(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101652552 B
(45)授权公告日 2012.08.29

(21)申请号 200580040283.1

(22)申请日 2005.10.20

(30)优先权数据
A1986/2004 2004.11.25 AT
A2072/2004 2004.12.09 AT
A795/2005 2005.05.10 AT

(85)PCT申请进入国家阶段日
2007.05.24

(86)PCT申请的申请数据
PCT/AT2005/000416 2005.10.20

(87)PCT申请的公布数据
WO2006/055992 DE 2006.06.01

(73)专利权人 AVL里斯脱有限公司
地址 奥地利格拉茨

(72)发明人 H·胡尔瑟 M·科睿克勒

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100
代理人 马洪

(51)Int.Cl.
F02D 41/02(2006.01)
F01N 3/023(2006.01)
F01N 9/00(2006.01)

(56)对比文件
US 5682317 A,1997.10.28,
JP 特开 2002-180817 A,2002.06.26,
DE 10014224 A1,2000.11.30,
WO 02/14657 A1,2002.02.21,
DE 10124235 A1,2002.12.05,
EP 1108866 A2,2001.06.20,
US 2003/0216855 A1,2003.11.20,

审查员 池建军

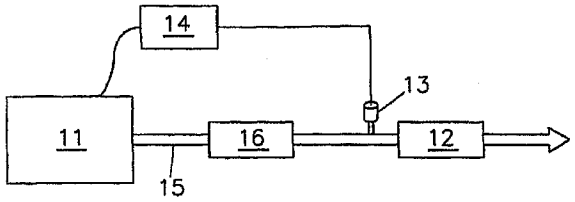
权利要求书 1 页 说明书 11 页 附图 5 页

(54)发明名称

确定内燃机排气流中微粒排放的方法

(57)摘要

确定进入设置在内燃机排气流中的微粒过滤器中微粒的方法，其能够通过考虑微粒和氧化氮排放来确定沉积微粒的质量。该包括以下步骤：根据所述发动机的运行特性图来准备排放模型；在固定或可变的测量区间内测量排气流中的实际微粒排放并在所述测量区间内对微粒排放进行积分；通过所述排放模型计算所述测量区间内的理想微粒排放并在所述测量区间内对理想微粒排放进行积分；比较测得的实际微粒排放和计算得的理想微粒排放；根据测得的实际微粒排放和计算得的理想微粒排放的差来确定修正因子；在从所述排放模型确定理想微粒排放时考虑所述修正因子。



CN 101652552 B

1. 用于确定内燃机排气流中微粒排放的方法，包括以下步骤：

- 根据所述内燃机的运行特性图来准备排放模型；

- 在固定或可变的测量区间内测量排气流中的实际微粒排放质量并在所述测量区间内对微粒排放质量进行积分；

- 通过所述排放模型计算所述测量区间内的理想微粒排放质量并在所述测量区间内对理想微粒排放质量进行积分；

- 比较测得的实际微粒排放质量积分值和计算得的理想微粒排放质量积分值；

- 根据测得的实际微粒排放质量积分值和计算得的理想微粒排放质量积分值的差来确定修正因子；

- 在从所述排放模型确定理想微粒排放质量时考虑所述修正因子。

2. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，对所述内燃机的所有运行点选择统一的修正因子。

3. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，对不同的运行区域选择不同的修正因子。

4. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，根据修正特性图来确定不同的修正因子。

5. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，考虑所述内燃机运行点的频率分布来确定不同的修正因子。

6. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，新的修正因子 f_K 从先前的修正因子 f_K_alt 和实际测得的与计算的理想微粒排放质量之间的比 soot_ratio、使用公式 f_K = f1*f_K_alt+(1-f1)/soot_ratio 来计算，在所述公式中，系数 f1 的值在 0 至 1 之间。

7. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，新的修正因子 f_K 从先前的修正因子 f_K_alt 和实际测得的与计算的理想微粒排放质量之间的比 soot_ratio、使用公式 f_K = f1*f_K_alt+(1-f1)/soot_ratio 来计算，在所述公式中，系数 f1 的值在 0.85 至 0.95 之间。

8. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，仅在所述修正因子在似真性区间内时进行所述修正。

确定内燃机排气流中微粒排放的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种确定内燃机排气流中微粒排放的方法。此外，本发明还涉及确定位于内燃机排气流中的微粒过滤器中的沉积微粒质量的方法。本发明还涉及通过较佳的是基于特性图的计算机模型来控制排气处理装置、尤其是微粒过滤器再生的方法，其中处理装置分成至少两个、且较佳的是五个单元，且通过沉积模型来建立每个单元的沉积负荷，且根据沉积负荷来启动处理装置的再生过程。

背景技术

[0002] 为了实现有效的微粒过滤器再生，必须尽可能精确地获知微粒过滤器的沉积负荷状态或微粒排放状态。例如 DE199 45 372 A1 中描述了一种怎样启动再生的方法（根据微粒过滤器的沉积负荷状态和诸如时间或行进距离的其它参数）。

[0003] 已知通过测量压差来确定微粒过滤器的沉积负荷状态。但是由于这种测量相当不精确，还已知除了压差以外考虑累积在微粒过滤器中的微粒的估计质量。

[0004] 为了该目的，已知从包括诸如内燃机速度、扭矩等的发动机运行数据的运行特性图中估计微粒排放。还已知根据稳态特性图和另外测得的诸如 λ 值或排气再循环率之类的测量数据确定瞬时排放。这种类型的特性图是基于理想发动机。不能考虑由于老化和 / 或部件公差引起的实际发动机排放与特性图中存储的理想发动机排放的偏差。

[0005] 已知连续监测微粒排放的测量系统，但是它们昂贵且易于磨损和发生故障。例如 DE101 24 235 A1 描述了用于全面表征和监测排气并用于发动机控制的方法和装置，其中同时或有短暂延迟地检测和表征固体和流体微粒。该方法基于单独使用或组合使用激光感应拉曼散射 (Laser-induced Ramanscattering)、激光感应分解光谱法 (laser-induced Breakdown spectroscopy)、激光感应电离法 (laser-induced ionisationscopy)、激光感应原子荧光光谱法 (laser-induced atomic fluorescence spectroscopy)、IR-/VIS-/UV 吸收光谱法 (IR-/VIS-/UV-laser absorption spectroscopy) 和激光感应白炽技术 (laser-induced in-candescence technology)。精确确定微粒排放所需的传感和控制系统非常复杂，使得该系统的批量生产应用相对昂贵。

[0006] 因为没有考虑氧化氮对炭烟微粒的氧化影响，已知的用于微粒过滤器的沉积负荷模型仅不充分地描述了真实情况炭烟。对微粒过滤器中的微粒质量的估计仅根据排气管内存在的微粒而忽视氧化氮和它们的活性的积聚，会产生严重偏差。综上所述，积聚在微粒过滤器中的微粒质量会被估计过高，导致较高的过滤器再生循环数量并因此导致较高的油耗。

[0007] 位于内燃机排气流中的微粒过滤器，尤其是“壁流”型过滤器，如果负荷有很多易燃微粒就必须进行再生。为了实现有效的微粒过滤器再生，需要精确获知沉积负荷状态。例如 DE 199 45 372 A1 描述了一种用于根据微粒过滤器沉积负荷状态和诸如时间和行进距离之类的其它参数启动再生的方法。

[0008] 已知通过测量压差来确定微粒过滤器沉积负荷状态。但由于这种测量相当不精

确，众所周知除了压差之外还考虑累积在过滤器内微粒的估计质量。为此已知从包含诸如内燃机速度、扭矩等的发动机运行数据的操作特性图中估计微粒排放。

[0009] 一些已知方法仅考虑了过滤器中累积的微粒质量，而忽略了该质量在过滤器内侧的分布。这样的仅考虑了微粒质量但不考虑其分布的方法可称为微粒过滤器“零尺寸”模型。

[0010] 从 DE102 52 732 A1 得知一种改进的方法，其中使用过滤器中微粒空间分布的一维模型来改进确定沉积负荷的精确性。该公开文本中所揭示的方法仅为了从受沉积负荷的微粒过滤器的流动阻力的改进的确定中计算修正因子而采用微粒分布，不过该因子有助于更精确地确定微粒质量。该修正因子用于修正通过压力和温度传感器得到的微粒过滤器的某些特征量，并因此最终提高所确定沉积负荷的精确性。因此引起再生启动的沉积负荷通常由压力传感器确定。

