

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

F02D 41/14

F02D 41/04

F02D 45/00

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 95191909.1

[45]授权公告日 2001 年 5 月 9 日

[11]授权公告号 CN 1065586C

[22]申请日 1995.12.28 [24]颁证日 2001.2.3

[21]申请号 95191909.1

[30]优先权

[32]1994.12.30 [33]JP [31]340021/1994

[86]国际申请 PCT/JP95/02765 1995.12.28

[87]国际公布 WO96/21098 日 1996.7.11

[85]进入国家阶段日期 1996.8.30

[73]专利权人 本田技研工业株式会社

地址 日本东京都

[72]发明人 牧秀隆 赤崎修介 长谷川祐介

西村要一

[56]参考文献

JP1 - 13404A 1989. 5. 26 _

JP6 - 17680A 1994. 1. 25 _

审查员 23 52

[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

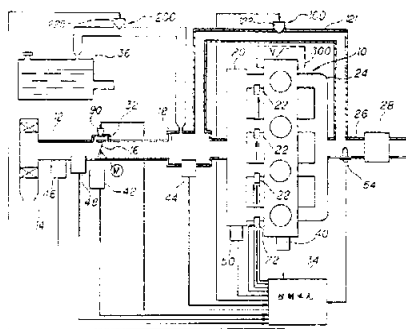
代理人 陈 健

权利要求书 3 页 说明书 62 页 附图页数 46 页

[54]发明名称 内燃机的燃料喷射控制装置

[57]摘要

一种内燃机的燃料喷射控制装置在采用具有自适应参数调节机构的控制算法适 应性地计算反馈修正系数情况下,在每个 TDC 的每个燃料控制周期使参数 调节机构动作时,也把参数调节机构所用的输入作为特定的气缸 TDC 等的每个燃烧周期的值。上述自适应参数调节机构采用了 Laudaun 的调节法则。另外,使自适应控制器和计算其所用的自适应参数的参数调节机构与燃烧周期同步动作,并且使其根据机器转速改变自适应控制器和参数调节机构的控制 周期。这样,使矩阵计算量减少,减轻了车载计算机的负担,能在 IDTC 内 完成计算,并且因缩短了等待时间,可提高控制性能,即使在高速旋转等计算 时间少的运转状态时也能继续进行自适应控制,能得到良好的控制性能。



I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

权 利 要 求 书

1. 一种内燃机的燃料喷射控制装置, 具有:

- a. 控制多气缸内燃机燃料喷射量的燃料喷射量控制装置、
- b. 将上述燃料喷射量作为操作量并使其适应性地与期望值一致的自适应控制器、
- c. 算出上述自适应控制器所用的自适应参数的自适应参数调节机构;

其特征在于, 使向上述自适应参数调节机构的输入与上述内燃机的特定燃烧周期同步进行, 同时在上述内燃机的燃料控制周期中, 上述自适应参数调节机构根据空气/燃料比和缸内燃料量的至少任意一个参数进行自适应参数的运算。

2. 如权利要求 1 所述的内燃机的燃料喷射控制装置, 其特征在于, 使向上述自适应参数调节装置的输入与上述内燃机的特定的气缸燃料控制周期同步进行。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的内燃机的燃料喷射控制装置, 其特征在于, 使上述自适应控制器与上述内燃机的燃料控制周期同步动作。

4. 一种内燃机的燃料喷射控制装置, 具有:

- a. 检测内燃机的排气空气/燃料比的空气/燃料比检测装置、
- b. 在每一个燃料控制周期控制内燃机燃料喷射量的燃料喷射量控制装置、

c. 至少根据检测出的排气空气/燃料比、用递推形式的控制器把上述燃料喷射量作为操作量并使其与期望值一致的递推形式的控制器;

其特征在于, 使上述递推形式的控制器在预定的运转状态下与比上述燃料控制周期长的周期同步动作。

5. 如权利要求 4 所述的内燃机的燃料喷射控制装置, 其特征在于, 上述递推形式的控制器是自适应控制器。

6. 如权利要求 5 所述的内燃机的燃料喷射控制装置, 其特征在于, 上述自适应控制器具有算出其所用自适应参数的自适应参数调节机构, 至少把检测出的排气空气/燃料比输入到上述自适应参数调节机构内, 并

且使上述自适应参数调节机构在预定的运转状态下，与比上述燃料控制周期长的周期同步动作。

7.如权利要求 4 至 6 中的任一项所述的内燃机的燃料喷射控制装置，其特征在于，比上述燃料控制周期长的周期是相当于燃烧周期的整数倍的值。

8.如权利要求 6 所述的内燃机的燃料喷射控制装置，其特征在于，上述自适应参数调节机构输入的检测空气/燃料比是基于在比上述自适应参数调节机构的动作周期短的周期检测出的若干个值的数值。

9.如权利要求 4 至 8 中的任一项所述的内燃机的燃料喷射控制装置，其特征在于，输入到上述递推形式的控制器内的检测空气/燃料比是基于在比上述递推形式的控制器的动作周期短的周期检测出的若干个值的数值。

10.一种内燃机的燃料喷射控制装置，由

a.控制内燃机燃料喷射量的燃料喷射量控制装置、

b.将上述燃料喷射量作为操作量并使其与期望值一致地动作的自适应控制器、

c.算出上述自适应控制器所用自适应参数的自适应参数调节机构构成，其特征在于，具有：

d.检测上述内燃机运转状态的运转状态检测装置，

根据上述检测出的运转状态，改变自适应控制器和自适应参数调节机构中至少一方的控制周期。

11.如权利要求 10 所述的内燃机的燃料喷射控制装置，其特征在于，把上述自适应参数调节机构的控制周期设定得与上述自适应控制器的控制周期相同或比它大。

12.如权利要求 10 所述的内燃机的燃料喷射控制装置，其特征在于，把上述自适应参数调节机构的控制周期设定成是上述自适应控制器的控制周期的整数倍。

13.如权利要求 10 至 12 中的任一项所述的内燃机的燃料喷射控制装置，其特征在于，用燃料控制周期的整数倍的周期改变上述自适应控制器和自适应参数调节机构中的至少一方的控制周期。

14.如权利要求10至13中的任一项所述的内燃机的燃料喷射控制装置，其特征在于，上述运转状态至少是机器的转速。

15.一种内燃机的燃料喷射控制装置，具有：

a.设在内燃机排气系统内的、用于检测排气空气/燃料比的空气/燃料比检测装置，

b.用于检测至少包含机器转速和机器负荷的、上述内燃机运转状态的运转状态检测装置，

c.至少根据上述检测出的内燃机运转状态，由各气缸的预定曲轴角度确定各气缸燃料喷射量的燃料喷射量确定装置，

d.根据上述确定的燃料喷射量，向各气缸喷射燃料的燃料喷射装置，

e.修正上述燃料喷量的反馈装置，该反馈装置具有自适应控制器和推断自适应参数的自适应参数调节机构，且上述自适应控制器使至少根据空气/燃料比检测装置的输出得到的控制量与期望值一致地修正燃料喷射量，

其特征在于，使上述自适应参数调节装置和自适应控制器以独立的动作周期动作。

内燃机的燃料喷射控制装置

〔技术领域〕

本发明涉及内燃机的燃料喷射控制装置，更具体地说，是涉及采用自适应控制进行燃料喷射控制，且使其能在实际发动机上实现的燃料喷射控制装置。

〔背景技术〕

近年来，自适应控制理论也被引入内燃机领域，已提出现代控制理论之一的采用最优调节器进行控制、以使实际被吸进气缸的燃料量与期望燃料量一致的技术，例如有日本专利公报特开平 1 - 110853 号所记载的技术方案。

另外，本申请人也在日本专利公报特愿平 6 - 66594 号等公报中提出了采用自适应控制的内燃机燃料喷射控制装置。但是，将采用了上述自适应控制的燃料喷射控制装置安装到内燃机上时，内燃机的运算时间因机器转速的变化而增减，而且所安装的微机也由于性能方面的制约而不能自由选用。另外，通常的燃料控制周期为每个 TDC 进行一次，但从燃料喷射之后到检测出控制结果之前，需要 8 - 12 个 TDC，所以存在着 8 - 12 个控制周期的等待时间。一般情况下，控制对象的等待时间长与等待时间短的情况相比，其控制性恶化。特别是在自适应控制方面该现象尤为显著。

因此，本发明的目的在于提供一种解决上述问题、确保控制性且使自适应控制器能在现实中的发动机上使用的内燃机燃料喷射控制装置。

另外，本发明的目的是提供一种内燃机燃料喷射控制装置，使采用自适应控制法则确定操作量的内燃机燃料喷射控制装置，即使在高速旋转等计算时间减少的运转状态下，也能持续地进行自适应控制，从而使其获得良好的控制性能。

〔发明的公开〕

为了实现上述目的，在本发明中，多气缸内燃机的燃料喷射控制装置具有：控制多气缸内燃机燃料喷射量的燃料喷射量控制装置、将上述燃料喷射量作为操作量并使其适应性地与期望值一致的自适应控制器和算出上述自适应控制器所用的自适应参数的自适应参数调节机构；使向上述自适应参数调节机构的输入与上述内燃机的燃料控制周期同步进行，而且上述自适应参数调节机构根据基于特定燃烧周期的空气/燃料比或缸内燃料量的至少一个参数进行自适应参数的计算。

另外，使向上述自适应参数调节机构的输入与上述内燃机的特定的气缸燃料控制周期同步进行。

另外，使上述自适应控制器与内燃机的燃料控制周期同步动作。

另外，本发明的内燃机的燃料喷射控制装置具有：检测内燃机的排气空气/燃料比的空气/燃料比检测装置、在每一个燃料控制周期控制内燃机燃料喷射量的燃料喷射量控制装置和至少根据检测出的排气空气/燃料比、用递推形式的控制器、把上述燃料喷射量作为操作量使其与期望值一致的递推形式控制器；使上述递推形式的控制器在预定的运转状态与比燃料控制周期长的周期同步动作。

另外，上述递推形式的控制器是自适应控制器。

另外，上述自适应控制器具有算出其所用自适应参数的自适应参数调节机构，至少把检测出的排气空气/燃料比输入到上述自适应参数调节机构内，而且使上述自适应参数调节机构在预定的运转状态下，与比上述燃料控制周期长的周期同步动作。

另外，比上述燃料控制周期长的周期是相当于燃烧周期的整数倍的值。

另外，输入到上述递推形式的控制器内的检测空气/燃料比是基于在比上述递推形式的控制器的动作周期短的周期检测出的若干个值的数值。

另外，上述自适应参数调节机构输入的检测空气/燃料比是基于在上述自适应参数调节机构的动作周期短的周期检测出的若干个值的数值。

另外，本发明的内燃机的燃料喷射控制装置，由控制内燃机燃料喷射量的燃料喷射量控制手段、将上述燃料喷射量作为操作量并使其与期

望值一致地动作的自适应控制器和算出上述自适应控制器所用的自适应参数的自适应参数调节机构构成；并且具有检测上述内燃机运转状态的运转状态检测手段，根据上述检测出的运转状态，改变上述自适应控制器和自适应参数调节机构中至少一方的控制周期。

另外，把上述自适应参数调节机构的控制周期设定得与上述自适应控制器的控制周期相同或比它大。

另外，把上述自适应参数调节机构的控制周期设定成是上述自适应控制器的控制周期的整数倍。

另外，用燃料控制周期的整数倍的周期改变上述自适应控制器和自适应参数调节机构中的至少一方的控制周期。

另外，上述运转状态至少是机器的转速。

〔附图的简单说明〕

图 1 是表示本发明内燃机燃料喷射量控制装置整体的概略图。

图 2 是表示图 1 中排气回流机构详细构造的说明图。

图 3 是表示图 1 中罐式清洗机构详细构造的说明图。

图 4 是表示图 1 中可变角式调速器的阀调速特性的说明图。

图 5 是表示图 1 中控制单元详细构成的框图。

图 6 是表示本发明内燃机燃料喷射控制装置动作的主要的程序框图。

图 7 是功能性地表示图 6 程序动作的框图。

图 8 是脉冲波形图，表示本发明内燃机燃料喷射装置中所用自适应控制器的动作之一例。

图 9 是脉冲波形 1 图，表示本发明内燃机燃料喷射装置中所用自适应控制器的动作之另一例。

图 10 是把重点放至 STR 调节器和自适应参数调节机构上，对图 6 的程序框图结构重新改写的框图。

图 11 是子程序框图，表示用图 6 程序框图中的自适应控制法则进行的反馈修正系数等平均值的计算作业。

图 12 是说明图 11 程序框图的计算作业的计时图。

图 13 是子程序框图，说明图 6 程序框图的自适应控制系统的不稳定

判断过程。

图 14 是说明图 13 程序框图的不稳定判断过程的图，

图 15 是与图 14 相同的说明图，说明图 13 程序框图的不稳定判断过程。

图 16 是脉冲波形图，表示与图 8 同样的自适应控制器动作的另一例。

图 17 是脉冲波形图，表示与图 8 同样的自适应控制器动作的另一例。

图 18 是表示本发明装置之第 2 实施例的程序框图。

图 19 是表示图 18 程序框图中所使用的图的特性的说明图。

图 20 是表示图 18 程序框图中所用图表的特性的说明图。

图 21 是表示图 18 程序框图中所使用的与图 20 同样的图表的特性的说明图。

图 22 是表示图 18 程序框图中所使用的与图 20 同样的图表的特性的说明图。

图 23 是表示图 18 程序框图中所使用的与图 20 同样的图表的特性的说明图。

图 24 是表示本发明装置之第 3 实施例的程序框图。

图 25 是表示本发明装置之第 4 实施例的程序框图。

图 26 是表示图 25 程序框图中所使用的死区特性的说明图。

图 27 是表示本发明装置之第 5 实施例的程序框图。

图 28 是表示图 27 程序框图中所使用的限幅器的特性的说明图。

图 29 是表示本发明装置之第 6 实施例的程序框图。

图 30 是表示图 29 程序框图中所使用的图的特性的说明图。

图 31 是表示本发明装置之第 7 实施例的程序框图。

图 32 是说明图 31 程序框图的作业的图。

图 33 是表示本发明装置之第 8 实施例的程序框图。

图 34 是表示本发明装置之第 9 实施例的程序框图。

图 35 是表示本发明装置之第 10 实施例的程序框图。

图 36 是说明图 35 程序框图动作的信号流图。

图 37 是说明图, 表示多气缸内燃机的 TDC 与排气系统合流部的空气/燃料比的关系。

图 38 是说明图, 表示对于实际的空气/燃料比的取样时间的选择是否良好。

图 39 是程序框图, 表示在图 36 信号流图中的 Sel - V 进行的空气/燃料比的取样作业。

图 40 是图 36 程序块示意图的检测装置说明图之一, 表示将先前申请中所述空气/燃料比传感器的检测动作模型化了的一个例子。

图 41 是用周期 ΔT 将图 40 所示模型离散化了的模型。

图 42 是信号流图, 表示将空气/燃料比传感器的检测动作模型化了的真实空气/燃料比推断器。

图 43 是表示一种模型的信号流图, 该模型表示内燃机排气系统的动作。

图 44 是数据图表, 表示对用图 43 所示模型对 4 气缸内燃机供给燃料的情形, 供给 3 个气缸的空气/燃料比是 14.7:1, 供给 1 个气缸的空气/燃料比是 12.0:1。

图 45 是数据图表, 表示给予图 44 所示的输入时, 在图 43 模型的合流部的空气/燃料比。

图 46 是模型输出值与实测值的比较曲线图, 该模式输出值是在考虑了 LAF 传感器的反应延迟后所表示的给予图 44 所示输入时, 在图 43 模型的合流部的空气燃料比的数据, 该实测值是在相同情形时的 LAF 传感器输出的实测值。

图 47 是表示一般检测装置构成的信号流图。

图 48 是信号流图, 是图 36 信号流图所示的检测装置, 表示先前申请中所用的检测装置的组成。

图 49 是信号流图, 表示把 43 所示模型和图 48 所示检测装置组合起来的构成。

图 50 是表示图 36 信号流图中的空气/燃料比反馈控制的信号流图。

图 51 是表示图 39 程序框图中所使用的脉冲波形图特性的说明图。

图 52 是解释图 51 的特性的、表示与机器转速和机器负荷相对应的

传感器输出特性的说明图。

图 53 是说明图 39 程序框图中取样动作的脉冲波形图。

图 54 是表示本发明装置之第 11 实施例形态的程序框图。

图 55 是说明图 54 和程序框图动作的程序块示意图，

图 56 是子程序方框图，表示图 54 程序框图中的自适应控制系统的不稳定判断作业。

图 57 是脉冲波形图，说明在计算内燃机的燃料喷射量时的等待时间。

〔实施本发明的最佳形式〕

下面，参照附图说明本发明的实施例。

图 1 是概略地表示本发明内燃机燃料喷射控制装置的总图。

图中，标记 10 表示 OHC 直到 4 气缸内燃机。从配置在进气管 12 前端的空气滤清器 14 导入的空气，其流量由节流阀 16 调节且经过稳压腔 18 和进气直管 20，通过 2 个进气阀（图未示）顺次流入第 1 至第 4 气缸。在各气缸的进气阀（图未示）附近，设有喷射燃料用的喷嘴 22。被喷射出的燃料与进气形成一体的混合气在各气缸内被图未示的火花塞按照第 1、第 3、第 4、第 2 气缸的顺序被点火燃烧，驱动活塞（图未示）。

燃烧后的废气通过 2 个排气阀（图未示）排出到排气直管 24，再经过排气管 26 由催化装置（三元催化剂）28 净化后排出机器外。上述节流阀 16 机械地与油门踏板（图未示）断开通过脉冲电机 M 将其控制在与加速踏板的踏进量和运行状态相对应的开度。在进气管 12 上，节流阀 16 的配置位置附近处，设有将其旁通的旁通路 32。

在内燃机 10 内，设有使废气再回流到进气侧的排气回流机构 100。

参照图 2 进行说明。排气回流机构 100 的排气回流路 121，其一端 121a 与排气管 26 的第 1 催化装置 28（图 2 中未示）的上游侧连通，另一端 121b 与进气管 12 的节流阀 16（图 2 中未示）的下游侧连通。在该排气回流路 121 的途中，设有调节排气回流量的排气回流阀（回流气体控制阀）122 和容积室 121c。该排气回流阀 122 是具有电磁线圈 122a 的电磁阀，电磁线圈 122a 与后述的控制单元（ECU）34 连接，由来自

控制单元 34 的输出使该阀开度呈线性变化。在排气回流阀 122 上，设有检测该阀开度的上启闭传感器 123，其输出被送到控制单元 34。

内燃机 10 的进气系统与燃料箱 36 之间也是连通的，其间设有罐式过滤器 200。

如图 3 所示，罐式过滤器 200 由设在密闭燃料箱 36 的上部与进气管 12 的节流阀 16 的下游侧之间的，蒸汽供给通路 221、内装有吸附剂 231 的罐 223 以及过滤通路 224 构成。在蒸汽供给通路 221 的途中安装着双向阀 222，在过滤通路 224 的途中安装着过滤控制阀 225、流量计 226 和 HC 浓度传感器 227。上述流量计 226 用于检测包含有流过清洗通路 224 的燃料蒸汽的混合气流量，上述 HC 浓度传感器 227 用于检测该混合气中的 HC 浓度。如后所述，过滤控制阀（电磁阀）225 与控制单元 34 连接，能根据控制单元 34 的输出信号进行控制，使阀开度呈线性变化。

该罐式过滤器，当燃料箱 36 内产生的燃料蒸气达到规定的设定量时，就推开双向阀 222 的正压阀，流入罐 223，被吸附剂 231 吸附贮存起来。当过滤控制阀 225 的阀开度与来自控制单元 34 的开/关控制信号的负载比相应时，暂时贮存在罐 223 内的蒸气化燃料至进气管 12 的负压作用下，与从外气取入口 232 吸入的外气一起，经过过滤控制阀 225 吸入到进气管 12，再被送往各气缸。当燃料箱 36 被外气等冷却，燃料箱内的负压增高时，双向阀 222 的负压阀开启，暂时储存在罐 223 内的蒸气化燃料便返回燃料箱 36。

内燃机 10 还备有所谓的可变阀式调速器 300（至图 1 中表示为 V/T）。可变阀式调速器 300 如日本专利公报特开平 2 - 275043 号中所记载的那样，根据机器转速 N_e 和进气压力 P_b 等运转状态，使机器的阀式调速器 V/T 在图 4 所示的 2 种调速特性 L_{ov}/T 、 H_{iv}/T 之间切换。但其本身是公知的，故对其说明从略。在该阀式调速特性的切换中，包含着使 2 个进气阀中的一个停止的动作。

图 1 中，在内燃机 10 的分电器（图未示）内，设有检测活塞（图未示）曲轴转角位置的曲轴角传感器 40，还设有检测节流阀 16 开度的节流阀开度传感器 42 和用绝对压力检测节流阀 16 下游的进气压力 P_b 的绝对压力传感器 44。在内燃机 10 的适当位置处设有检测大气压 P_a 的大气

压传感器 46，在节流阀 16 的上游侧设有检测进气温度的进气温度传感器 48，在机器的适当位置还设有检测机器冷却水温度的水温传感器 50。另外还设有阀式调速器（V/T）传感器 52（图 1 中未示），该传感器 52 通过油压检测可变阀式调速器 300 选择的阀式调速器特性。互排气系统中，在排气直管 24 的下游侧、催化装置 28 的上游侧的排气系统合流部，设有宽域空气/燃料比传感器 54。这些传感器的输出都送到控制单元 34。

图 5 是表示控制单元 34 详细结构的框图。宽域空气/燃料比传感器 54 的输出输入到检测电路 62，在那里进行适当的线性化处理后输出检测信号，该检测信号是由在从稀薄到稠密很广泛的范围内与废气中的氧浓度成正比的线性特性构成的（下面把该宽域空气/燃料比传感器称为“LAF 传感器”）。

检测电路 62 的输出通过多路转换器 66 和 A/D 转换电路 68 输入到 CPU 内。CPU 备有 CPU 芯片 70、ROM72、RAM74，更具体地说，检测电路 62 的输出在每一规定的曲轴角度（例如 15 度）被 A/D 转换一次并依次储存到 RAM74 内的缓冲器中的一个内。如后述图 53 所示，12 个缓冲器上带有 0 至 11 的编号。节流阀开度传感器 42 等的模拟传感器输出也同样地经过多路转换器 66 和 A/D 转换电路 68 进入 CPU，储存在 RAM74 内。

曲轴角传感器 40 的输出被波形整形电路 76 整形后，输出值由计数器 78 计数，计数值输入 CPU。在 CPU 中，CPU 芯片 70 按照储存在 ROM72 内的指令如后述那样地计算控制值，再通过驱动电路 82 驱动各气缸的喷嘴 22。CPU 芯片 70 通过驱动电路 84、86、88 驱动电磁阀 90（调节 2 次风量的旁通路 32 的开闭）、和上述排气回流控制用电磁阀 122 以及罐式过滤控制用电磁阀 225。图 5 中未示出启闭传感器 123、流量计 226 和 HC 浓度传感器 227。

图 6 是表示本发明控制装置动作的程序框图。

如图所示，首先在 S10 读出所检测的机器转速 N_e 及进气压力 P_b 等，进入 S12，判断曲柄是否转动，如果未转动，进入 S14 判断燃料供应是否切断。燃料切断是在特定的运转状态下进行，例如节流阀处于完全关闭的位置且机器转速至预定值以上时，此时燃料供给被停止，喷射

量实行开环控制。

在 S14 判断为燃料未切断时，进入 S16，根据检测到的机器转速 N_e 和进气压力 P_b ，检索图表，算出基本燃料喷射量 T_{im} 。接着进入 S18，判断 LAF 传感器 54 的启动是否完成。该判断是这样进行的：将 LAF 传感器 54 的输出电压与其中心电压之差和预定值（例如 0.4V）进行比较，如果上述差值小于预定值，则判断为启动完成。在 S18 判断为启动已完成时，进入 S20，判断是否为反馈控制区域。当运转状态已因高转速、全负荷以及高水温等而变化了时，喷射量实行开环控制。在 S20 判断为是反馈控制区域时，进入 S22，读入 LAF 传感器的检测值，再进入 S24，根据检测值求出检测空气/燃料比 $KACT(k)$ （ K ：取样时刻，下同）。接着进入 S26，计算依据 PID 控制法则计算的反馈修正系数 $KLAF(k)$ 。

该依据 PID 控制法则计算的反馈修正系数，计算过程如下述。

先用公式 $DKAF(k) = KCMD(K - d') - KACT(k)$ 求出期望空气/燃料比 $KCMD$ 和检测空气/燃料比 $KACT$ 的控制偏差 $DKAF$ 。上式中， $KCMD(K - d')$ 表示期望空气/燃料比（其中， d' 表示 $KCMD$ 被反映成 $KACT$ 之前的等待时间，因此，意味着等待时间控制周期前的期望空气/燃料比）； $KACT(k)$ 表示检测空气/燃料比（本次控制周期的）。在本说明书中，期望空气/燃料 $KCMD$ 和检测空气/燃料比 $KACT$ 都是当量比，即以 $Mst/M = 1/\lambda$ 的形式表示（ Mst ：理论空气/燃料比， $M = A/F$ （ A ：空气消耗量、 F ：燃料消耗量， λ ：空气过剩率））。

然后，将偏差值乘以预定的系数，用下式求出 P 项 $KLAFP(k)$ 、I 项 $KLAFI(k)$ 和 D 项 $KLAFD(k)$ 。

P 项： $KLAFP(k) = DKAF(k) \times k_p$

I 项： $KLAFI(k) = KLAFI(K - 1) + DKAF(k) \times KI$

D 项： $KLAFD(k) = (DKAF(k) - DKAF(K - 1)) \times KD$

这样，P 项是以偏差乘以比例增益 K_p 而求得；I 项是将偏差

乘以积分增益 KI 再加上反馈修正系数的前次值 $KLAFI (K-1)$ 而求得； D 项是将偏差的本次值 $DKAF (k)$ 与前次值 $DKAF (K-1)$ 的差乘以微分增益 KD 而求得。各增益 Kp 、 KI 、 KD 是根据机器转速和机器负荷求出，具体地说，是设计为可以根据机器转数 Ne 和进气压力 Pb 检索图而得到。最后，将得到的值相加，则得到由 PID 控制法则决定的反馈修正系数的本次值 $KLAF (k)$ 。

$$KLAF (k) = KLAFP (k) + KLAFI (k) + KLAFD (k)$$

这种情况下，由于是用乘法修正得到反馈修正系数，所以 I 项 $KLAFI (k)$ 内包含偏差成分 1.0 （即， $KLAFI (k)$ 的起始值为 1.0 ）。

接着进入图 6 程序框图中的 $S28$ ，用自适应控制法则计算反馈修正系数 $KSTR (k)$ 。关于该用自适应性控制法则计算反馈修正系数 $KSTR (k)$ 的过程将在下文中详细说明。

接着进入 $S30$ ，将已求得的基本燃料喷射 Tim 乘以期望空气/燃料比修正系数 $KCMDM (k)$ 和其它修正系数 $KTOTAL$ （水温修正等用乘法进行的各种修正系数的乘积），得出内燃机所要求的所需燃料喷射量 $T_{cyl} (k)$ 。如前所述，在该控制中，用当量比表示期望空气/燃料比，同时也将其作为燃料喷射量的修正系数使用。具体地说，因气化热的不同，进气的充填效率也是不同的，所以用适当的特性对期望空气/燃料比进行充填效率修正，求得期望空气/燃料比修正系数 $KCMDM$ 。

接着进入 $S32$ ，将要求燃料喷射量 $T_{cyl} (k)$ 乘以在 $S26$ 求得的反馈修正系数 $KLAF (k)$ 或乘以在 $S28$ 求得的反馈修正系数 $KSTR (k)$ ，用其乘积加上加法项 $TTOTAL$ ，决定输出燃料喷射量 $T_{out} (k)$ 。其中，加法项 $TTOTAL$ 是表示气压修正等用加算值进行的修正系数的和（喷射器的无效时间等在输出输出燃料喷射量 T_{out} 时另外加上，所以不包括在 $TTOTAL$ 内）。

接着进入 $S34$ ，根据机器冷却水温等检索付着系数图，用得到的付着系数对确定的输出燃料喷射量 $T_{out} (k)$ 进行付着修正，也就是进行输出燃料喷射量 $T_{out} (k)$ 的进气管壁面付着修正（付

着修正后的值为 $T_{out} - F(k)$)。该进气管壁面付着修正本身与本发明宗旨无直接关系，故其说明从略。然后进入 S36，输出经付着修正后的输出燃料喷射量 $T_{out} - F(k)$ ，程序结束。

当在 S18 - S20 判断为否定时，则进入 S38，将基本燃料喷射量 $T_{im}(k)$ 乘以期望空气/燃料比修正系数 $K_{CMDM}(k)$ 和各种修正系数 K_{TOTAL} ，再将其乘积加上修正加法项 $TTOTAL$ ，决定输出燃料喷射量 T_{out} ，然后进入 S34，当在 S12 判断为曲轴转动时，则进入 S40，检索曲柄转动时的燃料喷射量 T_{icr} 后，进入 S42，用起动模型的形式算出输出燃料喷射量 T_{out} 。当在 S14 判断为燃料切断时，进入 S44，使输出燃料喷射量 $T_{out}(k)$ 为零。

下面说明在图 6 程序框图中的 S28 涉及到的采用自适应控制法则计算反馈修正系数 $K_{STR}(k)$ 的过程。

图 7 是进一步功能性地表示其动作的框图。

图示装置以本申请人先前曾提出的自适应控制技术为背景。该装置由自适应控制器和调节其自适应（控制）参数（向量）的自适应（控制）参数调节机构构成，上述自适应性控制器是由 STR（自调整调节器）控制器构成的。STR 控制器输入燃料喷射量控制反馈系统的期望值和控制量（设备输出），接受由自适应参数调节机构识别的系数向量后算出输出。

在这样的自适应控制中，自适应控制的调节法则（机构）之一是 I.D.Landau 等人提出的参数调节法则。该法则将自适应控制系统变换为由线性区间和非线性区间构成的等价反馈系统，对于非线性区间，与输入输出有关的 POPOV 的积分不等式成立，确定调整法则使线性区间成为准确无误的，确保自适应控制系统的稳定。即，Landau 等人提出的参数调节法则中，用递推公式形式表示的调节法则（自适应法则）至少采用上述的 POPOV 超稳定理论和 Lyapunov 直接法中的任一个，所以确保了它的稳定性。

该法则例如在“Computrol”（Corona 社刊）No.27 第 28~41 页、“自动控制手册”（Ohm 社刊）第 703 页~707 页、“A Survey of Model Reference Adaptive Techniques - Theory and

Application” (Automatica 期刊第 10 卷第 353~378 页, 1974, I.D.Landau 著) “Unification of Discrete Time Explicit Model Reference Adaptive Control Designs” (Automatica 期刊第 17 卷第 4 期第 593~611 页, 1981, I.D.Landau 等人著)、以及 “Combining Model Reference Adaptive Controllers and Stochastic Self-Tuning Regulators” (Automatica 期刊第 18 卷第 1 期第 77~84 页, I.D.Landau 著) 中都有描述, 是公知技术。

