

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102213172 A

(43) 申请公布日 2011. 10. 12

(21) 申请号 201110091678. 1

(22) 申请日 2011. 04. 07

(30) 优先权数据

B02010A000207 2010. 04. 07 IT

(71) 申请人 马涅蒂 - 马瑞利公司

地址 意大利博勒蒂

(72) 发明人 G·塞拉 M·帕罗托 S·亚美尼

L·圣阿马托 R·特里卡里特

(74) 专利代理机构 北京市路盛律师事务所

11326

代理人 吴振江

(51) Int. Cl.

F02M 65/00 (2006. 01)

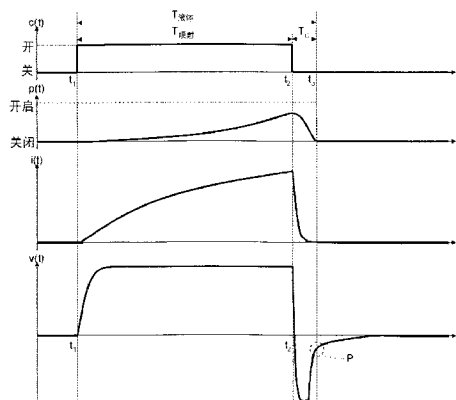
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 13 页

(54) 发明名称

用于确定电磁燃料喷射器的关闭时间的方法

(57) 摘要

一种用于确定电磁燃料喷射器的关闭时间的方法;该方法包括下述步骤:在喷射的开始时间将正电压应用于电磁型执行机构的线圈以使电流环绕通过线圈,该电流造成喷射阀的开启;在喷射的结束时间将负电压应用于线圈以便撤销流过线圈的电流;在撤销流过线圈的电流后,检测线圈两端的电压在时间上的趋势;识别线圈两端的电压的扰动;及识别喷射器的关闭时间,该关闭时间与电压的扰动的的时间一致。



1. 一种用于确定电磁燃料喷射器 (4) 的关闭时间 ( $t_3$ ) 的方法, 所述喷射器 (4) 包括可在喷射阀 (15) 的关闭位置和开启位置之间移动的销 (23), 及电磁型执行机构 (14), 所述电磁型执行机构 (14) 配备有线圈 (16) 并适用于确定所述销 (23) 在所述关闭位置和所述开启位置之间的位移; 所述方法包括下述步骤:

在喷射的开始时间 ( $t_1$ ) 将正电压 ( $v$ ) 应用于所述电磁型执行机构 (14) 的线圈 (16) 以使电流 ( $i$ ) 环绕通过所述线圈 (16), 该电流 ( $i$ ) 造成所述喷射阀 (15) 的开启;

在喷射的结束时间 ( $t_2$ ) 将负电压 ( $v$ ) 应用于所述电磁型执行机构 (14) 的线圈 (16) 以便撤销流过所述线圈 (16) 的电流 ( $i$ );

在撤销流过线圈 (16) 的电流 ( $i$ ) 之后且直到撤销所述电压 ( $v$ ), 检测所述电磁型执行机构 (14) 的线圈 (16) 两端的电压 ( $v$ ) 在时间上的趋势;

通过在撤销流过所述线圈 (16) 的电流 ( $i$ ) 之后计算线圈 (16) 两端的电压 ( $v$ ) 的时间上的一阶导数, 在撤销流过线圈 (16) 的电流 ( $i$ ) 之后识别所述线圈 (16) 两端的电压 ( $v$ ) 的扰动 ( $P$ ); 及

识别喷射器 (4) 的关闭时间 ( $t_3$ ), 该关闭时间 ( $t_3$ ) 与在撤销流过所述线圈 (16) 的电流 ( $i$ ) 之后所述线圈 (16) 两端的电压 ( $v$ ) 的扰动 ( $P$ ) 的时间 ( $t_3$ ) 一致;

所述方法的特征在于, 识别所述线圈 (16) 两端的电压 ( $v$ ) 的扰动 ( $P$ ) 的步骤还包括下述步骤:

计算所述线圈 (16) 两端的电压 ( $v$ ) 的时间上的一阶导数的绝对值;

计算所述线圈 (16) 两端的电压 ( $v$ ) 的时间上的一阶导数的绝对值在时间上的积分; 及

当所述线圈 (16) 两端的电压 ( $v$ ) 的时间上的一阶导数在时间上的积分的绝对值超过第二阈值 ( $S2$ ) 时, 识别扰动 ( $P$ )。

2. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 在喷射的结束时间 ( $t_2$ ), 所述销 (23) 尚未达到喷射阀 (15) 的完全开启位置且因此燃料喷射发生在“弹道区域”中。

3. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述线圈 (16) 两端的电压 ( $v$ ) 的扰动 ( $P$ ) 由线圈 (16) 两端的电压 ( $v$ ) 的高频振荡组成。

4. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述线圈 (16) 两端的电压 ( $v$ ) 的扰动 ( $P$ ) 由线圈 (16) 两端的电压 ( $v$ ) 的振荡组成, 所述振荡具有 70kHz 附近的频率。

5. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 识别所述线圈 (16) 两端的电压 ( $v$ ) 的扰动 ( $P$ ) 的步骤还包括通过使用由低通滤波器和高通滤波器组成的带通滤波器, 对线圈 (16) 两端的电压 ( $v$ ) 的时间上的一阶导数进行滤波的步骤。

6. 根据权利要求 5 所述的方法, 其特征在于, 所述带通滤波器具有在 60kHz 到 110kHz 之间的带宽。

7. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 识别所述线圈 (16) 两端的电压 ( $v$ ) 的扰动 ( $P$ ) 的步骤还包括在识别所述扰动 ( $P$ ) 之前, 对所述线圈 (16) 两端的电压 ( $v$ ) 的时间上的一阶导数的绝对值预防性地应用移动平均数的步骤。

8. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 识别所述线圈 (16) 两端的电压 ( $v$ ) 的扰动 ( $P$ ) 的步骤还包括在识别所述扰动 ( $P$ ) 之前, 对所述线圈 (16) 两端的电压 ( $v$ ) 的时间上的一阶导数的绝对值进行归一化, 以使得在归一化之后, 所述线圈 (16) 两端的电压 ( $v$ ) 的时间上的一阶导数的绝对值在预定的标准区间中变化的步骤。

9. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,还包括在所述扰动 (P) 的时间 ( $t_3$ ) 应用预定的提前时间以补偿应用于线圈 (16) 两端的电压 (v) 的所有滤波过程所引入的相位延迟以便识别所述线圈 (16) 两端的电压 (v) 的扰动 (P) 的步骤。

10. 一种用于确定电磁燃料喷射器 (4) 的关闭时间 ( $t_3$ ) 的方法,所述喷射器 (4) 包括可在喷射阀 (15) 的关闭位置和开启位置之间移动的销 (23),及电磁型执行机构 (14),所述电磁型执行机构 (14) 配备有线圈 (16) 并适用于确定所述销 (23) 在所述关闭位置和所述开启位置之间的位移;所述方法还包括下述步骤:

在喷射的开始时间 ( $t_1$ ) 将正电压 (v) 应用于所述电磁型执行机构 (14) 的线圈 (16) 以使电流 (i) 环绕通过所述线圈 (16),所述电流 (i) 造成喷射阀 (15) 的开启;

在喷射的结束时间 ( $t_2$ ) 将负电压 (v) 应用于电磁型执行机构 (14) 的线圈 (16) 以便撤销流过线圈 (16) 的电流 (i);

在撤销流过线圈 (16) 的电流 (i) 之后且直到撤销所述电压 (v),检测所述电磁型执行机构 (14) 的线圈 (16) 两端的电压 (v) 在时间上的趋势;

在撤销流过所述线圈 (16) 的电流 (i) 之后识别所述线圈 (16) 两端的电压 (v) 的扰动 (P);及

识别喷射器 (4) 的关闭时间 ( $t_3$ ),该关闭时间 ( $t_3$ ) 与在撤销流过所述线圈 (16) 的电流 (i) 之后所述线圈 (16) 两端的电压 (v) 的扰动 (P) 的时间 ( $t_3$ ) 一致;

所述方法的特征在于,还包括在所述扰动 (P) 的时间 ( $t_3$ ) 应用预定的提前时间以补偿应用于线圈 (16) 两端的电压 (v) 的所有滤波过程所引入的相位延迟以便识别所述线圈 (16) 两端的电压 (v) 的扰动 (P) 的步骤。

## 用于确定电磁燃料喷射器的关闭时间的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及用于确定电磁燃料喷射器的关闭时间的方法。

### 背景技术

[0002] 电磁燃料喷射器（例如，专利申请 EP1619384A2 描述的类型）包括具有执行燃料传送功能的中心输送通道的圆柱形管状主体，并在端部具有由电磁型执行机构（electromagnetic actuator）控制的喷射阀调节的喷嘴。喷射阀具有销，该销刚性地连接到电磁型执行机构的可移动衔铁（mobilekeeper），该可移动衔铁通过电磁型执行机构的动作克服将销推压到关闭位置的关闭弹簧的偏置力在喷嘴的关闭位置和开启位置之间移动。阀座由密封件界定，该密封件为盘形并在下部液密地封闭支持主体的中心管道并由喷嘴穿过。电磁型执行机构包括围绕管状主体外部设置的线圈，以及由铁磁材料制成并设置在管状主体内以磁性地吸引可移动衔铁的固定磁极。

[0003] 通常，喷射阀在将销推压到关闭位置的关闭弹簧的作用下关闭，在关闭位置中，该销压住喷射阀的阀座且可移动衔铁与固定磁极存在间距。为了开启喷射阀，即，将销从关闭位置移动到开启位置，激励电磁型执行机构的线圈以产生克服由关闭弹簧施加的弹力朝向固定磁极吸引可移动衔铁的磁场；在开启步骤期间，当可移动衔铁自身撞击固定磁极时，可移动衔铁的行程停止。

