



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105840331 B

(45)授权公告日 2020.08.07

(21)申请号 201610070579.8

(22)申请日 2016.02.02

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105840331 A

(43)申请公布日 2016.08.10

(30)优先权数据

102015101513.7 2015.02.03 DE

(73)专利权人 帝斯贝思数字信号处理和控制工程
有限公司

地址 德国帕德博恩

(72)发明人 L·尤哈斯 D·贝尔内克

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专
利商标事务所 11038

代理人 刘盈

(51)Int.Cl.

F02D 41/26(2006.01)

F02D 41/30(2006.01)

F02D 43/00(2006.01)

F02P 5/15(2006.01)

(56)对比文件

US 2006137661 A1,2006.06.29,

JP S6017236 A,1985.01.29,

CN 103946522 A,2014.07.23,

CN 101876283 A,2010.11.03,

CN 102235257 A,2011.11.09,

CN 102027221 A,2011.04.20,

DE 3124493 A1,1983.01.05,

审查员 范海琳

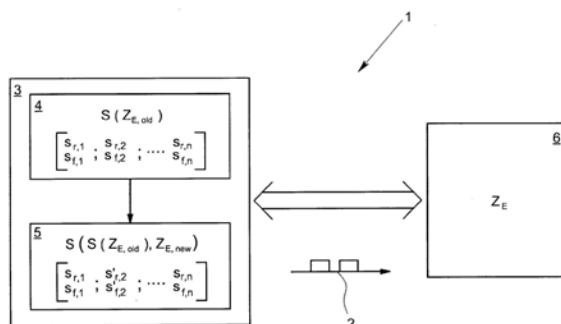
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

用于通过控制单元计算和输出控制脉冲的
计算机实现的方法

(57)摘要

本发明涉及一种用于通过控制单元(3)计算和输出控制脉冲(2)的计算机实现的方法(1),其中,控制单元(3)具有第一运算单元(4)和第二运算单元(5),并且控制脉冲(2)由控制单元(3)输出给内燃机(6)。控制脉冲(2)的计算由此优化,使得第一运算单元(4)借助于内燃机(6)的过去的状态数据($Z_{E,old}$)以第一采样率计算具有用于多个未来的控制脉冲(2)的触发信息(s_r, s_f)的控制脉冲图形(S)并且将所计算的控制脉冲图形(S)传输至第二运算单元(5);第二运算单元(5)以比第一运算单元(4)的第一采样率大的第二采样率借助于内燃机(6)的当前状态数据($Z_{E,new}$)校正当前要输出的控制脉冲(2)的触发信息(s_r, s_f);并且控制脉冲(2)由控制单元(3)基于所校正的触发信息(s_r', s_f')输出给内燃机(6)。



1. 用于通过控制单元 (3) 计算和输出控制脉冲 (2) 的计算机实现的方法 (1), 其中, 所述控制单元 (3) 具有第一运算单元 (4) 和第二运算单元 (5), 并且所述控制脉冲 (2) 由所述控制单元 (3) 输出给内燃机 (6),

其特征在于, 所述第一运算单元 (4) 借助于所述内燃机 (6) 的过去的状态数据 ($Z_{E,old}$) 以第一采样率计算具有用于多个未来的控制脉冲 (2) 的触发信息 (s_r, s_f) 的控制脉冲图形 (S) 并且将所计算的控制脉冲图形 (S) 传输至所述第二运算单元 (5);

所述第二运算单元 (5) 以比所述第一运算单元 (4) 的第一采样率大的第二采样率借助于所述内燃机 (6) 的当前状态数据 ($Z_{E,new}$) 校正当前要输出的控制脉冲 (2) 的触发信息 (s_r, s_f); 并且

所述控制脉冲 (2) 由所述控制单元 (3) 基于所校正的触发信息 (s_r', s_f') 输出给所述内燃机 (6)。

2. 根据权利要求1所述的计算机实现的方法 (1), 其特征在于, 所述第二运算单元 (5) 检查: 具有校正的触发信息 (s_r', s_f') 的控制脉冲 (2) 是否与随后的控制脉冲 (2) 冲突。

3. 根据权利要求2所述的计算机实现的方法 (1), 其特征在于, 识别出通过相邻的控制脉冲 (2) 的触发信息 (s_r, s_f) 限定的触发区间的重叠。

4. 根据权利要求2所述的计算机实现的方法 (1), 其特征在于, 将具有冲突的触发信息 (s_r, s_f) 的控制脉冲 (2) 综合为具有平均的触发信息 ($s_{r,m}, s_{f,m}$) 的唯一的控制脉冲 (2) 或者丢弃除了冲突的控制脉冲 (2) 之一以外的所有冲突的控制脉冲。

5. 根据权利要求1至4之一所述的计算机实现的方法 (1), 其特征在于, 所述控制脉冲 (2) 是用于控制燃料喷射的脉冲和/或用于控制喷射燃料的点火的脉冲。

6. 根据权利要求1至4之一所述的计算机实现的方法 (1), 其特征在于, 所述第二运算单元 (5) 作为内燃机 (6) 的当前状态数据 ($Z_{E,new}$) 应用当前曲轴角和/或当前曲轴角的时间导数和/或当前气缸压力和/或所述气缸压力的时间导数。

7. 根据权利要求1至4之一所述的计算机实现的方法 (1), 其特征在于, 所述第一运算单元 (4) 作为内燃机 (6) 的过去的状态数据 ($Z_{E,old}$) 应用最后已知的曲轴角和/或空气质量流的最后已知的值和/或喷射的燃料量的最后已知的值和/或燃烧空气比的最后已知的值和/或上述参量的时间导数。