图示例的自适应控制技术中, 采用了该 Landau 等人的调节法则, 以下加以说明。Landau 等人的调节法则中, 离散系统控制对象的传递函数 $B(Z^{-1})/A(Z^{-1})$ 的分母分子的多项式如式 1 和式 2 所示时, 参数调节机构识别的自适应参数 $\theta(k)$ (与 $\hat{\theta}(k)$ 相同, 以下同样) 如式 3 那样用向量 (转置向量) 表示。向参数调节机构的输入 $\xi(k)$ 由式 4 决定。其中, 当 $m=1$ 、 $n=1$ 、 $d=3$ 时, 即, 所举例的设备是线性系统形式的并具有 3 个控制周期量的等待时间。

$$A(z^{-1}) = 1 + a_1 z^{-1} + \dots + a_n z^{-n} \quad \dots \text{式} 1$$

$$B(z^{-1}) = b_0 + b_1 z^{-1} + \dots + b_m z^{-m} \quad \dots \text{式} 2$$

$$\hat{\theta}^T(k) = [\hat{b}_0(k), \hat{B}_R(z^{-1}, k), \hat{S}(z^{-1}, k)]$$

$$= [\hat{b}_0(k), \hat{r}_1(k), \dots, r_{m+d-1}(k), s_0(k), \dots, s_{n-1}(k)]$$

$$= [b_0(k), r_1(k), r_2(k), r_3(k), s_0(k)] \quad \dots \text{式} 3$$

$$\xi^T(k) = [u(k), \dots, u(k-m-d+1), y(k), \dots, y(k-n+1)]$$

$$= [u(k), u(k-1), u(k-2), u(k-3), y(k)] \quad \dots \text{式} 4$$

其中，式3表示的自适应参数 $\hat{\theta}$ 由决定增益的标量 $\hat{b}_0^{-1}(K)$ 、用操作量表现的控制要素 $\hat{BR}(Z^{-1}, K)$ 以及用控制量表现的控制要素 $\hat{S}(Z^{-1}, K)$ 组成，分别如式5至式7表示。

$$\hat{b}_0^{-1}(k) = 1/b_0 \quad \dots \text{式} 5$$

$$\begin{aligned} \hat{BR}(Z^{-1}, k) &= r_1 Z^{-1} + r_2 Z^{-2} + \dots + r_{m+d-1} Z^{-(m+d-1)} \\ &= r_1 Z^{-1} + r_2 Z^{-2} + r_3 Z^{-3} \quad \dots \text{式} 6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \hat{S}(Z^{-1}, k) &= s_0 + s_1 Z^{-1} + \dots + s_{n-1} Z^{-(n-1)} \\ &= s_0 \quad \dots \text{式} 7 \end{aligned}$$

参数调节机构识别·推断这些标量和控制因素的各系数后，作为上述式3所示的自适应参数 $\hat{\theta}$ ，送到STR控制器。参数调节机构用设备的操作量 $U(i)$ 和控制量 $y(j)$ ，(i, j 包含过去值)计算自适应参数 $\hat{\theta}$ ，使期望值和控制量的偏差为零。具体地说，自适应参数 $\hat{\theta}$ 用式8计算。式8中， $\Gamma(k)$ 是决定自适应参数的识别、推断速度的增益矩阵(($m+n+d$)阶的方阵)， $e^*(k)$ 是表示识别·推断误差的信号，分别由式9和式10那样的递推公式表示。

$$\hat{\theta}(k) = \hat{\theta}(k-1) + \Gamma(k-1) \zeta(k-d) e^*(k) \quad \dots \text{式} 8$$

$$\Gamma(k) = \frac{1}{\lambda_1(k)} \left[\Gamma(k-1) - \frac{\lambda_2(k) \Gamma(k-1) \zeta(k-d) \zeta^T(k-d) \Gamma(k-1)}{\lambda_1(k) + \lambda_2(k) \zeta^T(k-d) \Gamma(k-1) \zeta(k-d)} \right] \quad \dots \text{式} 9$$

$$e^*(k) = \frac{D(z^{-1})y(k) - \hat{\theta}^T(k-1)\zeta(k-d)}{1 + \zeta^T(k-d)\Gamma(k-1)\zeta(k-d)} \quad \dots \text{式 } 10$$

因式 9 中的 $\lambda_1(k)$ 、 $\lambda_2(k)$ 选择方法的不同，可以给出各种具体的算法。例如，设 $\lambda_1(k) = 1$ ， $\lambda_2(k) = \lambda$ ($0 < \lambda < 2$) 时，有递减增益算法，($\lambda = 1$ 时为最小平方法)，设 $\lambda_1(k) = \lambda_1$ ($0 < \lambda_1 < 1$)、 $\lambda_2(k) = \lambda_2$ ($0 < \lambda_2 < \lambda$) 时，有可变增益算法 ($\lambda_2 = 1$ 时为加算最小平方法)。当 $\lambda_1(k)/\lambda_2(k) = \sigma$ 、 λ_3 如式 11 所示时，如果 $\lambda_1(k) = \lambda_3$ ，则有固定轨迹算法。另外，当 $\lambda_1(k) = 1$ ， $\lambda_2(k) = 0$ 时，则有固定增益算法。这种情况时从式 9 可知，成为 $\Gamma(k) = \Gamma(K-1)$ ，因此 $\Gamma(k) = \Gamma$ 成为常数值。递减增益算法、可变增益算法、固定增益算法和固定轨迹算法，无论哪种都适合于燃料喷射和空气/燃料比等的时变设备。

$$\lambda_3(k) = 1 - \frac{\|\Gamma(k-1)\zeta(k-d)\|^2}{\sigma + \zeta^T(k-d)\Gamma(k-1)\zeta(k-d)} \cdot \frac{1}{\text{tr}\Gamma(0)} \quad \dots \text{式 } 11$$

在图 7 中，STR 控制器（自适应控制器）和自适应参数调节机构被置于燃料喷射量计算系统之外，其动作使检测空气/燃料比 $KACT(k)$ 适应性地与期望空气/燃料比 $KCMD(k-d')$ （如前所述， d' 是 $KCMD$ 被反映成 $KACT$ 之前的等待时间）一致并计算反馈修正系数 $KSTR(k)$ 。即，STR 控制器接受由自适应参数调节机构适应性地识别的系数向量 $\hat{\theta}(k)$ ，并表成反馈补偿器，使其与期望空气/燃料比 $KCMD(k-d')$ 一致。计算出的反馈修正系数 $KSTR(k)$ 乘以要求燃料喷射量 $T_{cyl}(k)$ ，修正后的燃料喷射量作为输出燃料喷射量 $T_{out}(k)$ 通过附着修正补偿器供给控制设备（内燃机）。

这样，求出反馈修正系数 $KSTR(k)$ 和检测空气/燃料比 $KACT(k)$ 并输入到自适应参数调节机构，在那里算出自适应参数 $\theta(k)$ 并输入到 STR 控制器。期望空气/燃料比 $KCMD(k)$ 作为输入，给到 STR 控制器，以使检测空气/燃料比 $KACT(k)$ 与期望空气/燃料比 $KCMD(k)$ 相一致用递推公式算出反馈修正系数 $KSTR(k)$ ，

反馈修正系数 $KSTR(k)$ 用式 12 求得。

$$KSTR(k) =$$

$$\frac{KCMD(k-d') - s_0 y(k) - r_1 KSTR(k-1) - r_2 KSTR(k-2) - r_3 KSTR(k-3)}{b_0}$$

b_0

...式 12

另一方面，检测空气/燃料比 $KACT$ 和期望空气/燃料比 $KCMD(k)$ 也输入到依据 PID 控制原则的控制器（该控制器在前面图 6 程序框图的 S26 中已说明，图中表示 PID），为了清除排气系统合流部的检测空气/燃料比与期望空气/燃料比的偏差，根据 PID 控制原则，算出第 2 反馈修正系数 $KLAF(k)$ 。用自适应控制原则算出的反馈修正系数 $KSTR$ 和用 PID 控制原则算出的反馈修正系数 $KLAF$ 通过图 7 的切换机构 400，其任何一方用于燃料喷射量的计算。如后所述，当自适应控制系统（STR 控制器）的动作被判断为不稳定时，或者当在自适应控制系统的适应区域以外时，采用根据 PID 控制原则算出的反馈修正系数 $KLAF(k)$ ，以替代根据自适应控制原则算出的反馈修正系数 $KSTR(k)$ 。

如图 57 所示，控制内燃机的燃料喷射量时，要计算喷射量，并需要相当于所算燃料在气缸内经过压缩、爆发、排气的时间。另外，考虑到废气到达 LAF 传感器的时间或传感器自身的检测延迟、以及根据检测值计算实际吸入气缸的燃料量所需的计算时间，则该时间就更长了。因此，在内燃机的燃料喷射量控制中，必然有等待

时间。以 1 气缸为例，假设如前所述等待时间为 3 个燃烧周期，则当内燃机为 4 气缸时，如图 8 所示，其 TDC 数则为 12TDC。这里所述的“燃烧周期”是由进气、压缩、燃烧、排气组成的 4 冲程，在本实施例中相当于 4TDC。

上述自适应控制器（STR 控制器）中，从式 3 可知，自适应参数 $\theta(k)$ 的因素的数目为 $m+n+d$ 个，与等待时间 d 成正比。如上例所述，假设等待时间为 3，则为了与每时每刻变化的运转状态对应，使 STR 控制器和自适应参数调节机构在 TDC 同时动作时，自适应参数 $\theta(k)$ 的因素数目即使设为 $m=n=1$ ，如图 8 所示， $d=12$ （3 燃烧周期 $\times$ 4TDC）， $m+n+d=14$ 。其结果，增益矩阵 Γ 的计算成为 14×14 的矩阵计算，计算量增多，车载计算机的负担增加，而一般性能的车载计算机无法随着机器转速的上升在 1TDC 内完成计算。而且，如前所述，等待时间的次数增加会导致可控性恶化。

图示的内燃机燃料喷射控制装置，能够最大限度地与每时每刻变化着的运转状态相对应，减少矩阵计算量，以减轻车载计算机的负担。具体地说，如图 9 所示，参数调节机构，在燃烧周期、更具体地说，使其仅与特定气缸（第 1 气缸等）规定的曲轴角度（TDC 等）同步地输入控制设备的输出，计算上述的自适应参数 θ 。

从图 9 可知，自适应参数 θ 的计算在全部气缸规定的曲轴角度（TDC 等）进行。另外，STR 控制器与全部气缸的预定曲柄角度（TDC 等）同步动作并算出反馈修正系数，这一点与图 8 所示的结构相同。

因此，例如当在燃烧周期（燃料控制周期）、使其仅与特定气缸预定的曲柄角度同步动作时，为 $d=3$ 、自适应参数 θ 的因素数目为 $m+n+d=5$ ，增益矩阵 F 的计算从 14×14 减少为 5×5 的矩阵计算，车载计算机的负担得以减轻，能在 1TDC 内完成计算。如前所述，控制对象的等待时间长，与等待时间短的情况相比，一般情况下时，会导致可控性的恶化，在自适应控制中尤为显著。上述的结构，能大幅度减少等待时间，提高可控性。

具体地说, 把式 1 至式 12 的控制周期 K 用在每个气缸上, 可实现上述的效果。在 4 气缸内燃机的情况下, 只要把式 4 变更为式 13、把式 8 变更为式 14、把式 9 变更为式 15、把式 10 至式 12 变更为式 16 至式 18 即可。

$$\zeta^T(k) = [u(k) \ u(k-4) \ u(k-8) \ u(k-12) \ y(k)] \quad \dots \text{式 13}$$

$$\hat{\theta}(k) = \hat{\theta}(k-4) + \Gamma(k-4) \zeta(k-4 \times d) e^*(k) \quad \dots \text{式 14}$$

$$\Gamma(k) =$$

$$\frac{1}{\lambda_1(k)} \left[\begin{array}{c} \lambda_2(k) \Gamma(k-4) \zeta(k-4 \times d) \zeta^T(k-4 \times d) \Gamma(k-4) \\ \Gamma(k-4) - \frac{\lambda_2(k) \zeta^T(k-4 \times d) \Gamma(k-4) \zeta(k-4 \times d)}{\lambda_1(k) + \lambda_2(k) \zeta^T(k-4 \times d) \Gamma(k-4) \zeta(k-4 \times d)} \end{array} \right] \quad \dots \text{式 15}$$

$$e^*(k) = \frac{D(z^{-1})y(k) - \hat{\theta}^T(k-4) \zeta(k-4 \times d)}{1 + \zeta^T(k-4 \times d) \Gamma(k-4) \zeta(k-4 \times d)} \quad \dots \text{式 16}$$

$$\lambda_3(k) = 1 - \frac{\| \Gamma(k-4) \zeta(k-4 \times d) \|^2}{\sigma + \zeta^T(k-4 \times d) \Gamma(k-4) \zeta(k-4 \times d)} \cdot \frac{1}{\text{tr} \Gamma(0)} \quad \dots \text{式 17}$$

$$KSTR(k) =$$

$$KCMD(k-4 \times d') - s_0 \times KACT(k) - r_1 \times KSTR(k-4) - r_2 \times KSTR(k-8) - r_3 \times KSTR(k-12)$$

b。

...式18

因此,即使采用图9所示的结构,也能与图8所示结构同样地,把控制周期(动作周期)用在全部气缸的每个TDC上,即,可使其与全部气缸的TDC同步计算自适应参数,减少计算所用的矩阵、向量的阶数。当然,把控制周期用在个别的气缸上,使式1至式12的控制周期K为 $K = \text{气缸数} \times K$,即使其结构为各气缸具有内部变数,也能同样地动作。这里所述的K表示燃烧周期数,K表示TDC。图10是把重点放在STR控制器和参数调节机构上,对图8所示结构重新改写的图。图10中,如果把STR控制器的动作周期 $m \times \text{TDC}$ 和参数调节机构的动作周期 $n \times \text{TDC}$ 分别设为 $m=n=1$,则便成为图8和图9所示的结构。这里,如果使参数调节机构的输入周期与TDC同步、把等待时间设为 $d=2$,则成为图8的结构。另一方面,如果使参数调节机构的输入周期与燃烧周期同步,把等待时间设为 $d=3$,则成为图9的结构。

但是,使设备输出与燃烧周期同步并输入到参数调节机构进行计算(动作),相当于使其在特定气缸规定的曲轴角度同步动作,所以,强烈地经常受到该特定气缸的废气空气/燃料比的影响。其结果,在理论空气/燃料比的控制时等,例如该特定气缸的废气空气/燃料比为稀薄侧,而其余气缸的废气空气/燃料比为稠密侧时,则自适应控制器(STR控制器)将使操作量朝着稠密的方向调节并使作其与期望值一致地动作,这样一来,其余气缸的空气/燃料比将变得更加稠密。

为了解决这一问题,如后所述,图示的装置因使设备输出动作与燃烧周期同步输入参数调节机构,使其减少自适应参数因素的数目,减少矩阵计算量。并且不强烈地受特定气缸废气空气/燃料比的影响。为了实现上述目的,使其如下述那样动作。

内部变数，也能同样地动作。这里所述的 K 表示燃烧周期数， K 表示 TDC。图 10 是把重点放在 STR 控制器和参数调节机构上，对图 8 所示结构重新改写的图。图 10 中，如果把 STR 控制器的动作周期 $m \times \text{TDC}$ 和参数调节机构的动作周期 $n \times \text{TDC}$ 分别设为 $m=n=1$ ，则便成为图 8 和图 9 所示的结构。这里，如果使参数调节机构的输入周期与 TDC 同步、把等待时间设为 $d=2$ ，则成为图 8 的结构。另一方面，如果使参数调节机构的输入周期与燃烧周期同步，把等待时间设为 $d=3$ ，则成为图 9 的结构。

但是，使设备输出与燃烧周期同步并输入到参数调节机构进行计算（动作），相当于使其在特定气缸规定的曲轴角度同步动作，所以，强烈地经常受到该特定气缸的废气空气/燃料比的影响。其结果，在理论空气/燃料比的控制时等，例如该特定气缸的废气空气/燃料比为稀薄侧，而其余气缸的废气空气/燃料比为稠密侧时，则自适应控制器（STR 控制器）将使操作量朝着稠密的方向调节并使作其与期望值一致地动作，这样一来，其余气缸的空气/燃料比将变得更加稠密。

为了解决这一问题，如后所述，图示的装置图使设备输出动作与燃烧周期同步输入参数调节机构，使其减少自适应参数因素的数目，减少矩阵计算量。并且不强烈地受特定气缸废气空气/燃料比的影响。为了实现上述目的，使其如下述那样动作。

参数调节机构与燃烧周期同步动作，即，使其在 4 气缸中的特定气缸规定的曲轴角度同步动作，在燃烧周期内的各气缸规定的曲轴角度（例如在每个 TDC）作为检测空气/燃料比 K_{ACT} (K) 的平均值（例如简单平均值）求出控制量 y (K)，再输入到参数调节机构，因此，使其不会受到该特定气缸的废气空气/燃料比较大影响。

另外，在每个规定的曲轴角度，对参数调节机构算出的自适应参数 $\hat{\theta}$ 也求平均值，对 STR 控制器算出的反馈修正系数 K_{STR} (K) 也求平均值，这样，使其更加不受特定气缸的废气空气/燃料比的影响。

参数调节机构与燃烧周期同步动作，即，使其在 4 气缸中的特定气缸规定的曲轴角度同步动作，在燃烧周期期间的各气缸规定的曲轴角度（例如在每个 TDC）作为检测空气/燃料比 $KACT(k)$ 的平均值（例如简单平均值）求出控制量 $y(k)$ ，再输入到参数调节机构，因此，使其不会受到该特定气缸的废气空气/燃料比较大影响。

另外，在每个规定的曲轴角度，对参数调节机构算出的自适应参数 $\hat{\theta}$ 也求平均值，对 STR 控制器算出的反馈修正系数 $KSTR(k)$ 也求平均值，这样，使其更加不受特定气缸的废气空气/燃料比的影响。

图 11 是表示该计算作业的子程序程序框图。

如图 11 所示，先在 S100 判断机器是否在预定的运转区域内。这里所述的“运转区域”是指包含惰转的低速旋转区域。在 S100 判断为不在预定运转区域时，进入 S102，计算设备输出即控制量 $y(k)$ ，该控制量 $y(k)$ 是在图 6 的 S24 对该气缸算出的本次计算空气/燃料比 $KACT(k)$ 、对前次燃烧气缸的前次计算空气/燃料比 $KACT(K-1)$ 、对前前次燃烧气缸的前前次计算空气/燃料比 $KACT(K-2)$ 、对前前前次燃烧气缸的前前前次空气/燃料比 $KACT(K-3)$ 的平均值 $KACTAVE$ 。即，控制周期退后三个周期，对包含该气缸的 4 个气缸求出在一个燃烧周期期间算出的空气/燃料比的平均值，作为控制量 $y(k)$ 。该方法能减少特定气缸的废气空气/燃料比的影响。

接着进入 S104，如图 7 末尾所示，由参数调节机构根据上面求得的控制量 $y(k)$ 等按照式 3 算出自适应参数 $\hat{\theta}(k)$ ，再输入到 STR 控制器。

然后进入 S106，计算包含本次算出的自适应参数 $\hat{\theta}(k)$ 的前 3 个控制周期的计算值，即 1 个燃烧周期期间的 $\hat{\theta}(k)$ 、 $\hat{\theta}(K-1)$ 、 $\hat{\theta}(K-2)$ 和 $\hat{\theta}(K-3)$ 的平均值，例如简单平均值 $AVE-\hat{\theta}(k)$ 。即，不是对参数调节机构的输入侧，而是对其输出侧的自适应参数 $\hat{\theta}(k)$ ，求出与 4 个气缸对应的 4 个控制周期

(1个燃烧周期)的 $\hat{\theta}$ 的平均值,再输入到STR控制器。用这种方法,对STR控制器即使输入4气缸的 $\hat{\theta}(k)$ 的平均值,也能达到减少特定气缸的废气空气/燃料比的影响这一目的。另外,如式3所示, $\hat{\theta}$ 是以向量形式算出的,所以其平均值可以通过计算向量的各因素 $S0$ 、 $r1$ 、 $r2$ 、 $r3$ 、 $b0$ 的平均值而求得。另外,也可以计算任何一个因素的平均值,其它因素最好是与其成正比地求出变化量,由此算出 θ 的平均值。 $S106$ 模式地表示了包含该意义的求 $\hat{\theta}$ 平均值的公式。

然后进入 $S108$,在STR控制器内根据输入值用式12算出反馈修正系数 $KSTR(k)$,接着进入 $S110$,计算包括在前面本次计算求得的反馈修正系数 $KSTR(k)$ 的前3个控制周期的算出值、即1个燃烧周期间的 $KSTR(k)$ 、 $KSTR(K-1)$ 、 $KSTR(K-2)$ 和 $KSTR(K-3)$ 的平均值,例如为简单平均值 $AVEKSTR(k)$ 。也就是说,不是对参数调节机构,而是对将控制输入(即燃料计算系统的反馈修正系数)输出的STR控制器,求出对应于4个气缸的4个控制周期(1个燃烧周期)的 $KSTR$ 平均值,也能达到降低特定气缸的废气空气/燃料比的影响这一目的。

当在 $S100$ 判断为机器处在预定运转区域时,则进入 $S112$,进行 $y(k)$ 的计算。即,对于该气缸,把图6中 $S24$ 求得的本次计算当量比 $KACT(k)$ 直接当作控制量(设备输出)。然后进入 $S114$,与 $S104$ 同样地,算出适应性参数 $\hat{\theta}(k)$,再进入 $S116$,与 $S108$ 同样地,算出反馈修正系数 $KSTR(k)$ 。

这样,全部气缸的空气/燃料比的平均值被求出,并作为控制量 $y(k)$ 输入到参数调节机构,所以,不大受特定气缸(例如第1气缸)的当量比的影响,更具体地说的不大受废气空气/燃料比的影响。另外,关于STR控制器输出,也采用了包括最新值 $u(k) = KSTR(k)$ 的4个控制周期的值,求出信号向量 ξ ,并输入到参数调节机构,所以进一步减少特定气缸的废气空气/燃料比的影响。

另外, 由于不是对参数调节机构的输入侧, 而是对其输出值的自适应参数 $\hat{\theta}(k)$ 求出对应于 4 个气缸的 4 个控制周期 (1 个燃烧周期) 的 $\hat{\theta}$ 的平均值, 并使其输入给 STR 控制器, 所以, 因其光滑作用也能达到降低特定气缸废气的空气/燃料比的影响这一目的。另外, 由于使其即使不是对参数调节机构, 而是对输出 $KSTR(k)$ (燃料计算系统的反馈修正系数) 的 STR 控制器也能求出对应于 4 个气缸的 4 个控制周期 (1 个燃烧周期) 的 $KSTR$ 的平均值, 所以, 同样能减少特定气缸的废气的空气/燃料比的影响。

在 S100 判断机器是否处在预定的运转区域, 具体地说是判断是否处在包括惰转的低速旋转区域, 当判断为肯定时, 由于使其不计算平均值, 所以不会发生问题。也就是说, 由于低速旋转时控制周期很长, 可以忽略 LAF 传感器的反应延迟。反之, 由于检测空气/燃料比 $KACT(k)$ 与其平均值 $KACTAVE$ 的相位如图 12 所示地错开, 会产生与控制系统等待时间出现变化同样的现象。所以, 如果用相位错开的 $KACTAVE(k)$ 进行自适应控制, 则可能会出现振荡等不良影响。因此, 在惰转等低旋转状态受此影响时, 使其光滑作用不再继续。

上文中, 至 S106 算出的自适应参数 $\hat{\theta}$ 的平均值 $AVE - \hat{\theta}(k)$ 并未用于计算式 10 所示的识别误差信号 e^* 。即, 该识别误差信号 e^* 是评价检测空气/燃料比与期望空气/燃料比的误差大小的函数, 如果将上述求得的 $AVE - \hat{\theta}(k)$ 用到式 10 的计算中, 则有时会导致误差不正确情况的出现, 所以 $AVE - \hat{\theta}(k)$ 只用在式 8 的计算中, 不用于式 10 中是有益的。

另外, 在上文中, 在 S102、S106、S110, 使其空气/燃料比、 $\hat{\theta}(k)$ 、 $KSTR(k)$ 的平均值全都被使用, 当然也可以使用任何一个或适当地用 2 个。另外, 在计算机器起动时或 STR 控制器的计算再次开始的平均值时, 当没有过去值时, 当然可以采用适当的预定值。

在求自适应参数 $\hat{\theta}(k)$ 或反馈修正系数 $KSTR(k)$ 的平均值时, 没有必要必须将这些值输入参数调节机构。这是因为用适应

参数 $\theta(k)$ 的平均值由 STR 控制器算出的反馈修正系数 $KSTR(k)$ 已经是不大受特定气缸废气空气/燃料比影响的值的缘故。同样地, 由 STR 控制器算出的反馈修正系数 $KSTR(k)$ 的平均值本身也是不大受特定气缸废气空气/燃料比影响的值。

下面说明图 6 程序框图的 S32 所示的反馈修正系数的选择。

图 13 是表示该过程的子程序框图。

如图 13 所示, 先在 S200 判断机器是否在自适应控制系统的适用区域内, 例如, 当在极低水温等燃烧不稳定运转区域时, 由于不能正确求出空气/燃料比 $KACT(k)$, 所以被定义为适用区域外, 这种情况下, 进入 S210, 使用根据 PID 控制原则求得的反馈修正系数 $KLAF(k)$ 计算输出燃料喷射量 $Tout(k)$ 。如果在 S200 判断为在适用区域内时, 则进入 S202, 用自适应参数 $\hat{\theta}$ 的各因素判断自适应控制系统的稳定性。

具体地说, STR 控制器算出的反馈修正系数 $KSTR(k)$ 的传递特性如式 19 所示。

$$KSTR(z^{-1}) = \{ KCMD(z^{-1}) - s_0 KACT(z^{-1}) - (r_1 z^{-1} + r_2 z^{-2} + r_3 z^{-3}) \times KSTR(z^{-1}) \} / b_0 \quad \dots \text{式 19}$$

式中, 假定付着修正正确、具燃料计算系统为紊乱状态, 则 $KSTR(k)$ 和 $KACT(k)$ 的传递特性如式 20 所示。

$$KACT(z^{-1}) = z^{-3} KSTR(z^{-1}) \quad \dots \text{式 20}$$

从 $KCMD(k)$ 到修正系数 $KSTR(k)$ 的传递函数如式 21 所示。

$$\frac{KSTR(z^{-1})}{KCMD(z^{-1})} = \frac{1}{b_0 z^3 + r_1 z^2 + r_2 z + r_3 + s_0} \quad \dots \text{式 21}$$

$$\therefore (b_0 + s_0 z^{-3} + r_1 z^{-1} + r_2 z^{-2} + r_3 z^{-3}) KSTR(z^{-1}) = KCMD(z^{-1})$$

式中, b_0 是决定增益的标量, 不能为 0 或负数, 所以, 式 21

的传递函数的分母函数 $f(Z) = b_0 Z^3 + r_1 Z^2 + r_2 Z + r_3 + s_0$ 为图 14 所示函数之一。判断实根是否在单位圆内, 即, 如图 15 所示, 判断是否为 $f(-1) < 0$ 或 $f(1) > 0$, 如果是肯定, 则实根在单位圆内, 可以很容易地判断示系统是否稳定。

然后进入 S204, 判断自适应控制系统是否为不稳定, 如果是肯定的, 进入 S206, 将自适应参数向量 $\hat{\theta}$ 返回初始值。这样, 能恢复系统的稳定。接着进入 S208, 修正增益矩阵 Γ 。增益矩阵 Γ 是用于决定参数调节机构变化 (收敛) 速度的, 所以进行该修正以使收敛速度减慢。在这里是把增益矩阵 Γ 的各因子置换为小的值。这样也同样能恢复系统的稳定。接着进入 S210, 如图所示, 由于自适应控制系统不稳定, 所以采用根据 PID 控制原则算出的修正系数 $K_{LAF}(k)$ 作为反馈修正系数, 并将其乘以要求燃料喷射量 $T_{cyl}(k)$, 将该乘积加上加法项 $TTOTAL$, 决定输出燃料喷射量 $T_{out}(k)$ 。

当在 S04 判断为自适应控制系统并非不稳定时, 则进入 S212, 如图所示, 用根据自适应控制法则算出的修正系数 $K_{STRZ}(k)$ 作为反馈修正系数, 计算输出燃料喷射量 $T_{out}(k)$ 。这时, 如果在图 11 程序框图的 S110, 反馈修正系数 K_{STR} 的平均值被求出时, 当然是使用该平均值来计算 $T_{out}(k)$ 。

图 7 的框图中, 切换机构 400 的输出 $u(k)$ 输入到 STR 控制器和参数调节机构内。这是为了当选择用 PID 控制原则算出的反馈修正系数 K_{LAF} 时, 也能依据自适应控制原则计算反馈修正系数 K_{STR} 。

本实施例由于有上述结构, 参数调节机构与全部气缸每个 TDC 动作无关地, 把自适应参数的因素数目减少至 5 个, Γ 阵的计算减少为 5×5 , 车载计算机的负担减轻, 用一般性能的车载计算机可在 1[#] TDC 间完成计算。另一方面, STR 控制器也在全部气缸每一个 TDC 算出反馈修正系数 K_{STR} , 并在全气缸每一个 TDC 进行其变更, 可以极大地与运转状态的变化相对应。另外, 由于等待时间大幅度减少, 能提高可控性。

另外,从个别气缸看,参数调节机构在每个燃烧周期动作,其结果总是在特定气缸、例如在第1气缸的规定曲轴角度动作,但由于使其在求出该燃烧周期间的包括其余气缸的全部气缸的检测空气/燃料比(控制量)之平均值,将该平均值输入到参数调节机构内,或者求出自适应参数 $\hat{\theta}$ 的平均值、或者求出作为STR控制器输出的反馈修正系数KSTR的平均值之后使用,所以仅仅强烈地反映特定气缸的燃烧状态的不妥之处是不存在的。

即,根据特定气缸控制量求出反馈修正系数KSTR时,例如第1气缸的空气/燃料比是稠密的,其它气缸的空气/燃料比是稀薄的时,反馈修正系数KSTR应使空气/燃料比方向修正,这样其它气缸的空气/燃料比的稀薄化加速,但因采用全部气缸的平均值,所以不会产生上述问题。

为了进一步简化,也可以如图16所示,不是与全部气缸的每个TDC同步而是使其与特定气缸的燃烧周期同步地、即在每4个TDC计算一次自适应参数 $\hat{\theta}$,在STR控制器,把该自适应参数 $\hat{\theta}$ 用于与气缸数相同的值。(相当于图10中 $m=1$, $n=4$ 的情形)。

该方法对于机器转数上升、计算时间减少的情况尤为有效。高速旋转时,由于每个气缸所需的自适应参数 $\hat{\theta}$ 的差异减少,即使将特定气缸的自适应参数 $\hat{\theta}$ 用于包括其他气缸的全部气缸,可控性的恶化也轻,所以,不会使可控性恶化,能缩短计算时间。

如图17所示,如果使STR控制器也与燃烧周期同步,每4TDC仅动作一次,则可以将结构进一步简化。虽然控制精度降低,也有一定程序的效果(相当于图10中 $m=n=4$ 的情形)。

图18是表示本发明装置第2实施例的程序框图,是关于在反馈修正参数KSTR计算中所用的增益矩阵 Γ 的设定。

如上述式1至式12所示,在反馈修正系数KSTR的计算中要用到增益矩阵 $\Gamma(k)$ 。第2实施例在式9中 $\lambda_1=1$ 、 $\lambda_2=0$,即,在使用固定增益算法的情况下,使该增益矩阵 $\Gamma(k)$ 的非对角线因子全部为0,以便缩短计算时间和易于调整。

为便于说明起见,以进行内部变量 $\Gamma_{\xi}(k-d)$ 的计算为例进

行说明。在使用 5×5 增益矩阵 Γ 的第 1 实施例中, Γ 的计算用式 22 进行, 要用 25 次乘法和 20 次加法。

$$\Gamma \zeta(k-d) = \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} & g_{13} & g_{14} & g_{15} \\ g_{21} & g_{22} & g_{23} & g_{24} & g_{25} \\ g_{31} & g_{32} & g_{33} & g_{34} & g_{35} \\ g_{41} & g_{42} & g_{43} & g_{44} & g_{45} \\ g_{51} & g_{52} & g_{53} & g_{54} & g_{55} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u(k-d) \\ u(k-1-d) \\ u(k-2-d) \\ u(k-3-d) \\ y(k-d) \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} g_{11}u(k-d) + g_{12}u(k-1-d) + \cdots + g_{15}y(k-d) \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ g_{51}u(k-d) + \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad + g_{55}y(k-d) \end{bmatrix}$$

