主燃料喷射(开始主燃料喷射不会中断预燃料喷射,其根据用于预燃料和喷射主燃料喷射的相应电气命令 S_1 和 S_2 之间的电气驻留时间 DT 而变化)。具体地,图 5 所示的临近曲线已经根据实验基于具有 EP 1795738 和 EP 1621764 中所述的平衡液压结构类型的计量伺服阀的燃料电子喷射器并在预定燃料压力条件和用于预燃料喷射和主燃料喷射的预定电气命令持续时间条件下确定。

[0043] 从临近曲线的分析可以理解,对于电气驻留时间 DT 短于一定的最小值以及长于一定的最大值(如在实例中考虑为分别大约等于 $60 \mu\text{s}$ 和 $100 \mu\text{s}$)的情况而言,随着电气驻留时间 DT 增加,预燃料喷射和主燃料喷射中整个所喷射的燃料量总 V 将以非常高且基本上恒定的梯度不断并快速减少。因此,在这些电气驻留时间范围内,即使部件磨损或结焦现象导致临近曲线的最小变化(例如微小的水平移动),但其会导致喷射到发动机气缸中的整个燃料总量 V 发生显著变化,从而证明燃料喷射难以重复。

[0044] 然而,对于由上述最小和最大值确定的中间范围中的电气驻留时间 DT 而言,其燃料总量 V 的变化与直接位于中间电气驻留时间范围外的电气驻留时间 DT 获得的燃料总量变化相比小得多,实际上可忽略。具体地,在中间电气驻留时间范围内,在乘用车发动机中的应用中,燃料总量 V 基于时间 $40 \mu\text{s}$ 的变化大约为 3mm^3 ,而在工业机动车发动机的应用中,其基于时间 $60 \mu\text{s}$ 的变化大约为 6mm^3 。因此,在该中间电气驻留时间范围内,燃料总量 V 的变化至多是直接位于中间电气驻留时间范围外的电气驻留时间 DT 获得的燃料总量变化的四分之一,相差如此之大,以至于燃料总量在一级近似的程度上(to first

approximation) 基本上是恒定的,从而中间电气驻留时间范围内的电气驻留时间 DT 的可能变化在实际上不会改变燃料总量 V 且因此证明燃料电子喷射器 1 的操作具有长期的高重复性和稳定性。

[0045] 随着中间电气驻留时间范围内电气驻留时间 DT 的变化,燃料总量 V 的基本恒定性或相对减小的变化性在图 5 所示的临近曲线中通过 z 表示的一段示出,就所有的因果来看,其可被认为相对于在前和在后段的斜率而言大约是水平的。

[0046] 此外,本申请人已经根据实验发现,正是其中燃料总量 V 基本恒定或变化非常有限的中间电气驻留时间范围使得能够实现图 2 底部曲线所示的瞬间燃料流量 Q_2 的所期望双峰曲线,而不是图 4 中用虚线表示的瞬间燃料流量 Q_1 的曲线,其中预燃料喷射在实际上与主燃料喷射是不可区分的。

[0047] 因此,从该实验发现开始,一旦已经基于发动机操作条件确定了在预燃料喷射和主燃料喷射期间要喷射的燃料量 V_p 和 V_m ,本发明则提出通过燃料喷射控制提高燃料喷射系统 2 的操作稳定性和鲁棒性,其基本包括:

[0048] - 赋予燃料电子喷射器特征 (characterize) 以确定不同燃料喷射压力下的燃料流速曲线;作为实例,图 6 示出了燃料喷射器的燃料流速曲线以及相应的燃料喷射压力 P,其中纵坐标轴代表通过燃料电子喷射器喷射的燃料量 V,横坐标轴代表燃料电子喷射器的通电时间 ET,且其使燃料电子喷射器喷射相应的燃料量;

[0049] - 基于发动机操作点中与给定燃料喷射压力对应的燃料流速曲线确定燃料电子喷射器的通电时间 ET_p 以及燃料电子喷射器的通电时间 ET_m ,旨在于发动机操作点中执行包括预燃料喷射和随后的主燃料喷射(其开始不会中断预燃料喷射)的燃料喷射阶段,在通电时间 ET_p 使燃料电子喷射器喷射预燃料喷射所期望的燃料量 V_p ,在通电时间 ET_m 使燃料电子喷射器喷射主燃料喷射所期望的燃料量 V_m ;

[0050] - 接着,使用与在前步骤中确定的预燃料喷射和主燃料喷射相关的通电时间 ET_p 和 ET_m 而赋予燃料电子喷射器特征以确定其临近曲线;