[0004] 如图 3 所示，电磁喷射器的喷射规律（即，结合引导时间  $T$  与燃料喷射量  $Q$  并由引导时间  $T$ / 燃料喷射量  $Q$  曲线表示的规律）可划分为三个区域：初始的未开启区域 A，其中引导时间  $T$  过小且因此提供给电磁体的线圈的能量不足以克服关闭弹簧的力且销在喷嘴的关闭位置上保持静止；弹道区域（ballistic zone）B，其中销从喷嘴的关闭位置朝向完全开启位置（其中和销一体的可移动衔铁设置为邻接靠住固定磁极）移动，但不能达到完全开启位置，且因此在已达到完全开启位置之前就返回关闭位置；及线性区域 C，其中销从喷嘴的关闭位置移动到完全开启位置，并在给定时间中保持在该位置。

[0005] 弹道区域 B 是高度非线性的，尤其是在喷射器与喷射器之间喷射特征（injection features）有很高的离差（dispersion）；结果，在弹道区域 B 中使用电磁喷射器有很大的问题，因为不可能以足够的精度确定喷射所需燃料量  $Q$  需要的引导时间  $T$ 。

[0006] 目前在市场上销售的电磁燃料喷射器通常不能用于以足够的精度喷射少于在一次喷射中可喷射的最大燃料量的约 10% 的燃料量（因此，在一次喷射中可喷射的最大燃料量的 10% 是弹道区域 B 和线性区域 C 之间的界限）。然而，受控点火内燃发动机（即，根据奥托循环工作的内燃发动机）的制造商要求电磁燃料喷射器能够以足够的精度喷射少得多的燃料量，在 1 毫克的数量级；这样的要求是由于观察到将燃料喷射分割为若干次不同的喷射可以在燃烧期间减少产生污染物质。结果，还必须在弹道区域 B 中使用电磁燃料喷射器，因为只有弹道区域 B 中可以喷射在 1 毫克的数量级的燃料量。

[0007] 在喷射器与喷射器之间在弹道区域 B 中喷射特征的高离差主要相关于存在于可移动衔铁和电磁体的固定磁极之间的间隔的厚度的离差；然而，由于间隔的厚度的小幅变

化对弹道区域 B 中的喷射特征具有相当大的影响这一事实,通过减小间隔厚度的离差来减小弹道区域 B 中的喷射特征的离差是非常复杂且因此成本极高的。

[0008] 燃料喷射器的老化现象使得该问题进一步复杂化,这样的老化会使喷射特征随着时间推移产生蠕变。

[0009] 专利申请 W02010023104A1 和 W02002075139A1 描述了电磁燃料喷射器的引导方法,除了其它方面,该方法考虑到通过在撤销 (annul) 环绕通过线圈的电流之后检测电磁型执行机构的线圈两端的电压在时间上的趋势,并因此识别在撤销环绕通过线圈的电流之后线圈两端的电压的扰动,来确定喷射器的关闭时间。

## 发明内容

[0010] 本发明的目的是提供一种用于确定电磁燃料喷射器的关闭时间的方法,该方法可以克服上述缺点,特别是可以容易且成本高效地实现。

[0011] 根据本发明,如本申请权利要求所公开,提供一种用于确定电磁燃料喷射器的关闭时间的方法。

## 附图说明

[0012] 现参考附图描述本发明,在附图中示出了本发明的非限制性实施例,其中:

[0013] - 图 1 是执行本发明的方法的共轨式喷射系统的示意图;

[0014] - 图 2 是图 1 所示喷射系统的电磁燃料喷射器的示意侧视剖面图;

[0015] - 图 3 是示出图 1 所示喷射系统的电磁燃料喷射器的喷射特征的图表;

[0016] - 图 4 是示出受控制以在弹道操作区域中喷射燃料的图 1 所示喷射系统的电磁燃料喷射器的一些物理量大小 (physical magnitudes) 在时间上的演化的图表;

[0017] - 图 5 是图 1 所示喷射系统的电磁燃料喷射器的线圈两端的电压在时间上的演化的细节的放大尺度视图;

[0018] - 图 6 至图 9 是示出通过对图 5 所示电磁燃料喷射器的线圈两端的电压进行数学处理获得的相同信号在时间上的演化的图表;及

[0019] - 图 10 是在图 1 所示喷射系统的控制单元中执行的控制逻辑的框图。

## 具体实施方式

[0020] 在图 1 中,标号 1 整体表示用于直接喷射燃料到具有四个汽缸 3 的内燃发动机 2 中的共轨式系统的喷射总成。喷射系统 1 包括四个电磁燃料喷射器 4,其中每个电磁燃料喷射器将燃料直接喷射到发动机 2 的相应汽缸 3 中,并从公共轨道 5 接收加压燃料。喷射系统 1 包括输送燃料到公共轨道 5 中并由发动机的驱动轴 2 通过机械变速器直接驱动的高压泵 6,其驱动频率 (actuation frequency) 与驱动轴的转速直接成比例。进而,高压泵 6 由设置在燃料箱 8 中的低压泵 7 进料。每个喷射器 4 在电子控制单元 9 的控制下喷射可变量的燃料到对应的汽缸 3 中。

[0021] 如图 2 所示,每个燃料喷射器 4 实质上围绕纵轴线 10 圆柱形对称并在控制下从喷嘴 11 喷射燃料。喷射器 4 包括支撑主体 12 及输送管道 13,该支撑主体沿着纵向轴线 10 具有变截面的圆柱形管状的形状,该输送管道沿着支撑主体 12 自身的整个长度延伸以朝向

喷嘴 11 输送加压燃料。支撑主体 12 支撑在其上部的电磁型执行机构 14 和在其下部的喷射阀 15, 该阀在下部界定出输送管道 13; 在使用时, 喷射阀 15 由电磁型执行机构 14 驱动以调节通过喷嘴 11 的燃料流, 该燃料流是在喷射阀 15 自身中获得的。

[0022] 电磁型执行机构 14 包括线圈 16 及固定磁极 18 (也称为“底部”), 该线圈在围绕管状主体 12 外部设置并封闭于塑料环形壳体 17 中, 该固定磁极由铁磁材料形成并在线圈 16 处设置于管状主体 12 内。此外, 电磁型执行机构 14 包括可移动衔铁 19, 该可移动衔铁具有圆柱形的形状, 由铁磁材料制成并适用于在线圈 16 受到激励 (即, 电流流过线圈) 时被磁极 18 磁性地吸引。最后, 电磁型执行机构 14 包括管状磁体外壳 20 及环形磁性垫圈 22, 该管状磁体外壳由铁磁材料制成, 设置在管状主体 12 外部并包括用于将线圈 16 容纳于其中的环形座 21, 该环形磁性垫圈由磁性材料制成并设置在线圈 16 上以引导磁通量围绕线圈 16 自身闭合。

[0023] 可移动衔铁 19 是可移动柱塞的部分, 该可移动柱塞还包括闸 (shutter) 或销 23, 该闸或销的上部与可移动衔铁 19 一体, 下部与喷射阀 15 的阀座 24 协作以按已知的方式调节通过喷嘴 11 的燃料流。特别是, 销 23 在端部具有适用于液密地靠住阀座的实质上为球状的闸头 (shutter head)。

[0024] 磁极 18 中心穿孔并具有中心通孔 25, 将可移动衔铁 19 朝向喷射阀 15 的关闭位置推压的关闭弹簧 26 部分地容纳于该中心通孔中。特别是, 保持关闭弹簧 26 在磁极 18 的中心孔 25 内靠住可移动衔铁 19 压缩的基准主体 27 被引导在固定的位置。

[0025] 在使用时, 当电磁型执行机构 14 去激励 (degenerated) 时, 可移动衔铁 19 不受磁极 18 吸引, 且关闭弹簧 26 的弹力将可移动衔铁 19 向下沿着销 23 (即, 可移动柱塞) 推压到较低的限制位置, 在该位置上销 23 的闸头压在喷射阀 15 的阀座 24 上, 使喷嘴 11 与加压燃料隔离。当电磁型执行机构 14 受到激励时, 可移动衔铁 19 被磁极 18 克服关闭弹簧 26 的弹性偏置力磁性地吸引, 且可移动衔铁 19 在磁极 18 自身施加的磁性吸引作用下沿着销 23 (即, 可移动柱塞) 向上移动到较高的限制位置, 在该位置可移动衔铁 19 邻接靠住磁极 18, 且销 23 的闸头相对于喷射阀 15 的阀座 24 升高, 允许加压燃料流过喷嘴 11。

[0026] 如图 2 所示, 每个燃料喷射器 4 的电磁型执行机构 14 的线圈 16 馈接到电子控制单元 9, 将在时间上可变的电压  $v(t)$  应用到电子控制单元 9, 这使得在时间上可变的电流  $i(t)$  环绕通过线圈 16。

[0027] 如图 3 所示, 每个燃料喷射器 4 中的喷射规律 (即, 结合引导时间  $T$  与燃料喷射量  $Q$  并由引导时间  $T$ / 燃料喷射量  $Q$  曲线表示的规律) 可划分为三个区域: 初始的不开启区域 A, 其中引导时间  $T$  过小且因此提供给电磁型执行机构 14 的线圈 16 的能量不足以克服关闭弹簧 26 的力, 且销 23 在喷射阀 15 的关闭位置上保持静止; 弹道区域 B, 其中销 23 从喷射阀 15 的关闭位置朝向完全开启位置 (其中和销 23 一体的可移动衔铁 19 设置为邻接靠住固定磁极 18) 移动, 但不能达到完全开启位置, 且因此在已达到完全开启位置之前就返回关闭位置; 及线性区域 C, 其中销 23 从喷射阀 15 的关闭位置移动到完全开启位置, 并在给定时间中保持在该位置。

[0028] 图 4 中的图表示出受控制以在弹道操作区域 B 中喷射燃料的燃料喷射器 4 的一些物理量大小在时间上的演化。换言之, 喷射时间  $T_{\text{喷射}}$  较短 (为 0.1-0.2 毫秒数量级), 因此在电磁型执行机构 14 产生的电磁吸引作用下, 销 23 (以及可移动衔铁 19) 从喷射阀 15 的