... 式 22

将该式中增益矩阵 Γ 的非对角线因子全部设为 0 时, 则可以表示为式 23, 计算可缩短为 5 次乘法。

$$\begin{aligned}
 \Gamma \zeta(k-d) &= \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} & g_{13} & g_{14} & g_{15} \\ g_{21} & g_{22} & g_{23} & g_{24} & g_{25} \\ g_{31} & g_{32} & g_{33} & g_{34} & g_{35} \\ g_{41} & g_{42} & g_{43} & g_{44} & g_{45} \\ g_{51} & g_{52} & g_{53} & g_{54} & g_{55} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u(k-d) \\ u(k-1-d) \\ u(k-2-d) \\ u(k-3-d) \\ y(k-d) \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} g_{11}u(k-d) \\ g_{22}u(k-1-d) \\ \cdot \\ \cdot \\ g_{55}y(k-d) \end{bmatrix} \quad \dots \text{式 2.3}
 \end{aligned}$$

另外，使增益矩阵 Γ 的非对角线因子全部为 0，因此进行自适应参数 $\hat{\theta}(k)$ 的计算时，如式 2.4 所示。

$$\hat{\theta}(k) = \begin{bmatrix} \hat{\theta}_1(k-1) \\ \hat{\theta}_2(k-1) \\ \hat{\theta}_3(k-1) \\ \hat{\theta}_4(k-1) \\ \hat{\theta}_5(k-1) \end{bmatrix} + \Gamma \zeta(k-d) e^*(k)$$

$$= \begin{bmatrix} \hat{\theta}_1(k-1) \\ \hat{\theta}_2(k-1) \\ \hat{\theta}_3(k-1) \\ \hat{\theta}_4(k-1) \\ \hat{\theta}_5(k-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} g_{11}u(k-d) \\ g_{22}u(k-1-d) \\ \cdot \\ \cdot \\ g_{55}y(k-d) \end{bmatrix} e^*(k) \quad \dots \text{式 24}$$

其结果，矩阵因子 g_{11} 、 g_{22} 、 g_{33} 、 g_{44} 、 g_{55} 是使自适应参数 $\hat{\theta}(k)$ 的各因素变化速度仅与 $\xi(k)$ 的一个因素相对应的值，且可独立地调整。如果增益矩阵 Γ 的非对角线因子不为 0，则从式 22 和式 24 可知，自适应参数 $\hat{\theta}(k)$ 的计算如式 25 所示，为了决定 $\hat{\theta}(k)$ 的一个因素的变化速度，需要考虑与 $\xi(k-d)$ 的所有因素对应的 5 个变量，较难以调整。通过把增益矩阵 Γ 的非对角线因子全部设为 0，可以缩短计算时间并便于调整。

$$\hat{\theta}(k) = \begin{bmatrix} \hat{\theta}_1(k-1) \\ \hat{\theta}_2(k-1) \\ \hat{\theta}_3(k-1) \\ \hat{\theta}_4(k-1) \\ \hat{\theta}_5(k-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} g_{11}u(k-d) + g_{12}u(k-1-d) + \dots + g_{15}y(k-d) \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ g_{51}u(k-d) + \cdot \cdot \cdot + g_{55}y(k-d) \end{bmatrix} e^*(k)$$

...式25

本发明者刚作了试验，把 Γ 矩阵中 $g_{11} \sim g_{55}$ 的5个调整要素中的几个设为相同的值，恰当地设定自适应参数 $\hat{\theta}(k)$ 各因素的变化速度的比例，表明可控性变得最好。例如，设定为 $g_{11} = g_{22} = g_{33} = g_{44} = g$ 的场合。这样，可把调整因素减少为只有 g 和 $g_{55} = \Gamma$ ，能减少调整步骤，并且，内部变量 $\xi^T(k-d) \Gamma \xi(k-d)$ 的计算成为式26所示，乘法变成为12次。

$$\zeta^T(k-d) \Gamma \zeta(k-d)$$

$$= [u(k-d) \cdots y(k-d)] \begin{pmatrix} g & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & g & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & g & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & g & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & g_{55} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u(k-d) \\ u(k-1-d) \\ \cdot \\ \cdot \\ y(k-d) \end{pmatrix}$$

$$= g \{u(k-d)^2 + u(k-1-d)^2 + \cdots + u(k-3-d)^2\} + g_{55} y(k-d)^2$$

... 式 26

与此相反，在 $g_{11} \sim g_{44}$ 分别取不同的值时，则上述计算如式 27 所示，乘法增加到 15 次。

$$\zeta^T(k-d) \Gamma \zeta(k-d) = g_{11} u(k-d)^2 + \cdots + g_{55} y(k-d)^2 \quad \cdots \text{式 27}$$

从以上可见，把 $g_{11} \sim g_{55}$ 中的几个设为相同的值，可以减少调整因素的数目，能够更加缩短计算时间。另外，由于能恰当地设定自适应参数 $\hat{\theta}(k)$ 各因素的变化速度比例，所以可控性也好。这时，如果假设 $g_{11} = g_{22} = g_{33} = g_{44} = g_{55}$ ，则效果当然是最为显著。

另外，以由于燃烧不稳定、设备输出也不稳定的运转区域为例，通过减小上述的 g_{55} ，可以抑制 $S_0(k)$ 的振荡等。这样，通过把增益矩阵 Γ 的非对角线因子设为 0，使得便于调整控制特性这一优点更为显著。另外，根据不同的运转区域而更换增益矩阵，使机器总能具有最佳的可控性。

这种情况下， $g_{11} \sim g_{55}$ 与运转状态相对应地储存在控制单元 34 内的 RAM74 中。具体地说，除了运转状态之外，还记忆与罐式滤清器、排气回流等机器控制设备的运作状态相对应的信息。这时， $g_{11} \sim g_{55}$ 可以是全部相同的值、全部不同的值或其中几个为相同的

值。另外在这种情况下，如果 RAM74 的容量够大或计算时间够用，则也可以采用增益矩阵 Γ 的非对角线因子。

以上述理由为前提，下面参照图 18 的程序框图说明本发明装置的第 2 实施例。

首先在 S300 读入机器转速 N_e 、进气压力 P_b 等的机器运转参数的排气回流机构或缸式滤清器的动作状态，进入 S302，判断是否处在惰转区域，当判断为肯定时，进入 S304，检索惰转用的 Γ 图。如果在 S302 判断为不在惰转区域时，则进入 S306，判断可变阀调整机构是否以 H_i 阀调速特性运转着，当判断为肯定时，进入 S308，检索 H_i 阀调速用的 Γ 图，当判断为否定时，则进入 S310，检索 L_0 阀调速用的 Γ 图。

图 19 所示 L_0 调速用的 Γ 图的特性。如该图所示，根据机器转速 N_e 和进气压力 P_b 检索矩阵因子 $g_{11} \sim g_{55}$ 。另外，惰转用和 H_i 阀调速用的 Γ 图也具有同样的特性。另外，该图是根据表示机器负荷的进气压力 P_b 检索增益矩阵 Γ 的值，所以，在机器负荷急剧变化的减速状态等中，也能得到最适当的增益矩阵的值。

接着进入 S312，判断 EGR（排气回流机构）是否正在动作，当判断为肯定时，进入 S314，根据对应于排气回流率的燃料修正系数 $KEGRN$ 修正增益矩阵 Γ 。更具体地说，是根据对应于排气回流率的燃料修正系数 $KEGRN$ 在图 20 中检索表示其特性的图表，计算修正系数 $K \Gamma$ EGR，再将求得的修正系数 $K \Gamma$ GRR 乘以增益矩阵 Γ 进行修正。根据对应于排气回流率的燃料修正系数 $KEGRN$ 修正增益矩阵 Γ 的理由是，修正系数 $K \Gamma$ GRR 如图所示，随着排气回流量的增加，对应于排气回流率的燃料修正系数 $KEGRN$ 减少，紊乱增大，因此，为了提高自适应控制系统的稳定性，使增益矩阵随着对应于排气回流率的燃料修正系数 $KEGRN$ 的减少而变小。

该对应于排气回流率 $KEGRN$ 是乘以燃料喷射量的修正系数，例如定为 0.9 等。但是，本发明的宗旨不在于确定回流率，关于确定排气回流率在本申请人曾提出的日本专利公报特愿平 6 - 294014 号中已有记载，故其说明从略。

接着进入 S316，判断罐式滤清器是否在动作，如果判断为肯定，

进入 S318，根据清洗质量修正增益矩阵 Γ 。具体地说，根据对应于清洗质量的燃料修正系数 KPUG 在图 21 中检索表示其特性的图表，求出修正系数 $K \Gamma \text{ PUG}$ ，再把求出的修正系数 $K \Gamma \text{ PUG}$ 乘以增益矩阵 Γ 进行修正。修正系数 $K \Gamma \text{ PUG}$ 如图所示，随着清洗质量的增加，对应于清洗质量的燃料修正系数 KPUG 减少，同时紊乱增大，所以，使增益矩阵随着对应于清洗质量的燃料修正系数 KPUG 的减少而变小。另外，关于该对应于清洗质量的燃料修正系数 KPUG 也已在本申请人提出的日本专利公报特开平 6 - 101522 号中记载，故其说明从略。

接着进入 S320，根据检测出的大气压 Pa 修正增益矩阵 Γ 。具体地说，根据检测出的大气压 Pa 在图 22 中检索表示其特性的图表，求出修正系数 $K \Gamma \text{ Pa}$ ，将求出的修正系数 $K \Gamma \text{ Pa}$ 乘以增益矩阵 Γ 进行修正。根据检测出的大气压 Pa 修正增益矩阵 Γ 的理由是，随着检测出大气压 Pa 的减小、即随着机器位置高度的增加，填充效率降低，相对在常压下设定的数据产生紊乱，所以，为了提高自适应控制系统的稳定性，使增益矩阵随着检测出的大气压 Pa 的减小而变小。

接着进入 S322，根据检测出的水温 TW 修正增益矩阵 Γ 。具体地说，是根据检测出的水温 TW 在图 23 中检索表示其特性的图表，求出修正系数 $K \Gamma \text{ TW}$ ，将求出的修正系数 $K \Gamma \text{ TW}$ 乘以增益矩阵 Γ 进行修正。根据检测出的水温 TW 修正增益矩阵 Γ 的理由是，修正系数 $K \Gamma \text{ TW}$ 如图所示，在检测出的水温 TW 为低水温或高水温时，燃烧不稳定，所以相对于在常温下设定的数据产生紊乱，为了提高自适应控制系统的稳定性，在低水温或高水温时使增益矩阵 Γ 变小。

如上所述，第 2 实施例中，由于根据运转状态适当地设定决定适应性参数 $\hat{\theta}$ 变化（收敛）速度的增益矩阵，所以能得到稳定的自适应参数的变化速度，提高可控性。

另外，第 2 实施例中虽然是用固定增益决定增益矩阵 Γ ，但也可以采用可变增益算法，这种情况下，如上述那样根据运转状态修正增益矩阵 Γ 的各因子的初始值，在运转状态变化时，将该初始值作为预定值。

另外，在第 2 实施例中，是用固定增益算法进行说明的，当用固定增益算法以外的算法即如式 9 所示的可变增益算法等进行增益矩阵 $\Gamma(k)$

的计算时,不进行增益矩阵 $\Gamma(k)$ 的非对角线因子的计算,将其固定为 0,这样当然也能实现第 2 实施例所显示出的计算量减少和调整简单化。

图 24 是表示本发明装置第 3 实施例的程序框图。

在第 1 和第 2 实施例中,是用固定增益来计算增益矩阵 $\Gamma(k)$ 的,而第 3 实施例是用固定增益以外的算法计算。这种情形下,当采用了自适应参数的控制结果(即设备输入,具体地说是检测空气/燃料比 $KACT$)显示出良好状况时,如果根据机器的运转状态预先把计算值储存起来,就不必要在该区域重新计算增益矩阵 $\Gamma(k)$,同时,在该区域总能运用最适当的增益矩阵 $\Gamma(k)$,从而提高可控性。这时储存的 $\Gamma(k)$ 也可以采用 4TDC 间的平均值等整理值。另外,根据固定增益算法计算增益矩阵 $\Gamma(k)$ 时,设备输出的动作不是良好。这时的增益阵 $\Gamma(k-1)$ 作为在每个运转区域储存的初始值开始。

以上述为前提参照图 24 进行说明。

图 24 表示第 3 实施例程序框图,在图 18 的 S308、S310 或 S304 等检索增益矩阵 Γ 的图时进行的作业。

如图 24 所示,在 S400 根据机器转速 Ne 和进气压力 Pb 检索与第 2 实施例所示同样的增益矩阵 Γ 的图,进入 S402,用适当的方法判断作为设备输出的检测空气/燃料比 $KACT$ 的状况是否良好,如果判断为否定,进入 S404,计算增益矩阵 $\Gamma(k)$,再进入 S406,把增益矩阵 $\Gamma(k)$ 存入所检索的图的预定区域区。当在 S402 的判断结果为肯定时,则直接进入 S406。在 S402 中的对检测空气/燃料比 $KACT$ 状况良好与否的判断是这样的:例如,当 10TDC 间的检测空气/燃料比 $KACT$ 进入期望空气/燃料比 $KCMD \pm$ 预定值范围时,则判断为良好。

由于第 3 实施例是如上述那样构成的,当检测空气/燃料比 $KACT$ 的状况良好时,增益矩阵 $\Gamma(k)$ 的计算不用式 9 所示的公式,而只需通过查图即可,所以能减少计算量。另外,当检测空气/燃料比 $KACT$ 的状况不好时,重新计算最佳增益矩阵 $\Gamma(k)$,通过在内燃机的每个运转区域进行学习,也能应付内燃机的老化,能使检测当量比 $KACT(k)$ 的状况始终良好,从而能提高可控性。

图 25 是表示本发明装置第 4 实施例的程序框图。

第4实施例中,为了不使自适应控制系统不稳定,在检测空气/燃料比 $KACT$ 的特性中设了死区。即, STR 控制器动作以使检测空气/燃料比 $KACT$ 与期望空气/燃料比 $KCMD$ 一致,当输入 STR 控制器的检测空气/燃料比 $KACT$ 与期望空气/燃料比 $KCMD$ 一致时,适应性参数几乎不变化。因此,当检测空气/燃料比 $KACT$ 因传感器噪音等微小干扰而稍有变化时,为了防止因此自适应控制系统受该微小干扰的影响而进行不必要的过度修正,如图26所示,在检测空气/燃料比 $KACT$ 的特性上,在期望空气/燃料比 $KCMD$ 附近设了死区。具体地说,是在 $KCMD - \beta$ 到 $KCMD + \alpha$ 的范围内,使检测空气/燃料比 $KACT$ 的值相同。

如图25程序框图所示,在S500,将检测空气/燃料比 $KACT$ 与下限预定值 $KCMD - \beta$ 比较,如果大于或等于该下限预定值 $KCMD - \beta$,进入S502,将检测空气/燃料比 $KACT$ 与上限预定值 $KCMD + \alpha$ 比较。如果在S502的比较结果为检测空气/燃料比小于或等于预定值 $KCMD + \alpha$ 时,进入S504,把检测空气/燃料比 $KACT$ 作为预定值,例如期望空气/燃料比 $KCMD$ 。当在S500如果判定检测空气/燃料比 $KACT$ 小于下限预定值 $KCMD - \beta$ 时,以及当在S502如果判定检测空气/燃料比 $KACT$ 大于上限预定值 $KCMD + \alpha$ 时,则立即结束程序。因此,在这种情况下,将检测值直接作为检测空气/燃料比 $KACT$ 。通过以上的处理,如图26所示,可在检测空气/燃料比 KAG 的特性上,在期望空气/燃料比 $KCMD$ 的附近设死区。

由于第4实施例象上述那样构成,当检测空气/燃料比 $KACT$ 出现微小变化时, STR 控制器也不受其影响,可以稳定地动作,从而可得到良好的控制结果。另外,在S502虽然是将期望空气/燃料比 $KCMD$ 作为检测空气/燃料比,但也可以将其作为在 $KCMD - \beta$ 到 $KCMD + \alpha$ 的范围内的值。

图27是表示本发明装置第5实施例的程序框图。第5实施例与第4实施例同样地,是为了防止适应控制系统的不稳定。对识别误差信号 e^* 设置上下限,以便得到稳定的自适应自参数。

即,从式8可见,通过把识别误差信号 e^* 的值限制在某一定范围内,可限制自适应参数 $\hat{\theta}$ 的变化速度。这样,可防止其超过适应性参数 $\hat{\theta}(k)$

的最佳值。其结果，使自适应控制系统稳定地动作，能得到良好的控制结果。

如图 27 程序框图所示，先在 S600 把算出的识别误差信号 $e^*(k)$ 与上限值 a （图 28 所示）比较，如果判定超过了上限值 a 则进入 S602，把预定值、例如上限值 a 作为识别误差信号 $e^*(k)$ 。当在 S600 判定为鉴别衰减信号 $e^*(k)$ 小于或等于上限值 a 时，则进入 S604，把算出的识别误差信号 $e^*(k)$ 与下限值 b （图 28 所示）比较，当判定为小于时，进入 S606，把第 2 预定值、例如下限值 b 作为识别误差信号 $e^*(k)$ 。当在 S604 判定为识别误差信号 $e^*(k)$ 大于或等于下限值 b 时，立即结束程序。因此，在该情况下，识别误差信号 $e^*(k)$ 即为算出值。

由于第 5 实施例象上述那样构成，通过把识别误差信号 $e^*(k)$ 的值限制在某一定范围内，可以限制自适应参数 $\hat{\theta}(k)$ 的速度变化。这样，能防止超过自适应参数 $\hat{\theta}(k)$ 的最佳值，使自适应控制系统稳定地动作，得到良好的控制结果。

另外，在 S602 至 S606，虽然把识别误差信号 $e^*(k)$ 的值作为上下限值，但也可以把它作为上下限值之间的适当值，或者作为上下限值附近的适当值。

图 29 是表示本发明装置第 6 实施例的程序图。

第 6 实施例是在第 1 实施例所示的 STR 控制器中，把决定适应性参数 θ 的识别误差信号 e^* 的、式 10 的分母中所用的常数 1 成为可变的，使其速度变化稳定，提高控制性能。

第 6 实施例是以限制参数调节机构计算所用的中间变量的变化范围，使其用一般性能的车载计算机实现如图示自适应控制的技术为前提的。关于这方面，在本申请人曾提出的日本专利公报特开平 6 - 161511 号中已有记载，此处其说明从略。

即，在理论公式中，该识别误差信号 $e^*(k)$ 如式 10 那样被算出。现在用 $1/10$ （以下设为 j ）乘以 $\zeta(k)$ 和 $y(k)$ 并输入到参数调节机构内，其分母为式 28 所示（当增益矩阵 $\Gamma(k-1)$ 为固定增益时，则成为固定的）。

$$1 + \frac{1}{10} \zeta^T(k-d) \Gamma(k-1) \frac{1}{10} \zeta(k-d) \quad \dots \text{式 28}$$

式中，右项是 $\zeta(k)$ 和 $y(k)$ 的乘法系数的平方，当该系数为 1 以下的较小值（例如 $1/10^2 = 1/100$ ）时，在左项 = 1 相比，是非常小的。因此，右项无论怎样变化，识别误差信号 $e^*(k)$ 的分母也为近似 1 的值，与乘以系数之前相比，识别误差信号 $e^*(k)$ 的变化速度改变了。为了解决该问题，把左项设为 1 以外的值即可。为清楚起见，设上述系数为 j 时，则左边项为 j^2 ，可得到与乘以系数 j 之前相同的变化速度。

反之，由于识别误差信号 $e^*(k)$ 的变化速度与自适应参数 $\hat{\theta}(k)$ 的变化（收敛）速度成正比，即， $\hat{\theta}(k)$ 是用式 8 算出的，通过使左边项成为 j^2 以外的值，可以变更自适应参数 $\hat{\theta}(k)$ 的变化速度。因此，在式 29 所示的识别误差信号 $e^*(k)$ 的分母计算式中，把式中的 i 设为 1 以外的值，即，设为 $i \neq 1$ 的值。

$$e^*(k) = \frac{jy(k) - \hat{\theta}^T(k-1)j\zeta(k-d)}{i + j\zeta^T(k-d)\Gamma(k-1)j\zeta(k-d)} \quad \dots \text{式 29}$$

如图 29 程序框图所示，先在 S700 判断由识别误差信号 $e^*(k)$ 决定的自适应参数 $\hat{\theta}(k)$ 的变化（收敛）速度是否将被设成为可变的，如果判断为肯定，进入 S702，把 i 设定成 1 以外的值，具体地说，是根据检测出的机器转速 Ne 和进气压力 Pb 在图 30 中检索表示其特性的图，求出 i 。当在 S700 判断为否定时，则进入 S704，把 i 作为 j^2 ，得到与乘以系数 j 之前相同的变化速度。另外， j 是常数，在图 30 所示的图特性中， i 的值是考虑了 j^2 的值，例如设定为 $i = j^2 \times 0.5$ 至 $i = j^2 \times 2$ 等。

具体地说， j 通常设定为小于 1 的值，例如设 $j=1/10$ 时，在 S700 判断为否定时，则成为 $i=j^2/100$ 。因此，在 S700 即使判断为肯定时，也以 $i=1/100$ 为中心，例如在 $1/50 \sim 1/200$ 之间，在图 30 中设定 i 图值。这时， i 越小（例如 $1/200$ ），自适应参数 $\hat{\theta}(k)$ 的变化（收敛）速度越大， i 越大（例如 $1/50$ ），自适应参数 $\hat{\theta}(k)$ 的变化（收敛）速度越小。因此，图 30 中的 i 图值在高速旋转高负荷状态时设定的大（例如 $1/50$ ），

在低速旋转低负荷状态时设定的小（例如 $1/200$ ）。

由于第 6 实施例如上述那样构成，通过使决定自适应参数 θ 的识别误差信号 e^* 的常数成为可变的，可以调和对于输入的系数，使自适应参数 θ 的变化速度稳定，得到良好的可控性。

另外在第 6 实施例中是以第 1 实施例中所用的 STR 控制器为例说明的，但是适应性控制器并不限于第 1 实施例中的形式，只要是遵循 Landau 法则动作的都可以，也包括 MRACS 型的自适应控制器。

图 31 是表示本发明装置第 7 实施例的程序框图。

第 7 实施例中，使第 1 实施例所示的参数调节机构和 STR 控制器的控制周期成为可变的，并使其根据运转状态、具体地说是根据机器转速决定控制周期。即，根据运转状态使自适应控制器参数调节机构或控制器的控制周期成为可变的，所以可以最大限度地减轻计算负担，即使在高速旋转时等计算时间少的运转状态下，也能进行自适应控制，从而得到良好的控制性能。

如图 31 所示，先在 S800，将检测出的机器转速 Ne 与预定值 $NeP1$ 比较，当判定为检测出的机器转速 Ne 小于预定值 $NeP1$ 时，进入 S802，把检测出的机器转速 Ne 与另一预定值 $NeC1$ 相比较。在 S802 当判定为检测出的机器转速 Ne 小于另一预定值 $NeC1$ 时，进入 S804，参数调节机构（图 31 中示为 P）和 STR 控制（图 31 中示为 C）的控制周期设定为 1 个 TDC。

图 32 是说明图 31 程序框图动作的图，如图所示，在预定值 $NeP1$ 、 $NeC1$ 比较低的旋转区域时，计算时间有富余，所以控制精度很高，如图 8 和图 9 所示，使参数调节机构和 STR 控制器于每个 TDC 动作，

图 31 中，当在 S802 判定为检测出的机器转速 Ne 超过预定值 $NeC1$ 时，进入 S806，把检测出的机器转速 Ne 与另一预定值 $NeC2$ 相比较，如果判定为小于该预定值，则进入 S808，使参数调节机构于每个 TDC 动作一次，使 STR 控制器于每 2 个 TDC 动作一次。当在 S806 判定为检测出的机器转速 Ne 大于或等于预定值 $NeC2$ 时，则进入 S810，使参数调节机构于每个 TDC 动作一次，使 STR 控制器于每 4 个 TDC 动作一次。

当在 S800 判定为检测出的机器转速 Ne 大于或等于预定值 $NeP1$

时，进入 S812，将检测出的机器转速 N_e 与预定值 N_{eP2} 比较，如果判定为小于该预定值，进入 S814，将检测出的机器转速 N_e 与预定值 N_{eC3} 比较，如果判定为检测出的机器转速 N_e 小于预定值 N_{eC3} 时，进入 S816，使参数调节机构于每 2 个 TDC 动作一次，使 STR 控制器于每个 TDC 动作。

当在 S814 判定为检测出的机器转速 N_e 大于或等于预定值 N_{eC3} 时，则进入 S818，将检测出的机器转速 N_e 与预定值 N_{eC4} 比较，如果判定为小于该预定值，进入 S820，使参数调节机构和 STR 控制器都于每 2 个 TDC 动作一次。当在 S818 判定为检测出的机器转速 N_e 大于或等于预定值 N_{eC4} 时，则进入 S822，使参数调节机构于每 2 个 TDC 动作一次，使 STR 控制器于每 4 个 TDC 动作一次。

当在 S812 判定为检测出的机器转速 N_e 大于或等于预定值 N_{eP2} 时，则进入 824，将检测出的机器转速 N_e 与预定值 N_{eP3} 比较，如果判定为小于该预定值，进入 S826，将检测出的机器转速 N_e 与预定值 N_{eC5} 比较，如果判定为小于该预定值，进入 S828，使参数调节机构于每 4 个 TDC 动作一次，使 STR 控制器于每个 TDC 动作一次（图 16 所示）。

当在 S826 判定为检测出的机器转速 N_e 大于或等于 N_{eC5} 时，则进入 S830，将检测出的机器转速 N_e 与预定值 N_{eC6} 比较，如果判定为小于该预定值，进入 S820，使参数调节机构于每 4 个 TDC 动作一次，使 STR 控制器于每 2 个 TDC 动作一次。当在 S830 判定为检测出的机器转速 N_e 大于或等于预定值 N_{eC6} 时，则进入 S834，使参数调节机构和 STR 控制器都于每 4 个 TDC 动作一次（图 17 所示）。当在 S824 判定为检测出的机器转速 N_e 大于或等于预定值 N_{eP3} 时，则进入 S836，使自适应控制器 STR 停止。

由于第 7 实施例如上所述，根据机器转速决定自适应控制器的参数调节机构和 STR 控制器的控制周期，所以，能最大限度地减轻计算负担，即使在高速旋转时等计算时间少的运转状态下，有进行自适应控制，实现良好的控制性能。

另外，上述图 32 所示的自适应控制器 STR 的动作状态没有必要具备 1 ~ 10（图中用带圆圈的数字表示）的全部状态，也可以根据机器和

控制单元的 CPU 的能力适当地选择。例如，可以选择 1、3、5、9、10 或者 1、3、6、9、10、或者 1、7、9、10、或者 1、10、或者 1、4、7、10 等。

另外，在本实施例中，运转状态是采用的机器转速，但并不限于此，在决定控制周期时除了转速外，还可以考虑上机器负荷的因素。这种情况时，例如在高负荷状态下，由于适应性参数 $\hat{\theta}$ 的变化少，所以，考虑每 4 个 TDC 处理参数调节机构。

图 33 表示本发明装置的第 8 实施例，是表示与图 11 同样的反馈修正系数 KSTR 等的平均值的计算作业的子程序框图。

第 1 实施例中，为了避免特定气缸的排气空气/燃料比的影响，原则上是对决定反馈修正系数 KSTR 的因素求平均值，并在预定的运转状态、即惰转状态停止平均值的计算。

与第 1 实施例相对照，第 8 实施例原则上不计算平均值，并仅在预定的运转状态、具体地说是在排气回流（EGR）执行时，计算平均值。

在上述排气回流机构中，废气被回流时，由于运转状态的不同，废气有可能不均等地被导入 4 个气缸，例如，离回流口 121b 近的气缸吸入多量的废气，而离得远的气缸仅吸入很少量的废气。这种情况是有可能发生的。因此，在这种情况下，于每个 TDC 检测的空气燃料比 KACT(k) 受到该特定气缸的很大影响，如果采用该空气燃料比 KACT(k)，仅使该气缸的当量比与期望空气/燃料比一致，则全部气缸的控制值会随该气缸的偏移量的不同出现偏离，从而使其它气缸的空气燃/料比偏移。因此，为了避免这一问题，最好如图所示求平均值。

如图 33 所示，在 S900 判断 EGR（排气回流控制）是否正在执行，如果判断为肯定，进入 S902，与图 11 所示的第 1 实施例同样地求 KACTAVE 等的平均值。当在 S900 被否定时，则进入 S912，进行与图 11 所示第 1 实施例同样的处理。

第 8 实施例由于象上述那样构成，在废气回流时，也不大受特定气缸的影响，提高可控性。

图 34 表示本发明装置的第 9 实施例，是表示与图 33 同样的反馈修正系数 KSTR 等的平均值的计算作业的子程序框图。

与排气回流执行时一样，缸式滤清器工作、气体被供给时，产生与第 8 实施例同样的问题，即由于运转状态的不同，会出现气体被不均匀地导入气缸的现象。第 9 实施例就是为了解决该问题的。

如图 34 所示，在 S1000 判断缸式滤清器是否在工作，如果判定为肯定，进入 S1002，与图 11 所示第 1 实施例同样地，求 KACTAVE 等的平均值。当在 S1000 判定为否定时，则进入 S1012，进行与图 9 所示第 1 实施例同样的处理。

由于第 9 实施例象上述那样构成，在缸式滤清器工作时也不会严重地受特定气缸的影响，从而提高可控性。

另外，虽然图中未表示，在其它情况，例如大气压 P_a 低时，即机器位于高处时，或者低水温时，或者处在燃烧不良运转时等，燃烧不稳定状态下，最好也同样地求平均值，由此可提高可控性。

图 35 和图 36 是表示本发明装置第 10 实施例的程序框图和信号流程图。

如图 36 所示，第 10 实施例中，除去了第 1 实施例构成中的根据 PID 控制原则构成的排气系统合流部当量比的反馈回路（修正系数 $KLAF$ ），并插入了由同样的 PID 控制原则构成的个别气缸的反馈回路（修正系数 $\#nKLAF$ ）。

即，根据配置在排气合流部的单一的空气/燃料比传感器的输出，用上述本申请人在日本专利公报特开平 5 - 180040 号中提出的监测器，推断各气缸的空气燃料比 $\#nA/F$ （ n ：气缸），根据该推断值与预定各气缸空气/燃料比 F/B 的期望值的偏差，用 PID 控制原则，求出各气缸的反馈修正系数 $\#nKLAF$ ，再乘以输出燃料喷射量 T_{out} 进行修正。

更具体地说，为了消除各气缸的空气/燃料比 F/B 的期望值（将合流部空气/燃料比除各气缸反馈修正系数 $\#nKLAF$ 平均值的前次计算值得到的值）与监测器推断的空气燃料比 $\#nA/F$ 的偏差，每个气缸的反馈修正系数 $\#nKLAF$ 是利用 PID 控制法则求得的。其详细内容已在本申请人提出的日本专利公报特愿平 5 - 251138 号中记载，此处对其说明从略。另外，付着修正补偿器的图亦被省略。