[0051] - 分析该临近曲线,检查当第一和第二电气命令 S_1 、 S_2 之间的电气驻留时间 DT 在介于第一(直接在前)电气驻留时间范围和第二(直接在后)电气驻留时间范围之间的中间电气驻留时间范围 Z 中变化且使得开始主燃料喷射 M 不会中断预燃料喷射 P 时,预燃料喷射和主燃料喷射期间所喷射的燃料总量 V 的变化是否明显小于第一电气驻留时间范围和第二电气驻留时间范围内的变化,且变化程度为该燃料总量可考虑为在一级近似的程度上为基本恒定的;具体地,为了让燃料电子喷射器具有希望的长期的操作重复性和稳定性,中间电气驻留时间范围必需方便为使得,按相对值计算,燃料总量 V 的变化至少是第一和第二电气驻留时间范围内的变化的四分之一,和 / 或按绝对值计算,在乘用车发动机应用中,燃料总量基于时间 $40 \mu s$ 的变化不会超过 $3mm^3$,在工业机动车发动机应用中,其基于时间 $60 \mu s$ 的变化不会超过 $6mm^3$;

[0052] - 在检查结果是肯定的情况下,基于关于临近曲线随时间偏移 (drift) 方式(例如磨损或雾化器喷嘴孔结焦现象)的数据可用性,在所确定的中间电气驻留时间范围 z 内选择预燃料喷射和主燃料喷射之间的具体电气驻留时间 DT;因此,如果例如已知考虑到燃料电子喷射器部件的老化,临近曲线随着时间向右偏移,则适当地选择对应于中间电气驻留时间范围右端的电气驻留时间 DT,然而,如果没有临近曲线随着时间的偏移模式的信息,则

适当的是选择对应于中间电气驻留时间范围中的中间值的电气驻留时间 DT ;以及,最后

[0053] -将选定的电气驻留时间 DT 存储在电子控制单元 11 中,使得其将能够以电气方式如下操作燃料电子喷射器 1,即,燃料电子喷射器将进行预燃料喷射和随后的主燃料喷射,预燃料喷射和主燃料喷射在时间上以存储的电气驻留时间 DT 分隔开,使得开始主燃料喷射不会中断预燃料的喷射,并且预燃料喷射和主燃料喷射的燃料总量 V 在存储的电气驻留时间 DT 周围是基本恒定的。

[0054] 与现有技术相比,根据本发明的燃料喷射系统的优势根据上述内容已经非常明显。首先,选择对应于图 5 所示临近曲线的段 z 的电气驻留时间 DT,(其中,燃料总量 V 的变化非常有限,相对于段 z 之前和之后的段中的变化而言基本为零)保证了燃料电子喷射器长期的高操作重复性和稳定性。

[0055] 明显的是,只要不背离所附权利要求书中限定的本发明的范围,可对所述的燃料喷射系统进行其他修改和改进。

[0056] 例如,燃料喷射系统的结构可能与前述共轨结构不同,尤其是与 EP1612401、EP 1612405 和 EP 1612406 中所述类型(其中,增压燃料存储容积不是通过单个集中共轨确定的,而是分为不同的存储容积)不同,或是与共轨结构市场化之前使用的类型(其中,燃料喷射器直接由高压燃料泵提供,高压燃料泵操作为与燃料喷射器的操作同步地输送增压燃料,这种输送为短暂地非连续的,通过发动机分阶段进行且周期性地恒定的)不同。