[0011] Holger Hülser 博士等人在 MTZ 1/2003，卷 64，第 30-37 页的论文“能够革新发动机发展的电子学”(“Elektronik ermöglicht Innovationen in derMotorenentwicklung”)中提出了一种计算模型，其将排气处理装置细分成多个单元并通过沉积模型确定每个单元的沉积负荷状态。沉积负荷状态一旦确定，仅需在超过某些临界极限时才启动微粒过滤器的有效再生。与仅根据压力测量的微粒过滤器系统相比，该情况需要较少数量的再生循环。

发明内容

[0012] 本发明的目的是避免这些缺点并提供一种以简单方式精确估计内燃机排气流中微粒排放的方法。本发明的另一目的是一种根据排气中存在的氧化氮的估计来改进对微粒过滤器中沉积微粒的估计。本发明的又另一目的是根据计算模型进一步改进微粒过滤器再生的管理

[0013] 本发明可通过以下步骤实现这些目标：

[0014] - 根据发动机的运行特性图来准备排放模型；

[0015] - 在固定或可变的测量区间内测量排气流中的实际微粒排放并在测量该区间内对微粒排放进行积分；

[0016] - 通过排放模型计算测量区间内的理想微粒排放并在该测量区间内对理想微粒排放进行积分；

[0017] - 比较测得的实际微粒排放和计算得的理想微粒排放；

[0018] - 根据测得的实际微粒排放和计算得的理想微粒排放的差来确定修正因子；

[0019] - 在从排放模型确定理想微粒排放时考虑该修正因子。

[0020] 根据本发明的方法提出了对积分微粒传感器测量期间从根据特性图的排放模型建立的排放进行积分并与测量值比较。如果有差值，则将根据特性图的模型确定的排放与因子相乘从而减小该差值。

[0021] 在本发明的一简单变体中，对内燃机的所有运行点选择一个相同的修正因子。在最简单的情况下，修正因子可选择为理想对测量排放比的倒数。如果修正因子在各测量之间仅有小的变化以消除波动会尤其有利。

[0022] 为此，可以这样：目前的修正因子 f_K 用修正因子 f_K_alt 的先前值和实际测得的和计算的理想微粒排放之比 soot_ratio 通过如下公式计算：

[0023] f_K = f1*f_K_alt+(1-f1)/soot_ratio

[0024] 其中系数 f1 的值在 0 至 1 之间，且较佳的是在 0.85 至 0.95 之间。为了避免由于错误测量而导致较大误差，仅在其在某一合理范围内才使用该修正是有利的。

[0025] 如果对不同的运行区域选择不同的修正因子可得到更精确的结果，不同的修正因子有利地根据修正特性图来确定。如果考虑内燃机运行状态的频率分布来确定修正因子是尤其有利的。随着发动机经过不同运行状态的路径记录某些扭矩和发动机转速区间的频率的柱状图形成确定修正因子的基础。

[0026] 所希望的是，通过至少一个微粒传感器来进行测量，其测量并对一延长期间（例如几分钟）的微粒排放进行积分。这种类型的积分传感器是例如 WO03/006976 A2 中已知的。

[0027] 改进的内燃机的微粒排放的估计会允许改进的微粒过滤器沉积负荷的确定。改进的对微粒过滤器的沉积负荷的知晓又会允许更好针对目标的再生启动再生，这是因为可以减少防止在再生时受到热损害的过载过滤器的安全余量。因此，可显著降低由于柴油微粒过滤器的再生而导致的附加油耗。

[0028] 因此本发明的方法会改进微粒排放的估计。为了能够根据需要再生排气处理系统、尤其是壁流式微粒过滤器，关于微粒排放的详细信息是很重要的。与用于微粒过滤器的适合沉积负荷模型结合会使再生频率显著地降低。本发明的该方法可作为发动机控制单元中的软件来实现。

[0029] 微粒过滤器内沉积的微粒的改进估计尤其可通过以下步骤实现：

[0030] - 准备较佳的是根据特性图的微粒物质的排放模型；

[0031] - 准备至少一个、较佳的是基于特性图的氧化氮排放模型；

[0032] - 准备较佳的是根据温度的炭烟微粒被氧化氮氧化的模型；

[0033] - 用所述微粒排放模型确定至少一个运行点的理论微粒质量和 / 或微粒浓度；

[0034] - 用所述氧化氮排放模型确定至少一个运行点的氧化氮；

[0035] - 用所述炭烟微粒被氧化氮氧化的模型确定如何所述地确定的氧化氮的负的等效微粒质量和 / 或浓度；

[0036] - 用所述微粒的排放模型和所述负的等效微粒质量和 / 或浓度确定有效微粒质量和 / 或浓度；以及

[0037] - 在所述微粒过滤器模型中累计所述有效微粒质量和 / 或浓度。

[0038] 本发明考虑到存在于排气中的炭烟微粒被排气管和 / 或微粒过滤器内同时存在的氧化氮氧化，并因此没有留在微粒过滤器的事实。氧化氮对微粒的氧化已知为 CRT 效应（连续再生套 (Trap)）并强烈地取决于微粒过滤器的温度。为了考虑到这一点，如果在至少一个位置测量微粒过滤器的温度是有利的，且负的相效微粒质量和 / 或负的相等微粒浓度根据微粒过滤器的温度来确定，该温度较佳的是通过测量较佳的一微粒过滤器上游的排气温度来确定。也有可考虑微粒过滤器的不同点的不同温度。

[0039] 通过使用对于 NO 和 NO_2 排放分开的基于特性图的排放模型，并通过对至少一个运行点确定 NO 和 NO_2 排放，并通过根据 NO 和 NO_2 排放确定有效微粒质量和 / 或浓度，可得到微粒沉积的更好的估计。这样就考虑了诸如 NO 或 NO_2 的不同氧化氮对炭烟微粒的氧化效果的不同。

[0040] 如果在确定有效微粒质量时考虑了存在于排气流中的氧化氮会更多地氧化存在于排气流中的炭烟微粒而不是已经沉积在微粒过滤器内的那些，可实现对估计的进一步改进。

[0041] 因为将负的相效微粒质量加到来自排放模型的炭烟微粒上，可获得用于有效微粒的负值。为了照顾到即便氧化氮相比微粒有大量的剩余，已经沉积在过滤器上的微粒也仅非常缓慢地被移除的事实，可规定有效微粒质量的值不能低于某一极限。

[0042] 替代排气中成分的质量流量，也可使用排气的相应浓度或体积流量。

[0043] 改进的内燃机的微粒排放的估计会允许改进的微粒过滤器沉积负荷的确定。改进的对微粒过滤器的沉积负荷的知晓又会允许更好地针对目标的再生启动再生，这是因为可以减少防止在再生时受到热损害的过载过滤器的安全余量。因此，可显著降低由于柴油微粒过滤器的再生而导致的附加油耗。

[0044] 本发明的方法改进了微粒过滤器内沉积的炭烟微粒质量的估计。为了能够根据需要再生排气处理系统、尤其是壁流式微粒过滤器，关于沉积微粒质量的详细信息是很重要的。与用于启动微粒过滤器再生的适合算法结合会使再生频率显著地降低。本发明的该方法可作为发动机控制单元中的软件来实现。

[0045] 为了实现微粒过滤器再生管理的进一步改进，提出对于每个单元限定用于最大允许沉积负荷的至少一个临界值，且在至少一个单元的沉积负荷超过相关临界值时启动排气处理系统的再生过程。替代地或附加地，可根据至少一个单元的沉积负荷确定数字沉积状态指标，根据该沉积状态指标启动再生过程。

[0046] 与运转微粒过滤器的已知方法相反，过滤器内微粒的空间不均匀分布不仅用于估计沉积微粒的总质量，还会直接影响微粒过滤器再生的启动。该再生启动的改进会使再生的次数减少，因此也降低了附加油耗。尤其是可以避免由于在尤其大的沉积负荷下的区域局部过热而对微粒过滤器造成热损害。