关闭位置朝向完全开启位置（其中与销 23 一体的可移动衔铁 19 设置为邻接靠住固定磁极 18）移动，该完全开启位置不是在所有情况下都能达到的，因为电磁型执行机构 14 在销 23（以及可移动衔铁 19）达到喷射阀 15 的完全开启位置之前关闭；结果，当销 23 仍然“在运动中”（即，在喷射阀 15 的关闭位置和完全开启位置之间的中间位置）并正在朝向完全开启位置移动时，电磁型执行机构 14 关闭，且关闭弹簧 26 产生的推力使得销 23 朝向喷射阀 15 的完全开启位置的移动中断，因此使得销 23 在相反的方向上移动以将销 23 带到喷射阀 15 的初始关闭位置。

[0029] 如图 4 所示，喷射器 4 的逻辑引导控制  $c(t)$  考虑到在时间  $t_1$  开启喷射器（将逻辑引导控制  $c(t)$  从关（OFF）状态切换到开（ON）状态）及在时间  $t_2$  关闭喷射器（将逻辑引导控制  $c(t)$  从开状态切换到关状态）。喷射时间  $T_{\text{喷射}}$  等于在时间  $t_1$  和  $t_2$  之间经过的时间间隔并且较短；结果，燃料喷射器 4 在弹道操作区域 B 中进行操作。

[0030] 在时间  $t_1$ ，电磁型执行机构 14 的线圈 16 受到激励并因此开始产生与关闭弹簧 26 的力相反的原动力；当电磁型执行机构 14 的线圈 16 产生的原动力超过关闭弹簧 26 的力时，（与可移动衔铁 19 一体的）销 23 的位置  $p(t)$  开始从喷射阀 15 的关闭位置（在图 4 中用词语“关闭”表示）改变到喷射阀 15 的完全开启位置（在图 4 中用词语“开启”表示）；在时间  $t_2$ ，销 23 的位置  $p(t)$  尚未达到喷射阀 15 的完全开启位置，且在喷射器 4 的逻辑引导控制  $c(t)$  终止的作用下，喷射阀 15 回到关闭位置，在时间  $t_3$ （即，当销 23 的闸头紧靠喷射阀 15 的阀座时）达到该关闭位置。在时间  $t_2$  和  $t_3$  之间经过的时间间隔，即在喷射器 4 的逻辑引导控制  $c(t)$  的结束和喷射器 4 的关闭之间经过的时间间隔，称为关闭时间  $T_c$ 。

[0031] 在时间  $t_1$ ，增加应用于喷射器 4 的电磁型执行机构 14 的线圈 16 两端的电压  $v(t)$  以达到使通过线圈 16 的电流  $i(t)$  快速增加的正的点火峰值（positive ignition peak）；在点火峰值最后，根据“断路器（chopper）”技术控制应用到线圈 16 两端的电压  $v(t)$ ，该技术考虑到在正值和零值之间圆柱形地改变电压  $v(t)$  以将电流  $i(t)$  保持在所需的保持值附近。在时间  $t_2$ ，使应用于线圈 16 两端的电压  $v(t)$  快速减小以达到用于快速撤销通过线圈 16 的电流  $i(t)$  的负的关闭峰值（negative off peak）。一旦电流  $i(t)$  已撤销，剩余电压  $v(t)$  就按指数规律释放直到撤销，且在电压  $v(t)$  的该撤销步骤期间喷射器 4 关闭（即，在其中销 23 达到喷射阀 15 的关闭位置的时间  $t_3$ ）；事实上，仅当关闭弹簧 26 的力克服由电磁型执行机构 14 产生并与电流  $i(t)$  成比例（即，当撤销电流  $i(t)$  时撤销）的电磁吸引力时，销 23 才开始朝向喷射阀 15 的关闭位置的关闭行程。

[0032] 下面描述用于确定电磁燃料喷射器 4 的关闭时间  $t_3$  的方法。

[0033] 如上文参考图 4 所述，在喷射的开始时间  $t_1$ ，正电压  $v(t)$  被应用于电磁型执行机构 14 的线圈 16 以使得电流  $i(t)$  环绕通过喷射阀的线圈 16，这造成喷射阀 15 的开启，且在喷射的结束时间  $t_2$ ，负电压  $v(t)$  被应用于电磁型执行机构 14 的线圈 16 以撤销环绕通过线圈 16 的电流  $i(t)$ 。

[0034] 如图 5 所示，在喷射结束时（即，在喷射的结束时间  $t_2$  之后），在撤销环绕通过线圈 16 的电流  $i(t)$  之后且直到撤销电压  $v(t)$  本身，控制单元 9 检测电磁型执行机构 14 的线圈 16 两端的电压  $v(t)$  在时间上的趋势。此外，在撤销环绕通过线圈 16 的电流  $i(t)$  之后，电子控制单元 9 识别线圈 16 两端的电压  $v(t)$  的扰动  $P$ （由线圈 16 两端的电压  $v(t)$  的高频振荡构成）。通常，线圈 16 两端的电压  $v(t)$  的扰动  $P$  具有包括在 70kHz 附近（neighborhood）

的频率。最后,电子控制单元识别喷射器 4 的关闭时间  $t_3$ ,该关闭时间与在撤销环绕通过线圈 16 的电流  $i(t)$  之后线圈 16 两端的电压  $v(t)$  的扰动 P 的时间  $t_3$  一致。换言之,电子控制单元 9 假定当在撤销环绕通过线圈 16 的电流  $i(t)$  之后线圈 16 两端的电压  $v(t)$  的扰动 P 发生时,喷射器 4 关闭。这样的假定基于下述事实,即当销 23 的闸头冲击喷射阀 15 的阀座时(即,当喷射器 4 关闭时),与销 23 一体的可移动衔铁 19 非常快速地改变其运动规律(即,其几乎适时地从相对高速度变为零速度),且可移动衔铁 19 的运动规律的这样实质上类似于脉冲的改变会在与线圈 16 相连的磁场中产生扰动,因此还决定了线圈 16 两端的电压  $v(t)$  的扰动 P。

[0035] 根据优选实施例,计算在撤销环绕通过线圈 16 的电流  $i(t)$  之后线圈 16 两端的电压  $v(t)$  的时间上的一阶导数 (first derivative in time),以便识别扰动 P;图 6a 示出图 5 所示的线圈 16 两端的电压  $v(t)$  的时间上的一阶导数。接下来,通过由低通滤波器和高通滤波器组成的带通滤波器对时间上的一阶导数进行滤波;图 6b 示出在通过低通滤波器进行处理之后的线圈 16 两端的电压  $v(t)$  的时间上的一阶导数,图 6c 示出在通过进一步最优化的低通滤波器进行处理之后的线圈 16 两端的电压  $v(t)$  的时间上的一阶导数,而图 6d 示出在通过高通滤波器进行处理之后的线圈 16 两端的电压  $v(t)$  的时间上的一阶导数。一般而言,用于对时间上的一阶导数进行滤波的带通滤波器具有在 60 到 110kHz 范围的通带。

[0036] 在上述滤波过程结束时,通过计算其绝对值使线圈 16 两端的电压  $v(t)$  的经滤波的时间上的一阶导数(还在图 7a 中相对于图 6d 以放大尺度示出)总是为正;图 7b 示出线圈 16 两端的电压  $v(t)$  的经滤波的时间上的一阶导数的绝对值。

[0037] 优选地(但不是必须地),在识别扰动 P 之前,通过应用(构成带通滤波器的)移动平均数(a moving average),对线圈 16 两端的电压  $v(t)$  的经滤波的时间上的一阶导数的绝对值进行进一步滤波;换言之,在识别扰动 P 之前,将移动平均数应用于线圈 16 两端的电压  $v(t)$  的经滤波的时间上的一阶导数。图 8a 示出将移动平均数应用于线圈 16 两端的电压  $v(t)$  的经滤波的时间上的一阶导数的绝对值的结果。

[0038] 优选地(但不是必须地),在识别扰动 P 之前和已应用移动平均数之后,对线圈 16 两端的电压  $v(t)$  的经滤波的时间上的一阶导数的绝对值进行归一化(normalized),以使得在归一化之后,线圈 16 两端的电压  $v(t)$  的经滤波的时间上的一阶导数的绝对值在标准的预定区间内变化。换言之,归一化包括用相同的因子来除(或乘)经滤波的时间上的一阶导数的绝对值,以使得在归一化之后,经滤波的时间上的一阶导数的绝对值包含在标准的预定范围(如,从 0 到 100)内;即,如示出经滤波的时间上的一阶导数的归一化的绝对值的图 8b 清楚地示出,经滤波的时间上的一阶导数的归一化的绝对值在约为 0 的最小值到为 100 的最大值之间变化(即,在标准的预定范围 0-100 内变化)。

[0039] 根据第一可能实施例,当线圈 16 两端的电压  $v(t)$  的经滤波的时间上的一阶导数的归一化的绝对值超过预定阈值 S1 时,识别出扰动 P;例如,如图 8b 所示,当经滤波的时间上的一阶导数的归一化的绝对值超过阈值 S1 时,识别出(发生在关闭时间  $t_3$  的)扰动 P。

[0040] 根据第二可能实施例,计算线圈 16 两端的电压  $v(t)$  的经滤波的时间上的一阶导数的归一化的绝对值在时间上的积分(integral),且当这样的经滤波的时间上的一阶导数的归一化的绝对值在时间上的积分超过第二预定阈值 S2 时,识别出扰动 P;例如,如图 9 所示,在经滤波的时间上的一阶导数的归一化的绝对值在时间上的积分超过阈值 S2 的时间,



识别出扰动 P (其识别出关闭时间  $t_3$ )。

[0041] 阈值 S1 和 S2 是常数,因为预防性 (preventively) 地对线圈 16 两端的电压  $v(t)$  的经滤波的时间上的一阶导数进行了归一化 (即,经处理后回到标准的预定变化范围内);若没有对线圈 16 两端的电压  $v(t)$  的经滤波的时间上的一阶导数的绝对值进行预防性的归一化,则阈值 S1 和 S2 必须作为经滤波的时间上的一阶导数达到的最大值的函数计算 (例如,可以等于经滤波的时间上的一阶导数的绝对值达到的最大值的 50%)。