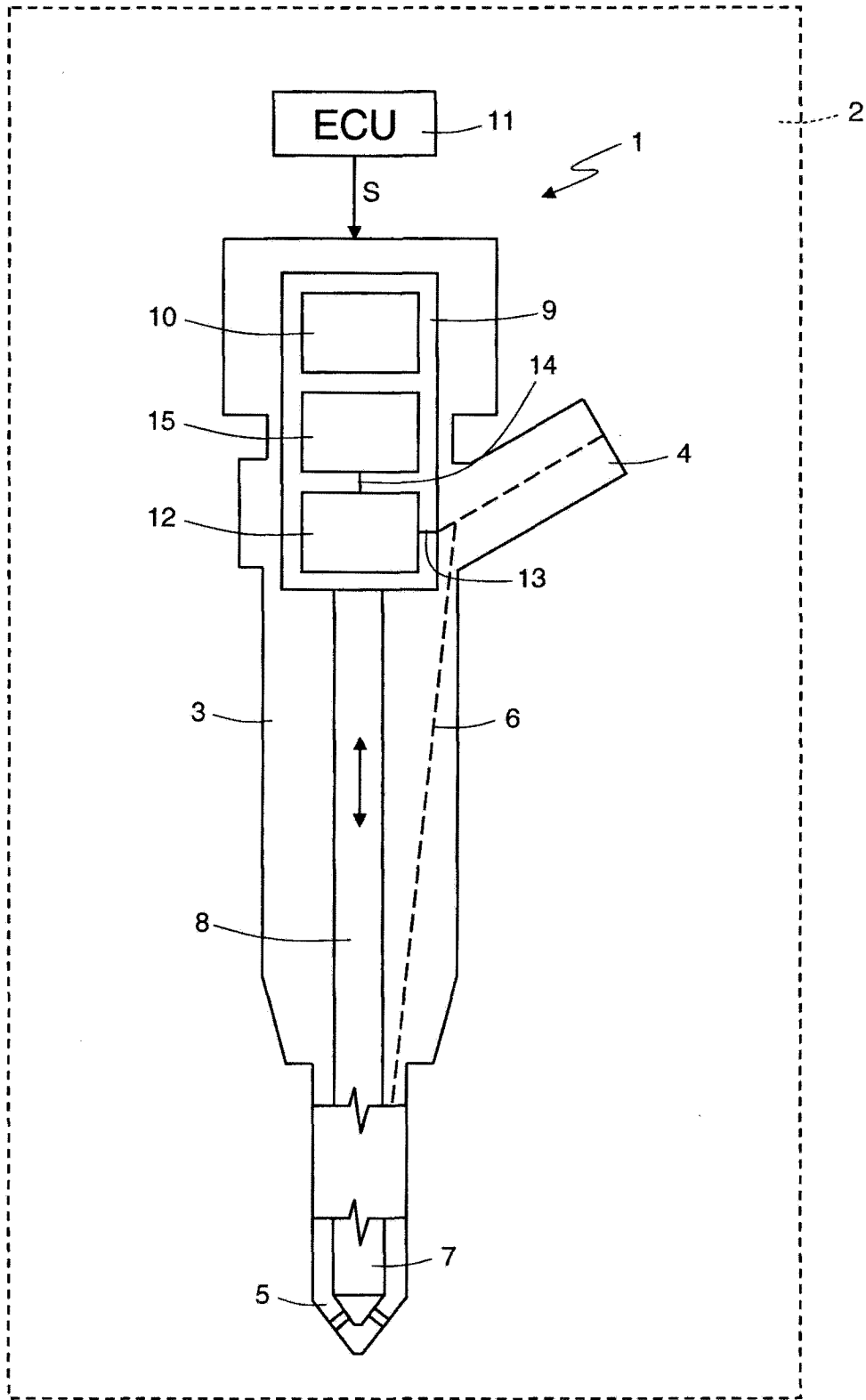


图 1

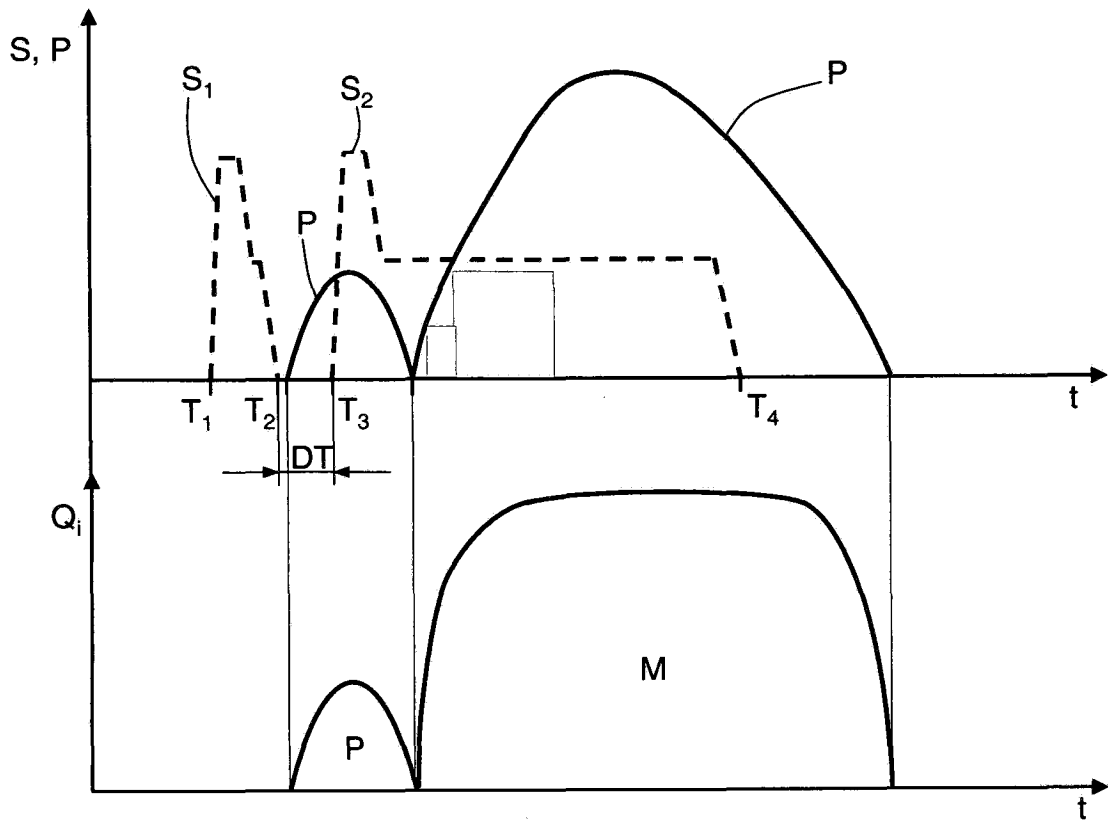


图 2