在第 10 实施例中，还设置了取样块（图中表示 Sel-VOBSV），用

于对 LAF 传感器的输出适当的同步取样，在 STR 控制器中也设有同样的取样块（图中表示为 Sel-VSTR）。

下面说明这些取样块和监测器，取样动作块在图 36 中表示为 Sel-VOBSV。

在内燃机中，废气在排气冲程中被排出，所以，在多气缸内燃机的排气合流部观察到空气/燃料比的状况，明显地与 TDC 同步。因此，在内燃机的排气系统内设置上述的宽带传感器，对空气/燃料比取样时，也必须与 TDC 同步进行，这样，由于处理检测输出的控制单元（ECU）的取样同步，有时不能正确地确定空气/燃料比的变化。即，例如，当排气合流部的空气/燃料比相对于 TDC 如图 37 所示情形时，由控制单元识别的空气/燃料比如图 38 所示，由于取样同步而成为完全不同的值。这时，最好在能尽可能正确把握实际空气/燃料比传感器的输出变化的位置取样。

另外，空气/燃料比的因废气到达传感器的时间和传感器反应时间的不同而不同。其中，到达传感器的时间因废气的压力、废气的容量等而变化。另外，与 TDC 同步地取样是根据曲轴角度进行取样的，所以，必然要受到机器转速的影响。这样，空气燃料比的检测与机器的运转状态有很大关系。为此，在日本专利公报特开平 1 - 313644 号记载的技术中，虽然在每个预定曲轴角度判断检测是否适当，但其结构复杂，计算时间长，在高速旋转区域恐怕应付不了，且在决定检测的时刻，早已通过了空气/燃料比传感器的输出的变化点。

图 39 是表示该 LAF 传感器的取样动作的程序框图。由于空气/燃料比的检测精度与上述监测器的推断精度有密切关系，所以在说明图 39 之前，先简单说明监测器的空气/燃料比推断。首先，为了从 1 个 LAF 传感器的输出中高精度地分离抽出各气缸的空气/燃料比，必须准确地弄清楚 LAF 传感器的检测反应延迟。因此先将该延迟近似地模型化为 1 次延迟系统，作成为图 40 所示的模型。其中，设 LAF: LAF 传感器输出，A/F: 输入 A/F，则该状态方程式如式 30 所示。

$$\dot{LAF}(t) = \alpha LAF(t) - \alpha A/F(t) \quad \dots \text{式 } 30$$

如用周期 ΔT 将其离散化，则成为如式 31 所示。图 41 是用信号流程图表示式 31 的图。

$$LAF(k+1) = \hat{\alpha} LAF(k) + (1 - \hat{\alpha}) A/F(k) \quad \dots \text{式 } 31$$

其中，

$$\begin{aligned} \hat{\alpha} = & 1 + \alpha \Delta T + (1/2!) \alpha^2 \Delta T^2 + (1/3!) \alpha^3 \Delta T^3 \\ & + (1/4!) \alpha^4 \Delta T^4 \end{aligned}$$

因此，通过采用式 31，就可以从传感器输出中算出真实的空气/燃料比。即，由于能将式 31 改写为式 32 的形式，所以，可如式 33 所示那样，从时刻 k 时的值反算出时刻 $k-1$ 时的值。

$$A/F(k) = \{LAF(k+1) - \hat{\alpha} LAF(k)\} / (1 - \hat{\alpha}) \quad \dots \text{式 } 32$$

$$A/F(k-1) = \{LAF(k) - \hat{\alpha} LAF(k-1)\} / (1 - \hat{\alpha}) \quad \dots \text{式 } 33$$

具体地说，如果采用 Z 转换以传递函数表示式 31，则成为式 34 所示，将该逆传递函数乘以本次的 LAF 传感器输出 LAF ，就可以在实时地推断出前次的输入空气/燃料比。图 42 是表示该实时的 A/F 推断器的信号流程图。

$$t(z) = (1 - \hat{\alpha}) / (Z - \hat{\alpha}) \quad \dots \text{式 } 34$$

下面，说明从上述求得的真实空气/燃料比中分离抽出各气缸内空气/燃料比的方法。如先前的申请中所述，把排气系统合流部的空气/燃料比

考虑为加权平均值，该加权平均值中考虑了各气缸的空气/燃料比的时间影响程度，把时刻 K 时的值用式 35 表示。另外，由于把 F （燃料量）作为控制量，这里虽然采用“燃料/空气比 F/A ”，但在后面的说明中，为了便于理解，只要不造成混淆，都采用“空气/燃料比”。另外，空气/燃料比（或燃料/空气比）是对式 34 所求得反应延迟进行修正后的真实值。

$$\begin{aligned}
 [F/A] (k) &= C_1 [F/A \#_1] + C_2 [F/A \#_3] \\
 &\quad + C_3 [F/A \#_4] + C_4 [F/A \#_2] \\
 [F/A] (k+1) &= C_1 [F/A \#_3] + C_2 [F/A \#_4] \\
 &\quad + C_3 [F/A \#_2] + C_4 [F/A \#_1] \\
 [F/A] (k+2) &= C_1 [F/A \#_4] + C_2 [F/A \#_2] \\
 &\quad + C_3 [F/A \#_1] + C_4 [F/A \#_3] \\
 &\quad \cdot \\
 &\quad \cdot \\
 &\quad \cdot
 \end{aligned}$$

...式 35

即，合流部的空气/燃料比，是每个气缸的过去燃烧滞后与加权系数 C_n （例如最近燃烧的气缸为 40%，在此之前燃烧的气缸为 30%，依此类推）的乘积之和。将该模型用信号流图表示时，即为图 43 的形式。

其状态方程式如式 36 所示。

$$\begin{pmatrix} x(k-2) \\ x(k-1) \\ x(k) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x(k-3) \\ x(k-2) \\ x(k-1) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} u(k)$$

...式 36

若把合流部的空气/燃料比定义为 $y(k)$ ，则输出方程式如式 37 所示。

$$y(k) = [c_1 \ c_2 \ c_3] \begin{pmatrix} x(k-3) \\ x(k-2) \\ x(k-1) \end{pmatrix} + c_4 u(k)$$

...式37

式中, $C_1: 0.05$, $C_2: 0.15$, $C_3: 0.30$, $C_4: 0.50$

上述中, 由于 $u(k)$ 无法进行观察, 从该状态方程式中可见即使设置观测器, 也不可能观察 $x(k)$ 。因此, 假定在 4TDC 前 (即同一气缸) 的空气/燃料比处在急剧变化的正常运转状态, 设 $x(k+1)=x(k-3)$, 由如式 38 所示。

$$\begin{pmatrix} x(k-2) \\ x(k-1) \\ x(k) \\ x(k+1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x(k-3) \\ x(k-2) \\ x(k-1) \\ x(k) \end{pmatrix}$$

$$y(k) = [c_1 \ c_2 \ c_3 \ c_4] \begin{pmatrix} x(k-3) \\ x(k-2) \\ x(k-1) \\ x(k) \end{pmatrix}$$

...式38

现在揭示如上述那样求得的模型的模拟结果。图 44 是表示在 4 气缸内燃机中, 以 3 个气缸的空气/燃料比为 14:7:1, 只有一个气缸的空气/燃料比为 12.0:1 供给燃料时的情况。图 45 表示用上述模型求出此时合流

部的空气/燃料比的情形。该图中，虽然能求出阶梯状的输出，但若进一步考虑 LAF 传感器的反应延迟，则传感输出为如图 46 中“模型输出值”所示那样的平缓波形。图中的“实测值”是相同情形时的 LAF 传感器输出的实测值，两者相比较，可见上述模型可使多气缸内燃机的排气系统很好地模化。

因此，归结到在式 39 所示状态方程式和输出方程式观察 $x(k)$ 的通常的卡尔曼滤波器的问题。其负载矩阵 Q 、 R 如式 40 所示，解 Riccati 方程式时，增益矩阵 k 如式 41 所示。

$$\begin{cases} X(k+1) = A X(k) + B u(k) \\ y(k) = C X(k) + D u(k) \end{cases} \quad \dots \text{式 } 39$$

式中，

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad C = [c_1 \ c_2 \ c_3 \ c_4] \quad B = D = [0]$$

$$X(k) = \begin{bmatrix} x(k-3) \\ x(k-2) \\ x(k-1) \\ x(k) \end{bmatrix}$$

$$Q = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad R = [1] \quad \dots \text{式 4 0}$$

$$K = \begin{bmatrix} 0.0436 \\ 0.2822 \\ 1.8283 \\ -0.2822 \end{bmatrix} \quad \dots \text{式 4 1}$$

从中求 $A - Kc$ 时，则成为式 42

$$A - KC = \begin{bmatrix} -0.0022 & 0.9935 & -0.0131 & -0.0218 \\ -0.0141 & -0.0423 & 0.9153 & -0.1411 \\ -0.0914 & -0.2742 & -0.5485 & 0.0858 \\ 1.0141 & 0.0423 & 0.0847 & 0.1411 \end{bmatrix} \quad \dots \text{式 4 2}$$

一般的监测器构造如图 47 所示，但由于在本次的模型中没有输入值 $u(k)$ ，所以，如图 48 所示，成为只输入 $y(k)$ 的结构，将其用公式表示则如式 43 所示。

$$\left\{ \begin{array}{l} \hat{X}(k+1) = [A-KC] \hat{X}(k) + Ky(k) \\ \hat{X}(k) = [0 \ 0 \ 0 \ 1] \begin{bmatrix} \hat{X}(k-3) \\ \hat{X}(k-2) \\ \hat{X}(k-1) \\ \hat{X}(k) \end{bmatrix} \end{array} \right.$$

...式4 3

式中，把 $y(k)$ 作为输入的监察器、即卡尔曼筛选程序的系统矩阵如式 44 所示。

$$S = \left[\begin{array}{cc|c} A-KC & K \\ \hline 0 \ 0 \ 0 \ 1 & 0 \end{array} \right] \quad \dots \text{式} 4 \ 4$$

在本次的模型中，Riccati 方程式的荷载分配量 R 的因素是： Q 的因素 = 1：1 时，卡尔曼筛选程序的系统矩阵 S 如式 45 所示，

$$S = \begin{bmatrix} -0.0022 & 0.9935 & -0.0131 & -0.0218 & 0.0436 \\ -0.0141 & -0.0423 & 0.9153 & -0.1411 & 0.2822 \\ -0.0914 & -0.2742 & -0.5485 & 0.0858 & 1.8283 \\ 1.0141 & 0.0423 & 0.0847 & 0.1411 & -0.2822 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 1.0000 & 0.0000 \end{bmatrix}$$

...式4 5

图 49 表示将上述模型与监测器组合的情形。模拟结果因已在先前的

申请中表示，此处从略，这样，可从合流部空气/燃料比中切实地抽出各气缸的空气/燃料比。

由于通过监测器可以根据合流部的空气/燃料比推断各气缸的空气/燃料比，所以，用 PID 等的控制法则可以对每个气缸分别地控制空气/燃料比。具体地说，如图 50（由图 36 的监测器所构成的反馈部分）所示，用 PID 控制法则根据传感器输出（合流部空气/燃料比）和期望空气/燃料比求合流部反馈修正系数 K_{LAF} ，并从监测器推断值 $\#nA/F$ 求每个气缸的反馈修正系数 $\#nK_{LAF}$ （ n ：气缸）。

更具体地说，每个气缸的反馈修正系数 $\#nK_{LAF}$ 是用 PID 法则求得的，以便消除期望值与监测器推断值 $\#nA/F$ 的偏差。所述的期望值是用每个气缸的反馈修正系数 $\#nK_{LAF}$ 对全部气缸的平均值的前次计算值除合流部空气/燃料比而求得的。

这样，各气缸的空气/燃料比比收敛于合流部空气/燃料比，合流部空气/燃料比收敛于期望空气/燃料比，其结果，全部气缸的空气/燃料比收敛于期望空气/燃料比。这里，各气缸的燃料喷射量 $\#nT_{out}$ （由喷射器的开阀时间规定）用式

$$\#nT_{out} = TCYI \times \#nK_{LAF} \times K_{LAF}$$

求出。

下面，回到图 39 的程序框图，说明对 LAF 传感器的输出的取样。另外，该程序在 TDC 位置起动。

如图 39 所示，先在 S1200 读出机器转速 N_e 、进气压力 P_b 、阀调速 V/T ，进入 S1204、S1206，检索 HiV/T 或 LoV/T 用的调速图（后述），进入 S1208，对用于 Hi 或 Lo 阀调速用的监测器计算的传感器输出进行取样。具体地说，根据机器转速 N_e 和进气压力 P_b 查脉冲波形图，用缓冲器的编号选择上述几个缓冲器的其中任一个，选择储存于此的取样值。

图 51 是表示脉冲波形图特性的说明图。图示的特性是这样设定的：机器转速 N_e 越低或进气压力（负荷） P_b 越高，则选择在较早的曲轴角度取样的值。这里所述的“较早”是指在靠前次 TDC 位置近的位置取样的值（换言之，是旧的值）。反之，当机器转速 N_e 越高或进气压力 P_b

越低，则选择在迟后的曲轴角度取样的值，即，在靠近后一 TDC 位置的角度取样的值（换言之，是新的值）。

即，如图 38 所示，最好在尽可能地靠近实际空气/燃料比的拐点位置对 LAF 传感器的输出取样，但是，假定传感器的反应时间为常数，则该拐点例如最初的峰值如图 52 所示地，机器转速越低则在较早的曲轴角度产生。另外，负荷越高，废气压力和废气容积越增加，因此，废气的流速增加，到达传感器的时间就早。从该意义上，如图 51 所示地设定取样调时。

关于阀调速，是将机器转速的任意值 $Ne1$ 对 Lo 侧设为 $Ne1-Lo$ ，对 Hi 侧设为 $Ne-Hi$ ，关于进气压力也是将其任意值对 Lo 侧设为 $Pb1-Lo$ ，对 Hi 侧设为 $Pb1-Hi$ ，则图特性为

$$Pb1-Lo > Pb1-Hi$$

$$Ne1-Lo > Ne1-Hi$$

即，图的特性是这样设定的：在 HiV/T 时，排气阀的打开时刻比 LoV/T 的早，所以，当机器转速或进气压力的值相同时，则选择早期的取样值。

接着进入 S1210，就 HiV/T 进行监测器矩阵的计算，再进入 S1212，就 LoV/T 进行同样的计算。接着进入 S1214，再次判断阀调速，根据判断结果进入 S1216、S1218，选择计算结果后结束。

即，随着阀调速的切换，空气/燃料比的合流部的状况也变化，所以，需要变更监测器矩阵。但是，各气缸的空气/燃料比的推断不能在瞬间进行，在收敛结束之前，各气缸的空气/燃料比推断计算要进行数次，所以，把用阀调速变更前的监测器矩阵进行的计算和用变更后的监测器矩阵进行的计算叠加起来，即使阀调速的变更在进行，在 S1214 也能根据变更后的阀调速进行选择。另外，各气缸被推断后，如前所述，为了消除与期望值的偏差，求出反馈修正系数决定喷射量。

根据该结构，能提高空气/燃料比的检测精度。即，如图 53 所示，由于以较短的间隔取样，取样值能大致真实地反映传感器的输出，并且把以较短间隔取样的值依次地储存到缓冲器内，根据机器转速和进气压力（负荷）预测传感器输出的拐点，在预定曲轴角度从缓冲器中选择与

其对应的值。然后，进行监测器的计算，推断各气缸的空气/燃料比，如图 50 所示，也能逐一对气缸进行空气/燃料比的反馈控制。

因此，如图 53 下部所示，CPU 芯片能正确识别传感器输出的最大值和最小值。因此，根据该结构，用上述的监测器推断各气缸的空气/燃料比时，也可使用与实际空气/燃料比状况近似的值，提高监测器的推断精度，其结果，图 50 所示的逐一地对上述气缸进行空气/燃料比反馈控制时的精度也提高。其详细内容已在本申请人曾提出的日本专利公报特愿平 6 - 243277 号中记载，此处省略其详细说明。

上面所述的是由监测器对 LAF 传感器的输出进行的取样动作（在图 36 中表示为 Sel-OBSV），STR 控制器也进行同样的取样动作（在图 36 中表示为 Sel-VSTR）。

即，该 Sel-VSTR 也按与在 Sel-VOBSV 进行的同样的顺序，即，按与图 39 同样的程序框图所示的顺序求得。Sel-VOBSV 是在监测器逐一地对气缸进行空气/燃料比推断的最佳定时（例如前述监测器的加权系数 C 对于模型的最适当定时），与检测空气/燃料比相对应，使用与 Sel-VOBSV 所示的图 51 同样的图，检测空气/燃料比。以使其 Sel-VSTR 在使 STR 动作时成为最佳定时（例如最受最近一次排气冲程的气缸影响的空气/燃料比的检测定时）。

以上述理由为前提，参照图 35 的程序框图说明第 10 实施例。经过与第 1 实施例同样的步骤 S1100 或 S1110 进入 S1112，由 Sel-VSTR 对 LAF 传感器的输出取样，即检测空气/燃料比 $KACT(k)$ 。然后进入 S1114，与第 1 实施例同样地计算反馈修正系数 $KSTR$ 。具体地说，用第 1 实施例中使用的图 11 程序方框图进行计算。

接着，进入 S1116、S1118，求出要求燃料喷射量 $Tcyl(k)$ 和输出燃料喷射量 $Tout(k)$ ，进入 S1120，由 Sel-VOBSV 对 LAF 传感器的输出取样，即检测当量比 $KACT(k)$ 。接着进入 S1122，通过上述的监测器推断各气缸的空气/燃料比 $\#nA/F$ ，进入 S1124，计算每个气缸的反馈修正系数 $\#nKLAF$ ，进入 S1126，根据与前次值的加权平均值等求算学习值 $\#nKLAFsty$ ，进入 S1128，将输出燃料喷射量 $TOUT$ 乘以每个气缸的反馈修正系数 $\#nKLAF$ 进行修正，求得该气缸的输出喷射量 $\#nTOUT$ ，进入

S1130, 进行进气管壁面附着修正, 进入 S1132 输出。

当在 S1108 - S1110 为否定时, 则进入 S1134, 如图所示求要求燃料喷射量 $T_{cyl}(k)$, 进入 S1136, 读出每个气缸的反馈修正系数 $\#nKLA_{Fsty}$ 的学习值, 进入 S1138, 把学习值作为修正系数 $\#nKLA_F$ 。当在 S1104 判定为燃料切断时, 经过 S1144 进入 S1146, 停止矩阵计算, 并进入 S1148, 每个气缸的反馈修正系数作为前次值。其余步骤与第 1 实施例相同。

由于第 10 实施例如上述那样构成, 与第 1 实施例同样地, 一边计算自适应参数, 一边使向参数调节机构的输入与燃烧周期同步, 所以, 参数调节机构的计算负担大幅度减少, 确保控制性能, 并能将自适应控制器用于实际机器上, 同时, 还能减少气缸间的差异。

另外, 与第 1 实施例同样地, 对于全部气缸求 1 个燃烧周期期间的空气/燃料比 $KACT$ 的平均值和自适应参数的平均值, 并输入到参数调节机构内, 同时, 也求 STR 控制器的输出平均值, 所以, 不大受特定气缸的燃烧状态的影响。

另外, 在第 10 实施例中, 当然也可以与第 2 实施例同样地, 求自适应参数 θ 或 $KSTR$ 的平均值, 或者同时求空气/燃料比 $KACT$ 和自适应参数 θ 的平均值。另外, 期望空气/燃料比 $KCMD(k)$ 也可以在全部气缸中为同一值。

另外, 第 2、第 3、第 4、第 5、第 6、第 7、第 8、第 9 实施例中的描述都适用于第 10 实施例。

图 54 和图 55 是表示本发明装置第 11 实施例的程序框图和信号流程图。

第 11 实施例如图 55 所示, 把 STR 控制器和参数调节机构串联地插入燃料喷射量计算系统中。即, 与第 1 实施例同样地, 把期望空气/燃料比修正系数 $KCMDM(k)$ 和各种修正系数 $KTOTAL$ 乘以基本燃料喷射量 T_{im} , 求得要求燃料喷射量 $T_{cyl}(k)$ 后, 把修正后的要求燃料喷射量 $T_{cyl}(k)$ 输入 STR 控制器。

另一方面, 与第 1 实施例同样地, 根据检测出的气系统合流部的空气/燃料比求平均值 $KACT_{AVE}$ 和 $\hat{\theta}_{AVE}$, 在 STR 控制器对要求燃料喷

射量 $T_{cyl}(k)$ 进行动态修正，算出修正燃料喷射量 $G_{fuel-str}(k)$ 。

同时，根据检测出的排气系统合流部的空气/燃料比用 PID 控制法则求合流部的反馈修正系 K_{LAF} ，乘以要求燃料喷射量 $T_{cyl}(k)$ ，算出修正燃料喷射量 $G_{fuel-KLAF}(k)$ 。

图 55 中，STR 控制器算出输出燃料量 $G_{fuel-str}(k)$ ，以便使实际吸入燃料量（更准确地说是推断吸入燃料量） $G_{fuel}(k)$ 与期望燃料量 $T_{cyl}(k)$ 一致地适应性地作为输出燃料喷射量 $T_{out}(k)$ 供给内燃机。另外，在假想设备的壁面付着修正已在本申请人曾提出的日本专利公报特愿平 4 - 200331 号（特开平 6 - 17681）中已做了详细的描述，也不是本发明的要点，故其说明从略。

这里所述的实际吸入燃料量 $G_{fuel}(k)$ 也可以用检测空气量除以检测空气/燃料比求得，但在实施例 1 中，由于不备有空气量检测器（气流计），所以用检测空气/燃料比乘以期望吸入燃料量（要求喷射量） $T_{cyl}(k)$ 。用此方法计算得到的实际吸入燃料量与用检测空气量计算得到的值相等。另外，如前所述，在该控制中，实际把期望空气/燃料比和检测空气/燃料比表示为当量比。

当期望空气/燃料比不是理论空气/燃料比时，进一步将算出值除以期望空气/燃料比，求出实际吸入燃料量。即，当期望空气/燃料比是理论空气/燃料比时，实际吸入燃料量用式：

实际吸入燃料量 = 要求喷射量（期望吸入燃料量）× 检测空气/燃料比（当量比）求出；当期望空气/燃料比不是理论空气/燃料比时，实际吸入燃料量用式

实际吸入燃料量 = （要求喷射量（期望吸入燃料量）× 检测空气/燃料比（当量比））/ 期望空气/燃料比（当量比）

求出。

参照图 54 说明上述内容。经过与上述实施例同样的步骤 S1300 至 S1316 进入 S1318，算出空气/燃料比的平均值 K_{ACTAVE} 和自适应参数 $\hat{\theta}$ 的平均值 $\hat{\theta} - AVE$ 。

接着经过 S1320 至 S1322 进入 S1324，与第 1 实施例同样地判断自适应控制系统（STR 控制器）是否不稳定。

图 56 是表示该作业的子程序程序框图。

如图 56 所示，先在 S1400 用自适应参数 θ 的各因素判断 STR 控制系统的稳定性。

具体地说，STR 控制器算出的燃料喷射量 $G_{\text{fuel-STR}}(k)$ 由式 46 算出。

$$T_{\text{out-str}}(z^{-1}) = \{T_{\text{cyl}}(z^{-1}) - s_0 G_{\text{fuel}}(z^{-1}) - (r_1 z^{-1} + r_2 z^{-2} + r_3 z^{-3}) \times G_{\text{fuel-str}}(z^{-1})\} / b_0 \quad \dots \text{式} 46$$

假定付着修正是正确的，假想设备的传递函数如式 47 所示。

$$G_{\text{fuel}}(z^{-1}) = z^{-3} G_{\text{fuel-str}}(z^{-1}) \quad \dots \text{式} 47$$

从式 46 和式 47，由 $T_{\text{cyl}}(k)$ 到喷射量 $G_{\text{fuel-STR}}(k)$ 的传递函数如式 48 所示。

$$\frac{G_{\text{fuel-str}}(z^{-1})}{T_{\text{cyl}}(z^{-1})} = \frac{1}{b_0 z^3 + r_1 z^2 + r_2 z + r_3 + s_0} z^3 \quad \dots \text{式} 48$$

$$\therefore (b_0 + s_0 z^{-3} + r_1 z^{-1} + r_2 z^{-2} + r_3 z^{-3}) G_{\text{fuel-str}}(z^{-1}) = T_{\text{cyl}}(z^{-1})$$

式中， b_0 是决定增益的向量，不能为 0 或负数，所以式 48 的传递函数的分母函数 $f(Z) = B_0 Z^3 + r_1 Z^2 + r_2 Z + R_3 + S_0$ 为图 14 所示函数之一。因此，判断实际是否在单位圆内。即，如图 15 所示，判断是否 $f(-1) < 0$ 或 $f(1) > 0$ ，如果判断为肯定，则表示实根在单位圆内，由此可容易地判断出系统是否稳定。

然后在 S1402，根据上述判断 STR 控制系统是否不稳定，如果是不稳定，进入 S1404，将自适应参数 $\hat{\theta}$ 返回到初始值。这样，可以恢复系统的稳定。接着进入 S1406，修正增益矩阵 Γ ，由于增益矩阵 Γ 是决定收敛速度的，所以该修正是把收敛速度减慢，这样也同样地可恢复系统的稳定。接着进入 S1408，如图所示，把用 PID 控制法则计算的修正系

数 $K_{LAF}(k)$ 作为反馈修正系数，用修正燃料喷射量 $G_{fuel-KLAF}$ 加上加法项 $TTOTAL$ ，算出输出燃料喷射量 $T_{out}(k)$ 。

当在 S1402 判断为 STR 控制系统是稳定的时，则进入 S1410，如图所示，把自适应性控制法则计算的修正系数 $K_{STR}(k)$ 作为反馈修正系数，用修正后的燃料喷射量 $G_{fuel-str}(k)$ 加上加法项 $TTOTAL$ ，算出输出燃料喷射量 $T_{out}(k)$ 。

返回到图 54 的程序框图，进入 S1326，将输出燃料喷射量输出后结束。第 11 实施例中，空气/燃料比等的平均值的计算与上述实施例不同，不限定于在特定气缸的预定曲轴角度进行，而是可以在各气缸的预定曲轴角度进行。其余的构成与上述实施例相同。

第 11 实施例中，如上所述那样构成，也可以与第 1 实施例同样地，一边计算自适应参数，一边使得向参数调节机构的输入与燃料周期同步，这种情况下，能大幅度地减少参数调节机构的计算负担，确保可控性，并能将自适应控制器实际地使用到机器上。另外，缩短了等待时间，可提高控制性能。

另外，在第 11 实施例中，也是求全部气缸的控制量的平均值并输入到参数调节机构，所以，不大受特定气缸的燃料状态的影响。

另外，在第 1 至第 11 实施例中，平均值是采用的简单平均值，但并不限于此，也可以采用加权平均值、移动平均值、加权移动平均值等。另外，在第 1 至第 11 实施例中，是求向参数调节机构的输入同步进行的 1 个燃烧周期间的平均值，但是也可以求最近 2 燃烧周期的平均值，或求小于 1 燃烧周期的例如 2 至 3TDC 间的平均值。

当然也可以如上述那样分别地设置 Sel-VOBSV 和 Sel-VSTR，用它们分别地检测最佳空气/燃料比，但是，因机器的特性和排气系统的配置的原因，Sel-VOBSVt 和 Sel-VSTR 几乎在大部分的运转区域显示同一的检测空气/燃料比，所以在这种情况下，也可以将它们的取样功能统一起来检测空气/燃料比，并将其输出用于监测器和 STR 两者的输入中。例如，也可以将图 36 配置成只有 Sel-VOBSV 的形式，将其输出利用到监测器和 STR 中。另外，第 1 实施例等中的空气/燃料比是采用的当量比，当然也可以分别地设定空气/燃料比和当量比。另外，是将反馈修正系数

KSTR、 $\#n$ KLAF、KLAF 作为乘法项计算的，但也可以将它们作为加法项计算。

另外，上述实施例中，自适应控制器是用 STR 为例进行说明的，但也可以采用 MRACS（典型基准型适应控制）。

另外，在上述实施例中，采用设在排气合流部的单一空气/燃料比传感器的输出，但并不限于此，也可以在每个气缸上设置空气/燃料比传感器，根据这些传感器检测的空气/燃料比对每个气缸进行空气/燃料比反馈控制。

〔产业上利用的可能性〕

本发明的多气缸内燃机的燃料喷射控制装置具有：控制多气缸内燃机燃料喷射量的燃料喷射量控制装置、将上述燃料喷射量作为操作量并使其适应性地与期望值一致的自适应控制器和算出上述自适应控制器所用自适应参数的自适应参数调节机构，使向上述自适应参数调节机构的输入与上述内燃机的特定燃烧周期同步进行，同时在内燃机的燃料控制周期中，上述自适应参数调节机构根据空气/燃料比和缸内燃料量至少任意一个参数进行自适应参数的计算，所以，能减少矩阵计算量，减轻车载计算机的负担，即使用一般的车载计算机也能在 1TDC 内完成计算。同时，采用自适应控制算法（该自适应控制算法具有采用 Landau 等人的调节法则的参数调节机构）适应性地计算反馈修正系数的情况下，在每一个 TDC 的每个燃料控制周期使参数调节机构动作时，通过把在自适应调节机构使用的输入作为每个燃烧周期的值，能提高控制性能，减少等待时间，减少内部变量的计算次数。

另外，由于使向上述自适应参数调节机构的输入与上述内燃机的特定气缸的燃料控制周期同步地进行，所以，除了上述作用或效果外，还能使上述自适应参数调节机构与特定气缸的燃料控制周期同步地计算，能进一步缩短计算时间，在高转时也能继续进行自适应控制。

另外由于使上述自适应控制器与上述内燃机的燃料控制周期同步动作，所以，与自适应参数的计算周期无关地接受自适应参数并计算反馈修正系数的自适应控制器，使其在每个 TDC 等的每个燃料控制周期动作，即使在将参数机构的计算次数减少为每燃烧周期 1 次的情况下，由

于在每个燃烧控制周期计算反馈修正系数，也能最适当地始终对空气/燃料比进行反馈控制。

另外，本发明的内燃机的燃料喷射控制装置具有：检测内燃机的排气空气/燃料比的空气/燃料比检测装置、在每一个燃料控制周期控制内燃机燃料喷射量的燃料喷射量控制手段和至少基于检测出的排气空气/燃料比、用递推形式的控制器把上述燃料喷射量作为操作量使其与期望值一致的递推形式的控制器，在预定的运转状态下使上述递推形式的控制器与比燃料控制周期长的周期同步动作。所以，能减少由递推形式的控制器增加的计算量，减轻车载计算机的负担，用一般的车载计算机也能在1个TDC内完成计算。

这里所述的“预定运转状态”是指内燃机的高速旋转状态。即，在高速旋转时，虽然1次计算所能使用的时间缩短，但通过上述的结构，在高速旋转时也能继续自适应控制另一方面，在高速旋转时，由于自适应参数和检测空气/燃料比散乱较少，即使为上述的结构也不会使可控性恶化。因此，在高速旋转时等计算时间少的运转状态下，也能继续自适应控制，从而可确保良好的空气/燃料比的可控性。

另外，由于上述递推形式的控制器是自适应控制器，所以，用自适应控制算法（该自适应控制算法具有采用Landau等人的调节法则的参数调节机构）计算反馈修正系数时，可减少在递推形式的控制器中，尤其由计算时间长的自适应控制器增加的计算量，减轻车载计算机的负担，即使用一般的车载计算机也能在1个TDC内完成计算。

另外，由于上述自适应控制器备有计算其所用自适应参数的自适应参数调节机构，至少将检测出的排气空气/燃料比输入到上述自适应参数调节机构，并使适应参数调节机构在预定的运转状态下在比上述燃料控制周期长的周期同步动作，所以，除上述作用或效果外，还能使上述自适应参数调节机构与特定气缸的燃料控制周期同步地动作，能更加缩短计算时间，在高速旋转时也能继续进行自适应控制。这里所述的比燃料控制周期长的周期是指相当于燃烧周期整数倍的值。