[0047] 根据本发明，确定微粒过滤器的至少两个单元的沉积负荷状态。微粒过滤器的单元不一定与物理实现的单元一致，而是可假设地进行限定。为了描述排气流流动方向和横向于气流方向的不同单元，微粒过滤器沉积负荷的计算模型必需至少是一维的，即必需表示例如沿流动方向和／或横向于该方向的至少一维长度。除了总微粒质量之外，还要考虑微粒过滤器不同区域的质量以根据微粒过滤器的不同单元内微粒质量和它们的分布来启动微粒过滤器再生。

[0048] 在计算模型中微粒过滤器较佳的是分割成相同大小的单元。这可将计算减到最少。原理上也有可使单元具有不同大小。

[0049] 在一尤佳的变体中，提出了沉积模型将进入每个单元的微粒质量分成沉积在单元内的部分和离开单元的部分。沉积在每个单元内的部分主要与沉积负荷状态有关。

[0050] 根据本发明，可设置成至少两个单元的相应临界值是不同的，上游单元的临界值较佳的是小于下游单元的临界值。如果至少一个单元的沉积负荷超过了相应临界值则启动再生程序。也有可以从多个单元的沉积负荷状态得出是否进行再生的决定。可从微粒过滤器模型的单元内微粒分布得到关于沉积负荷状态的信息。将该信息输入计算例程，该例程从沉积负荷状态和可能的其它数据得到有关必需再生的陈述。该陈述可采用二进制请求（是／否）或表示微粒过滤器再生的紧急性评估的数字沉积状态指标的形式。此外该再生

请求可在实际触发微粒过滤器再生前与诸如发动机或排气参数的其它信息相结合。

[0051] 为了得到关于微粒过滤器的沉积负荷状态的精确陈述，如果至少对一组单元限定至少两个临界值，较佳的是第一和第二临界值，以及如果根据这些值超过临界值的频率来确定沉积状态指标，且超过较高的临界值较佳的是比超过较低临界值对沉积状态指标的影响要大，则是有利的。

[0052] 如果将微粒分类成可燃和不可燃微粒，对可燃和不可燃微粒分开地确定每个单元的负荷，且微粒过滤器的再生仅在一个或多个单元由于可燃微粒的负荷超过用于可燃微粒的临界值时才启动，则是尤其有利的。这又进一步提高了再生的效率。

[0053] 在本发明的又一变体中，提出在每个节段中作为存在于排气流中的氧化氮量的函数和 / 或作为微粒过滤器温度的函数来确定的沉积负荷状态。这将考虑了尤其是微粒过滤器的温度很高和 / 或过滤器具有催化剂涂层时排气流中存在的氧化氮可相当大地降低微粒过滤器中的微粒沉积的事实。此外还有可能考虑氧化氮对已经沉积在微粒过滤器上的微粒质量的影响。根据从微粒排放模型得到的微粒质量、从 NOx 排放模型得到的氧化氮质量、以及微粒过滤器的温度，可确定由根据温度的氧化氮的影响而降低、沉积在微粒过滤器上的有效微粒质量。

[0054] 由于微粒因氧化氮的氧化取决于微粒过滤器的温度，所以必需考虑微粒过滤器温度。温度低于约 200℃将不会因 Nox 而发生氧化。在简单变体中，在氧化氮排放模型中，氧化氮的质量被乘以取决于微粒过滤器的温度的因子，且从微粒质量中减去该乘积，且相减的结果在下限受仅稍为负的值限制，从而得出有效微粒质量。该因子在低温时是零且在高温下为定值，其考虑了氧化氮和炭烟的不同（平均）分子量。

附图说明

[0055] 现将参照附图更详细地描述本发明。所示的是

[0056] 图 1 是实施本发明方法的系统的构造；

[0057] 图 2 是发动机控制单元中控制算法的有关细节；

[0058] 图 3 是用于排放模型的简单修正程序；

[0059] 图 4 是用于排放模型的改进修正程序；

[0060] 图 5 是实施本发明方法的系统的构造的第二变体；

[0061] 图 6 是确定微粒沉积负荷的简单方法；

[0062] 图 7 是确定微粒沉积负荷的改进方法；

[0063] 图 8 是实施本发明方法原理的系统的构造；

[0064] 图 9 上微粒过滤器模型；

[0065] 图 10 是本发明变体的方法步骤；

[0066] 图 11 是本发明第二变体的方法步骤；

[0067] 图 12 是沿微粒过滤器流动方向的微粒分布；以及

[0068] 图 13 是每个单元的累积微粒质量。

[0069] 具体实施方式

[0070] 图 1 示出了系统的基本构造：内燃机 1 的排气管内设有微粒过滤器 2。排气管 5 内还设有微粒传感器 3，较佳的是在微粒过滤器 2 前面。内燃机 1 由电子控制单元 ECU 控制。

微粒传感器 2 也连接到控制单元 ECU。还可以有例如压差传感器的更多传感器，但本发明的方法并不严格要求如此。

[0071] 图 2 示出了内燃机控制单元 4 中控制算法的相关部分。根据诸如发动机速度 n、发动机扭矩 M 等的发动机的运行数据，常规排放模型 EM 提供发动机排放的微粒质量的理想值 m_soot(t)。将该值输入积分器 I。除了用于微粒质量的信号输入端口之外，积分器 I 还具控制输入端口。

[0072] 此外还设有用于求微粒传感器积分的控制算法 SP。这种积分微粒传感器累积测量区间中传感器上的微粒。在测量区间终止时，确定传感器上微粒的总质量 m_soot_real。通常积分微粒传感器必须被再生，且在再生期间不能用于进一步的测量。因此如果积分微粒传感器的控制算法 SP 除了微粒质量的输出 m_soot_real 之外还具有至少一个另外的信号输出，其指示微粒测量当前是否运行（信号 M_aktiv）。再生后，积分微粒传感器可用于进一步的测量。

[0073] 信号 M_aktiv 应用于积分器 I 的控制输入端口。积分器设计成使得其对控制输入端口处存在信号 M_aktiv 的时间段内的质量输入信号进行积分。当没有信号 M_aktiv 时，将积分值存储在变量 m_soot_ideal 中并将积分器复位到零。来自排放模型 EM 的排放 m_soot_ideal 的积分值现存在于积分器 I 的输出端口。

[0074] 现将该值以及通过积分微粒传感器在测量期间测得的实际积分微粒质量 m_soot_real 输入比较器算法 V。比较器 V 现在确定来自排放模型的积分排放与微粒传感器测得的实际排放的比值 soot_ratio

[0075] soot_ratio = m_soot_ideal/m_soot_real。

[0076] 诸如计算相对差的描述实际排放与通过排放模型得到的理想排放的偏差的其它数学运算也是可以的，并被本发明的方法所覆盖。

[0077] 现将偏差值、即较佳为 soot_ratio 输入用于修正排放模型 EM 的另一算反 MK。存在多种用于修正排放模型的可能性，将在下文中进一步描述它们。

[0078] 图 3 表示用于修正 MK 的非常简单的程序。因子 f_K 得自偏差 soot_ratio，并与排放特性图的输出 m_soot_roh(t) 相乘。因此在时间 t 中的每点的修正的估计微粒排放由下式给出：

[0079] m_soot(t) = m_soot_roh(t)*f_K。

[0080] 在最简单情况下，修正因子由估计和测量排放之间的比值 soot_ratio 的倒数值给出：

[0081] f_K = 1/soot_ratio = m_soot_real/m_soot_ideal。

[0082] 但是如果基于 soot_ratio 的修正因子对于每个测量值仅稍微改变以消除波动是尤为有利的。为此在变量 f_K_alt 中存储最后一个 f_K 的值，以及用于由积分微粒传感器新测得的改变的 soot_ratio 的新值 f_K 由以下等式确定：

[0083] f_K = f1*f_K_alt+(1-f1)/soot_ratio，

[0084] 其中 f1 是 0 至 1 之间的因子，较佳的是在 0.85 至 0.95 之间。当每次信号 M_aktiv 表示微粒测量循环终止时重新计算该修正因子。