8. 根据权利要求1至4之一所述的计算机实现的方法 (1), 其特征在于, 在使用至少一个处理器的情况下实现所述第一运算单元 (4), 并且在使用至少一个可编程逻辑组件的情况下实现所述第二运算单元 (5)。

9. 根据权利要求8所述的计算机实现的方法 (1), 其特征在于, 所述处理器为微控制器。

10. 根据权利要求8所述的计算机实现的方法 (1), 其特征在于, 所述可编程逻辑组件是现场可编程门阵列。

11. 根据权利要求1至4之一所述的计算机实现的方法 (1), 其特征在于, 所述第一运算单元 (4) 时间无关地计算借助于所述过去的状态数据 ($Z_{E,old}$) 计算的控制脉冲图形 (S), 从而也产生重叠的控制脉冲图形 (S) 并且将其传输至所述第二运算单元 (5), 其中, 所述第二运算单元 (5) 应用最为当前所接收的控制脉冲图形 (S)。

12. 用于计算控制脉冲 (2) 和输出控制脉冲给内燃机 (6) 的控制单元 (3), 其中, 所述控制单元 (3) 具有第一运算单元 (4) 和第二运算单元 (5),

其特征在于,所述第一运算单元(4)在所述控制单元(3)的运行状态下借助于所述内燃机(6)的过去的状态数据($Z_{E,old}$)以第一采样率计算具有用于多个未来的控制脉冲(2)的触发信息(s_r, s_f)的控制脉冲图形(S)并且将所计算的控制脉冲图形(S)传输至所述第二运算单元(5);

所述第二运算单元(5)在所述控制单元(3)的运行状态下以比所述第一运算单元(4)的第一采样率大的第二采样率借助于所述内燃机(6)的当前状态数据($Z_{E,new}$)校正当前要输出的控制脉冲(2)的触发信息(s_r, s_f);并且

所述控制脉冲(2)由所述控制单元(3)基于所校正的触发信息(s_r', s_f')输出给所述内燃机(6)。

13. 根据权利要求12所述的控制单元,其特征在于,所述第一运算单元(4)和第二运算单元(5)通过编程设计为使得所述第一运算单元和第二运算单元在所述控制单元(3)的运行状态下执行按照权利要求2至11之一所述的方法。

用于通过控制单元计算和输出控制脉冲的计算机实现的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于通过控制单元计算和输出控制脉冲的计算机实现的方法,其中,控制单元具有第一运算单元和第二运算单元,并且控制脉冲由控制单元输出给内燃机。除此以外,本发明也涉及一种用于计算控制脉冲和输出控制脉冲给内燃机的与此有关的控制单元,其中,控制单元具有第一运算单元和第二运算单元。

背景技术

[0002] 自从例如以内燃机控制装置的形式的控制单元基于电子运算单元实现以来,已知用于通过控制单元计算和输出控制脉冲的方法。这些运算单元原则上是可编程的,应该通过基于处理器的运算单元的编程或者应该通过例如以FPGA的形式的可编程逻辑组件的编程或者通过硬件描述对硬件的“编程”。

[0003] 由控制单元计算并且输出给内燃机的控制脉冲可以是完全不同类型的。典型地涉及用于操控燃料喷射(例如在汽油和柴油发动机中)的脉冲以及用于操控燃料点燃(例如在汽油发动机中)的脉冲。控制单元但是也可以输出其他控制脉冲,例如用于操控节流阀或用于废气调节(λ 调节)。

[0004] 为了计算控制脉冲,控制单元通常处理多种控制器数据,例如关于曲轴和凸轮轴的位置、空气质量流、空气质量的温度、节流阀的位置的信息以及另外的传感器数据。

[0005] 内燃机在运行中是具有快速状态变化的高度动态系统,所述快速状态变化需要非常快速的调节。这些调节按照并且借助于控制单元的运算单元实现,其中,运算单元无论如何也涉及能实时的控制系统。在控制单元按照硬件方式的实现中总是要解决在尽可能性能卓越且快速的硬件与要严格限制的成本之间的冲突,这合乎自然地是目标冲突。

[0006] 可能的是,借助于控制单元的运算单元可实现的采样率不允许:控制和/或调节算法可以如此快速地执行,使得每个控制脉冲可以借助于在每个采样步骤中更新的传感器和/或状态数据来重新计算。在这种情况下,多个控制脉冲基于过去的状态数据计算并且由控制单元逐步地输出给内燃机,从而实现一种类型的预控制。而如果强制地总是能实现足够高的采样率,以用于借助于当前状态数据重新计算每个单个的控制脉冲,那么在控制单元的实现中基于使用性能非常卓越的硬件构件而应接受全然巨大的额外费用。

发明内容

[0007] 因此本发明的任务在于,提出一种用于通过控制单元计算和输出控制脉冲的方法,借助于该方法能够在时间上优化控制脉冲的计算和输出,这优选用于适当的按照硬件方式的成本。

[0008] 之前阐明和导出的任务在开始所述的方法中通过如下方式实现,即,使得第一运算单元借助于内燃机的过去的状态数据以第一采样率计算具有用于多个未来的控制脉冲的触发信息的控制脉冲图形并且将所计算的控制脉冲图形传输至第二运算单元;所述第二运算单元以比第一运算单元的第一采样率大的第二采样率借助于内燃机的当前状态数据

校正当前要输出的控制脉冲的触发信息;并且控制脉冲由控制单元基于所校正的触发信息输出给内燃机。

[0009] 由第一运算单元基于内燃机的过去的状态数据计算的控制脉冲图形那么表示对于未来要产生的控制脉冲的描述。在控制脉冲图形中对于每个未来的控制脉冲包含的触发信息是相继的未来的控制脉冲的适合的描述,其中,触发信息例如可以以内燃机角、曲柄角的单位的形式并且在此例如关于每个气缸的上死点(上止点)或者以(相对)时间单位的形式给出。