[0042] 根据优选实施例,在按上文所述确定的扰动 P 的时间  $t_3$  中应用预定的时间提前量,应用该提前量以补偿由为识别扰动 P 而对线圈 16 两端的电压  $v(t)$  的经滤波的时间上的一阶导数进行的所有滤波过程引入的相位延迟。换言之,通过预定的时间间隔提前按上文所述确定的扰动 P 的时间  $t_3$ ,以考虑到由对线圈 16 两端的电压  $v(t)$  进行的所有滤波过程引入的相位延迟。

[0043] 值得注意的是,用于确定喷射器 4 的关闭时间  $t_3$  的上述方法在喷射器 4 的任何操作条件下有效,即,当喷射器 4 在弹道区域 B 中操作及当喷射器 4 在线性区域 C 中操作时均有效,在弹道区域 B 中,在喷射的结束时间  $t_2$ ,销 23 尚未达到喷射阀 15 的完全开启位置,在线性区域 C 中,在喷射的结束时间  $t_2$ ,销 23 达到喷射阀 15 的完全开启位置。然而,当喷射器 4 在弹道区域 B 中操作时,喷射器 4 的喷射特征高度非线性并且有很大离差,知道喷射器 4 的关闭时间  $t_3$  特别有用,而当喷射器在线性区域 C 中操作时,线性喷射器 4 的喷射特征离差不是很大,知道喷射器 4 的关闭时间  $t_3$  总体上不是很有用。

[0044] 在下文中参考图 10 中的框图描述至少在喷射器 4 自身在弹道工作区域 B 中工作时由电子控制单元 9 使用的对喷射器 4 的控制方法。

[0045] 在设计与调整步骤期间,通过实验确定第一喷射规律 IL1,该第一喷射规律提供作为目标燃料喷射量  $Q_{\text{喷射-目标}}$  的函数的液体供给时间  $T_{\text{液体}}$ 。第一液体供给时间  $T_{\text{液体}}$  等于喷射时间  $T_{\text{喷射}}$  (喷射时间  $T_{\text{喷射}}$  进而等于在喷射的开始时间  $t_1$  和喷射的结束时间  $t_2$  之间经过的时间) 与关闭时间  $T_c$  (关闭时间  $T_c$  进而等于喷射的结束时间  $t_2$  和喷射器 4 的关闭时间  $t_3$  之间经过的时间间隔) 之和。

[0046] 此外,在设计与调整步骤期间,确定第二喷射规律 IL2,该第二喷射规律提供作为液体供给时间  $T_{\text{液体}}$  的函数估计的关闭时间  $T_{c\text{-估计}}$ 。

[0047] 初始地 (即,在燃料喷射之前),计算框 28 确定目标燃料喷射标量  $Q_{\text{喷射-目标}}$ ,其表示在喷射步骤期间必须由喷射器 4 喷射多少燃料;电子控制单元 9 的目标是引导喷射器 4 以使实际燃料喷射量  $Q_{\text{喷射-实际}}$  尽可能接近目标燃料喷射量  $Q_{\text{喷射-目标}}$ 。

[0048] 目标燃料喷射量  $Q_{\text{喷射-目标}}$  被传送到计算框 29,该计算框在喷射燃料之前使用第一喷射规律 IL1 确定作为目标燃料喷射量  $Q_{\text{喷射-目标}}$  的函数的液体供给时间  $T_{\text{液体}}$ ,该第一喷射规律提供作为目标燃料量  $Q_{\text{喷射-目标}}$  的函数的液体供给时间  $T_{\text{液体}}$ 。

[0049] 液体供给时间  $T_{\text{液体}}$  被传送到计算框 30,该计算框在喷射燃料之前使用第二喷射规律 IL2 确定作为液体供给时间  $T_{\text{液体}}$  的函数估计的关闭时间  $T_{c\text{-估计}}$ ,该第二喷射规律提供作为液体供给时间  $T_{\text{液体}}$  的函数估计的关闭时间  $T_{c\text{-估计}}$ 。

[0050] 减法器框 31 确定作为液体供给时间  $T_{\text{液体}}$  和估计的关闭时间  $T_{c\text{-估计}}$  的函数的喷射时间  $T_{\text{喷射}}$  (即,在喷射的开始时间  $t_1$  和喷射的结束时间  $t_2$  之间经过的时间间隔);特别是,减法器框 31 通过从液体供给时间  $T_{\text{液体}}$  中减去估计的关闭时间  $T_{c\text{-估计}}$  来计算喷射时间  $T_{\text{喷射}}$ 。

[0051] 使用喷射时间  $T_{\text{喷射}}$  引导喷射器 4, 该喷射时间  $T_{\text{喷射}}$  确定在喷射的开始时间  $t_1$  和喷射的结束时间  $t_2$  之间经过的时间间隔的长度。在喷射的结束时间  $t_2$  之后, 在撤销流过线圈 16 的电流  $i(t)$  之后且直到撤销电压  $v(t)$  自身, 计算框 30 测量电磁型执行机构 14 的线圈 16 两端的电压  $v(t)$  在时间上的趋势; 线圈 16 两端的电压  $v(t)$  在时间上的趋势由计算框 30 根据上述处理方法处理以确定作为喷射器 4 在执行燃料喷射之后的关闭时间  $t_3$  的函数的关闭时间  $T_c$ 。

[0052] 由计算框 32 确定的喷射器 4 的实际关闭时间  $T_{c\text{-实际}}$  被传送到计算框 30, 该计算框在喷射燃料之后使用实际关闭时间  $T_{c\text{-实际}}$  更新第二喷射规律 IL2。优选地, 如果实际关闭时间  $T_{c\text{-实际}}$  和对应的估计的关闭时间  $T_{c\text{-估计}}$  之间的差值的绝对值小于可接受的阈值, 则使用实际关闭时间  $T_{c\text{-实际}}$  更新第二喷射规律 IL2, 否则将实际关闭时间  $T_{c\text{-实际}}$  视为错误 (即, 假定在关闭时间  $t_3$  的识别过程期间发生了非预期的意外错误且因此实际关闭时间  $T_{c\text{-实际}}$  不可靠)。显然, 通过考虑到第二喷射规律 IL2 的“历史”的统计准则, 使用实际关闭时间  $T_{c\text{-实际}}$  来更新第二喷射规律 IL2。以此方式, 随着时间推移 (并且考虑到时间蠕变), 可以增加第二喷射规律 IL2 的精度, 以便最小化在喷射期间出现的误差, 即, 以便最小化实际关闭时间  $T_{c\text{-实际}}$  和对应的估计的关闭时间  $T_{c\text{-估计}}$  之间的偏差。

[0053] 根据优选实施例, 两个喷射规律 IL1 和 IL2 取决于喷射的燃料压力  $P_{\text{轨道}}$ ; 换言之, 喷射规律 IL1 和 IL2 作为喷射的燃料压力  $P_{\text{轨道}}$  的函数改变。结果, 使用第一喷射规律 IL 确定作为目标燃料喷射量  $Q_{\text{喷射-目标}}$  和喷射的燃料压力  $P_{\text{轨道}}$  的函数的液体供给时间  $T_{\text{液体}}$ ; 此外, 使用第二喷射规律 IL2 确定作为液体供给时间  $T_{\text{液体}}$  和喷射的燃料压力  $P_{\text{轨道}}$  的函数的估计的关闭时间  $T_{c\text{-估计}}$ 。

[0054] 根据优选实施例, 第一喷射规律 IL1 是建立目标燃料量  $Q_{\text{喷射-目标}}$  和液体供给时间  $T_{\text{液体}}$  之间的直接比例的线性规律; 换言之, 第一喷射规律 IL1 由下述线性方程式提供:

$$[IL1] Q_{\text{喷射-目标}} = A(P_{\text{轨道}}) * T_{\text{液体}} + B(P_{\text{轨道}})$$

[0056]  $Q_{\text{喷射-目标}}$  目标燃料量;

[0057]  $T_{\text{液体}}$  液体供给时间;

[0058] A-B 根据实验确定并取决于喷射的燃料压力  $P_{\text{轨道}}$  的数值参数;

[0059]  $P_{\text{轨道}}$  喷射的燃料压力。

[0060] 值得注意的是, 通过线性方程对第一喷射规律 IL1 建模允许极大地简化液体供给时间  $T_{\text{液体}}$  的确定, 而同时确保非常高的精度。

[0061] 根据优选实施例, 当存在同一内燃发动机 2 的若干喷射器 4 时 (如图 1 所示), 第一喷射规律 IL1 对于所有喷射器 4 相同, 而对于每个喷射器 4, 对应的第二喷射规律 IL2 可能不同于其它喷射器 4 的第二喷射规律 IL2。换言之, 第一喷射规律 IL1 对于所有喷射器 4 相同, 且第一喷射规律 IL1 在设计步骤期间已通过实验确定之后就不再变化 (更新), 因为其对于喷射器 4 的构造上的离差以及对于喷射器 4 的时间蠕变实质上不敏感。相反, 每个喷射器 4 具有其自身的第二喷射规律 IL2, 该第二喷射规律初始地相同于其它喷射器 4 的第二喷射规律 IL2, 但在通过实际关闭时间  $T_{c\text{-实际}}$  执行的更新作用下随着时间推移进行演化, 且因此逐渐地不同于其它喷射器 4 的第二喷射规律 IL2 以用于跟踪其喷射器 4 的实际特征和时间蠕变。

[0062] 值得注意的是, 用于确定喷射器 4 的关闭时间  $t_3$  的上述方法在喷射器 4 的任何操

作条件下有效,即,当喷射器 4 在弹道区域 B 中操作时及当喷射器 4 在线性区域 C 中操作时均有效,在弹道区域 B 中,在喷射的结束时间  $t_2$ ,销 23 尚未达到喷射阀 15 的完全开启位置,在线性区域 C 中,在喷射的结束时间  $t_2$ ,销 23 达到喷射阀 15 的完全开启位置。区别在于在弹道区域 B 中,关闭时间  $T_c$  是可变的,而在线性区域 C 中,关闭时间  $T_c$  实质上是恒定的;实际上,关闭时间  $T_c$  也在线性区域 C 中轻微改变;关闭时间  $T_c$  在线性区域 C 中的变化小于关闭时间  $T_c$  在弹道区域 B 中的变化,并在喷射时间  $T_{\text{喷射}}$  增加时趋向于恒定值)。