[0085] 此外，如果仅在 soot_ratio 位于某一似真性区间内才改变 f_K 的值以避免由于错误测量产生的较大误差是有利的。似真性区间的极限取决于积分微粒传感器的测量精确

度，0.5 和 2 的值是有利的。

[0086] 图 4 示出了修正排放模型 EM 的改进方法。改进的方法基于排放特性图中体现的理想发动机的排放与实际发动机的排放之间偏差可取决于运行状态、即发动机运行点的假设。由于该原因，使用修正特性图 KK 取代用于所有运行点的一个相同的因子，该图包含取决于特定运行点的修正因子。为了确定微粒排放 m_soot(t)，来自排放模型的值 m_soot_roh(t) 被乘以从修正特性图 KK 得到的、用于给定运行点的修正因子。在该情况下，如果修正特性图 KK 具有与排放模型 EM 相同的独立变量，例如发动机速度 n 和发动机扭矩 M，则会比较有利。但是，修正特性图以比排放特性图数量少的独立变量来限定也是可以的。

[0087] 现将解释根据运行点的修正因子的确定：当积分微粒传感器进行测量（信号 M_aktiv）时，从又另一特性图 H(“柱状图”) 确定积分微粒传感器测量期间发动机运行点的相对频率特性图，所述特性图 H 以与修正特性图 KK 相同的独立变量来限定。在优选变体中，修正图 KK 和柱状图 H 以独立变量发动机速度和扭矩来限定。轴线被细分为 Δn 的速度长度区间和 Δm 的扭矩长度区间，例如速度 n 的 100rpm 区间和最大发动机扭矩 M 的 5％宽度的扭矩区间。修正图 KK 和柱状图 H 的方格数量并因此采样点数量相同。

[0088] 在固定的时间区间 Δt，例如每 20ms，在积分微粒传感器的测量期间，确定包含本发动机运行点的方格。相应方格的频率值 H_abs(n，M) 增加 1。当积分微粒传感器的测量期间已经终止时，通过将绝对频率值 H_abs(n,M) 除以以 Δt 为单位的测量期间的持续时间来计算出每个方格的相对频率值 H_rel(n，M)。

[0089] 在测量期间终止后，从以下等式计算修正因子 f_K：

[0090] f_K ＝ 1/soot_ratio ＝ m_soot_real/m_soot_ideal

[0091] 并且，对于柱状图 H 的相应方格内的值 h_rel(n，M) 超过 h_rel_min 的值（例如 0.02）的修正图 KK 的所有方格，修改修正图 KK 的修正因子。

[0092] 如上所述，对于这些方格，修正图因子 f_K(n，M) 可用值 f_K 来替换。但是和用于单一参数的上述程序类似，将修正特性图的所有方格的 f_K(n，M) 最后值存储在现在包含值 f_K_alt(n，M) 的 correction_map_old 中，是尤为有利的。在积分微粒过滤器测量终止后，确定柱状图的相应值 h_rel(n，M) 超过临界值 h_rel_min（例如 0.02）的所有方格的修正因子值。新的修正因子使用以下等式计算：

[0093] f_K(n,M) ＝ f1*f_K_alt(n,M)+(1-f1)/soot_ratio

[0094] 其中 f1 的值在 0 至 1 之间，较佳的是在 0.85 至 0.95 之间。

[0095] 在修正图 KK 更新后，柱状图的值 H_abs(n,M) 复位到零。

[0096] 可在发动机控制单元中实现该控制程序。作为替代形式也有可以在例如常用于重型车辆的“车辆控制计算机”的外部控制装置中施行该控制程序。

[0097] 如果使用的传感器可区别易燃和不易燃微粒，则可对两种微粒分别执行该程序。

[0098] 图 5 示出了该系统构造的第二变体：微粒过滤器 12 位于内燃机 11 的排气管 15 内。在该变体中，氧化催化转换器 16 位于微粒过滤器 12 前面，但不是必需的。为了确定微粒过滤器 12 的温度，设置至少一个温度传感器 13，其可放置在微粒过滤器 12 前面或后面，还可以放置在氧化转换器 16 前面。

[0099] 内燃机由电子控制装置 14 控制。温度传感器 13 也连接到控制装置 14。也可以有例如压差传感器的更多传感器，但这不是本发明方法所必需的。

[0100] 电子控制装置 14 还包含使用至少一个温度传感器的信号和其它量来计算微粒过滤器 12 的至少一个平均温度的模型。也可以有计算微粒过滤器 12 的多个位置（例如入口、中点、出口）温度的更复杂模型，但这不是严格必需的。

[0101] 图 6 示出了发动机控制装置 14 内的控制算法的相关部分。一种已知的微粒排放模型 EMP 提供发动机 11 排放的微粒质量 m_soot 的值。另一排放模型 EMNOx 提供进入微粒过滤器 12 的排气流中所存在的氧化氮的质量 m_NOx 的值。在简单情况下，量 m_soot 和 / 或 m_NOx 各赋予定值，在其它变体中，其值从特性图中作为诸如发动机速度 n 和扭矩 M 之类的发动机运行数据的函数来确定。也可以采样包括更多运行参数的更复杂模型。

[0102] 在一特别变体中使用一排放模型，其为 NO（一氧化氮）和 NO_2（二氧化氮）提供两个分开的质量值，而不是为这些氧化氮提供的一个质量值。

[0103] 控制算法还包含炭烟微粒被 NOx 氧化的模型 CRT-M，其确定表示微粒过滤器中氧化氮氧化存在于排气中的微粒的程度的因子 f_CRT。该因子主要取决于微粒过滤器 12 的温度。例如在 200℃以下的温度，NOx 不会进行氧化。

[0104] 在一简单变体中，模型 CRT-M 包括对于微粒过滤器 12 温度的性能曲线，其在低温时的值是零并在高温时接近定值。该定值考虑了氧化氮和炭烟的不同（平均）分子量，并因此对应于试验确定的 NOx- 炭烟比的倒数值，即炭烟微粒在其之上就不再沉积在微粒过滤器上的临界值。

[0105] 模型 CRT-M 进一步的变体还扩展到考虑到微粒过滤器 12 在不同位置的不同温度和 / 或将氧化氮分开成 NO 和 NO_2。

[0106] 模型 CRT-M 可用于不涂层微粒过滤器和具有催化剂涂层的微粒过滤器。对于具有催化剂涂层的微粒过滤器 12，因子 f_CRT 通常会比同样温度的不涂层微粒过滤器的高。

[0107] 通过将因子 f_CRT 与 m_NOx、即通过 NOx- 排放模型 EMNOx 确定氧化氮的质量相乘，确定负的微粒等效质量，其表示排气中可在微粒过滤器 12 的给定温度下被 NOx 氧化的炭烟微粒的质量。

[0108] 在另一计算步骤中，通过排放模型 EMP 估计的微粒质量 m_soot 和负的微粒相效质量 m_sott_neg 相加，得出可沉积在微粒过滤器 12 上的有效微粒质量 m_soot_eff。

[0109] 现将有效微粒质量 m_soot_eff 输入微粒过滤器的计算模型 DPF-M。在一简单版本中，该模型仅包括简单积分器，其累计沉积在顾虑器 12 上的微粒。在其它变体中，可使用更复杂的微粒过滤器 12 模型，例如具有沿着排气流动方向上多个单元的模型。

[0110] 图 7 示出了根据本发明特别有利的变体：这里还考虑到了，排气管 15 内存在的氧化氮会更多地氧化排气中目前存在的炭烟微粒而不是已经沉积在微粒过滤器 12 上的那些。根据以上给出的用于 m_soot_eff 的计算程序，如果排气中 NOx 对微粒的比非常高，该量甚至可能是负值。考虑到即使 NOx 相对微粒高度过剩在排气中很普遍，已经沉积在微粒过滤器 12 上的微粒也仅会十分缓慢地被移除，提供计算单元 Be，其将进入过滤器沉积负荷的计算的有效微粒质量限制到仅稍为负的值 m_soot_eff_lim。

[0111] 尽管以上变体和图示出了排气成分的质量流量，但也可使用排气的相应浓度或体积流量。

[0112] 可在发动机控制单元中实现该控制程序。或者也能够在例如常用于重型车辆的“车辆控制计算机”的外部控制装置中实现控制程序。

[0113] 本发明的方法适于柴油机以及火花点火发动机。

[0114] 图 8 大体地示出了系统的构造。微粒过滤器 103 设置在内燃机 101 的排气管 102 中。氧化催化转化器（这里未示出）可设置在微粒过滤器 103 前面。