另外，由于输入到上述递推形式控制器内的检测空气/燃料比，是基于在比上述递推形式控制器的动作周期短的周期检测出的若干值的，所

以，除了上述的作用和效果外，例如，通过把该若干值当成为若干个检测值的平均值，在特定气缸的预定曲轴角度经常动作时，也不会产生只强烈反映该特定气缸燃烧状态的问题。

另外，由于上述自适应参数调节机构所输入的检测空气/燃料比，是基于在比上述自适应参数调节机构的动作周期短的周期检测出的若干值的，所以，同样地，例如，通过把该若干值当成为若干个检测值的平均值，在特定气缸的预定曲轴角度经常动作时，也不会产生只强烈反映该特定气缸燃烧状态的问题。

另外，由于本发明内燃机的燃料喷射控制装置，由控制内燃机燃料喷射量的燃料喷射量控制装置、将上述燃料喷射量作为操作量并使其与期望值一致地动作的自适应控制器和算出上述自适应控制器所用自适应参数的自适应参数调节机构构成，并且备有检测上述内燃机运转状态的运转状态检测装置，根据上述检测出的运转状态，改变上述自适应控制器和自适应参数调节机构中至少一方的控制周期，所以，能减轻计算负担，在高速旋转等计算时间减少的运转状态下，也能继续进行自适应控制，可得到良好的控制性能。

另外，由于上述自适应参数调节机构的控制周期为上述自适应控制器控制周期的整数倍，所以，使特别需要时间的自适应参数调节机构的计算，在STR控制器的控制周期的若干次中以1次的比例进行，确保控制性能并有效地削减了计算量，使实际进行燃料控制的STR控制器的计算次数相对增加，这样，即使在高速旋转等计算时间减少的运转状态下也能确保良好的控制性能，且能继续进行自适应控制，可得到良好的控制性能。

另外，由于用燃料控制周期的整数倍的周期改变上述自适应控制自适应参数调节机构中的至少一方的控制周期，所以，在燃料控制周期整数倍的期间继续使用由自适应控制器求出的操作量，能进一步减轻计算负担，即使在高速旋转等计算时间减少的运转状态下也能容易地继续进行自适应控制，可得到良好的控制性能。

另外，由于上述的运转状态至少是机器的转速，所以，能切实地检测高速旋转等计算时间减少的运转状态，这样，能减轻计算负担，在这

样的运转状态下也能继续进行自适应控制，可得到良好的控制性能。

另外，由于本发明的内燃机的燃料喷射控制装置具有：设在内燃机排气系统内的用于检测排气空气/燃料比的空气/燃料比检测装置，用于检测至少包含机器转速和机器负荷的上述内燃机运转状态的运转状态检测、至少根据上述检测出的内燃机运转状态，在各气缸的预定曲轴角度确定各气缸燃料喷射量的燃料喷射量确定装置、根据上述确定的燃料喷射量，向各气缸喷射燃料的燃料喷射装置和修正上述燃料喷射量的反馈装置，该反馈手段备有自适应控制器和推断自适应参数的自适应参数调节机构，且上述自适应控制器至少使根据上述空气/燃料比检测装置的输出得到的控制量与期望值一致，上述自适应参数要构和自适应控制器以独立的动作周期动作，所以，能获得与上述同样的优点。

上述第1实施例至第11实施例的各实施例，具有上述的效果和作用，若将这些实施例中的几个组合起来则能在内燃机的燃料控制装置中得到更好的控制性能，换言之，能更正确地进行废气空气/燃料比的控制。如果把所有的实施例都运用到机器的运转状态中，当然能得到最有效的作用和效果。

上述第1实施例至第11实施例可根据作用、效果区分成下述几类。

第1实施例是把自适应控制器用于内燃机的燃料控制装置，具有提高自适应控制器的控制性能（计算精度）和扩大计算处理能力的作用、效果。还具有能消除因机器的特定运转状态而引起的个别气缸的空气/燃料比偏差的作用、效果。另外还具有防止随着机器的运转状态的变化，在切换自适应控制器和PID控制器时出现的控制性能恶化的作用、效果。第7实施例相当于第1实施例的实际使用例。第7实施例具有在所有的运转状态下都能确保自适应控制器的优良控制性能的作用、效果。

第2实施例和第3实施例涉及自适应控制器的计算方法。第2实施例是根据机器的运转状态恰当地设定自适应控制器的增益矩阵 Γ 。具有提高自适应控制器的控制性能（计算精度）和扩大计算处理能力及便于设定控制特性的作用、效果。第3实施例是根据设备输出的情况设定自适应控制器的增益矩阵 Γ ，具有提高自适应控制器的控制性能（计算精度）和扩大计算处理能力的作用、效果。

第4实施例涉及向自适应控制器输入的信号的处理。第4实施例中，由于在向适应性控制器输入的检测空气/燃料比上设有死区，具有能防止因检测空气/燃料比的微小变化而引起的自适应控制器的控制性能（计算精度）的恶化的作用、效果。

第5和第6实施例涉及自适应控制器的计算方法，特别是自适应参数的变化速度。第5实施例中，对自适应控制器所用的自适应参数的变化速度设有界限，具有提高自适应控制器的控制稳定性的作用、效果。第5实施例能稳定地算出自适应控制器所用的自适应参数的变化速度，具有提高自适应控制器的控制性能（计算精度）的作用、效果。

第8和第9实施例涉及自适应控制器的计算方法，特别是特定运转状态下的自适应控制器的计算方法。第8和第9实施例中，根据特定运转状态使自适应控制器的计算方法变化，具有消除因自适应控制器的特定运转状态而引起的个别气缸的空气/燃料比偏差的作用、效果。

第10实施例涉及自适应控制器和个别气缸空气/燃料比控制装置决定的燃料喷射量计算。第10实施例中，是在消除个别气缸空气/燃料比偏差的装置上，又加上了由自适应控制器控制的空气/燃料比控制装置。具有既能消除个别气缸的空气/燃料比偏差又能提高自适应控制器的控制性能（计算精度）的作用、效果。另外，根据机器的运转状态适当地确定空气/燃料比的检测配时，所以具有提高各气缸的空气/燃料比检测（计算）精度和自适应控制器的控制性能（计算精度）的作用、效果。

第11实施例涉及把自适应控制器连接到设备上的方法，相当于第1和第3实施例的变形例。第11实施例中，直接计算燃料喷射量，具有提高自适应控制器的控制性能（计算精度）的作用、效果。另外，根据自适应控制器所用的自适应参数来判断自适应控制器的稳定性，具有提高自适应控制器的控制稳定性和扩大计算处理能力的作用、效果。

以上所述的实施例种类是分别将属于同种类的实施例组合在一起而构成的，因此可以提高各个实施例中所述的作用、效果。如果把几个种类的实施例组合起来，就能得到在各实施例的作用、效果基础上相乘的效果，在内燃机的燃料控制装置中得到良好的控制性能，换言之，正如在前面所述的那样能更加正确地控制废气的空气/燃料比。

如果把第1和第7实施例与第2和第3实施例组合起来使用,则具有提高自适应控制器的控制性能(计算精度)和扩大计算处理能力的作用、效果。

如果把第1、第7与第4实施例组合起来使用,则具有提高自适应控制器的控制性能(计算精度)和扩大计算处理能力的作用、效果。

如果把第1和第7实施例与第5和第6实施例组合起来使用,则具有提高自适应控制器的控制性能(计算精度)和扩大计算处理能力的作用、效果。

如果把第1和第7实施例与第8和第9实施例组合起来使用,则具有能消除因自适应控制器的特定运转状态引起的个别气缸空气/燃料比的偏差并提高自适应控制器的控制性能(计算精度)和扩大计算处理能力的作用、效果。

如果把第1、第7与第10实施例组合起来使用,则具有能消除个别气缸空气/燃料比的偏差并提高自适应控制器的控制性能(计算精度)和扩大计算处理能力的作用、效果。

如果把第1、第7与第11实施例组合起来使用,则具有提高自适应控制器的控制稳定性、提高自适应控制器的控制性能(计算精度)和扩大计算处理能力的作用、效果。尤其是正如在前面所述的那样第11实施例的自适应控制器所用的自适应参数稳定性的判断用在各实施例中是有效的。

如果把第2、第3与第4实施例组合起来使用,则具有提高自适应控制器的控制性能(计算精度)和扩大计算处理能力的作用、效果。

如果把第2、第3实施例与第5、第6实施例组合起来使用,则具有提高自适应控制器的控制性能(计算精度)和扩大计算处理能力的作用、效果。

如果把第2、第3实施例与第8、第9实施例组合起来使用,则具有能消除因自适应控制器的特定运转状态引起的个别气缸空气/燃料比的偏差并提高自适应控制器的控制性能(计算精度)和扩大计算处理能力的作用、效果。

如果把第2、第3与第10实施例组合起来使用,则具有能消除个别

气缸空气/燃料比的偏差并提高自适应控制器的控制性能（计算精度）和扩大计算处理能力的作用、效果。

如果把第2、第3与第11实施例组合起来使用，则具有提高自适应控制器的控制性能（计算精度）和扩大计算处理能力的作用、效果。另外，在第11实施例中，由于根据自适应控制器所用的自适应参数判断自适应控制器的稳定性，所以具有提高自适应控制器的控制稳定性和扩大计算处理能力的作用、效果。

如果把第4、第5与第6实施例组合起来使用，则具有提高自适应控制器的控制性能（计算精度）和扩大计算处理能力的作用、效果。

如果把第4与第8、第9实施例组合起来使用，则具有能消除因自适应控制器的特定运转状态而引起的各气缸空气/燃料比的偏差，并提高自适应控制器的控制性能（计算精度）和扩大计算处理能力的作用、效果。

如果把第4与第10实施例组合起来使用，则具有能消除个别气缸空气/燃料比的偏差并提高自适应控制器的控制性能（计算精度）和扩大计算处理能力的作用、效果。

如果把第4与第11实施例组合起来使用，则具有能消除个别气缸空气/燃料比的偏差并提高自适应控制器的控制性能（计算精度）和扩大计算处理能力的作用、效果。另外，在第11实施例中，由于根据自适应控制器所用的自适应参数判断自适应控制器的稳定性，所以具有提高自适应控制器的控制稳定性和扩大计算处理能力的作用、效果。

如果把第5、第6实施例与第8、第9实施例组合起来使用，则具有能消除因自适应控制器的特定运转状态引起的个别气缸空气/燃料比的偏差并提高自适应控制器的控制性能（计算精度）和扩大计算处理能力的作用、效果。

如果把第5、第6与第10实施例组合起来使用，则具有能消除个别气缸空气/燃料比的偏差并提高自适应控制器的控制性能（计算精度）和扩大计算处理能力的作用、效果。

如果把第5、第6与第11实施例组合起来使用，则具有能提高自适应控制器的控制性能（计算精度）和扩大计算处理能力的作用、效果。

另外，在第 11 实施例中，由于根据自适应控制器所用的自适应参数判断自适应控制器的稳定性，所以具有提高自适应控制器的控制稳定性和扩大计算处理能力的作用、效果。

如果把第 8、第 9 与第 10 实施例组合起来使用，则具有能消除个别气缸空气/燃料比的偏差并提高自适应控制器的控制性能（计算精度）和扩大计算处理能力的作用、效果。

如果把第 8、第 9 与第 11 实施例组合起来使用，则具有能消除因自适应控制器的特定运转状态引起的个别气缸空气/燃料比的偏差并提高自适应控制器的控制性能（计算精度）和扩大计算处理能力的作用、效果。另外，在第 11 实施例中，由于根据自适应控制器所用的自适应参数判断自适应控制器的稳定性，所以具有提高自适应控制器的控制稳定性和扩大计算处理能力的作用、效果。

如果把第 10 与第 11 实施例组合起来使用，则具有能消除个别气缸空气/燃料比的偏差并提高自适应控制器的控制性能（计算精度）和扩大计算处理能力的作用、效果。另外，在第 11 实施例中，由于根据自适应控制器所用的自适应参数判断自适应控制器的稳定性，所以具有提高自适应控制器的控制稳定性和扩大计算处理能力的作用、效果。

一
四

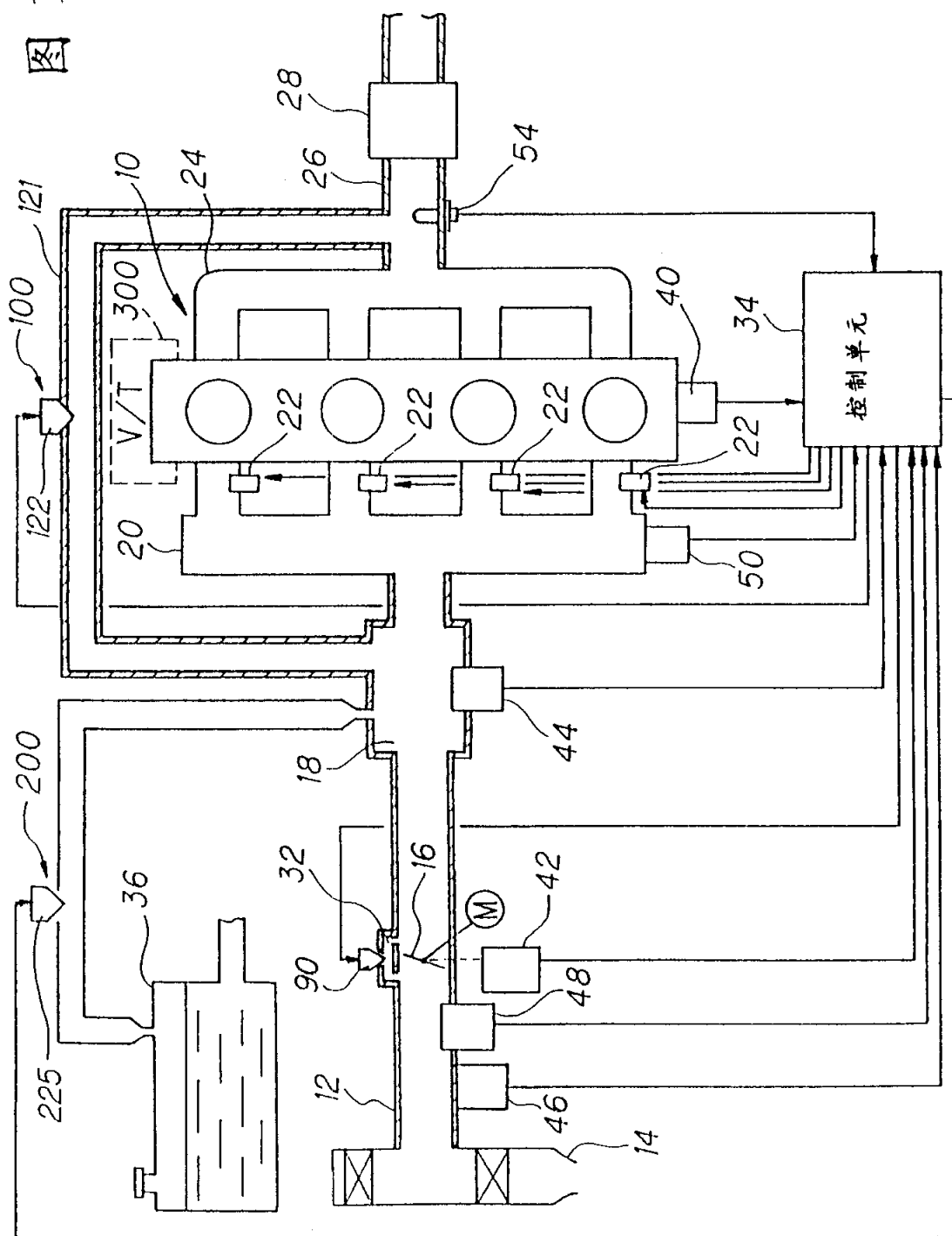




图 3

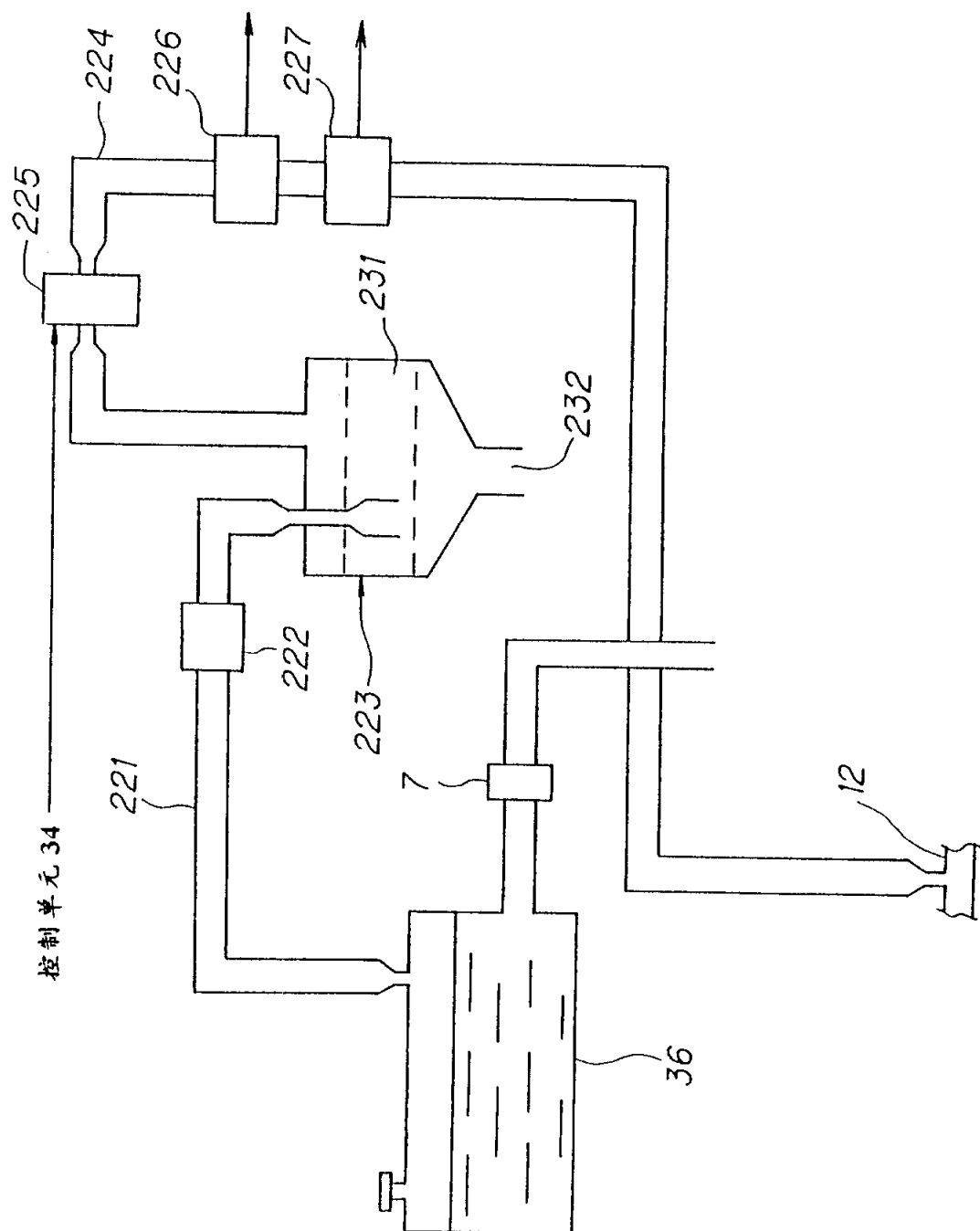


图4

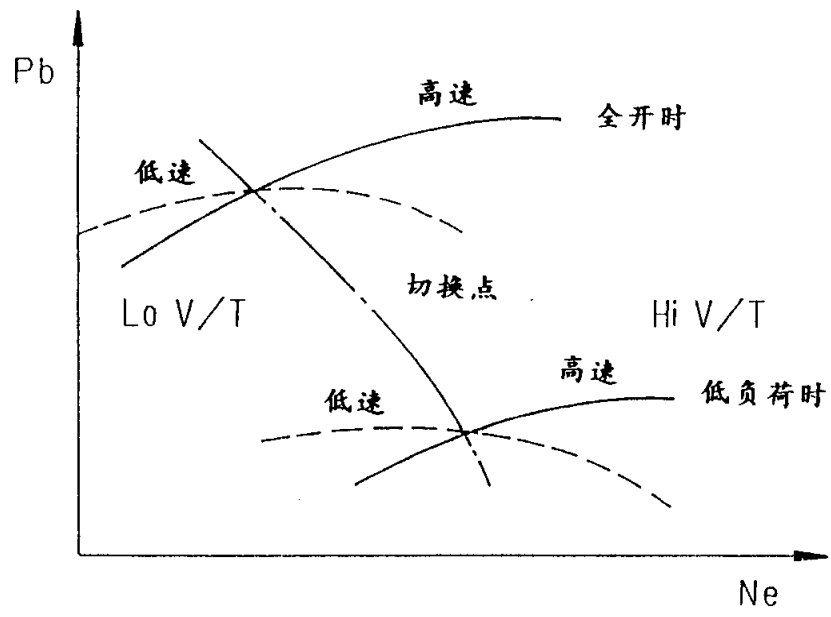


图 5

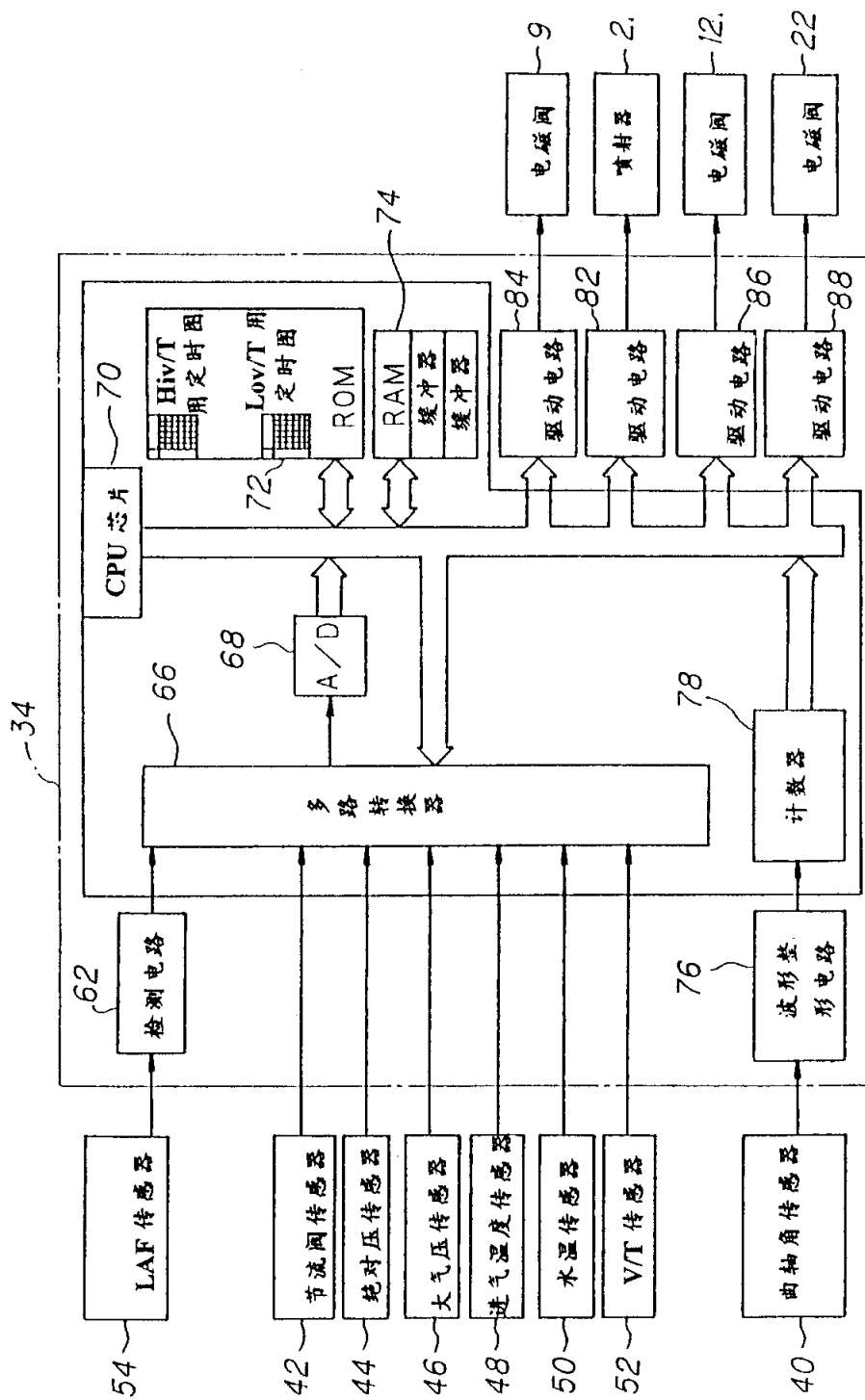


图 6

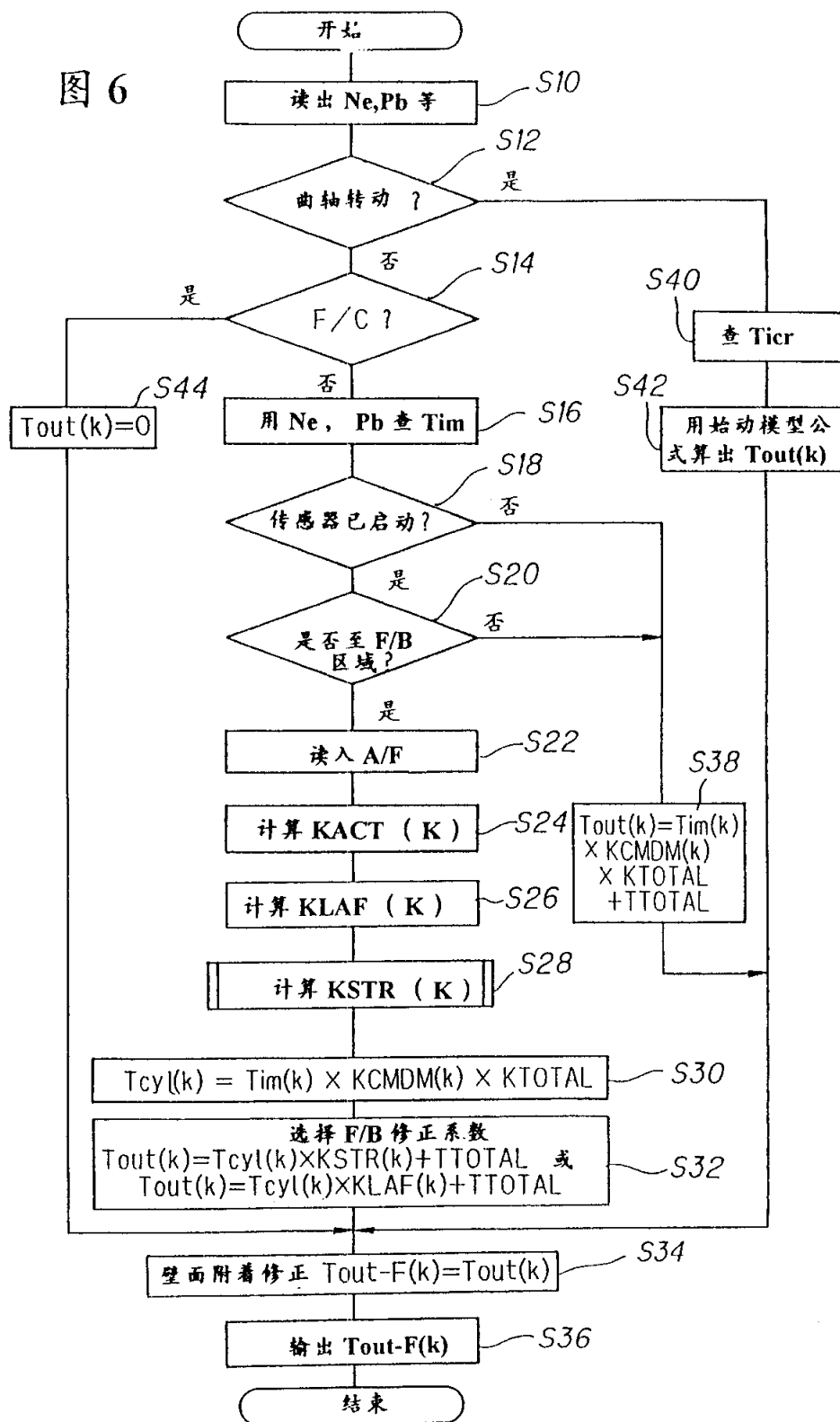
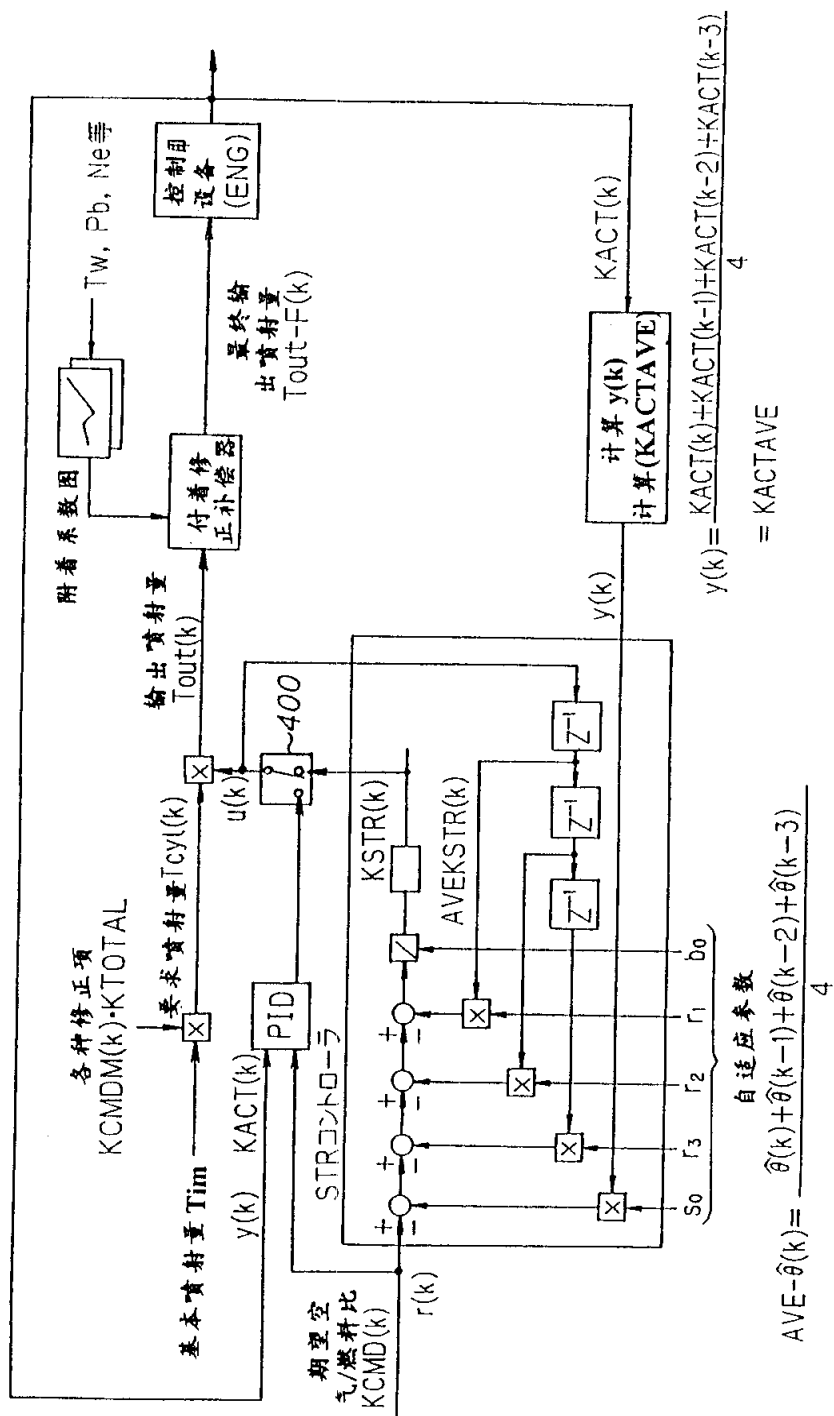