[0063] 确定电磁燃料喷射器的关闭时间的上述方法具有很多优点。

[0064] 首先,用于确定电磁燃料喷射器的关闭时间的上述方法允许以高精度识别电磁燃料喷射器的关闭时间;如上所述,在将喷射器用于喷射少量燃料时,知道电磁喷射器的实际关闭时间是非常重要的,因为这允许精确地估计由喷射器在每次喷射中喷射的实际燃料量。以此方式,也能够在弹道区域中使用电磁燃料喷射器喷射非常少量的燃料(在 1 毫克的数量级),同时确保足够的喷射精度。值得注意的是,非常少量的燃料的喷射精度不是通过降低喷射器特征的离差(极其复杂、高成本的操作)达到的,而是通过充分利用对喷射器在每次喷射中喷射的实际燃料量(通过知道实际关闭时间估计的实际燃料喷射量)的知识以相对于最优条件立即修正偏差的可能性达到的。

[0065] 此外,用于确定电磁燃料喷射器的关闭时间的上述方法在现有的电子控制单元中也是简单并且成本高效的,因为相对于通常出现在燃料喷射系统中的硬件不需要附加的硬件,不需要高计算能力,并且也不需要大存储器容量。

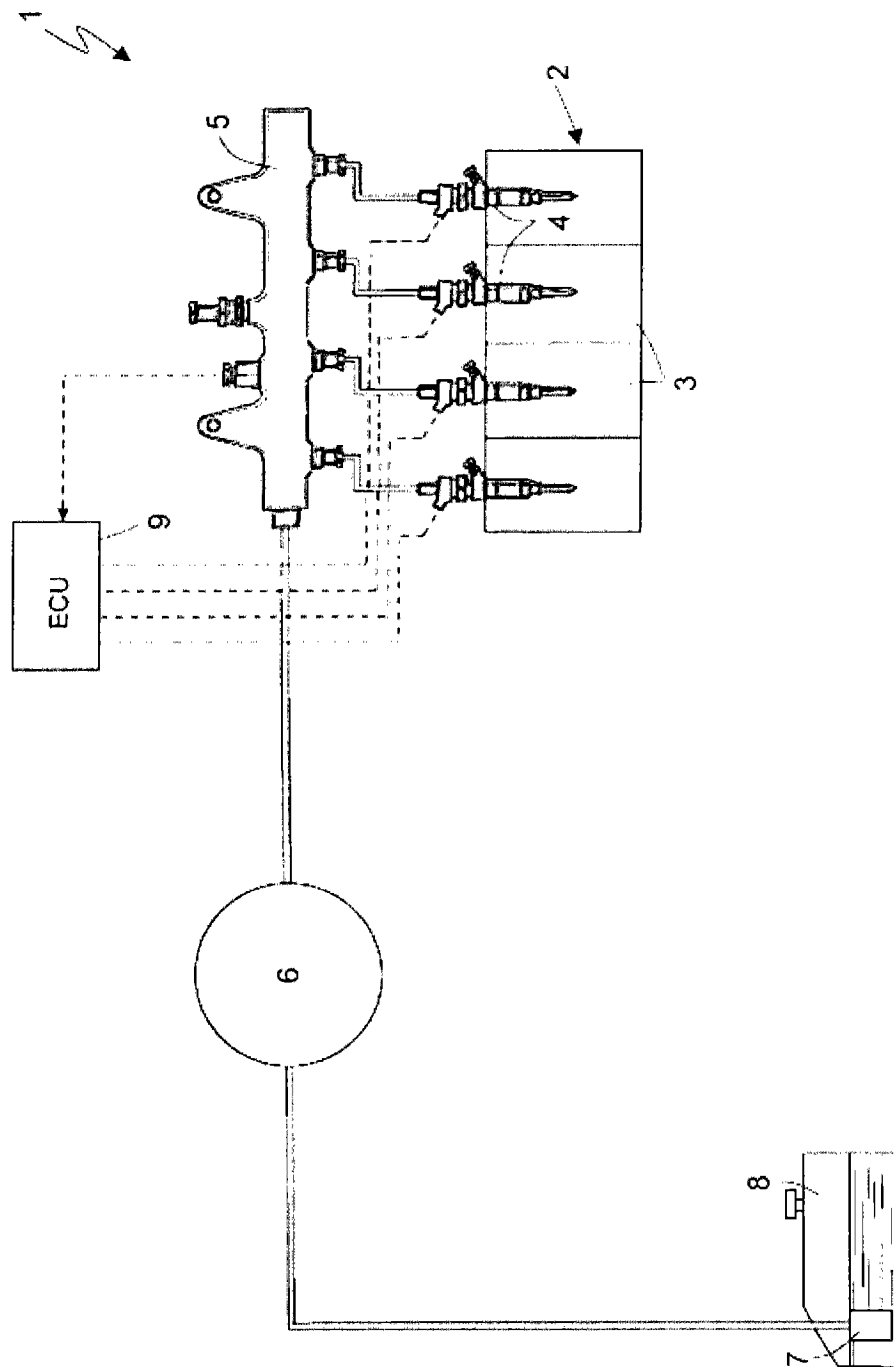


图 1

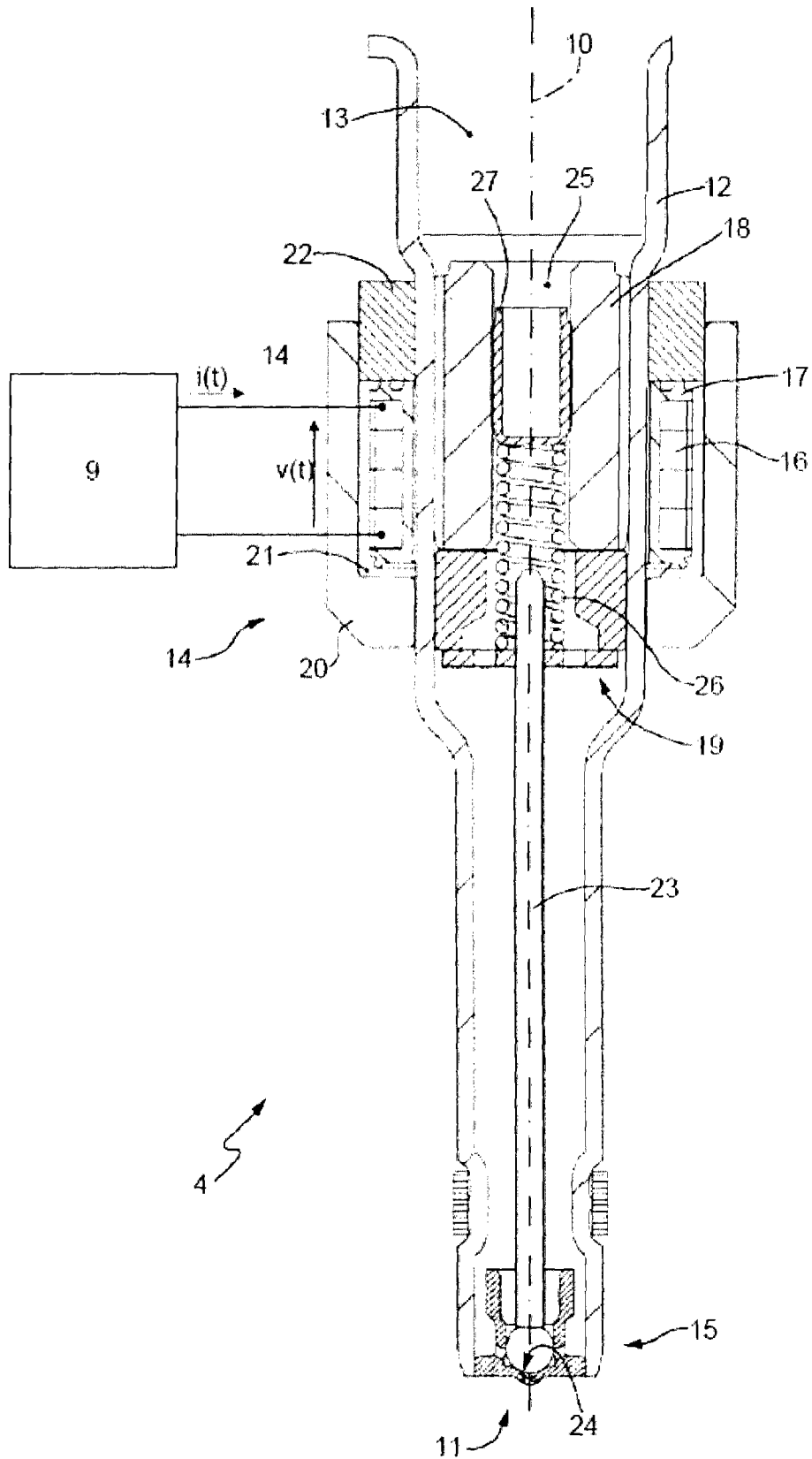


图 2

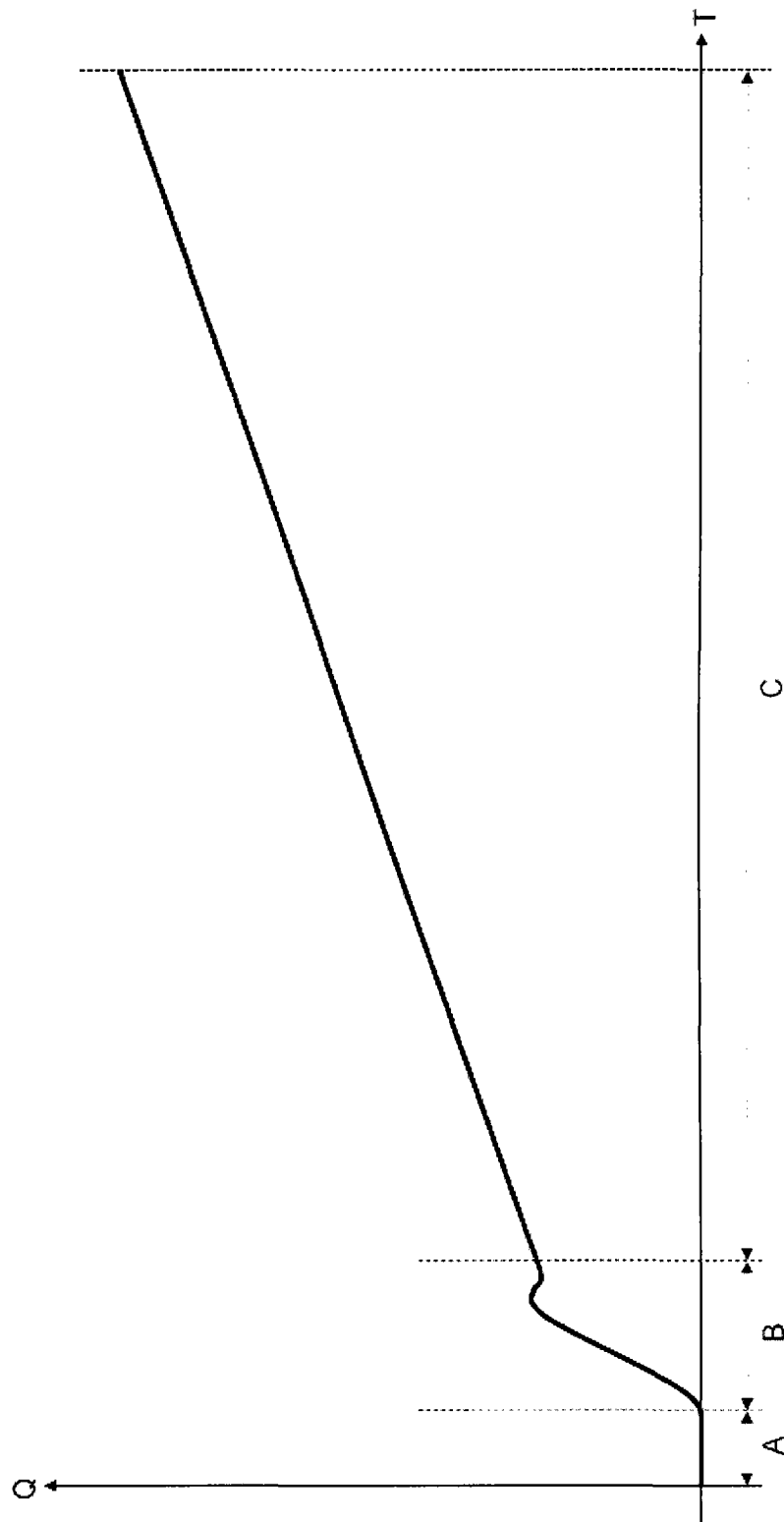