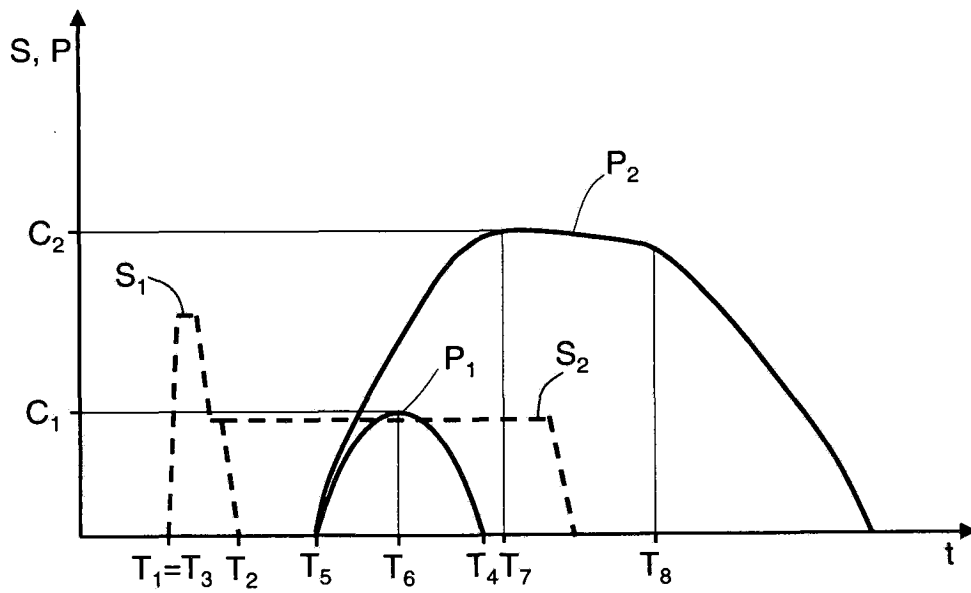


图 3

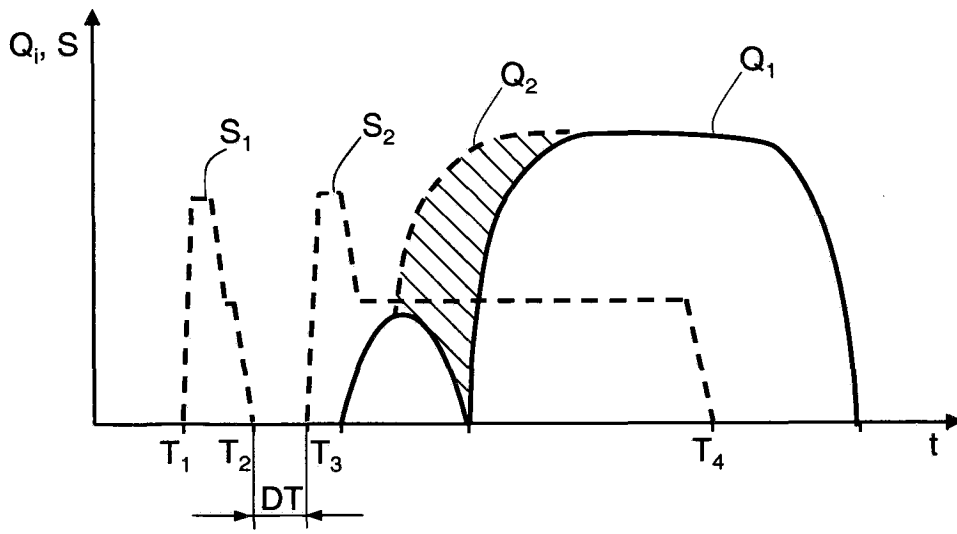


图 4