[0115] 发动机控制单元表示为 CPU。根据发动机控制单元 CPU 确定的运行点，排放模型 105 计算原排放，诸如 NOx、HC、CO 和微粒排放等。计算排气中微粒质量或浓度的估计值的微粒排放模型 EMP 是排放模型 105 的一部分。提供微粒过滤器模型 PF-M 用于模拟微粒过滤器 103 上微粒的沉积。如果需要，排放模型 105、EMP 模型和微粒过滤器模型 PF-M 可通过传感器 106、107 和修正步骤 108、109 来加以修正。微粒过滤器模型 PF-M 确定沉积负荷状态并将再生要求传递到再生控制单元 110，该单元通过发动机控制单元 CPU 启动微粒过滤器 103 的下一次再生过程。标号 111 表示描述车辆状态和驱动情况的数据，这些数据被输入发动机控制单元 CPU。排放模型 105、微粒排放模型 EMP 和 / 或微粒过滤器模型 PF-M 可包含在发动机控制单元 CPU 内。但是也可以在分开的控制单元或例如常用于重型车辆的“车辆控制计算机”的外部控制装置内实现至少一个模型。

[0116] 图 9 示出了发动机控制单元 CPU 内控制算法的相关部分。一种已知的微粒排放模型 EMP 提供排气中微粒质量 m_soot 或浓度的值。EMP 模型可利用诸如发动机速度 n 或扭矩 M 发动机的运行变量和 / 或位于排气管中的传感器 106、107 提供的数据。排气的体积流由 mA 表示。

[0117] 控制算法还包括微粒过滤器模型 PF-M，其模拟微粒过滤器 103 上微粒的沉积。确定沉积微粒总质量的模型是本技术领域已知的。本发明的方法采用由 n 个假想单元 Z1、Z2、…Zn 组成的模型，n 为值 1 或更多，且较佳为 4 至 8。如果单元 Z1、Z2、…Zn 沿排气的流动方向对齐，即如果使用微粒过滤器 103 的一维模型，则是尤其有利的。

[0118] 单元 Z1、Z2、…Zn 可模拟具有不同长度的微粒过滤器 103 节段，但如果每个单元 Z1、Z2、…Zn 模拟具有一个相同长度的微粒过滤器 103 节段，则计算会尤其简单。

[0119] 从微粒过滤器模型 PF-M 的单元 Z1、Z2、…Zn 的微粒分布推断出关于沉积负荷状态的信息 BZ，如下文更详细解释的那样。将关于沉积负荷状态的信息 BZ 输入计算例程 R_ANF，其从 BZ 且可能从其它数据确定再生微粒过滤器 103 的请求 ANF。从文献中可知，请求 ANF 可能表示为二进制（是 / 否）请求或表示微粒过滤器再生的紧急性评估的数字沉积状态指标。

[0120] 如本技术领域还已知的那样，请求 ANF 可以在其实际触发微粒过滤器 103 的再生之前在进一步的计算例程（这里未示出）中再生与其它信息相结合。

[0121] 图 10 示出了微粒过滤器 103 的模型 PF-M。在 n 个单元 Z1、Z2、…Zn 中的单元 i 中，沉积有微粒质量 m_i，即第一单元 Z1 中 m_1，第二单元 Z2 中 m_2 等。计算微粒在单元 Z1、Z2…Zn 上分布的简单算法在到达模型 PF-M 的每个单元 Z1、Z2、…Zn 的入口处的微粒质量 m_i_ein 分成两个分量 m_i_par 和 m_i_trans。这里 m_i_par 是平行于排气的流动方向 112 移动的微粒部分，而 m_i_trans 表示横向于排气流的方向 112 移动并沉积在微粒过滤器 103 壁上的部分。对于每个单元 Z1、Z2、…Zn，适用以下等式：

[0122] m_i_ein = m_i_trans+m_i_par。

[0123] 另一方面，平行与排气管移出单元 Zi 的微粒质量 m_i_par 等于到达单元 Z1、Z2、…Zn 中下一单元 i+1 的入口处的微粒质量。因此

[0124] m(i+1)_ein = m_i_par。

[0125] 到达第一单元 Z1 入口处的总微粒质量：

[0126] m_1_ein = m_soot。

[0127] 此外，可以假设壁流微粒过滤器将几乎完全将微粒从排气中移除，即在最后单元的出口处不再有平行与流动方向传送的微粒：

[0128] m_n_par ≈ 0。

[0129] 通过将横向分量 m_i_trans 对时间积分而得到沉积在每个单元 Z1、Z2、…Zn 内的质量 m_i。

[0130] 有利的是由因子 f_i 描述了将 m_i_ein 分成两个分量 m_i_par 和 m_i_trans 的划分，该因子对各单元不同：

[0131] m_i_par = f_i*m_i_ein

[0132] 且

[0133] m_i_trans = (1-f_i)*m_i_ein。

[0134] 既然如上所述，在微粒过滤器末端不再流出微粒，则具有以下关系市：

[0135] f_1*f_2*…*f_n ≈ 0。

[0136] 从文献中可知，过滤器壁上的微粒沉积随着流动通过壁的局部速度 v_i_trans 而增加。因此通过 v_i_trans 的二次表达式计算因子 f_i 是有利的：

[0137] 1-f_i = f+g*v_i_trans+h*(v_i_trans)2。

[0138] 通过文献中已知的方法，可从微粒过滤器前排气流速和从抵抗流动通过每个单元的壁的阻力得到速度 v_i_trans，该阻力又取决于已经沉积在单元 Zi 的微粒质量 m_i。

[0139] 应当理解也可以有更复杂的关系，但是为了清楚起见，在此不再详细讨论。

[0140] 根据由每个单元 Zi 内沉积的微粒质量 m_i 表征的微粒过滤器 103 的沉积负荷状态，计算例程 R-ANF 现可输出再生微粒过滤器 103 的请求。

[0141] 在根据本发明方法的改进中，沉积在每个单元 Zi 内的微粒质量 m_i 被除以微粒过滤器 103 分配到单元 Zi 的体积，以得到每个单元 Zi 的微粒负荷 B_i。如果单元 Zi 的微粒负荷超出临界值 B_max，则请求再生。临界值 B_max 取决于微粒过滤器 103 的材料和微粒过滤器装入排气管 102 的方式。对于由碳化硅 (SiC) 制成的微粒过滤器 103，最大负荷在 2g/l 至 12g/l 之间，较佳的是在 8g/l 至 10g/l 之间是有利的。

[0142] 在另一有利变体中，与 B_max 的对比不是用单个单元的负荷 B_i 进行的，而是与多个单元、例如两个或三个单元的平均负荷进行的。

[0143] 在另一变体中，对微粒过滤器 103 的不同部分采用不同的微粒负荷临界值 B_max。这里，如果临界值在微粒过滤器 103 的前部比在后部的值低，则是尤为有利的，这是因为在微粒过滤器 103 的前部中其极度高负荷可能迅速地引起微粒过滤器 103 的堵塞。

[0144] 如果再生请求 ANF 不表示为二进制（是 / 否）值而是表示为微粒过滤器的再生紧急性评估的数字沉积状态指标，则如果沉积状态指标取决于微粒过滤器 103 中负荷 B_i 超过临界值 B_max 的单元 Zi 数量是有利的。

[0145] 在该情况下，如果有第一临界值 B_max_1 和第二临界值 B_max_2，较佳的是 B_max_2 大于 B_max_1，则更加有利。在根据本发明的改进版本中，沉积状态指标取决于其负荷 B_i 超过第一临界值 B_max_1 的单元的数量且其负荷 B_i 也超过第二临界值 B_max_2 的