[0010] 由第一运算单元基于过去的状态数据计算的用于未来的控制脉冲的触发信息例如可以包括一个完整的内燃机周期,亦即例如用于燃料喷射和喷射的燃料的点火的触发信息。这些触发信息于是通常只要基于内燃机的相同的过去的状态数据就是一致的。包含多个用于多个未来的控制脉冲的触发信息的控制脉冲图形的所述计算根据本质是预控制,因为不再对内燃机的在此期间变化的状态参量做出反应。

[0011] 在以比第一运算单元的采样率高的采样率运行的第二运算单元上然而首先能够对由第一运算单元计算的触发信息基于内燃机的当前状态数据进行校正。第二运算单元因此实现再调节。触发信息的计算和校正按照本发明分配到缓慢的第一运算单元和较快速的第二运算单元上允许:在由第一运算单元计算的控制脉冲图形内对例如以转速变化形式的内燃机的突然的状态变化进行快速反应。即便如此不必在仅仅整体上非常快速的运算单元上执行所有计算,而可以决定:哪些计算为了预控制在第一运算单元上实施,而哪些计算基于完全当前的状态数据为了再调节而在第二运算单元上执行。由此实现如下可能,即,如此设计控制单元的运算单元,使得控制单元的按照硬件方式的配备能够在成本方面优化地设计。

[0012] 在按照本发明的方法的一种优选设计方案中规定,所述第二运算单元检查:具有校正的触发信息的控制脉冲是否与随后的控制脉冲冲突。第二运算单元以比第一运算单元的第一采样率大的第二采样率计算对于由第一运算单元获得的触发信息的校正的触发信息。基于校正可能发生校正的触发信息引起时间延迟,所属的控制脉冲那么例如应相比于按照在第一运算单元的控制脉冲图形中的触发信息所规定的而更晚地输出。该延迟的控制脉冲可能在时间上非常接近于如下的相继的控制脉冲的触发时刻地达到,该相继的控制脉冲的触发信息仍由第一运算单元计算出并且不被校正。那么例如不期望的是,产生在时间上紧紧相继的并且在一定程度上“冲突的”喷射和/或点火脉冲。控制脉冲的这样的冲突例如可以通过如下方式识别,即,通过相邻的控制脉冲的触发信息限定的触发区间重叠。

[0013] 在该方法的一种优选设计方案中于是此外规定,将具有冲突的触发信息的控制脉冲综合为具有平均的触发信息的唯一的控制脉冲或者(备选地)丢弃除了冲突的控制脉冲之一以外的所有冲突的控制脉冲。

[0014] 在该方法的一种优选设计方案中已经证实为有利的是,第二运算单元作为内燃机的当前状态数据应用当前曲轴角和/或当前曲轴角的时间导数和/或当前气缸压力和/或所述气缸压力的时间导数。这些状态数据可以非常短时地变化并且对于对控制脉冲的触发信息的校正是非常重要的,该触发信息已由第一运算单元计算。对此有意义的是,至少(jedenfalls)借助于第二运算单元检测这些状态数据,所述第二运算单元以比第一运算单元更高的采样率工作。如此能够非常有效地在控制脉冲的计算和输出中实现再调节。结果,

能够实现内燃机控制或内燃机调节,该内燃机控制或内燃机调节例如允许在一个内燃机周期内对内燃机的变化的状态参量进行反应。

[0015] 在该方法的另一有利设计方案中规定,第一运算单元作为内燃机过去的状态数据应用最后已知的曲轴角(经常简称曲柄角)和/或空气质量流的最后已知的值和/或喷射的燃料量的最后已知的值和/或燃烧空气比的最后已知的值和/或上述参量的时间导数。除了曲轴角以外,这些状态参量涉及如下参量,所述参量通常具有较小的动态性并且因此不必强制由第二运算单元检测,从而在此可以减轻第二运算单元的负担。特别是通过进气量探测器测量的燃烧空气比仅仅以时间上相对大的间隔确定。最后已知的值也可以涉及估计值,这例如经常适合于喷射燃料量。

[0016] 在前述方法的实现中已经证实为特别有利的是,在使用至少一个处理器或微控制器的情况下实现第一运算单元,并且在使用至少一个可编程逻辑组件特别是使用现场可编程门阵列(FPGA)的情况下实现第二运算单元。处理器或微控制器是顺序工作的可编程运算单元,借助于该可编程运算单元也可以非强制地执行浮点运算,然而可实现的采样率至少在通常用于控制装置的处理器中是很小的。而可编程逻辑组件作为“硬连接”逻辑装置也允许运算的并行处理,从而在此可实现显著更快速的采样率,所述采样率明显位于在微秒范围之下例如在纳秒范围中的采样率。在该时间分辨率下例如可能的是,获得并且再处理关于气缸压力的可快速变化的信息。

[0017] 按照本发明的方法的一个特殊优点按照另一设计方案通过如下方式给出,即,第一运算单元与时间无关地计算借助于过去的状态数据计算的控制脉冲图形,从而也产生重叠的控制脉冲图形并且将其传输至第二运算单元。第二运算单元于是相应应用最为当前所接收的控制脉冲图形。第一运算单元由此与第二运算单元不同步地运行。如果确定的状态参量已经改变得超过确定的程度,那么第二运算单元例如也可以以控制脉冲图形的计算开始。通过控制脉冲图形的这些也由外部影响或通过确定的内部事件触发的重新计算,第二运算单元可以以变化的间隔提供重新计算的控制脉冲图形,因此在第一运算单元上和在第二运算单元上的计算之间不需要固定的时间耦合。