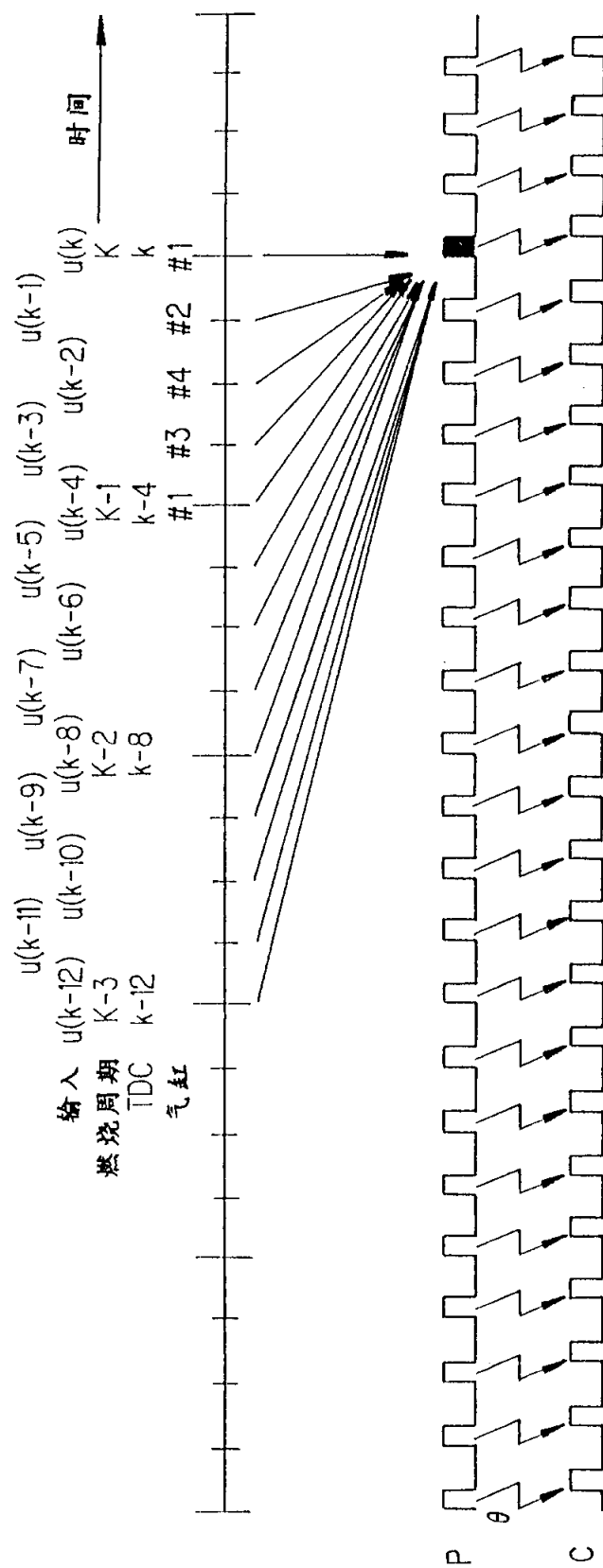
图 7



$$\hat{\theta}^T(k) = [u(k) \ u(k-1) \ u(k-2) \ u(k-3) \ y(k)]$$

参数调节机构

图 8



P: 自适应控制参数调节机构 C: STR 控制器

9

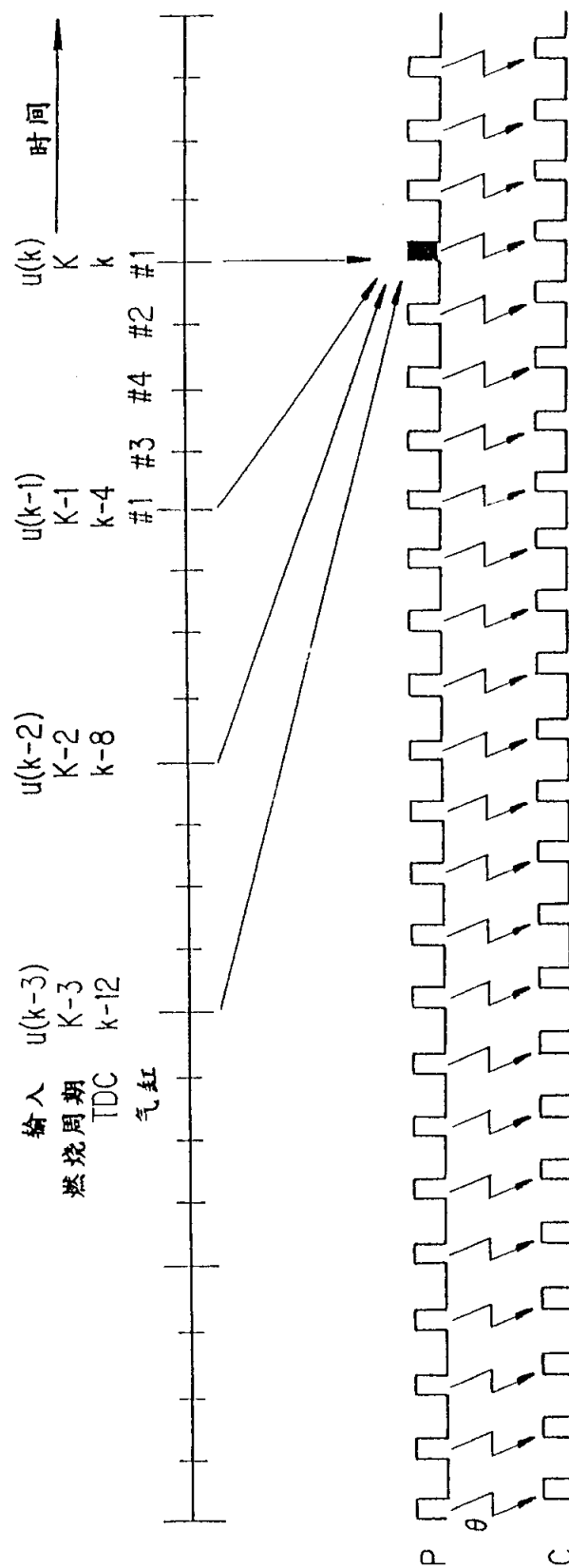


图 10

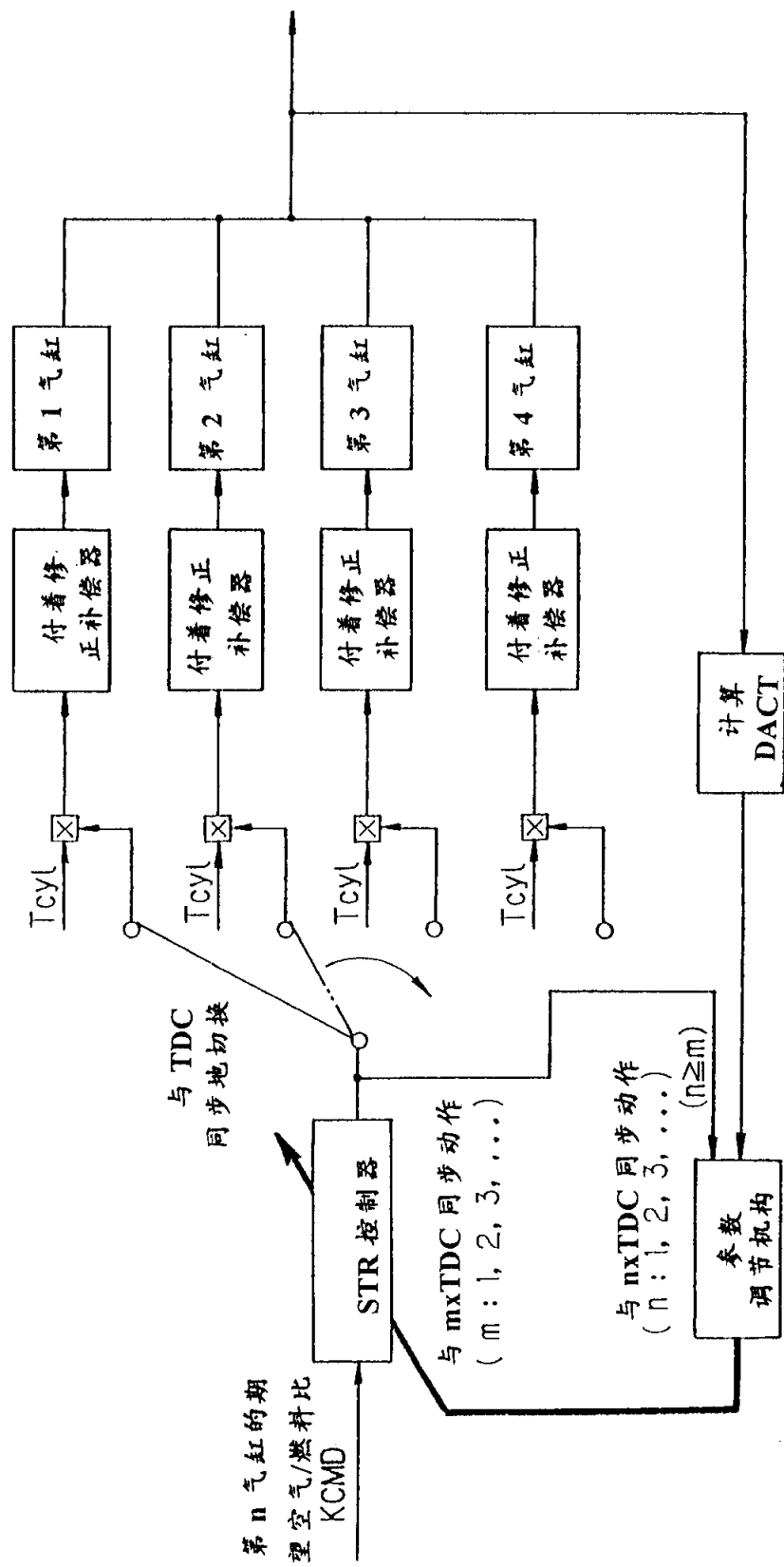


图 11

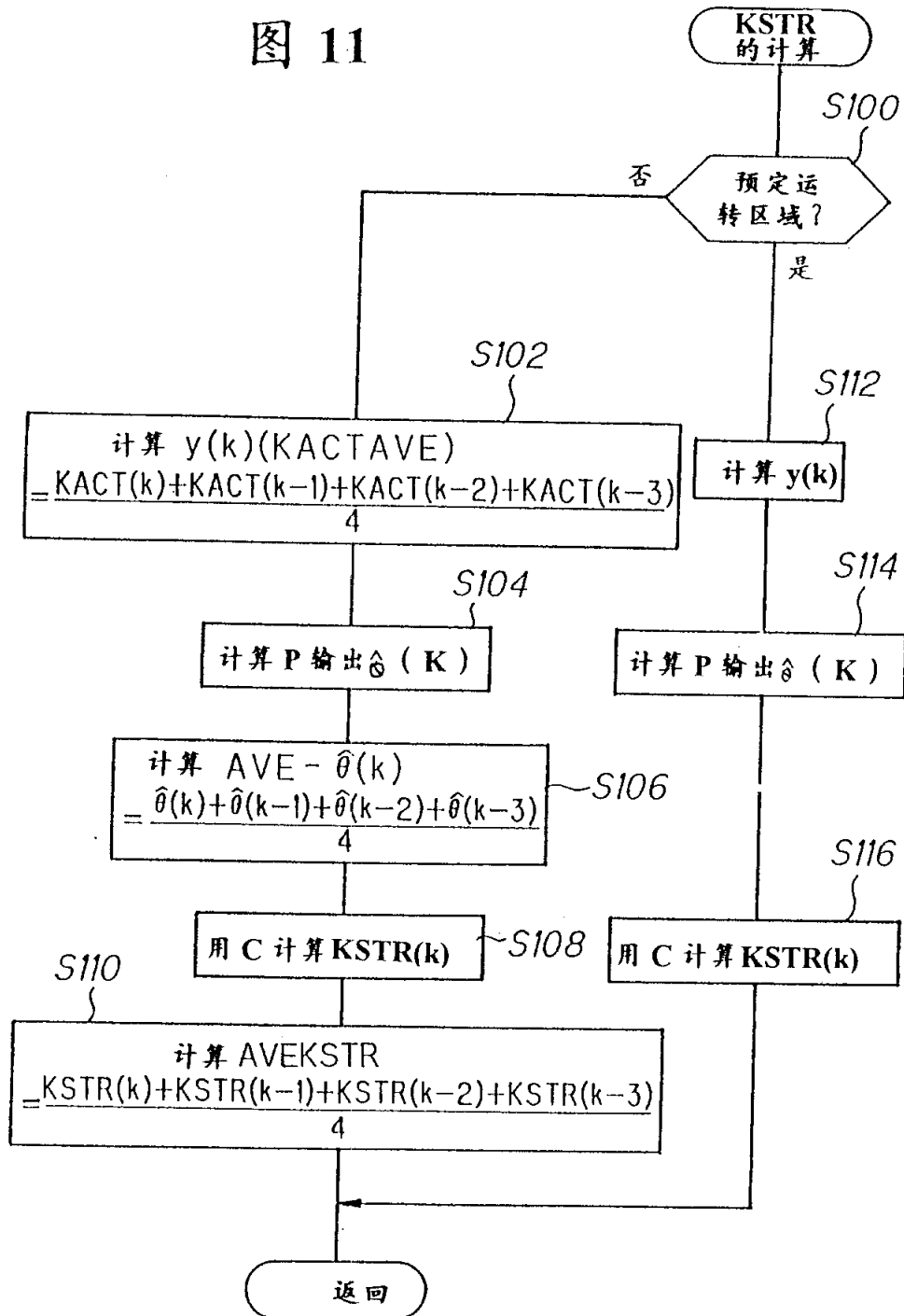


图 12

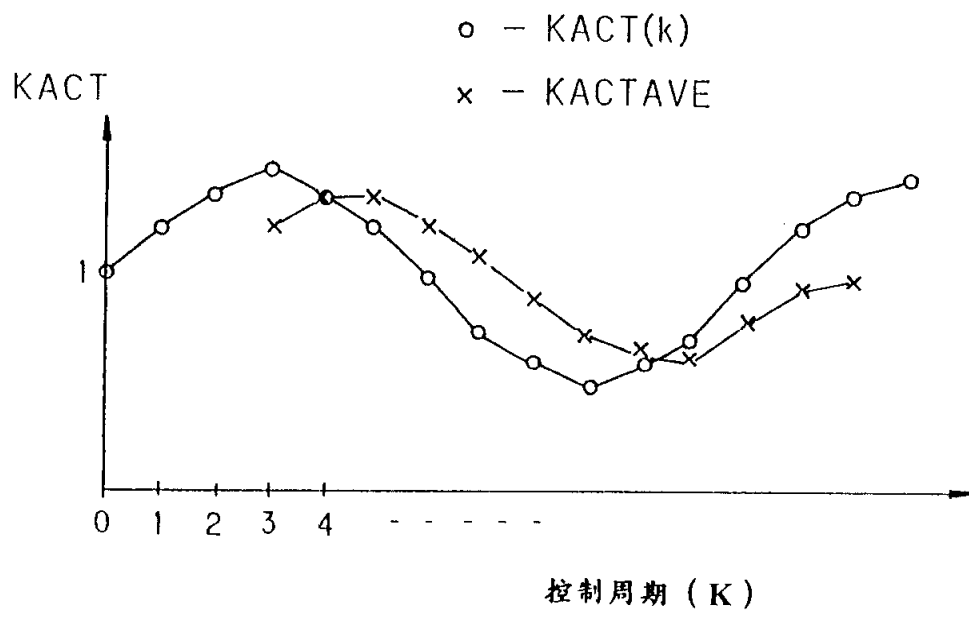


图 13

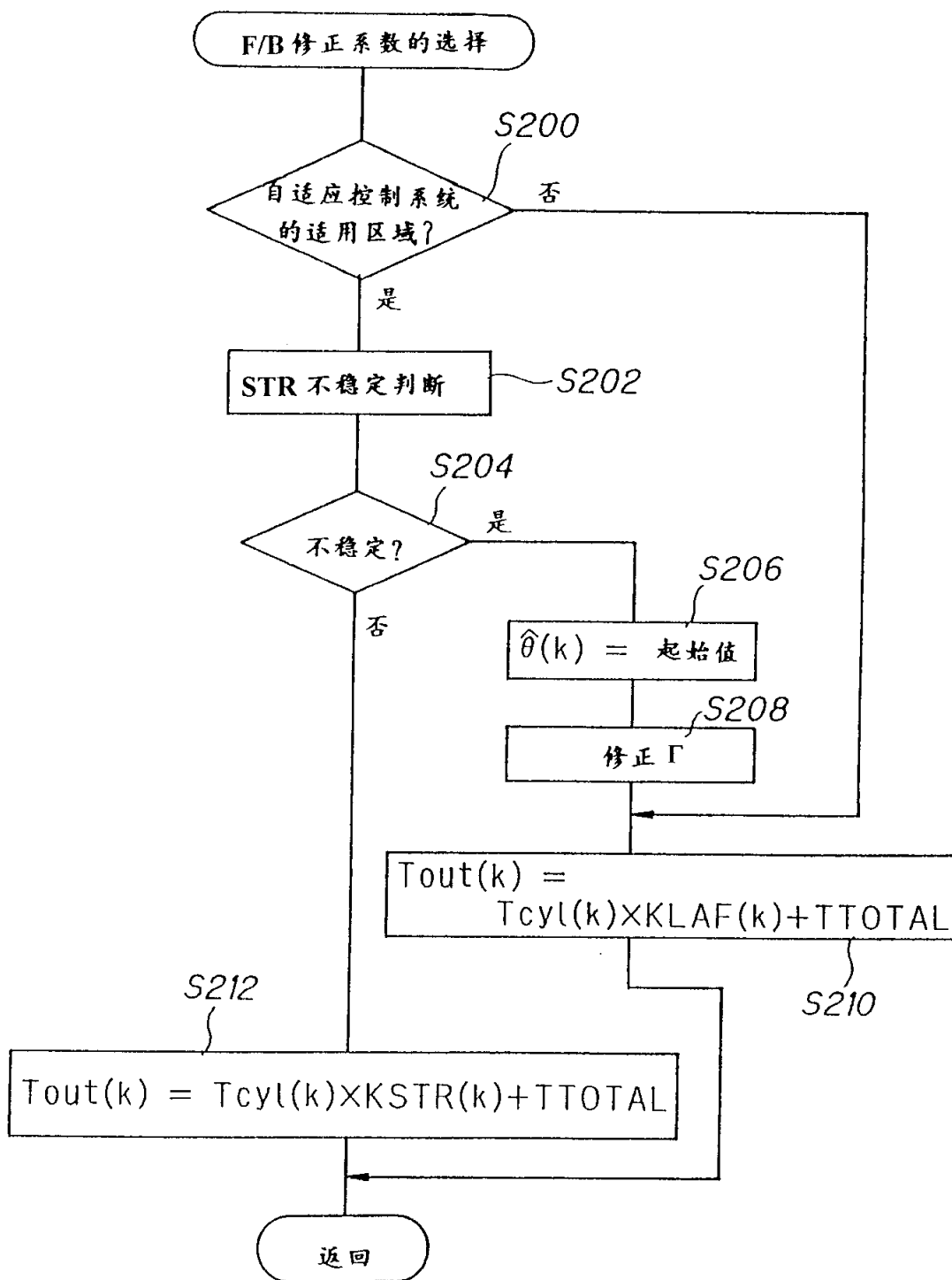


图 14

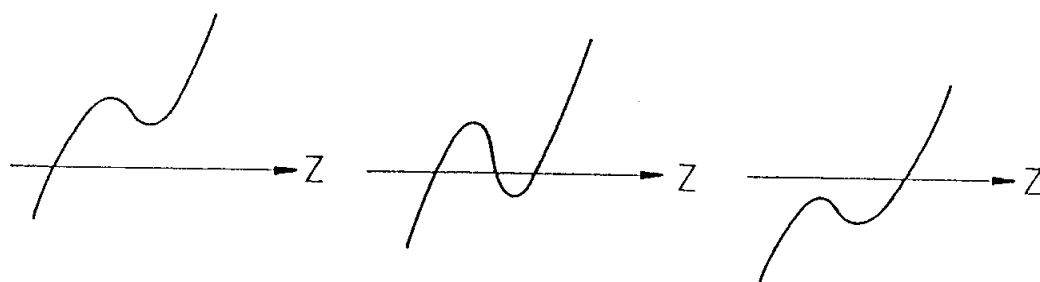


图 15

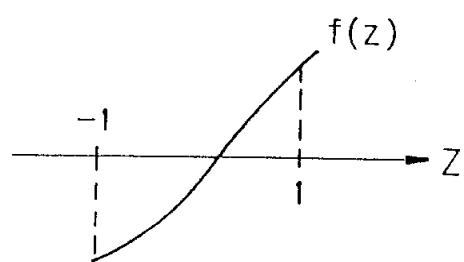


图16

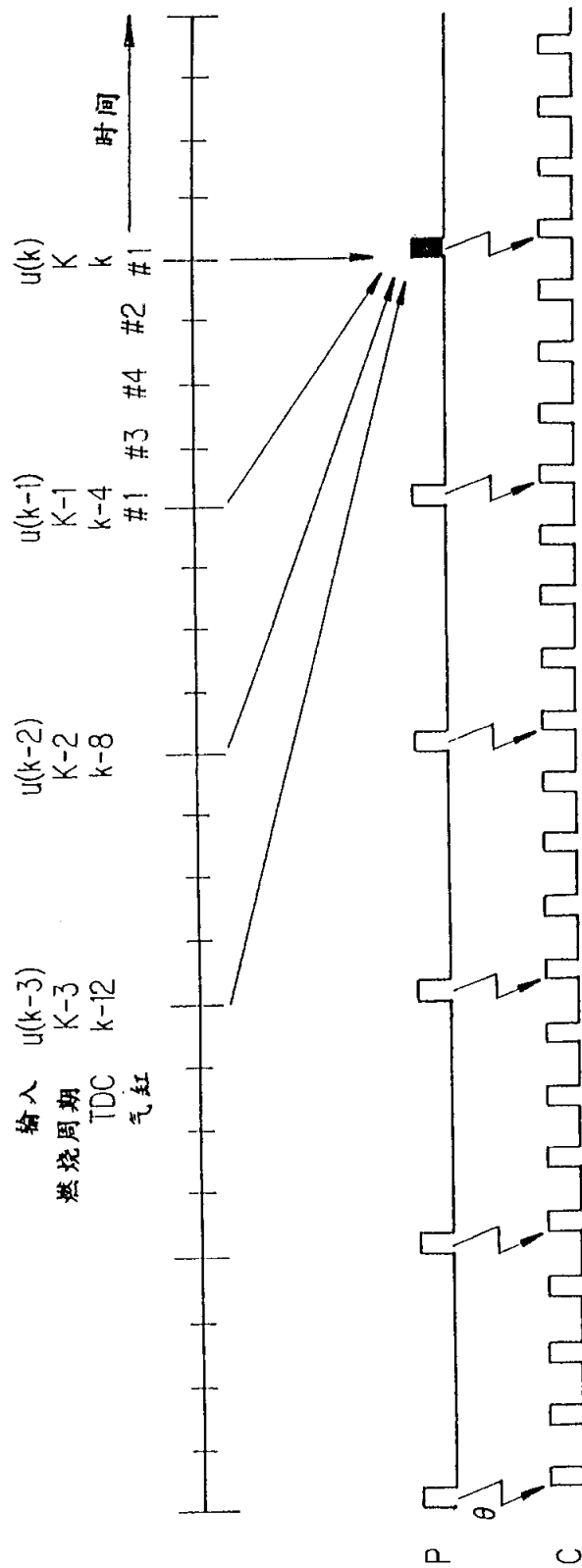


图 17

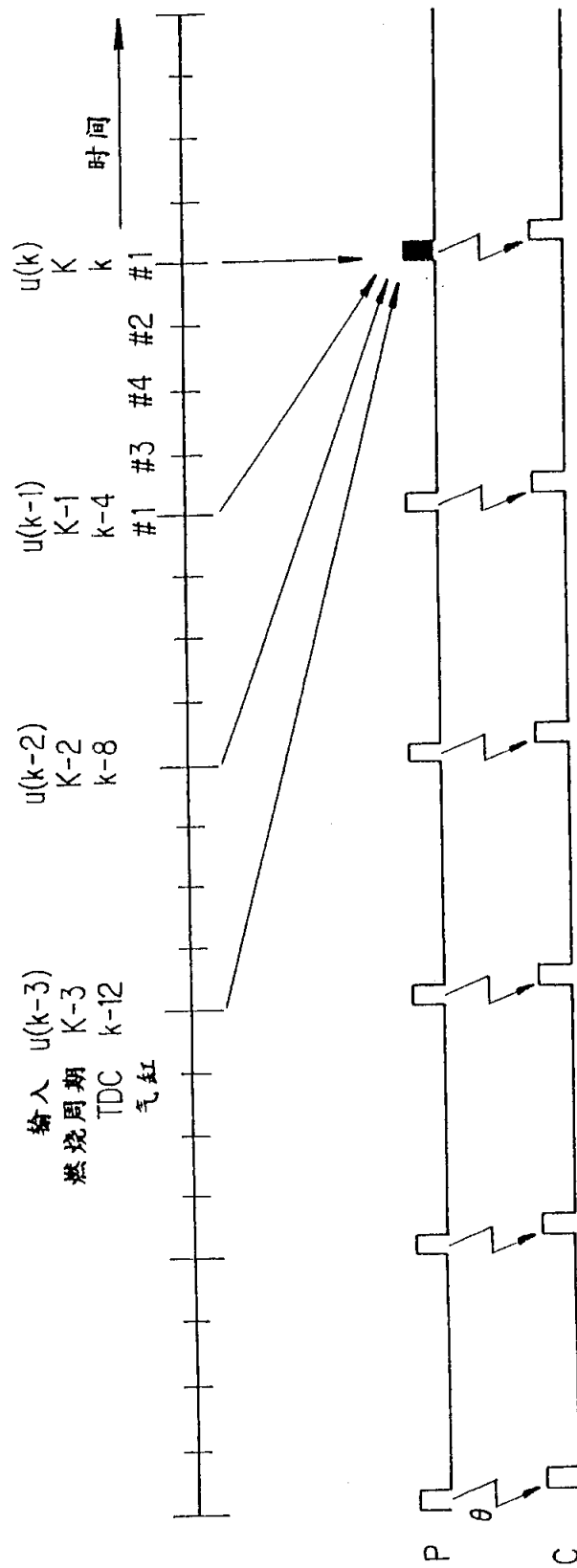


图 18

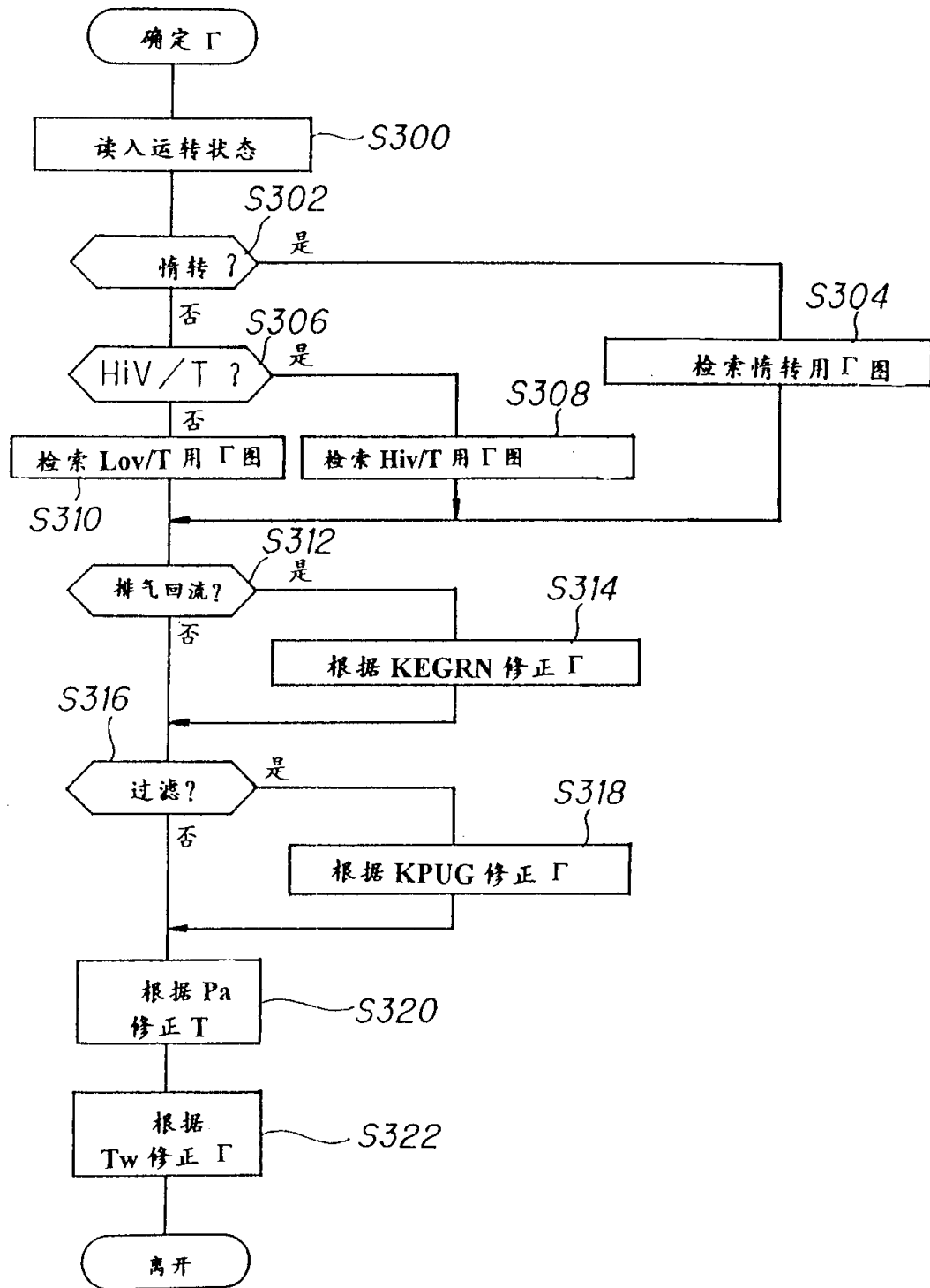


图 19

	Pb
Ne	$\Gamma_{11} \sim \Gamma_{55}$

图 20

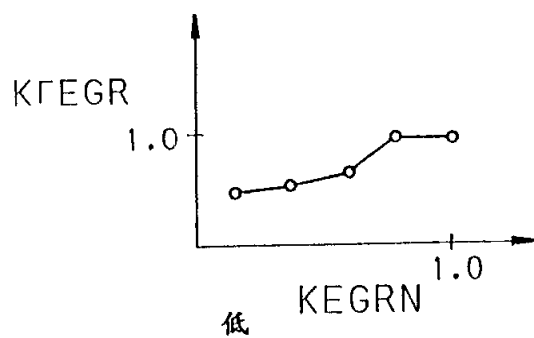