单元的数量，其负荷 B_i 超过第一临界值 B_max_2 的单元的数量比其负荷超过第一临界值 B_max_1 的单元 Zi 的数量对沉积状态指标的影响更大。

[0146] 此外，将微粒分为可燃的（炭烟）和不可燃的（灰）并分别计算可燃和不可燃微粒在每个单元 Zi 上的负荷是有利的。

[0147] 如果一个单元或平均数量的单元 Zi 上可燃微粒的负荷超过可燃微粒临界值 B_brennbar_max 就请求再生微粒过滤器 103 也是有利的。

[0148] 图 11 示出了本发明的另一有利变体。这里允许排气流中存在的氧化氮 (NOx) 可相当大地降低微粒过滤器 103 中的微粒沉积（所谓的 CRT 效应），尤其是微粒过滤器 103 的温度很高和 / 或过滤器具有催化剂涂层时。

[0149] 由于该原因，提出除了微粒排放模型 EMP 之外还采用描述氧化氮排放的进一步的模型 EMNOx。这种模型提供排气流中氧化氮的质量或浓度值 m_NOx，该值可从例如具有发动机速度 n、扭矩 M 或类似运行参数作为独立变量的特性图得到。

[0150] 此外还提供 NOx- 影响模型 (NOx-MOD)，其考虑了氧化氮对沉积在微粒过滤器 103 上微粒质量的影响。根据从微粒排放模型 EMP 得到的微粒质量 m_soot、从 NOx 排放模型 EMNOx 得到的氧化氮质量 m_NOx、以及微粒过滤器的温度 T_PF，该模型确定了有效的微粒质量 m_soot_eff，其由于根据温度的氧化氮的影响而减少并沉积在微粒过滤器 103 上。

[0151] 由于 NOx 对微粒的氧化取决于微粒过滤器 103 的温度，所以考虑了温度 T_PF。温度低于约 200℃，NOx 不会进行氧化。

[0152] 在简单实施例中，在模型 NOx-MOD 中，氧化氮的质量 m_Nox 被乘以因子 f_Temp，该因子取决于微粒过滤器的温度 T_PF ；从微粒质量 m_soot 中减去该乘积，且相减的结果在下限限制到仅稍为负的值，得出最终的有效微粒质量 m_soot_eff。因子 f_Temp 在低温时是零且在高温下为定值，其考虑了氧化氮和炭烟的不同（平均）分子量。

[0153] 在图 12 中示出了负荷发生后沿流动方向相对于微粒过滤器内的位置的微粒质量分布。曲线 A 是微粒的测得质量 mp，曲线 B 是从沉积模型得到的微粒过滤器内的微粒质量 mp，微粒过滤器 103 已被分隔成四个单元。图 13 中示出了单元 Z1、Z2、Z3、Z4 内微粒的累积质量 mp。A 是测得的质量且 B 是从沉积模型得到的质量。发现测得和计算值之间很一致。

[0154] 已经用排气成分的质量流量解释了本发明的方法。也可使用排气的相应浓度或体积流量来替代质量流量。

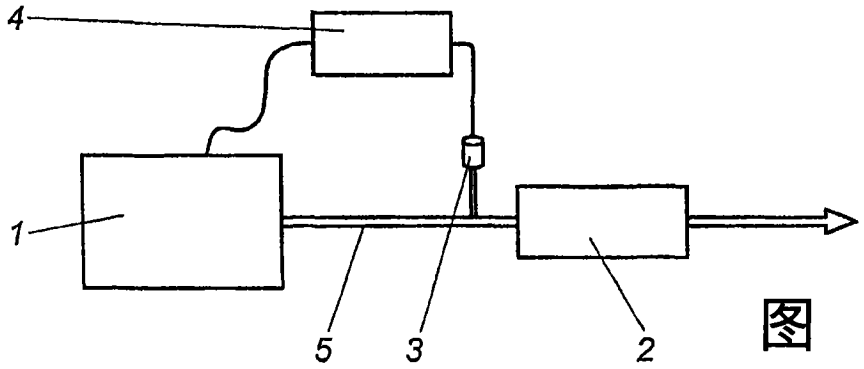

4
1
5
3
2

图 1

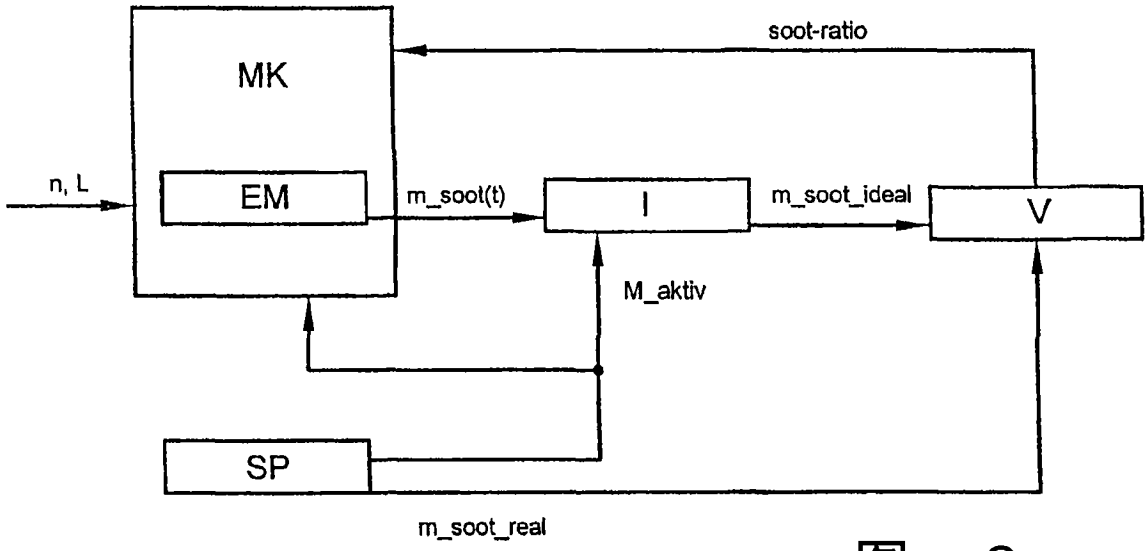

MK
soot-ratio
n, L
EM
m_soot(t)
I
m_soot_ideal
V
M_aktiv
SP
m_soot_real

图 2

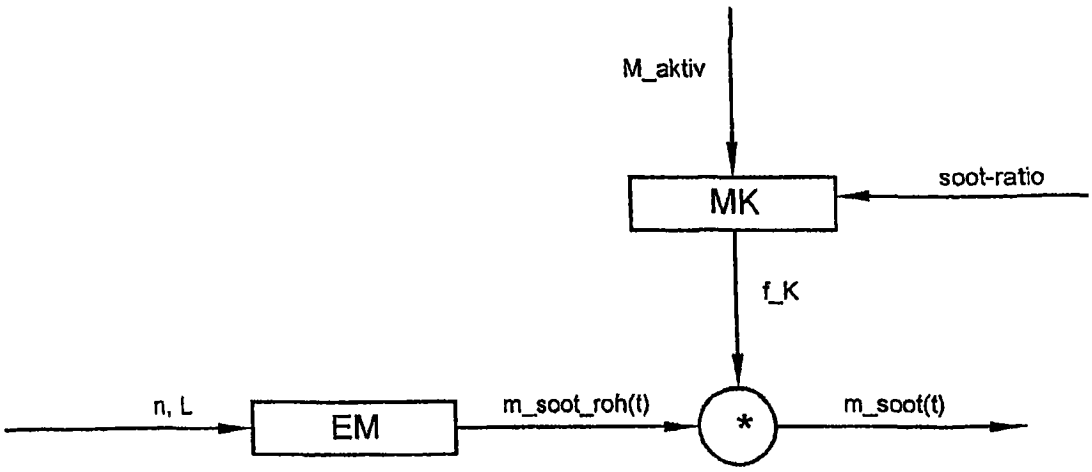

M_aktiv
MK
soot-ratio
f_K
n, L
EM
m_soot_roh(t)
*
m_soot(t)