图 3

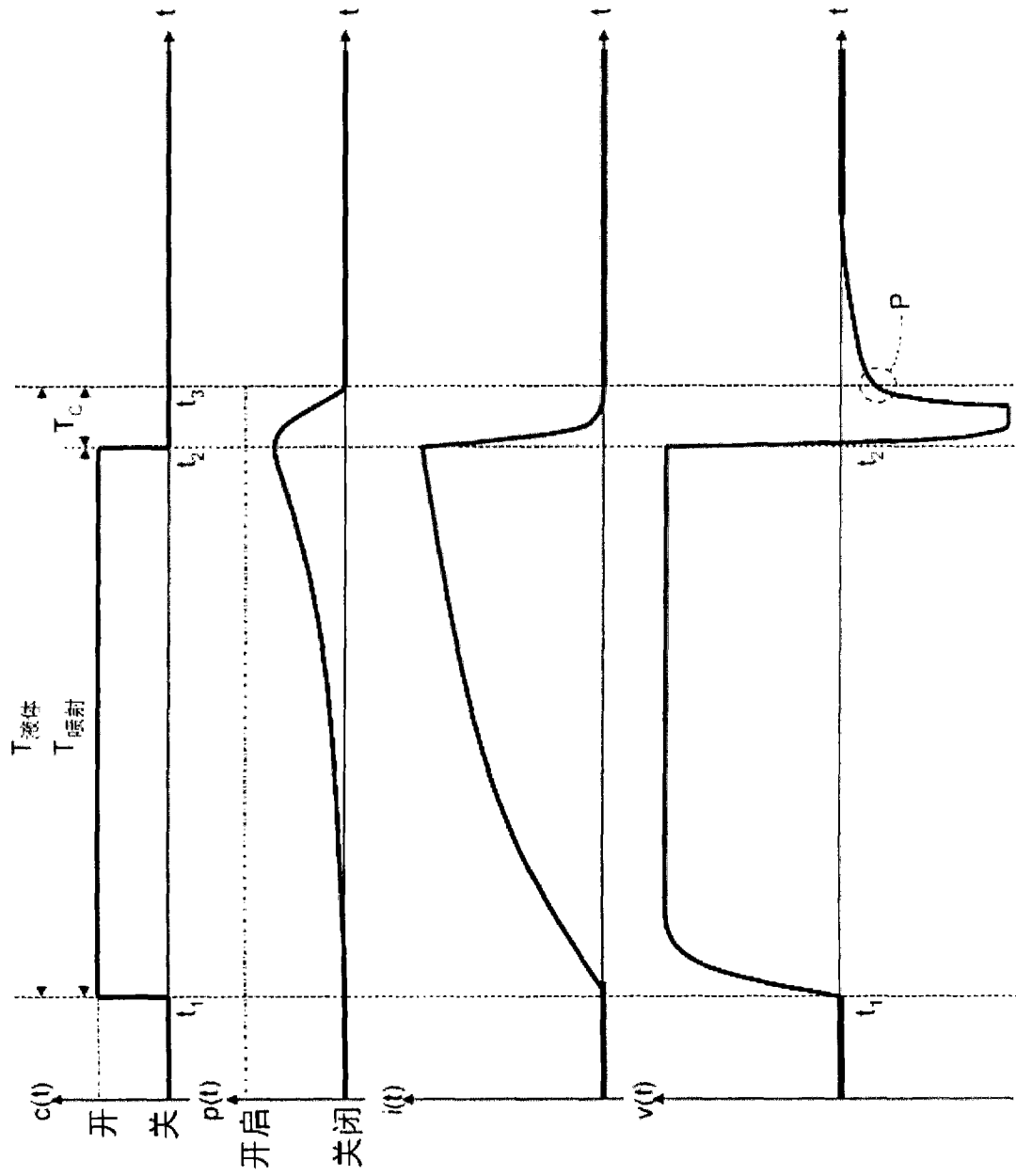


图 4

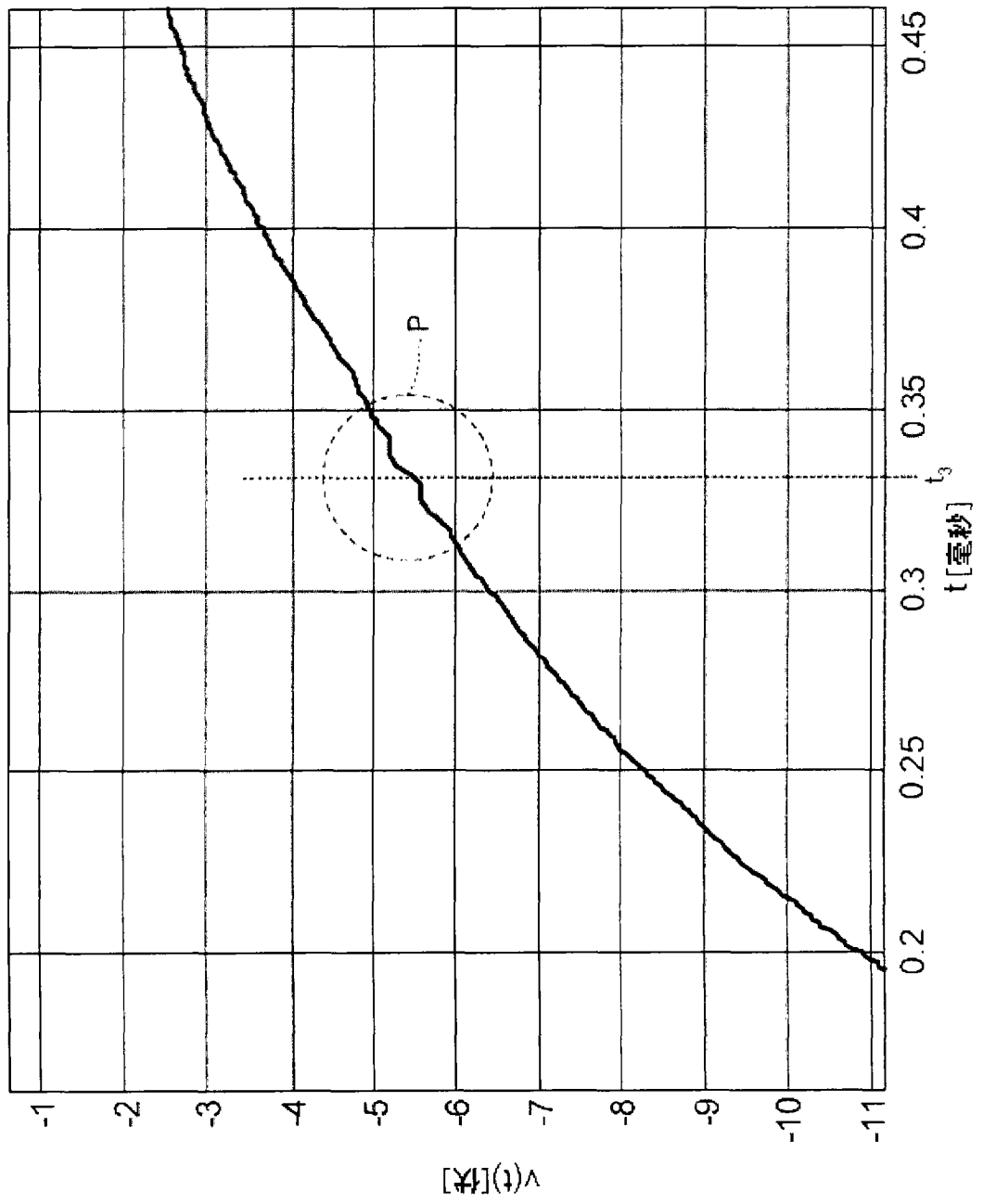


图 5



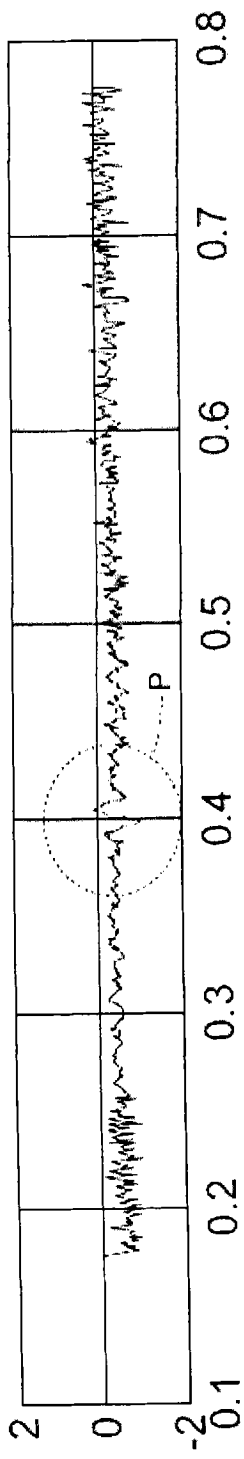


图 6a

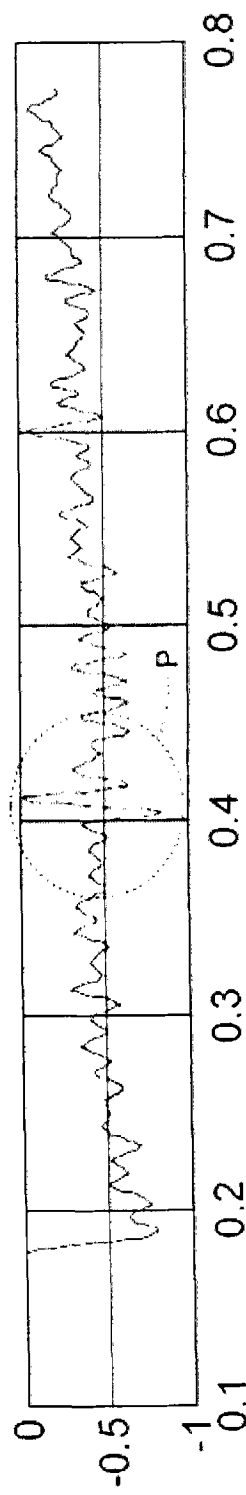


图 6b

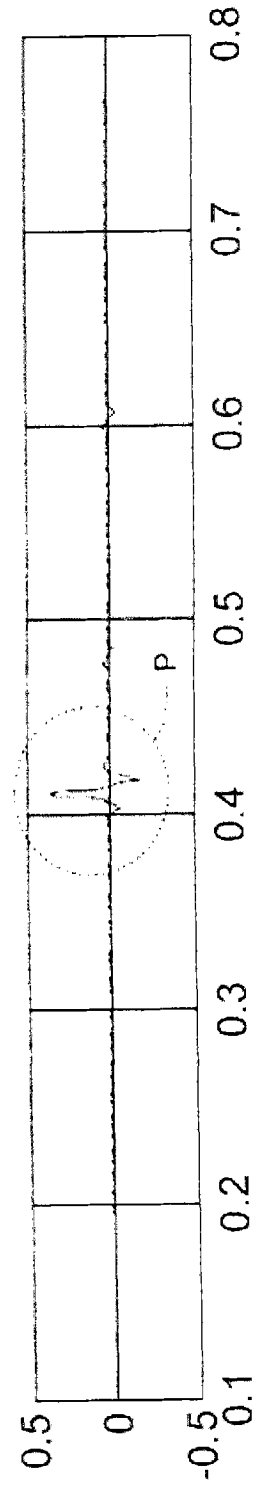


图 6c

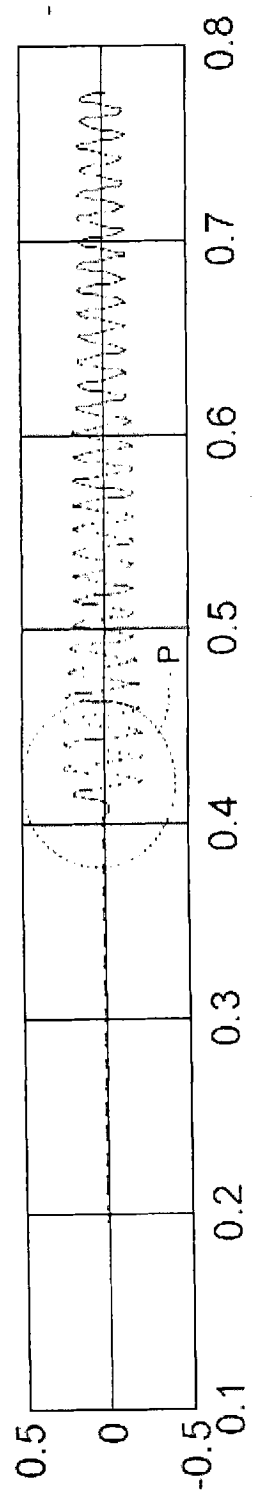


图 6d