图 21

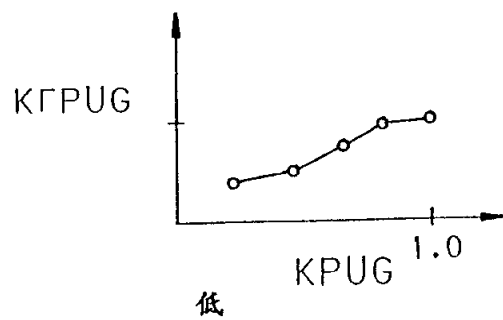


图 22

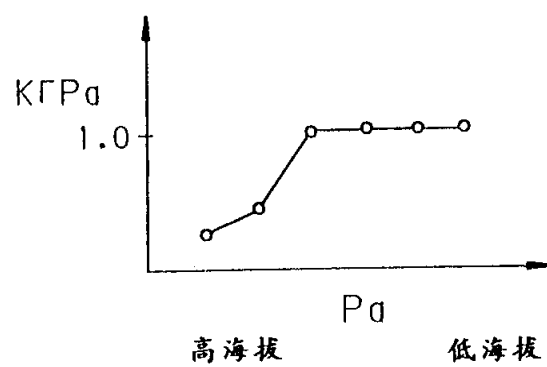


图 23

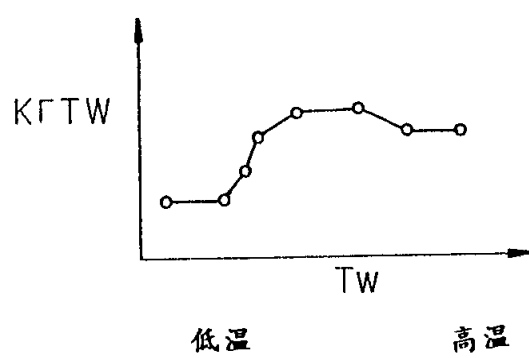


图 24

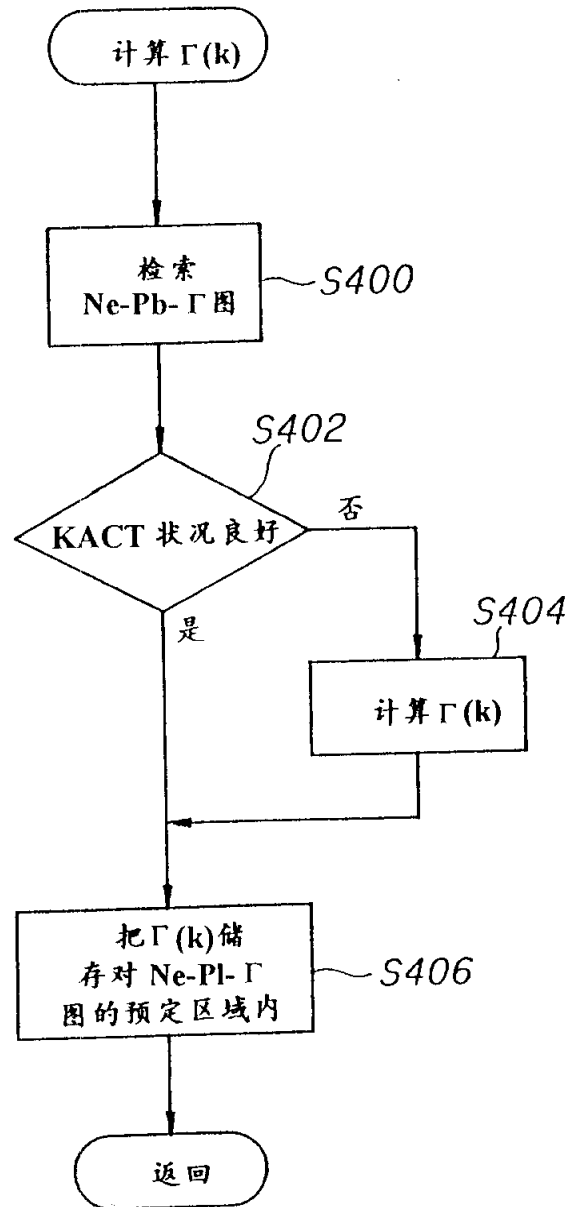


图 25

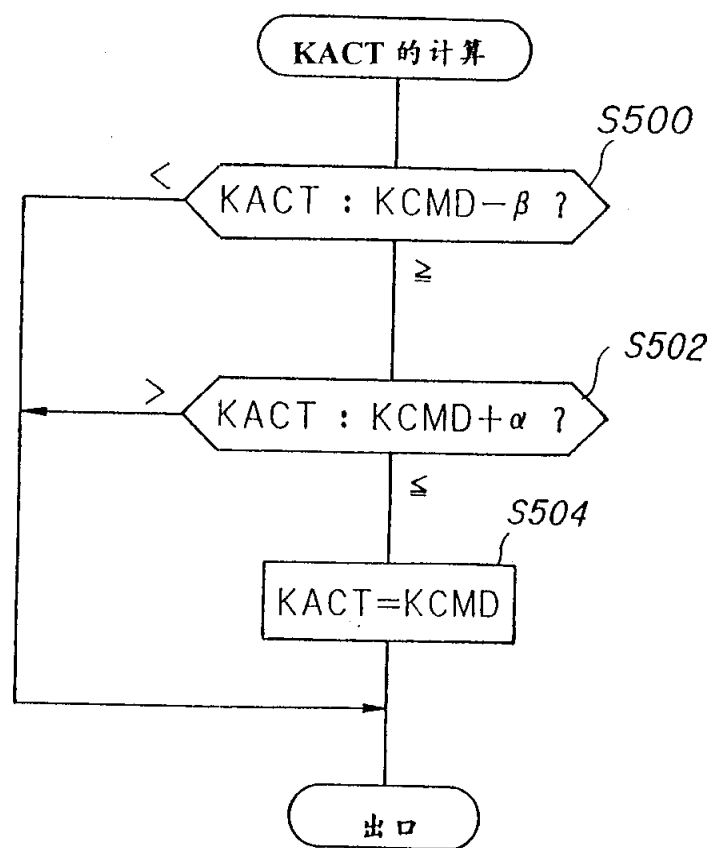


图 26

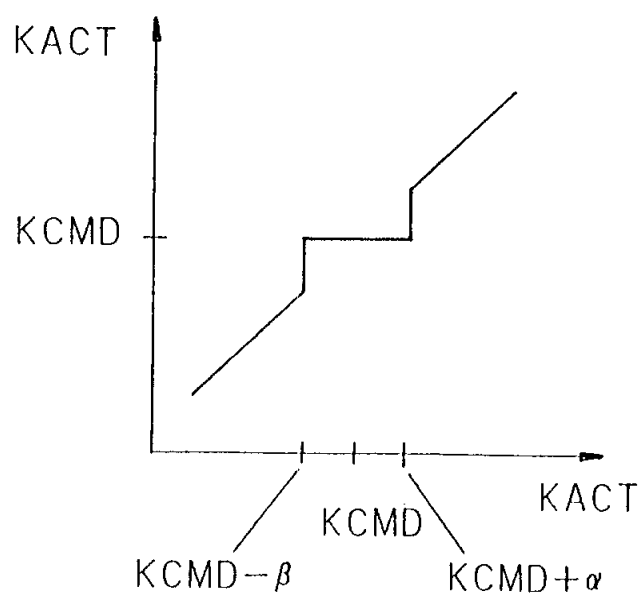


图 27

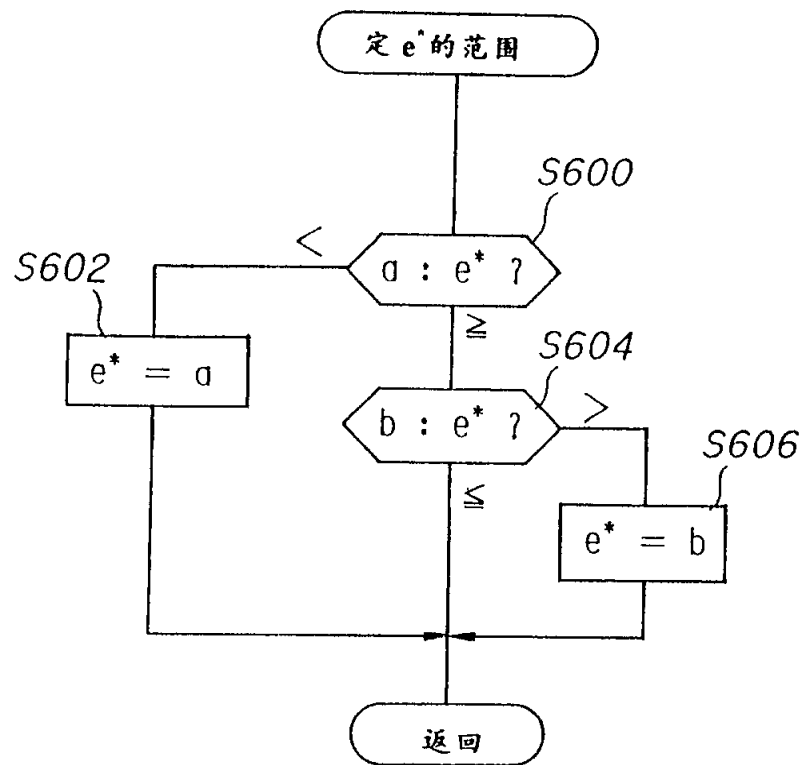


图 28

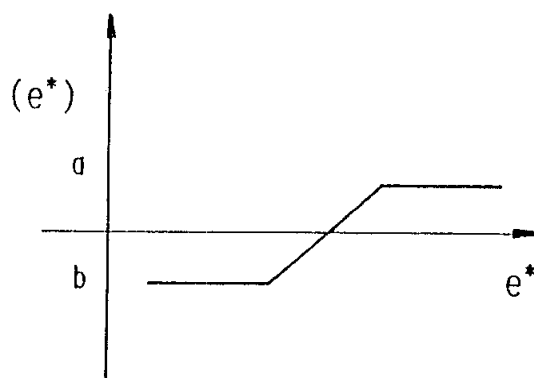


图 29

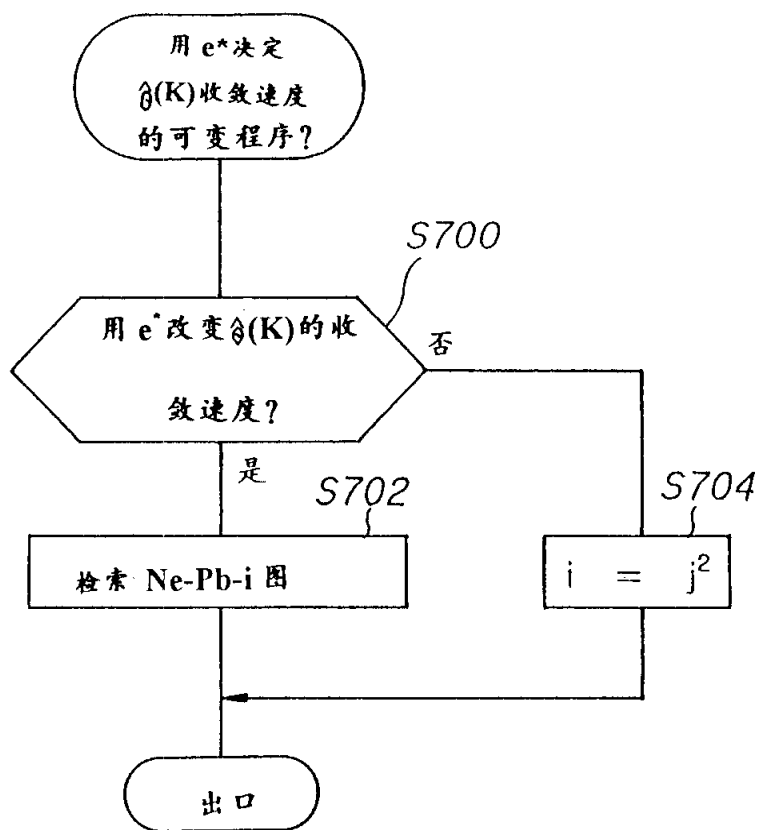


图 30

	Pb
Ne	i

图 31

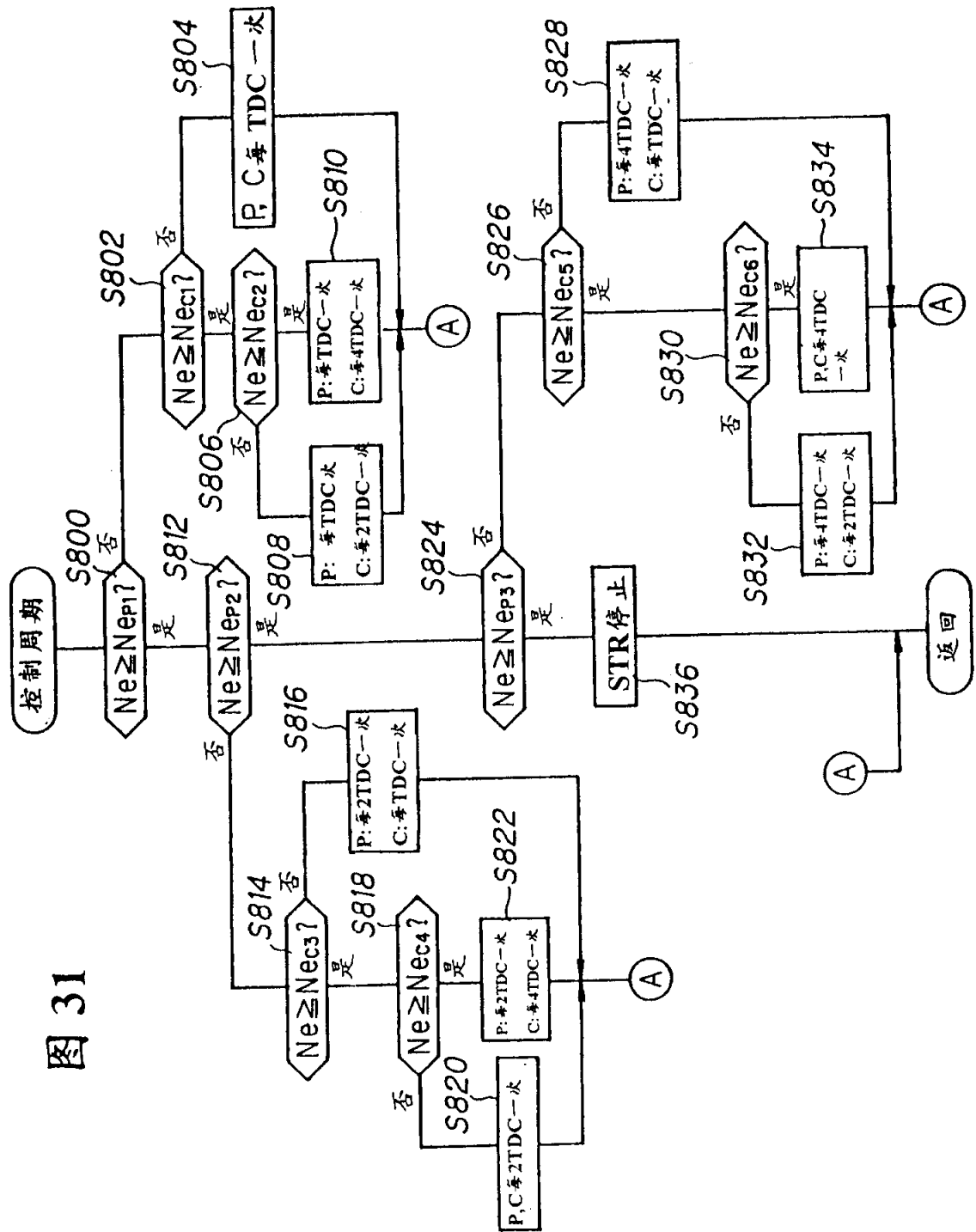


图 32

STR 动作状态表

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
P	每 TDC		2TDC		4TDC		S T R 停 止			
C										
	每 TDC	2 TDC	4 TDC	每 TDC	2 TDC	4 TDC	每 TDC	2 TDC	4 TDC	
	Nec1 Nec2 Nep1	Nec3 Nec4 Nep2	Nec5 Nec6 Nep3	Ne						