图 3

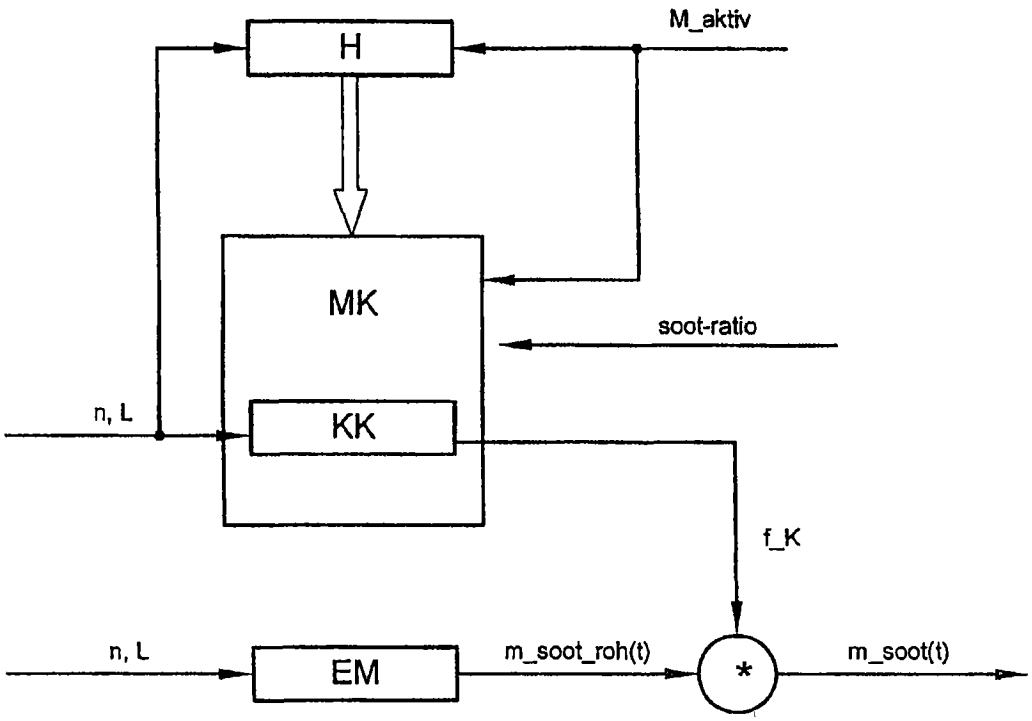

M_aktiv
H
MK
soot-ratio
n, L
KK
f_K
n, L
EM
m_soot_roh(t)
*
m_soot(t)

图 4

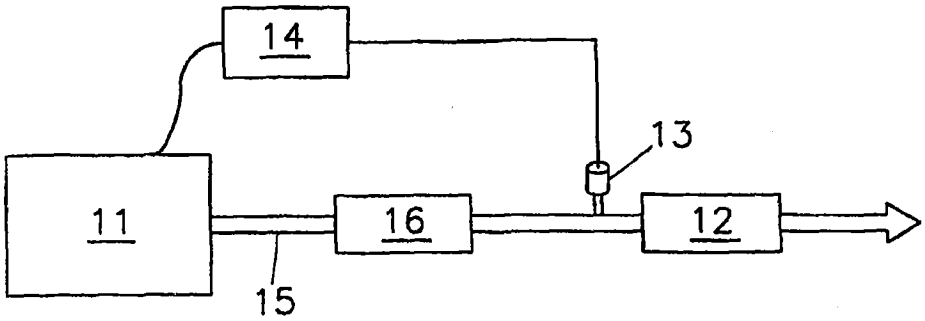

14
13
11
16
12
15

图 5

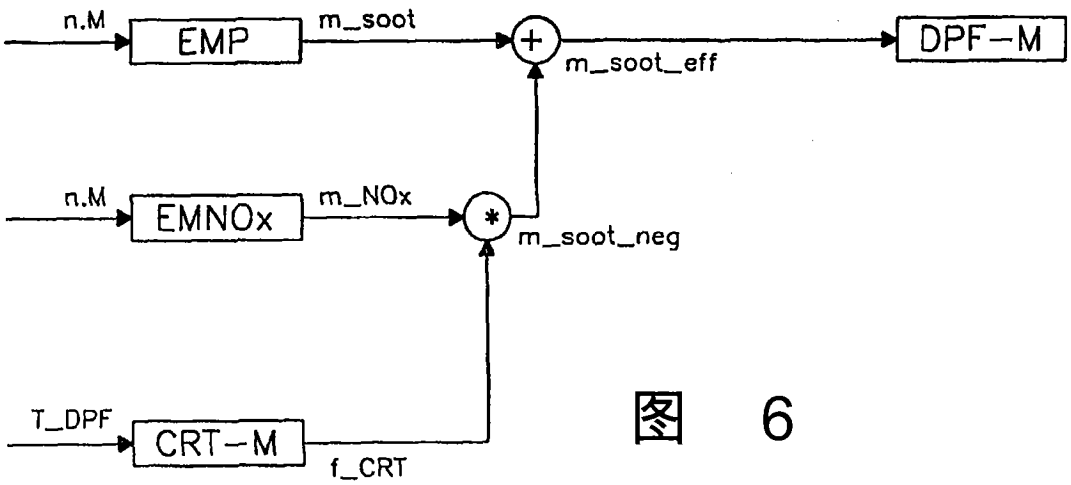

n.M
EMP
m_soot
+
m_soot_eff
DPF−M
n.M
EMNOx
m_NOx
*
m_soot_neg
T_DPF
CRT−M
f_CRT

图 6

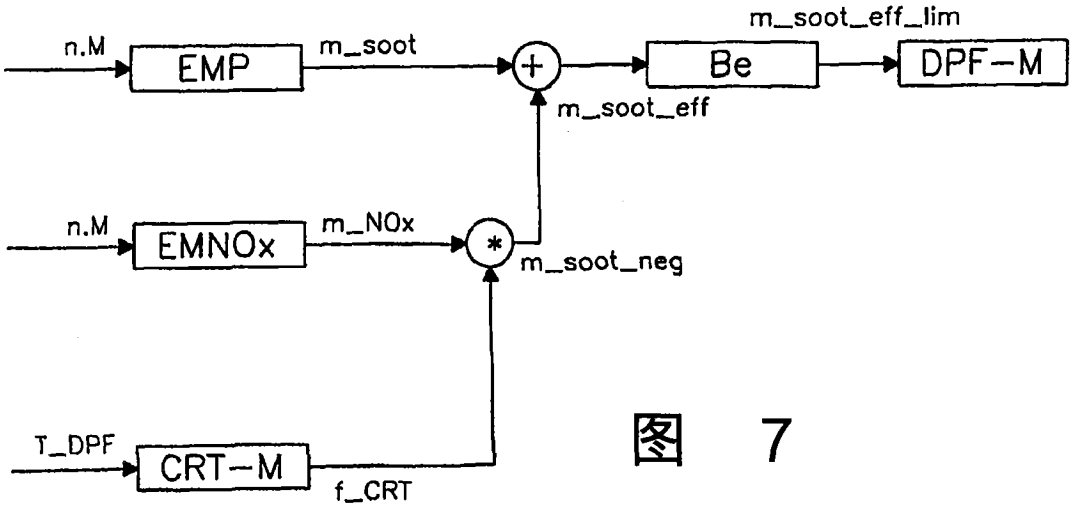

m_soot_eff_lim
n.M
EMP
m_soot
+
Be
DPF−M
m_soot_eff
n.M
EMNOx
m_NOx
*
m_soot_neg
T_DPF
CRT−M
f_CRT