[0018] 之前导出的任务在开头所述的用于计算控制脉冲并且输出控制脉冲给内燃机的控制单元(其中,控制单元具有第一运算单元和第二运算单元)中由此解决,第一运算单元在控制单元的运行状态下借助于内燃机的过去的状态数据以第一采样率计算具有用于多个未来的控制脉冲的触发信息的控制脉冲图形并且将所计算的控制脉冲图形传输至第二运算单元;第二运算单元在所述控制单元的运行状态下以比第一运算单元的第一采样率大的第二采样率借助于内燃机的当前状态数据校正当前要输出的控制脉冲的触发信息;并且控制脉冲由控制单元基于所校正的触发信息输出给内燃机。

[0019] 优选地,第一运算单元和第二运算单元通过编程如此设计,使得第一运算单元和第二运算单元在控制单元的运行状态下执行之前详细描述用于计算和输出控制脉冲的方法。特别有利的是,第一运算单元实现为处理器或微控制器,并且第二运算单元实现为可编程逻辑组件,特别是实现为现场可编程门阵列(FPGA)。

附图说明

[0020] 详细地现在有如下多种设计并改进按照本发明的方法以及按照本发明的控制单

元的可能。为此参照结合附图对各个实施例的以下描述。

[0021] 图中：

[0022] 图1示意地示出由现有技术已知的用于通过控制单元计算控制脉冲和输出控制脉冲给内燃机的方法以及相应的控制单元；

[0023] 图2示意地示出按照本发明用于计算和输出控制脉冲的方法以及按照本发明的控制单元；

[0024] 图3示出通过控制单元的第二运算单元顺序计算和输出控制脉冲；

[0025] 图4示出冲突的控制脉冲和用于消除冲突的策略；以及

[0026] 图5示出在第一运算单元上控制脉冲图形的计算的不同变型，以用于阐明在第一运算单元和第二运算单元上计算的不同步实施。

具体实施方式

[0027] 在图1中示出由现有技术已知的计算机实现的用于通过控制单元3计算和输出控制脉冲2的方法1以及这样的控制单元3，其中，控制单元3具有第一运算单元4和第二运算单元5，并且控制脉冲2由控制单元3输出给内燃机6。

[0028] 在示出的实施例中，控制单元3是具有没有详细示出的I/O接口的内燃机控制装置，控制单元3通过所述I/O接口一方面为了影响内燃机6和必要时车辆的其他构件输出信号并且另一方面读入信号，以便获得关于要影响的过程的信息。所述信号可以涉及模拟电压、开关信号、信号图形（例如脉宽调制信号）或以在总线通信的协议中消息形式的复杂的二进制数据。对于示出的内燃机控制特别是内燃机6的过去的状态数据 Z_E 是受关注的。内燃机6的典型的状态数据 Z_E 是曲柄角、空气质量流、喷射的燃料量、燃烧空气比、踏板位置等。

[0029] 图1中的控制单元3的第一运算单元4和第二运算单元5涉及微控制器，所述微控制器分别配备实时运行系统。哪些运算在第一运算单元4执行和哪些运算在第二运算单元5上执行在此详细地不受关注。内燃机6的状态参量 Z_E 具有非常不同的动态性，一方面因为状态参量基于存在的物理参量非常不同地快速变化，另一方面但是也因为不同的状态参量以非常不同的采样间隔亦即以不同采样率检测。如此例如气缸内压（只要该气缸内压被检测到）是极其快速变化的状态参量，其时间分辨率需要在微秒之下范围中的采样，相比之下燃烧空气比仅仅以显著更大的时间间隔更新。内燃机的不同状态参量 Z_E 可以在时间上变化的差异可能容易地覆盖（überstreichen）超过10的三次方；系统理论上看来内燃机是一个非常不灵活（steif）的系统。

[0030] 在现有技术中通常的是，多个控制脉冲在预控制的路径中例如针对一个完整的内燃机周期而计算并且随后如已经确定的那样输出给内燃机6，而无需考虑可能在该内燃机周期中已经变化的转速或者其他在此期间变化的状态参量。

[0031] 该问题可以借助于在图2至5中示出的用于计算和输出控制脉冲2的方法1处理。

[0032] 在图2中示出的用于计算和输出控制脉冲2的方法1的特征在于，第一运算单元4借助于内燃机6的过去的状态数据 $Z_{E,old}$ 以第一采样率计算具有用于多个未来的控制脉冲的触发信息 s_r, s_f 的控制脉冲图形S并且将所计算的控制脉冲图形S传输至第二运算单元5。控制脉冲图形S在第一运算单元4中再次以触发信息 s_r, s_f 的向量示出，其中，该向量包含n个触发信息 s_r, s_f 。在该情况下，触发信息 s_r, s_f 分别涉及点火脉冲的初始角和结束角。在第一运算

单元4中计算的控制脉冲图形S完全基于内燃机6过去的状态数据 $Z_{E,old}$ 。控制脉冲图形S那么可以关于过去的状态数据 $Z_{E,old}$ 的基本的数据库表示为一致的。第二运算单元5完整地获得控制脉冲图形S。

[0033] 此外规定,第二运算单元5以比第一运算单元4的第一采样率大的第二采样率借助于内燃机6的当前状态数 $Z_{E,new}$ 校正当前要输出的控制脉冲2的触发信息 s_r, s_f 。第二运算单元5那么能够以更高的速度实施校正,并且或者检测内燃机6的当前状态数据 $Z_{E,new}$,如同这对于第一运算单元4可能的那样。通过该措施可能的是,对内燃机6的状态变化进行反应亦即在如下时间范围内,该时间范围被第一运算单元4计算的控制脉冲图形S覆盖。第二运算单元5那么可以将每个单个的未来的控制脉冲匹配于内燃机6的新的状态数据 $Z_{E,new}$,从而产生校正的触发信息 s_r', s_f' 。最后,控制脉冲2由控制单元3基于校正的触发信息 s_r', s_f' 输出给内燃机6。