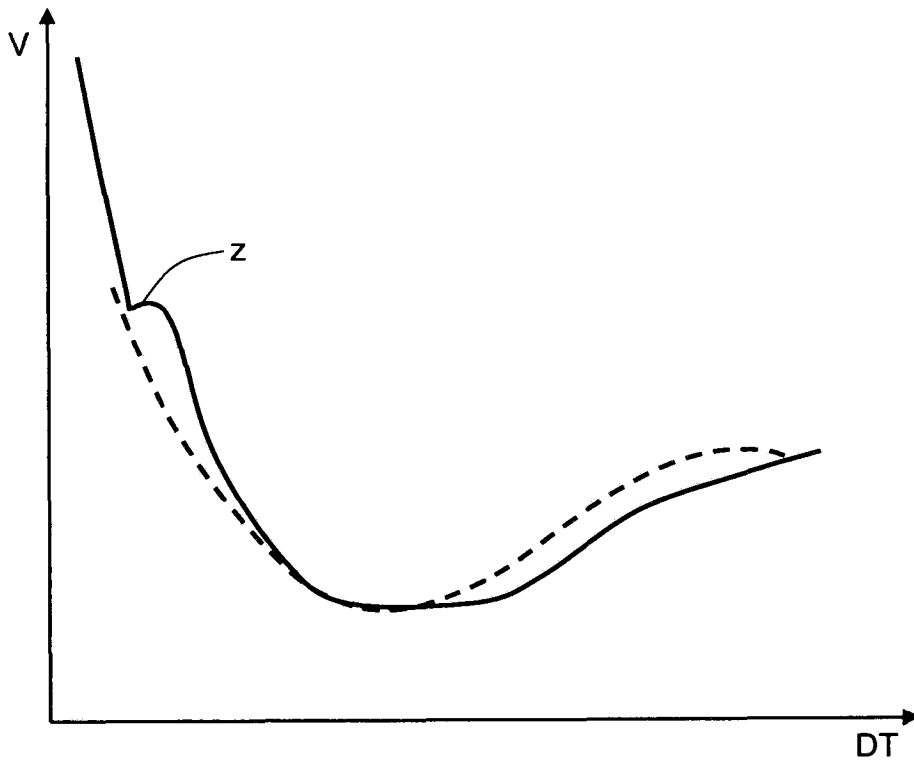


图 5

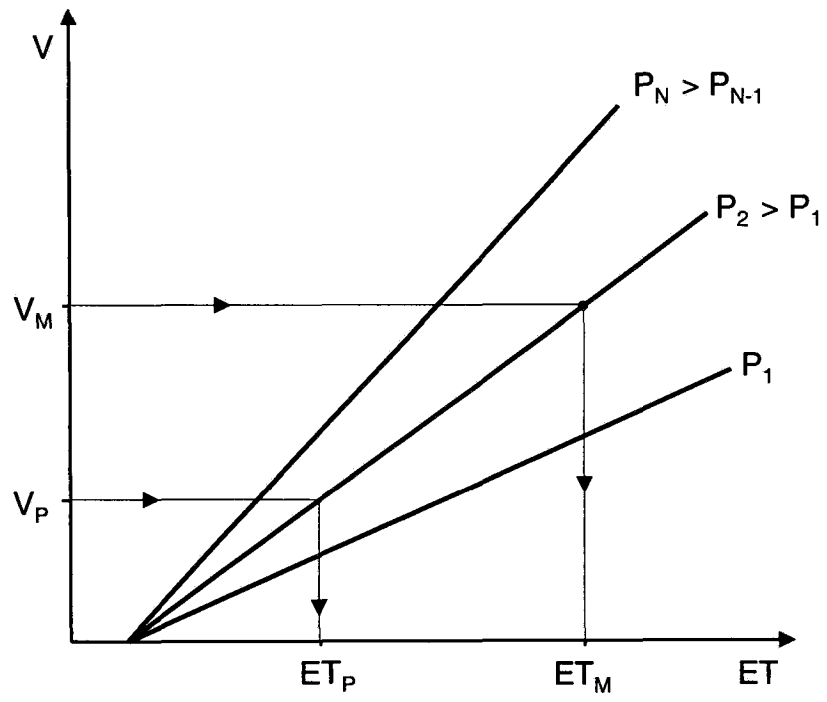


图 6