图 7

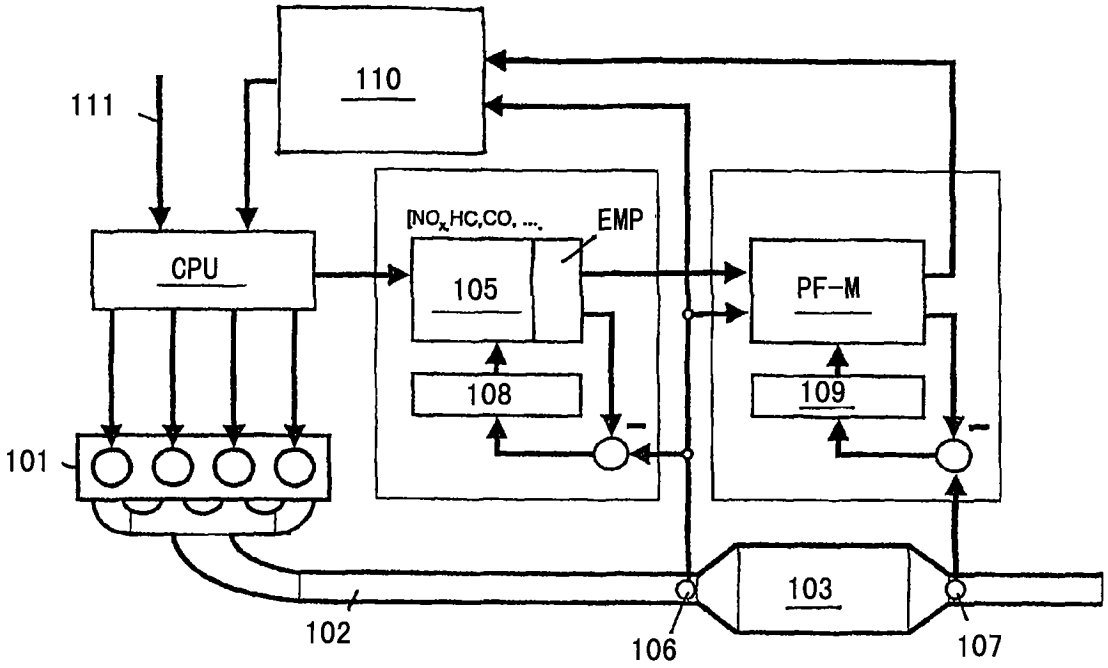

110
111
CPU
[NOx,HC,CO, ...
EMP
105
108
PF-M
109
101
103
102
106
107

图 8

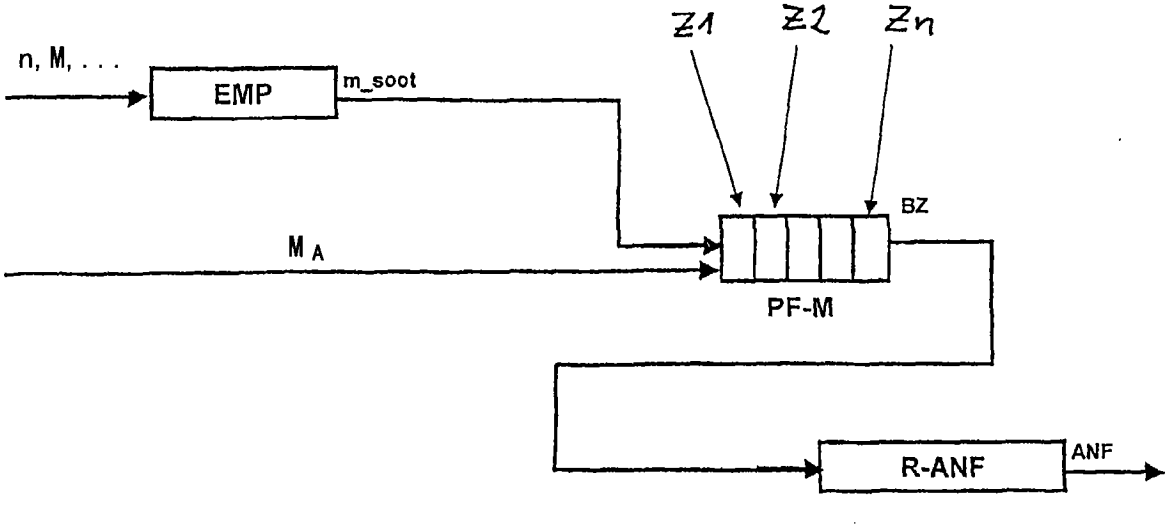

n, M, . . .
EMP
m_soot
Z1
Z2
Zn
BZ
M A
PF-M
R-ANF
ANF

图 9

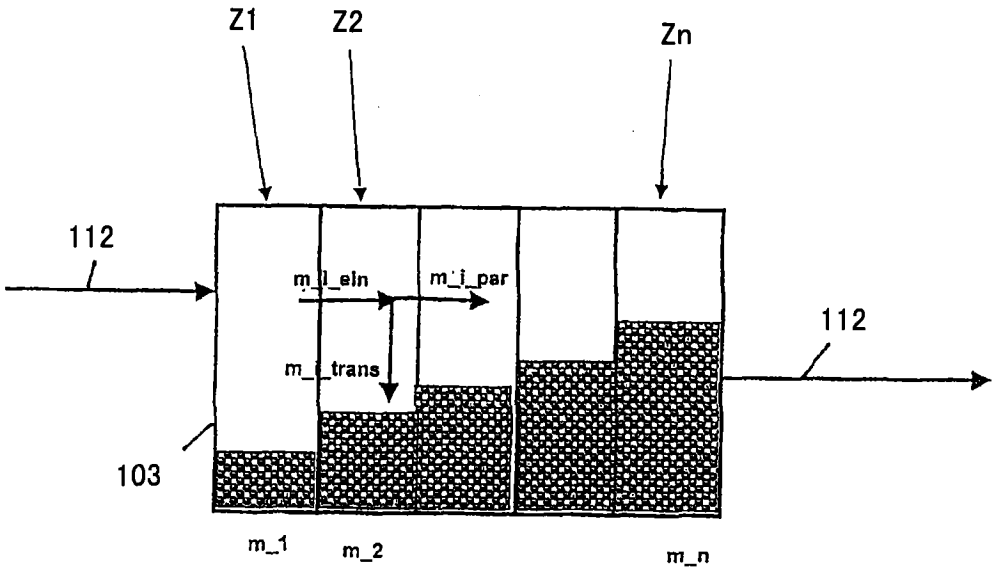


图 10

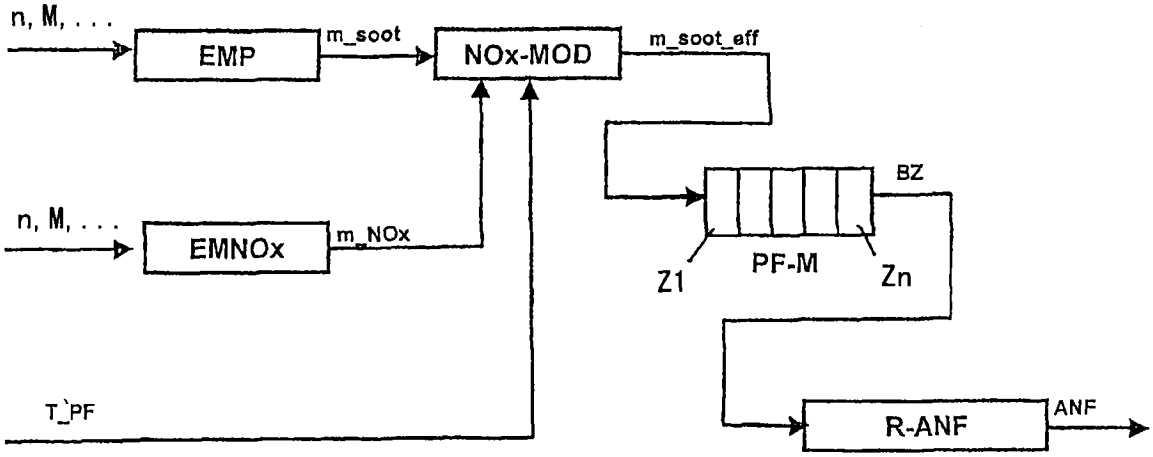


图 11

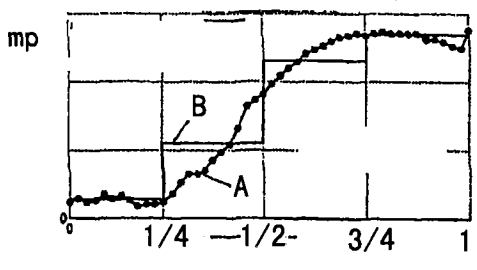


图 12

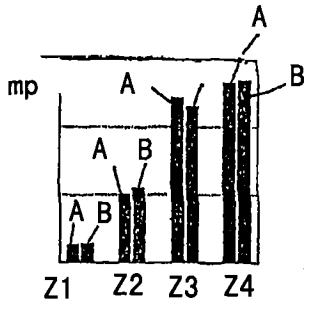


图 13