[0034] 图3再次示出该过程。由图3特别清楚的是,第二运算单元5顺序地计算校正的触发信息 s_r', s_f' 并且作为控制脉冲2输出给内燃机6,而运算单元5几乎作为信息包突然地获得控制脉冲图形S。

[0035] 在图2中示出的控制单元3如此设计,使得第二运算单元5检查:具有校正的触发信息 s_r', s_f' 的控制脉冲2是否与随后的控制脉冲2冲突。图4a为了阐明可能出现的控制脉冲2的冲突首先示出具有触发信息 $s_{r,2}, s_{f,2}; s_{r,3}, s_{f,3}$ 的两个控制脉冲2。在图4a中的触发信息由第一运算单元4计算并且所述触发信息限定两个示出的触发区间。控制脉冲2的这些触发区间应足够地相互间隔,在此涉及控制脉冲图形S的触发信息 s_r, s_f 。

[0036] 图4b示出了在将触发信息 $s_{r,2}, s_{f,2}$ 校正为校正的触发信息 $s_{r,2}', s_{f,2}'$ 之后的情况。校正的控制脉冲2在此大幅接近于随后的并且由预控制计算的具有触发信息 $s_{r,3}, s_{f,3}$ 的控制脉冲2。在该情况下,将按照图4b的在所述两个控制脉冲2之间的间隔识别为冲突的,例如因为预定了用于控制脉冲2的最小间隔并且低于该边界。

[0037] 在图4c和4d中阐明两种可能,即,控制单元3或控制单元3的运算单元5如何避开这样的冲突。在图4c的情况下,该情况通过如下方式解决,即,具有冲突的触发信息 $s_{r,2}', s_{f,2}'$ 和 $s_{r,3}, s_{f,3}$ 的控制脉冲2综合为具有平均的触发信息 $s_{r,m}, s_{f,m}$ 的唯一的控制脉冲2。

[0038] 在按照图4d的解决方案中备选地规定,丢弃除了冲突的控制脉冲2之一以外的所有冲突的控制脉冲,在此保持具有触发信息 $s_{r,2}', s_{f,2}'$ 的控制脉冲2,丢弃具有触发信息 $s_{r,3}, s_{f,3}$ 的控制脉冲2。

[0039] 在图5中最后示出,第一运算单元4时间无关地计算借助于过去的状态数据 $Z_{E,old}$ 计算的控制脉冲图形S,从而也产生重叠的控制脉冲图形S并且将其传输至第二运算单元5,其中,第二运算单元5在该情况下应用最为当前所接收的控制脉冲图形S,也就是特别是用于校正。在图5a中首先示出两个长度相同的控制脉冲图形 S_1, S_2 。在控制脉冲图形 S_1, S_2 中包括的但是没有详细示出的触发信息的时间延伸尺寸通过分别所属的括号的宽度阐明。在打开的括号上的垂直箭头示出如下时刻,在该时刻相应的控制脉冲图形S必须完全由第一运算单元4传输至第二运算单元5。合理的是,控制脉冲图形S——因为该控制脉冲图形确实包含未来的控制脉冲2——随后在最早的触发区间的开始必须存在于第二运算单元5上,以便该第二运算单元可以进行相应的校正。控制脉冲图形 S_1, S_2, S_3 无叠加地计算并且将其由第一运算单元4提供给第二运算单元5。

[0040] 在图5b中可看出的是,由第一运算单元4基于内燃机6的过去的状态数据 $Z_{E,old}$ 计算的控制脉冲图形 S_1 、 S_2 、 S_3 包括不同大小的未来的时间间隔。在该情况下,内燃机6的感兴趣的状态数据 Z_E 的平均变化速度进入如下决定,即,有多远地计算具有未来的触发信息的控制脉冲图形 S 。

[0041] 最后在图5c中示出,控制脉冲图形 S_1 、 S_2 、 S_3 由第一运算单元4如此计算,使得产生重叠的控制脉冲图形 S_1 、 S_2 、 S_3 。如果由第一运算单元4例如计算控制脉冲图形 S_2 并且提供给运算单元5,那么运算单元5丢弃控制脉冲图形 S_1 并且基于在控制脉冲图形 S_2 中包含的触发信息实施触发信息的另外的校正。特别是在该例子上可良好看出的是,在第一运算单元4和第二运算单元5上执行的计算相互解耦并且第一运算单元4和第二运算单元5可以相互不同步地工作。

[0042] 在按照图2的控制单元3中在使用微控制器的情况下实现第一运算单元4,在使用可编程逻辑组件、在此使用现场可编程门阵列(FPGA)的情况下实现第二运算单元5。因此对于第二运算单元5可能的是,实现明显在微秒范围之下的扫描时间,由此例如也实时地分析处理气缸压力曲线并且可以使得对于在预控制周期内的调节是可用的。