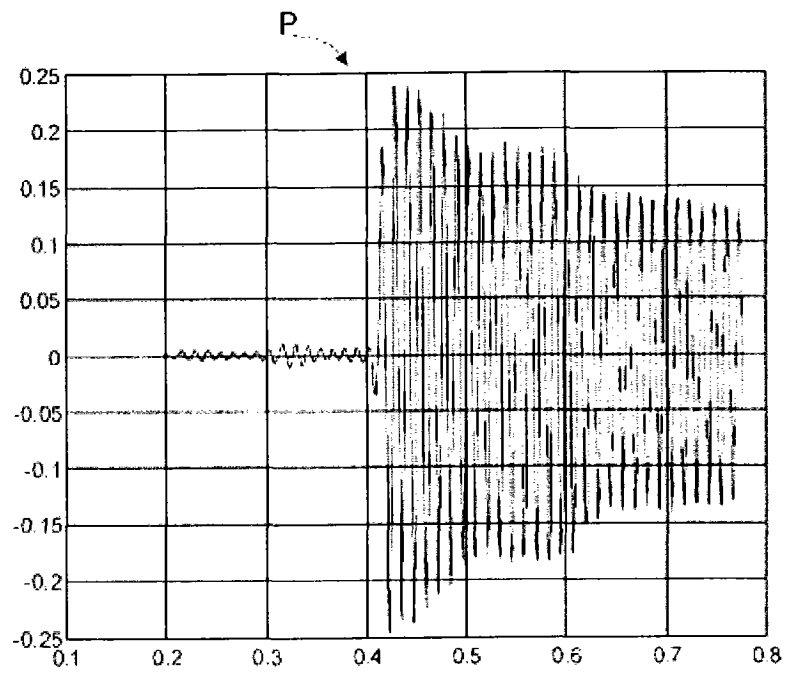


图 7a

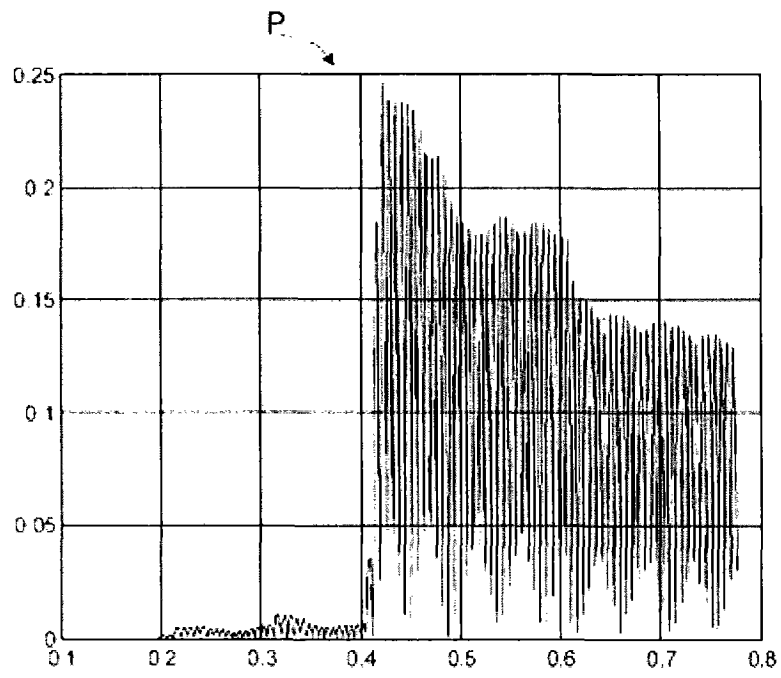


图 7b

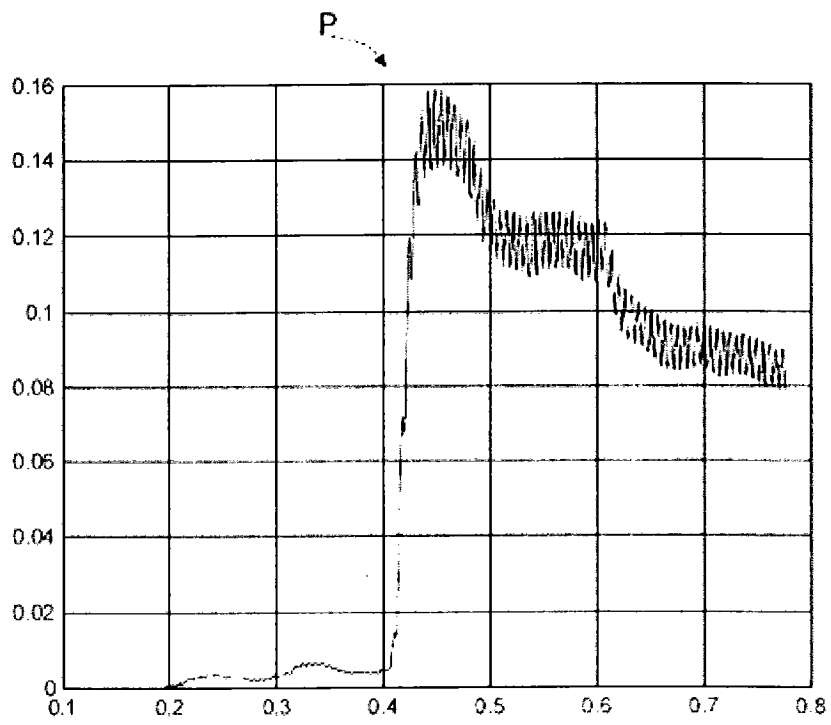


图 8a

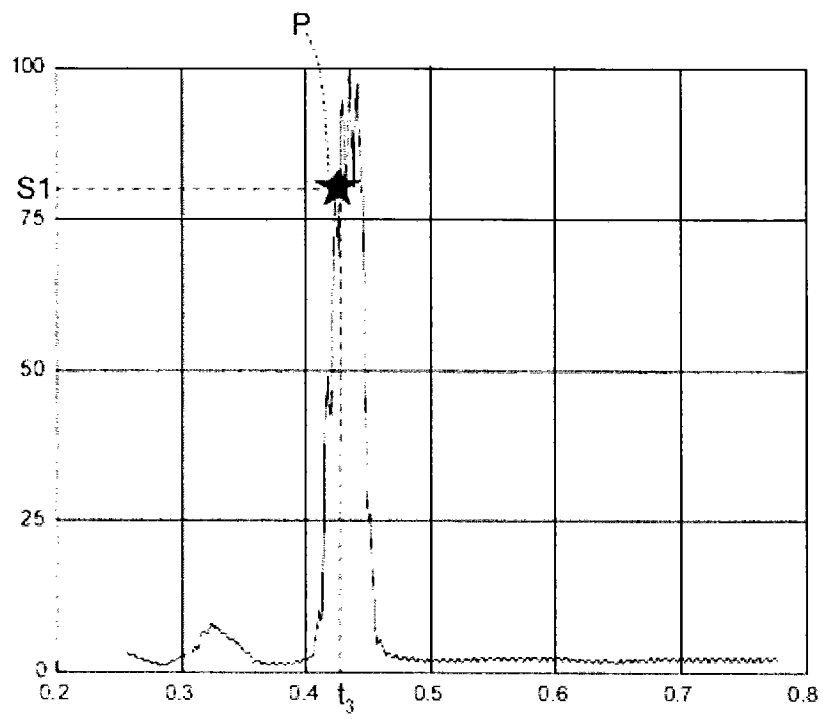


图 8b

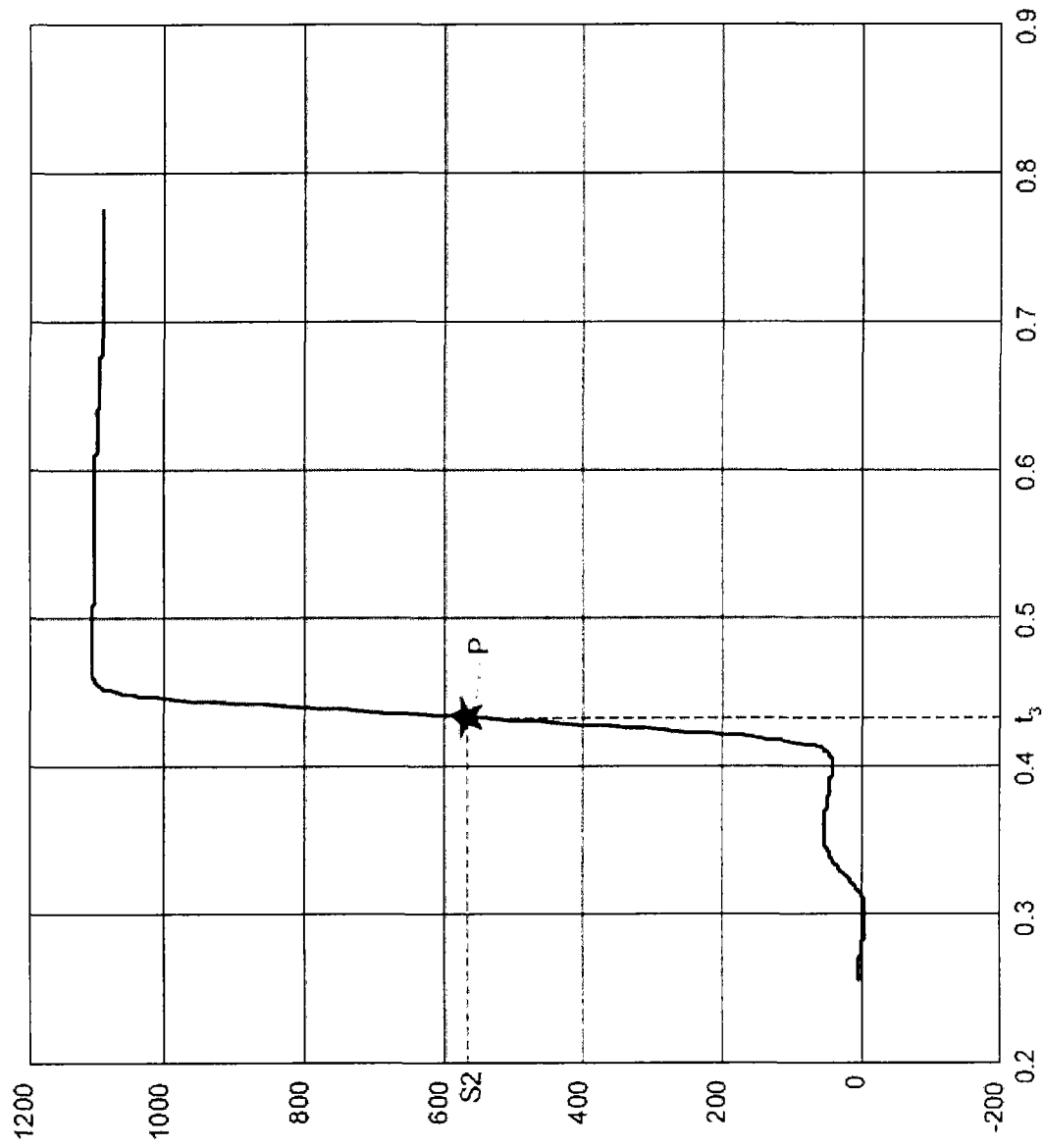


图 9

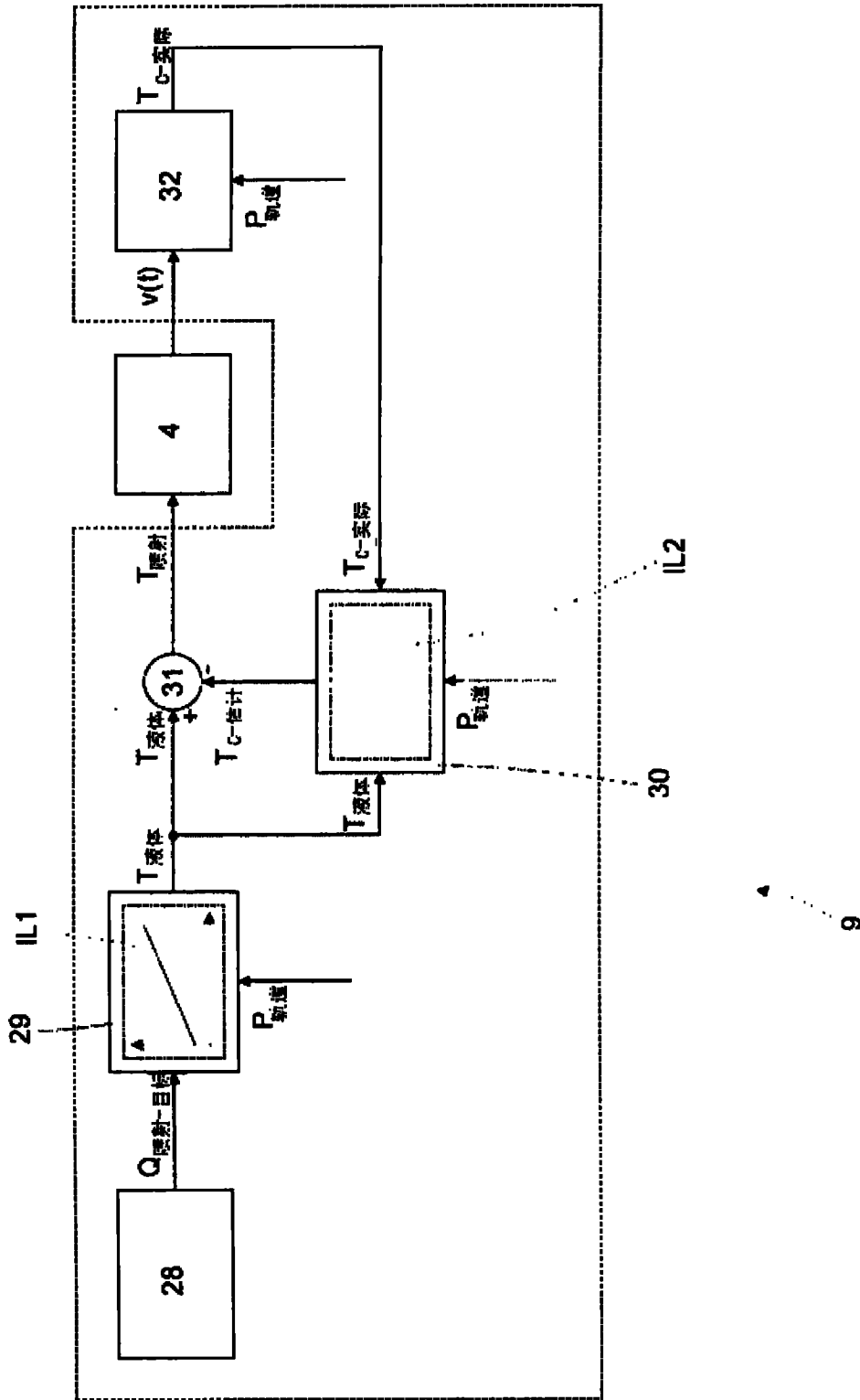


图 10