[0043] 第二运算单元5作为内燃机6的当前状态数据 $Z_{E,new}$ 应用当前曲轴角和相应当前的气缸压力。

[0044] 而第一运算单元4作为内燃机6的过去的状态数据 $Z_{E,old}$ 应用最后已知的曲轴角、空气质量流的最后已知的值以及燃烧空气比的最后已知的值。

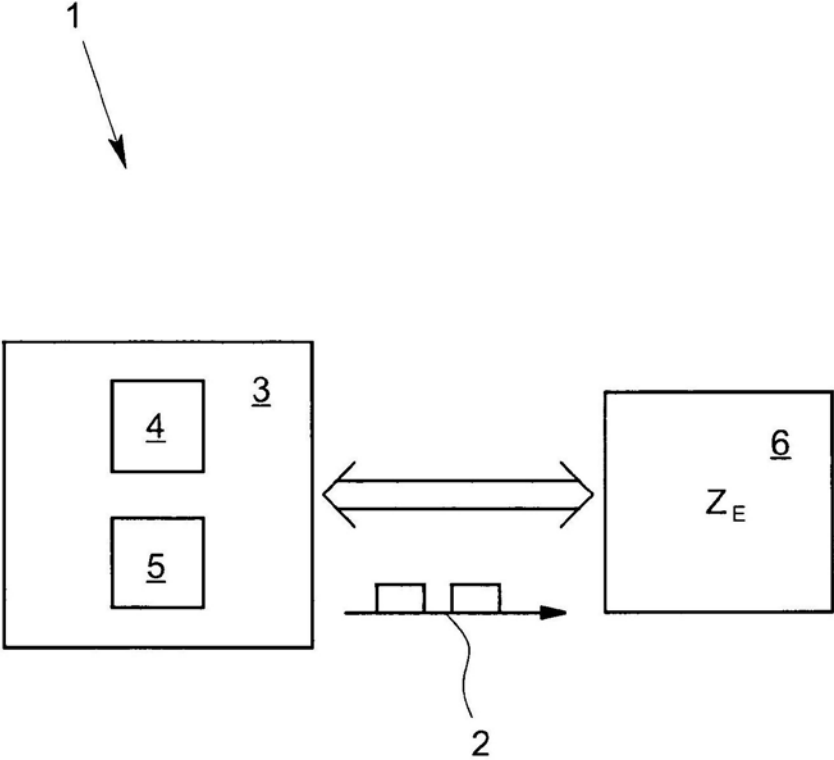


图1现有技术

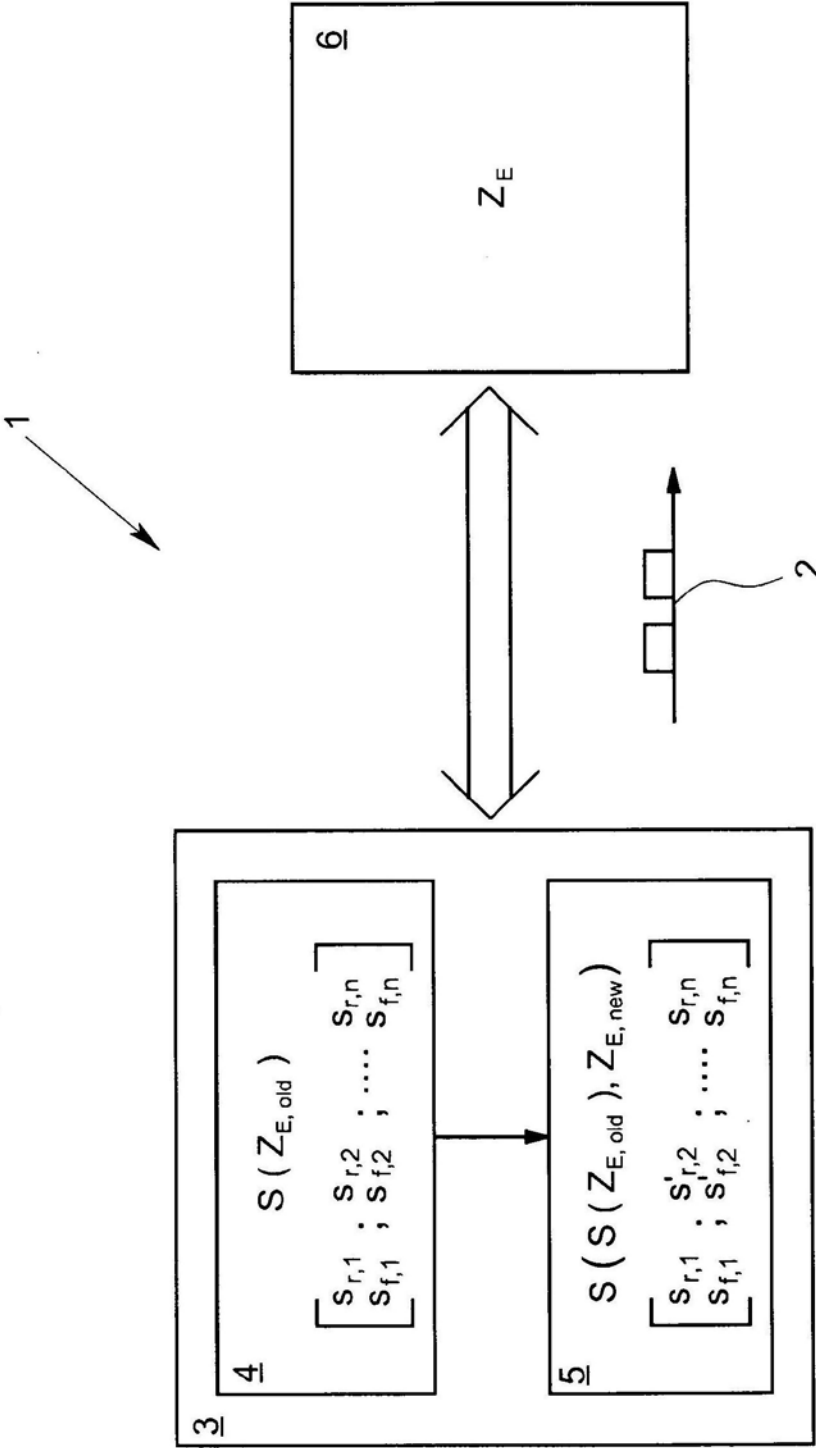


图2

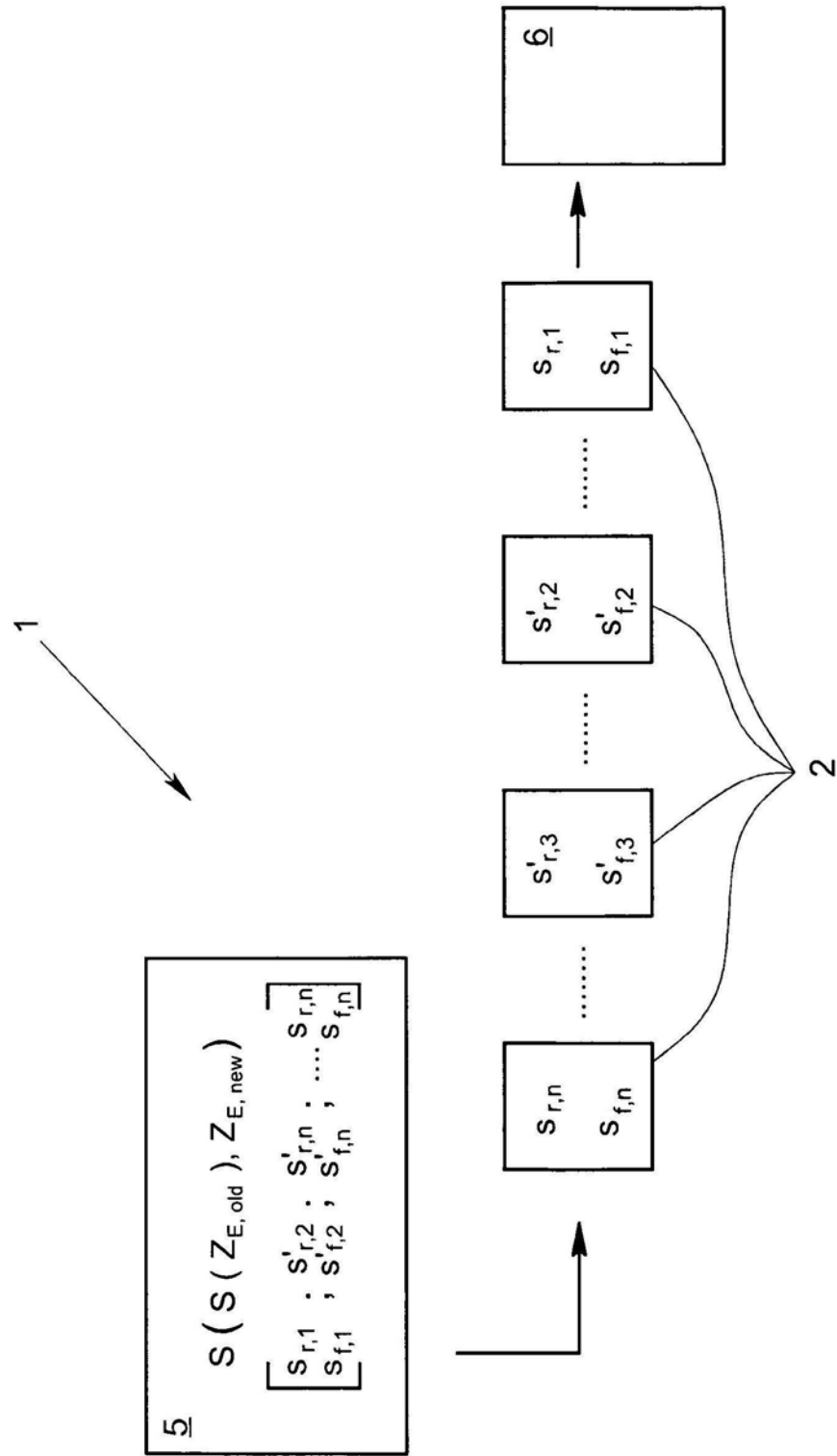


图3

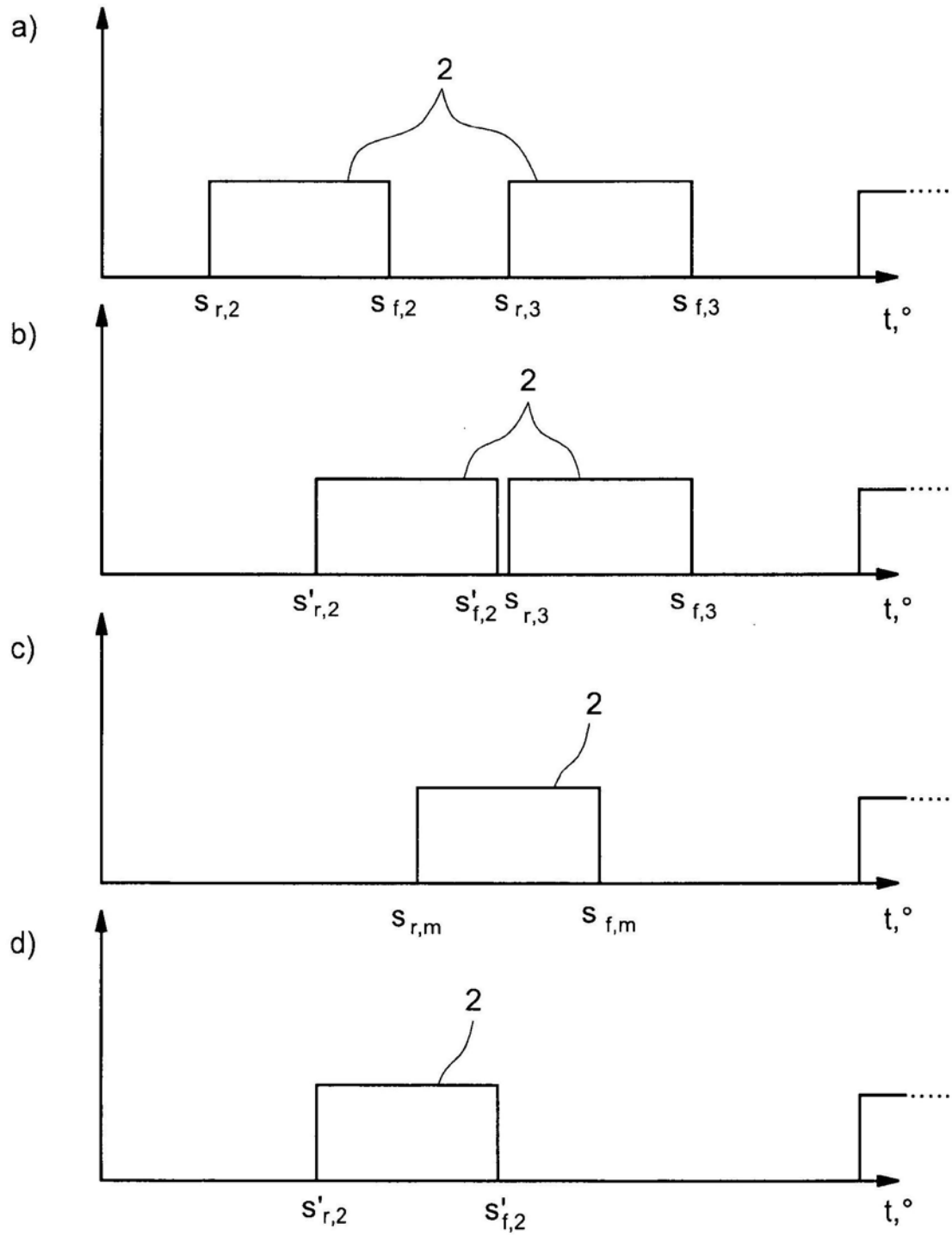


图4

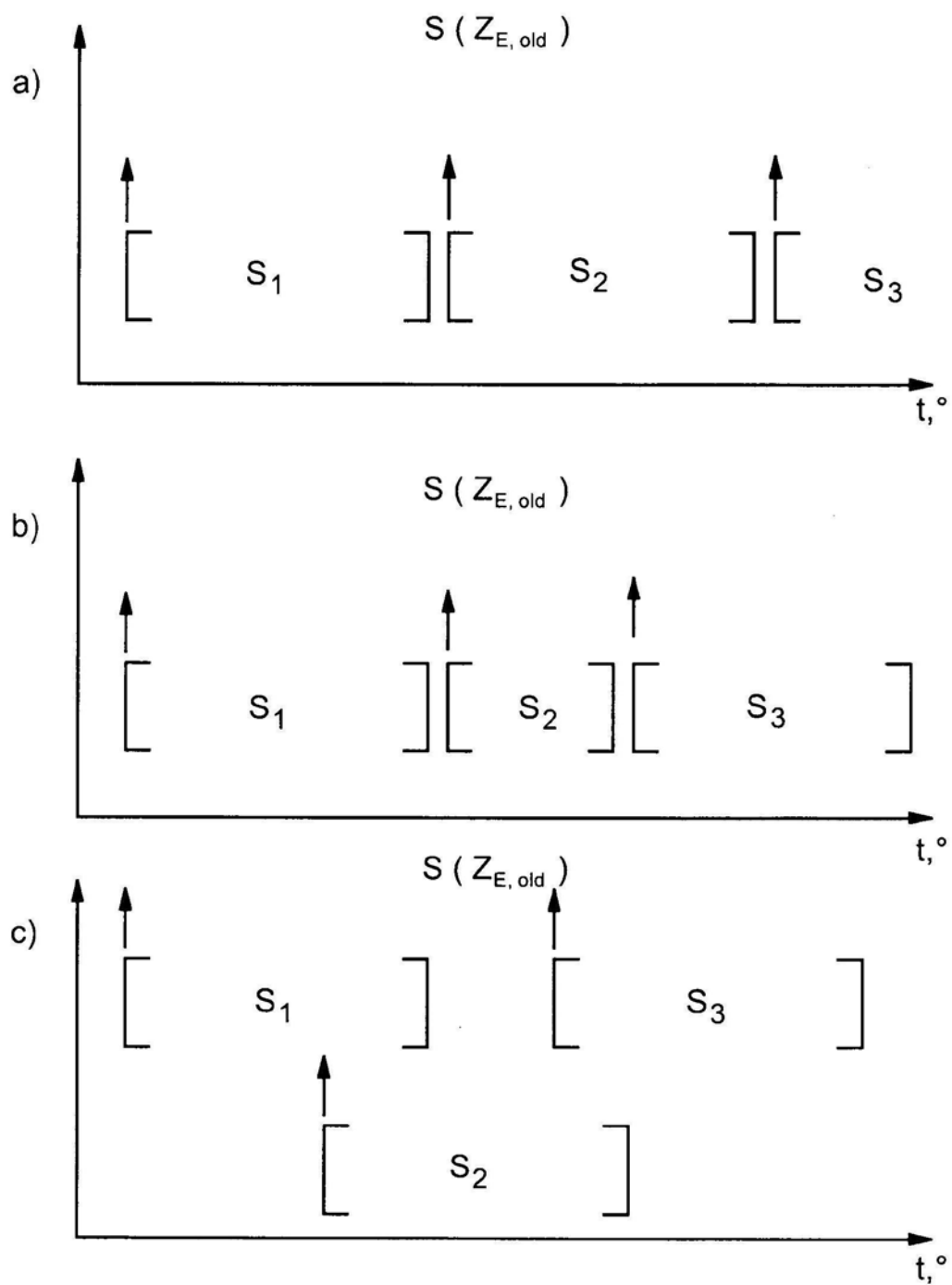


图5