图 33

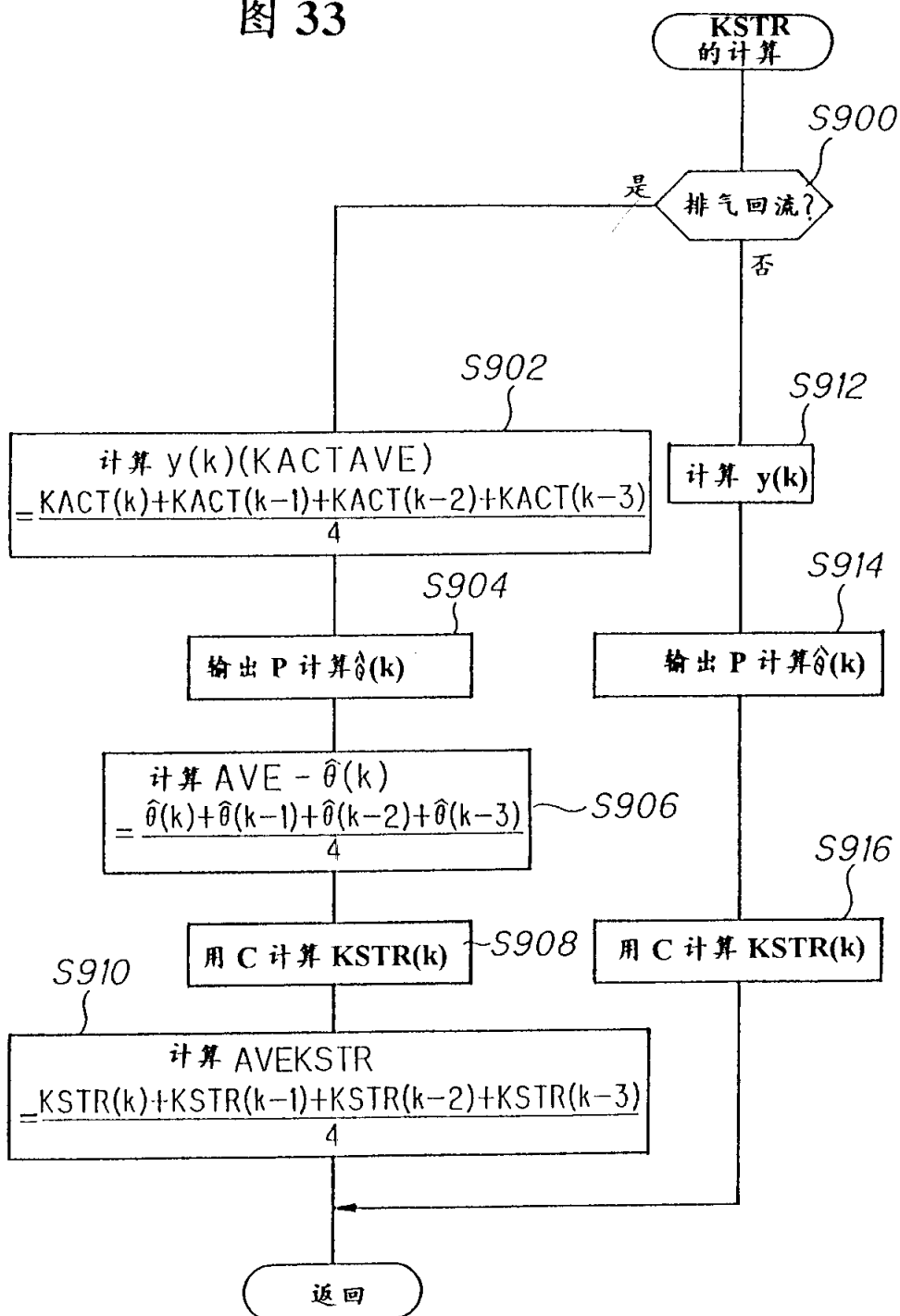


图 34

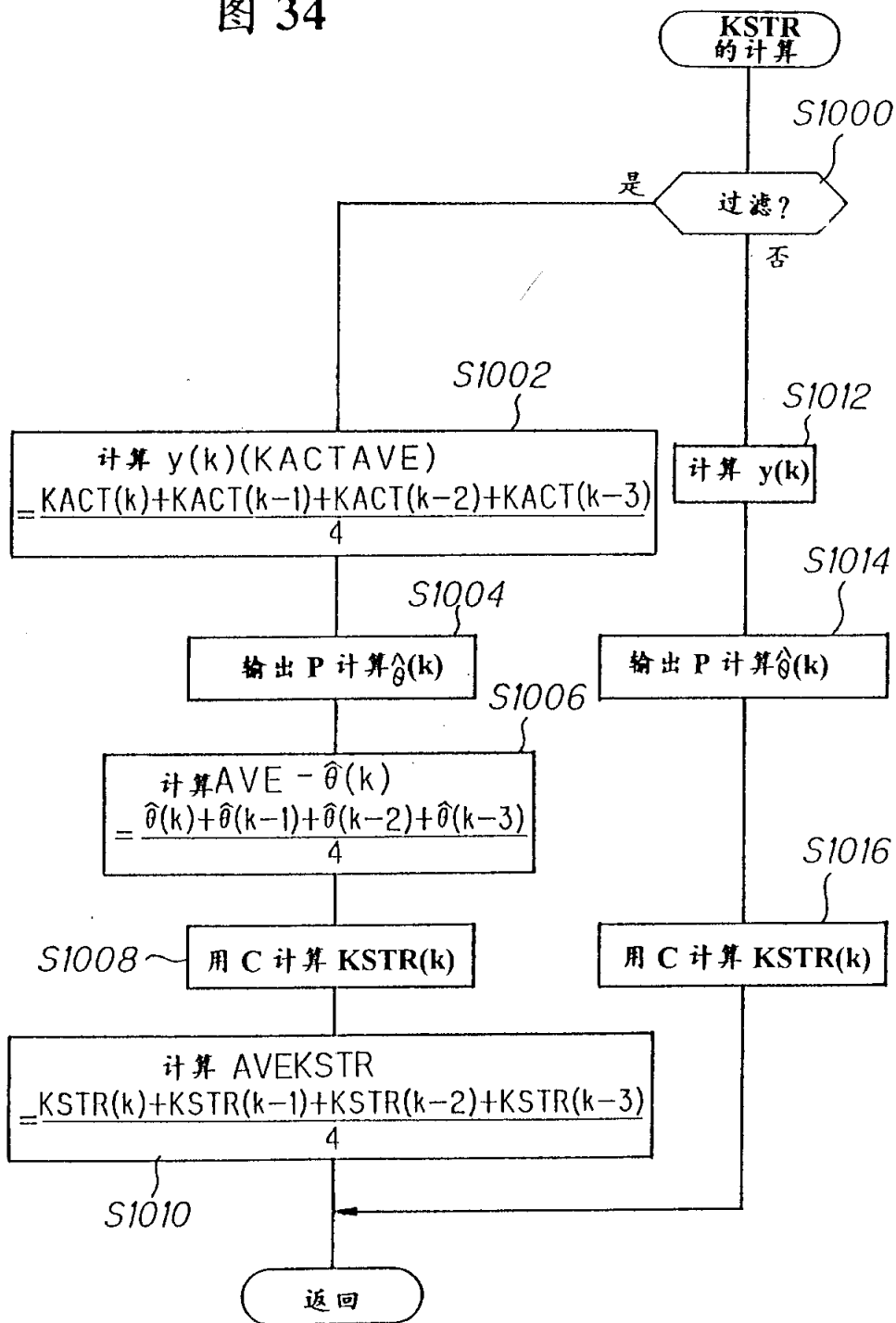


图 35

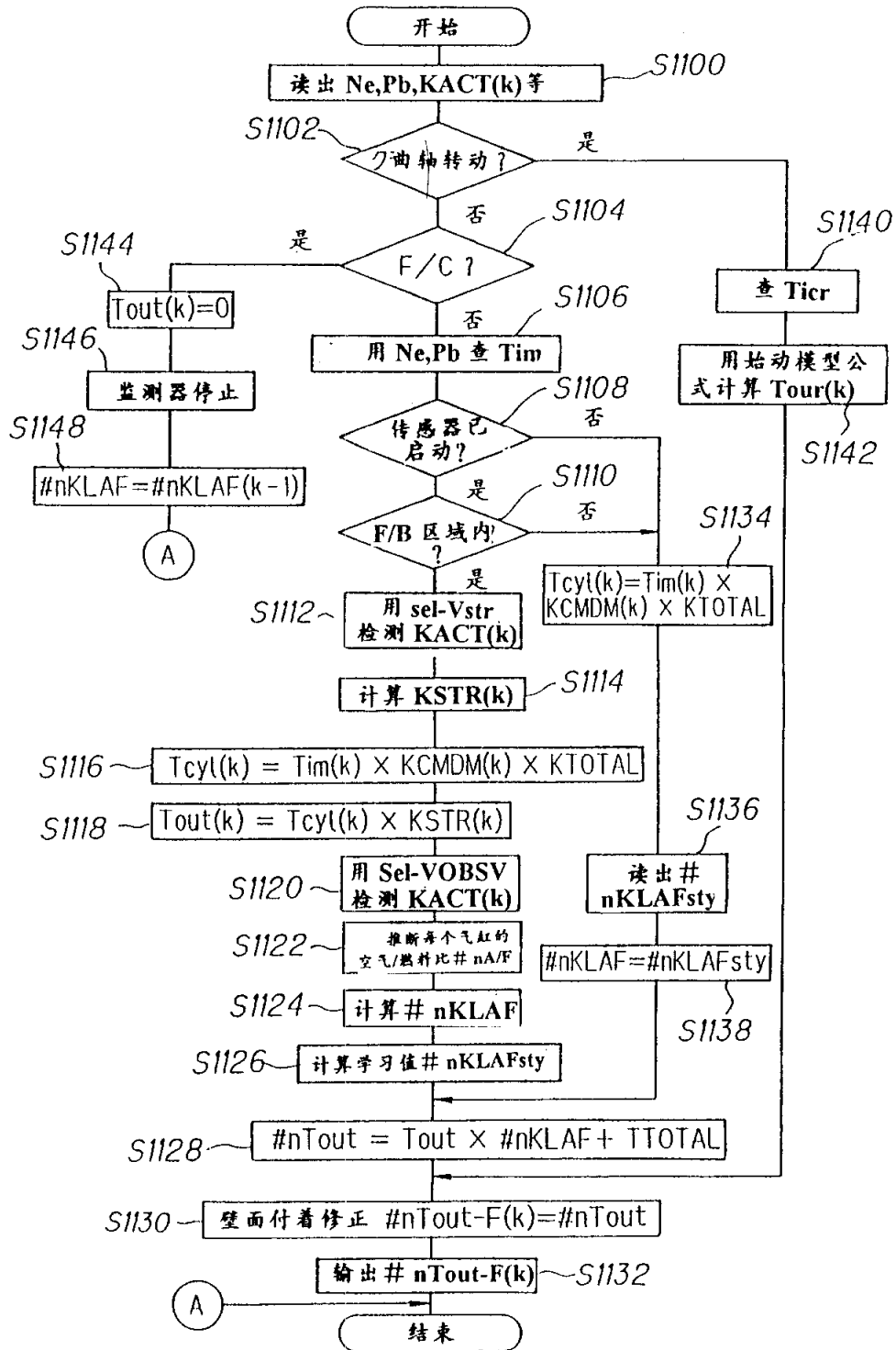


图 37

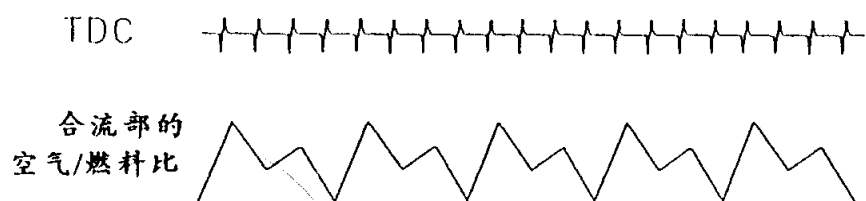


图 38

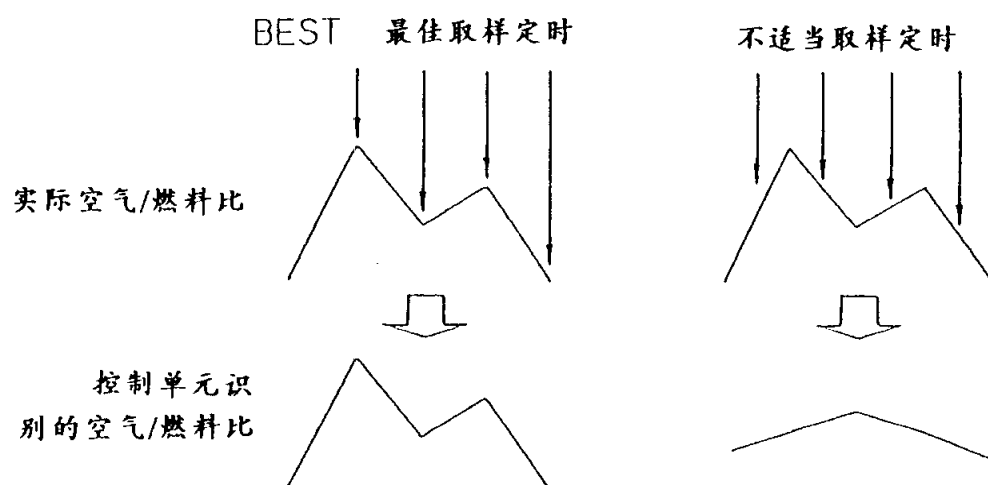


图 39

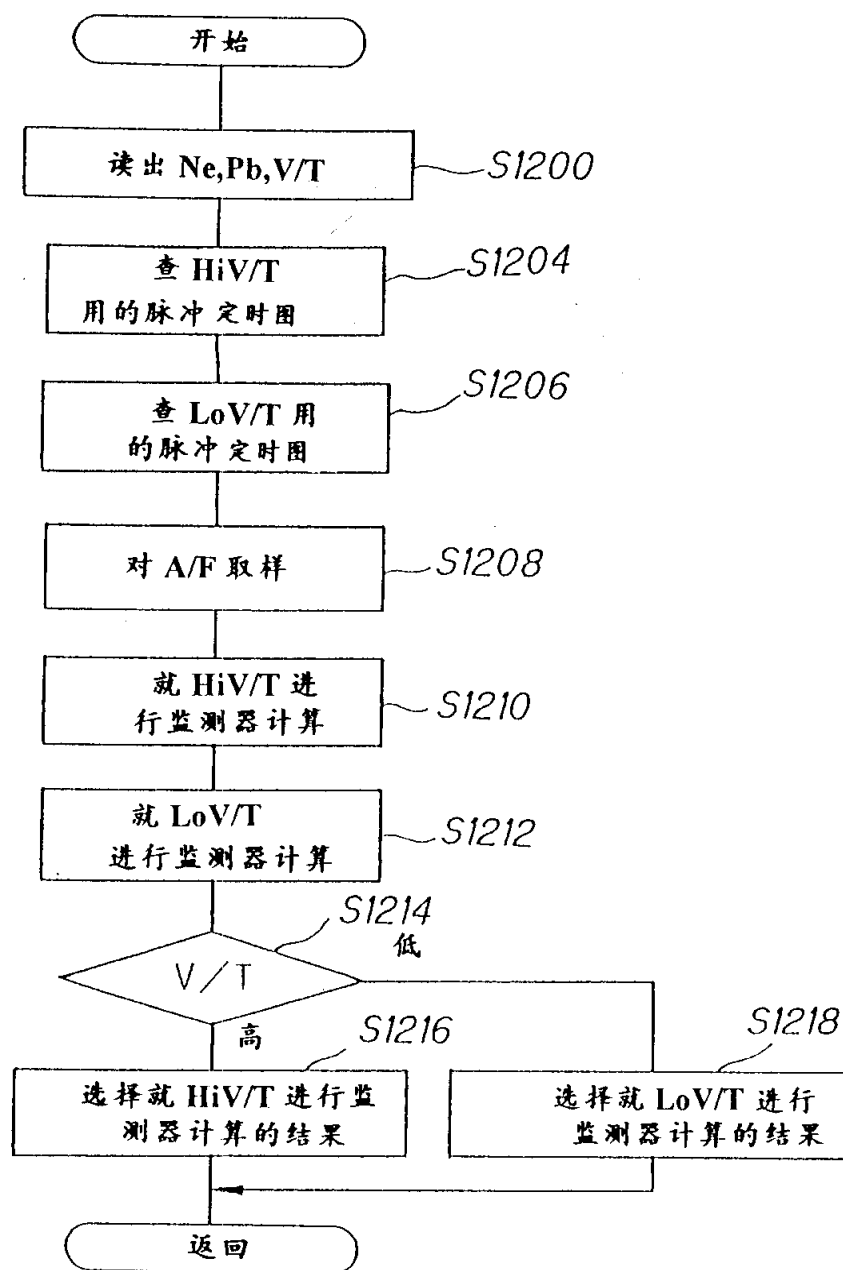


图 40

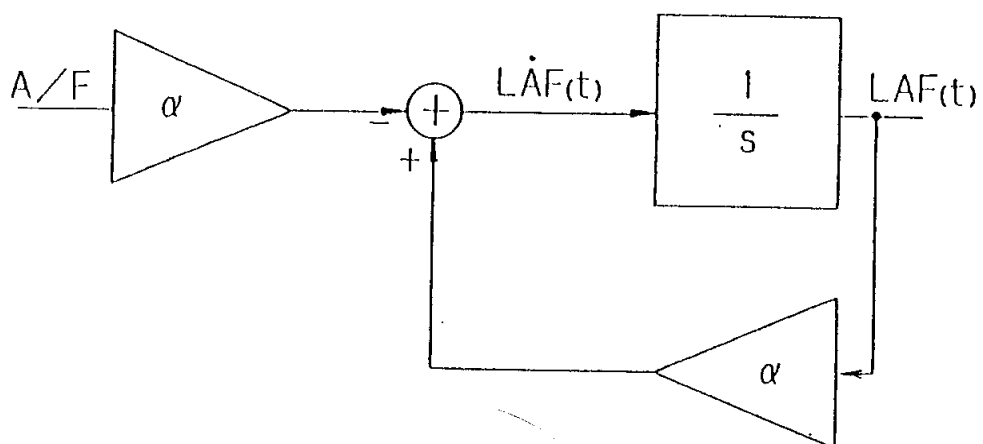


图 41

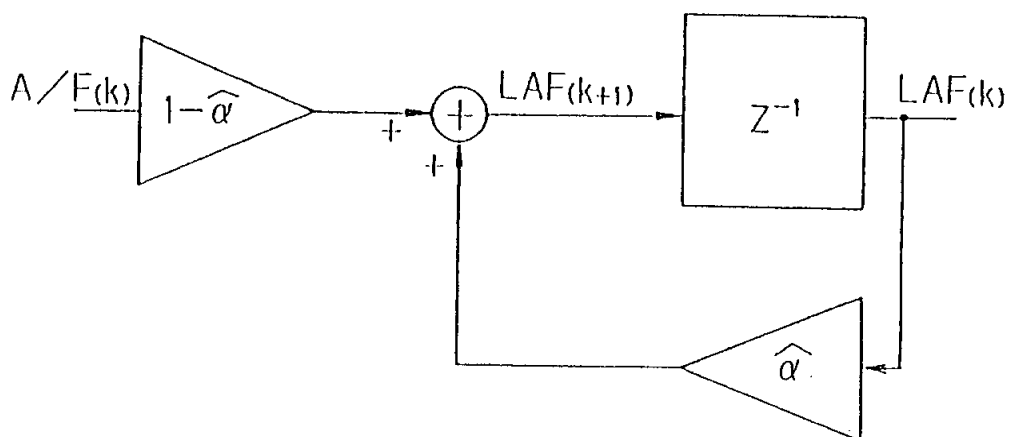


图 42

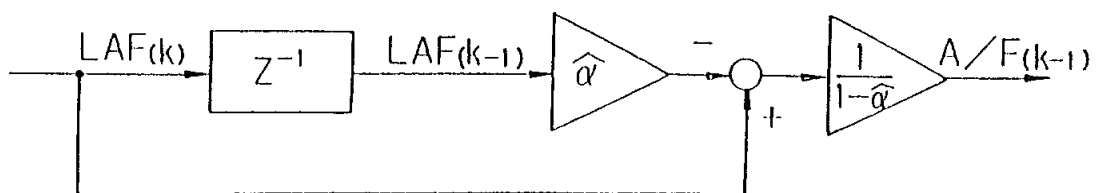


图 43

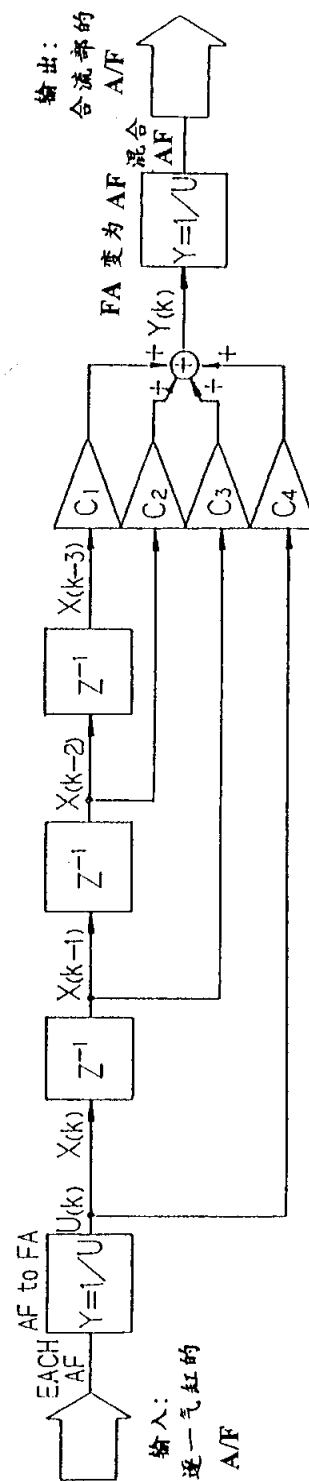


图44

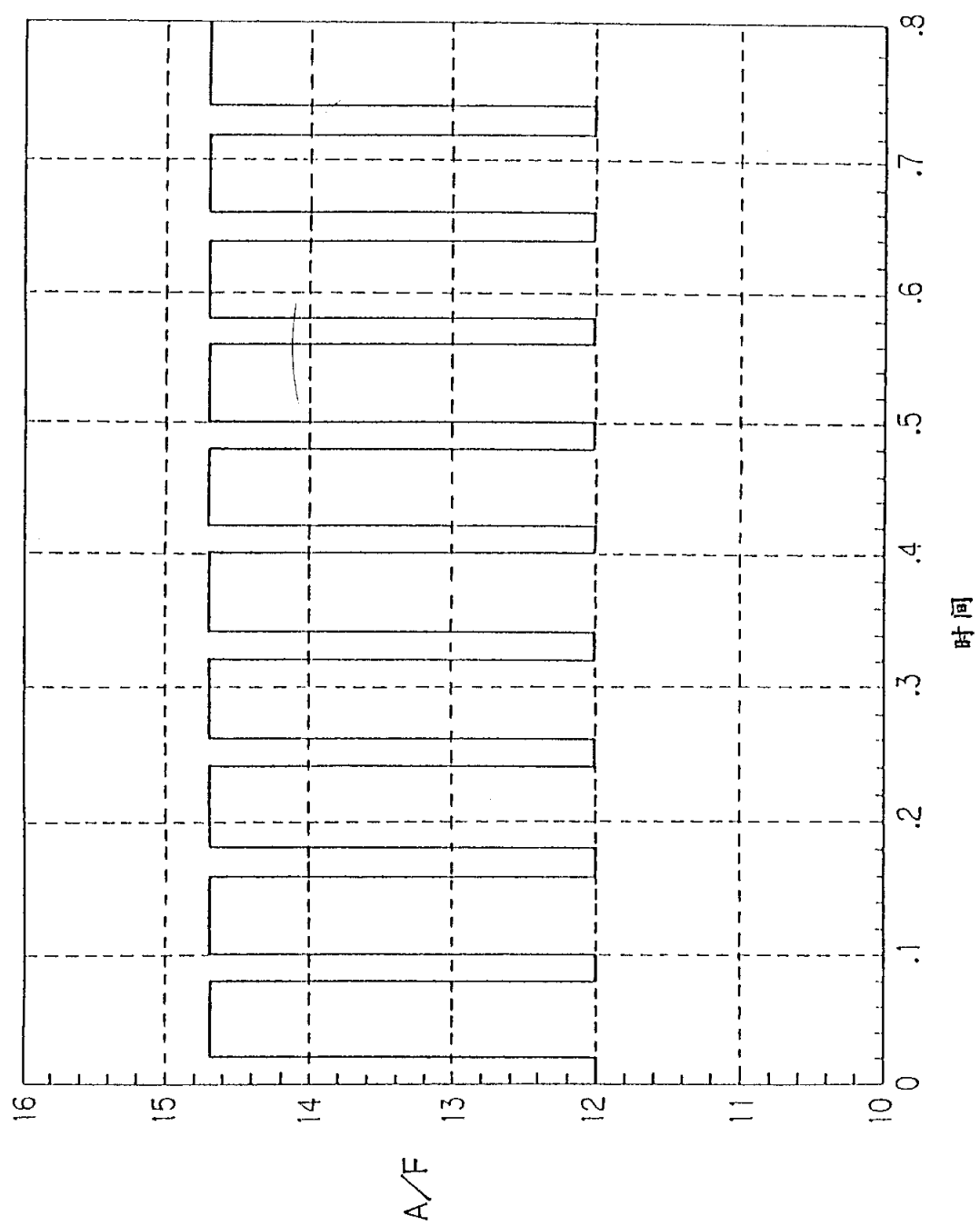
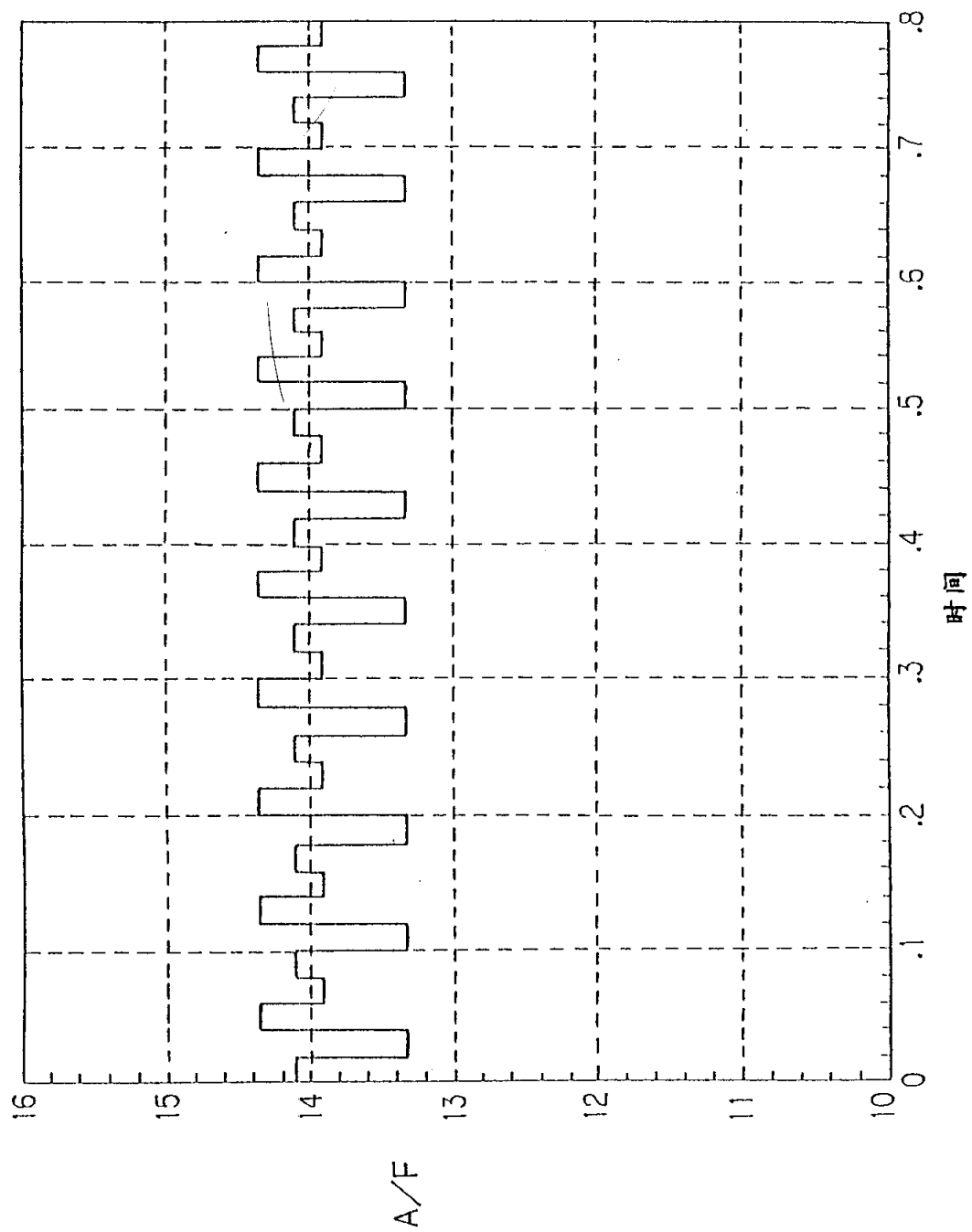


图 45



合流部
 A/F

图46

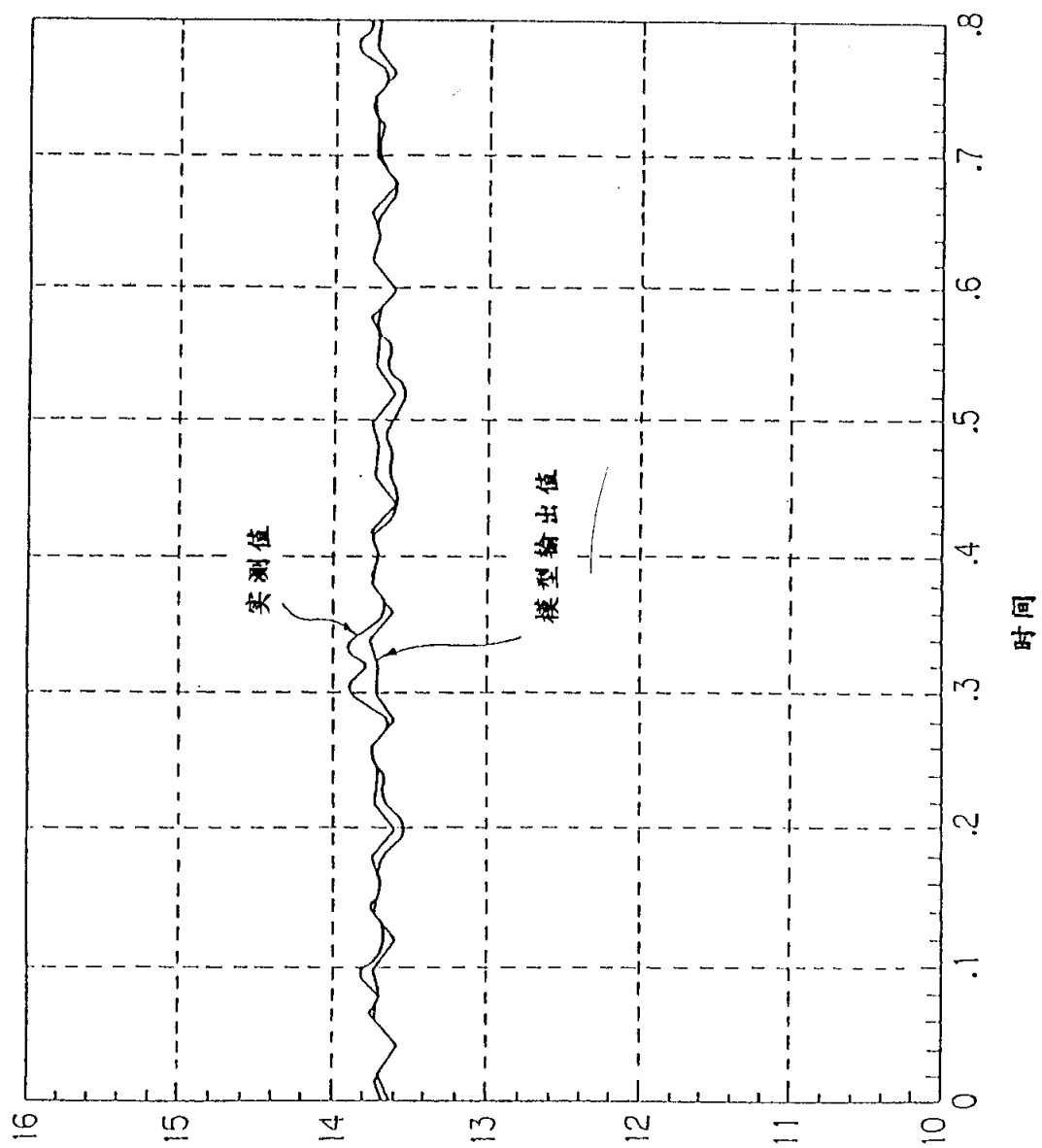


图 47

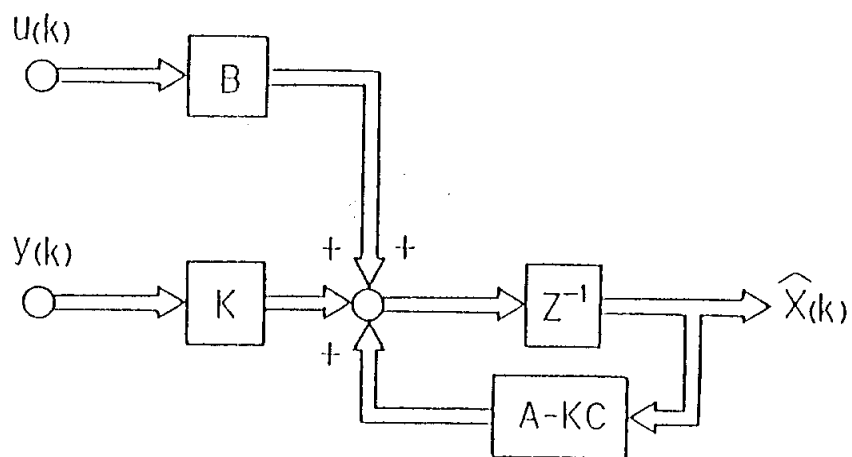


图 48

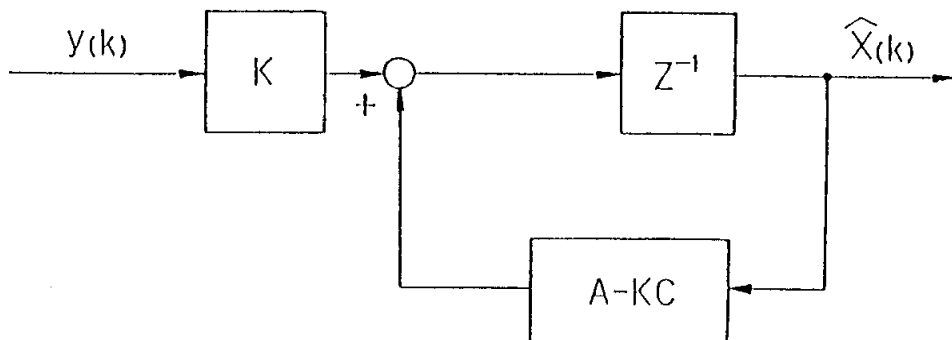


图 49

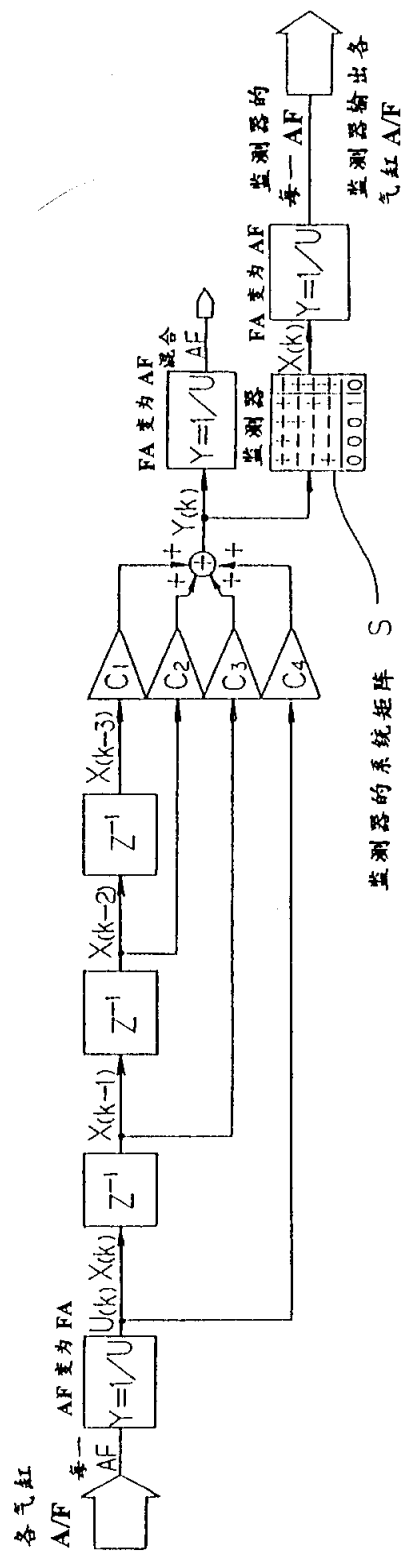


图 50

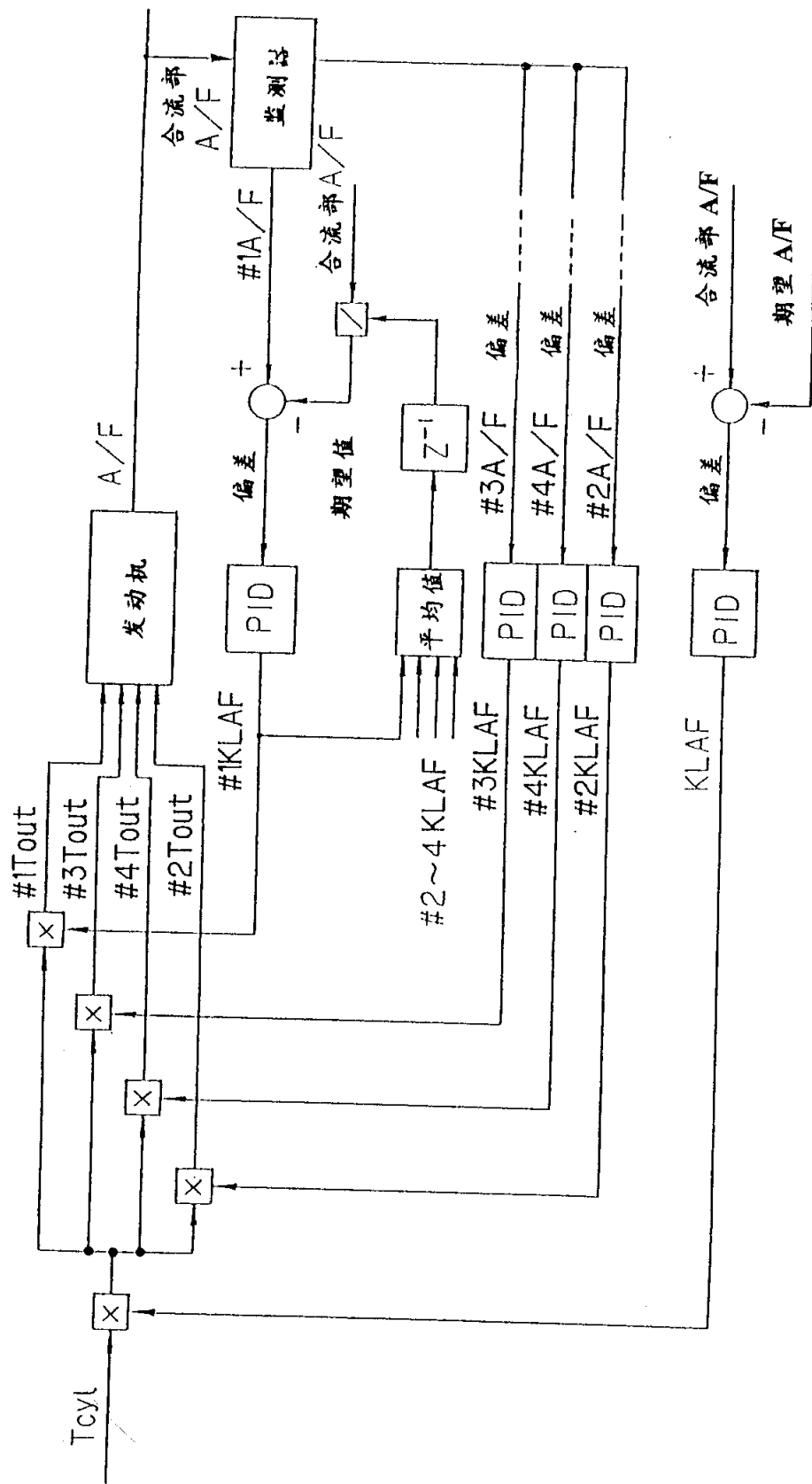


图 51

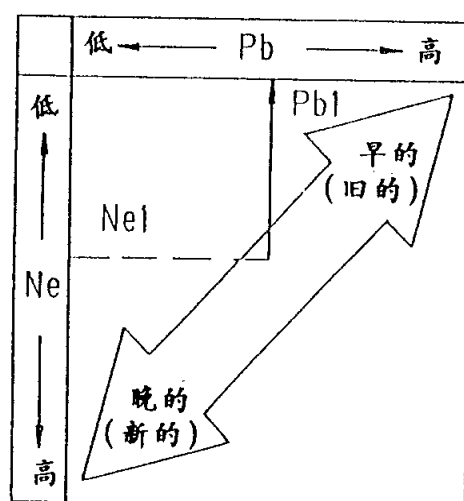


图 52

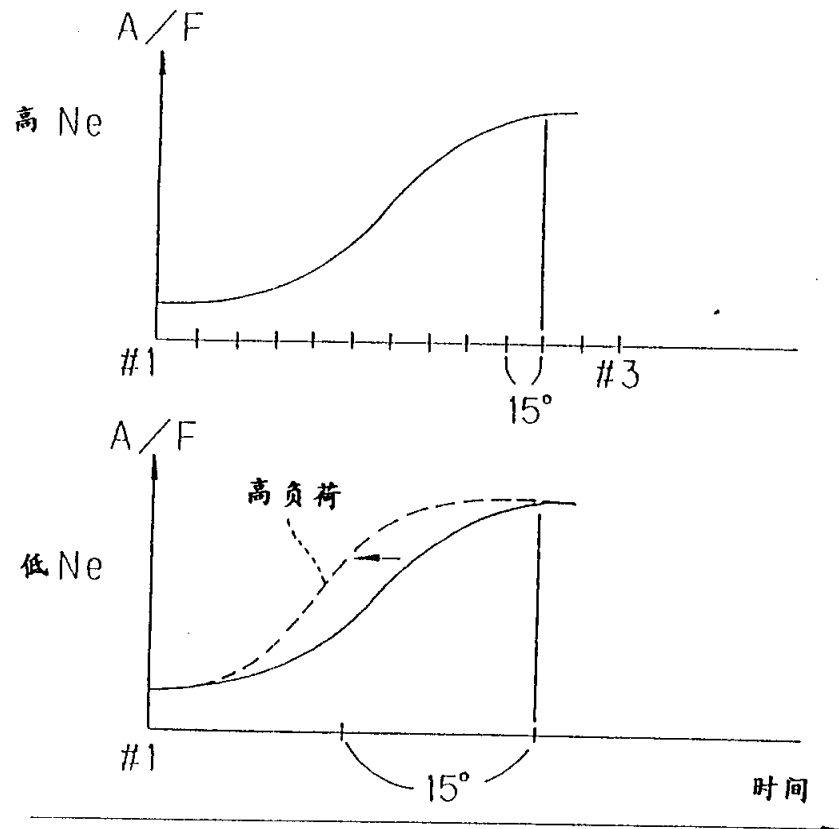


图 53

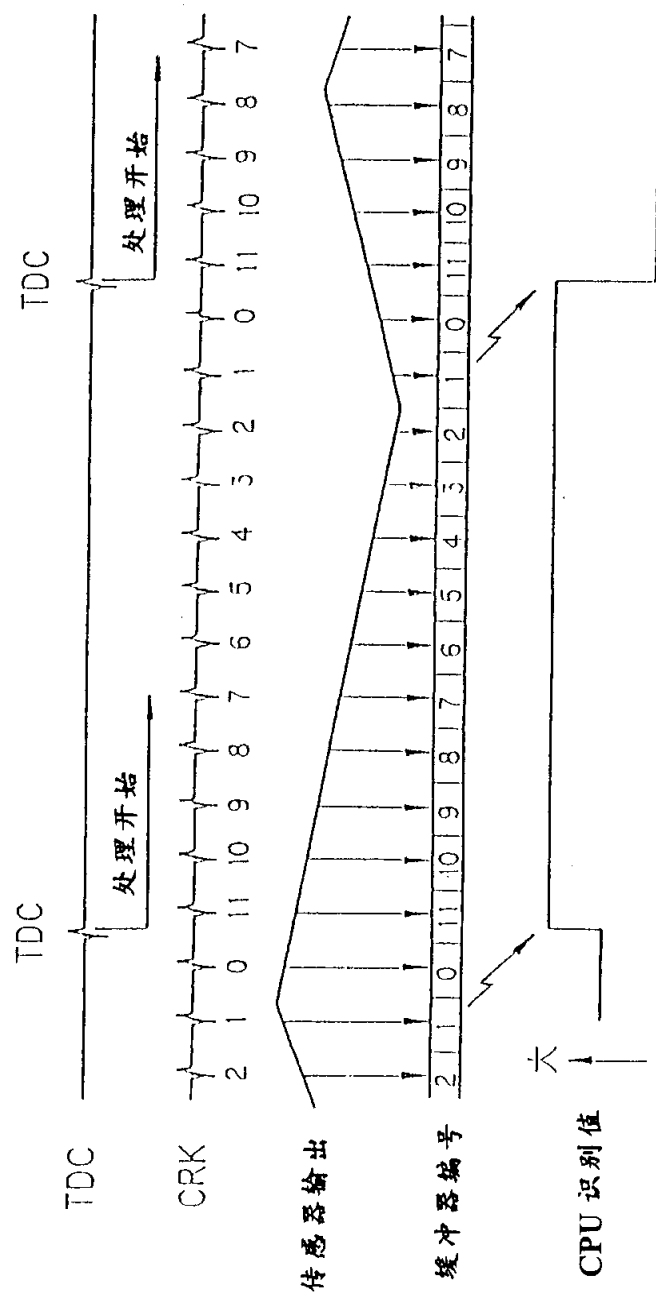


图 54

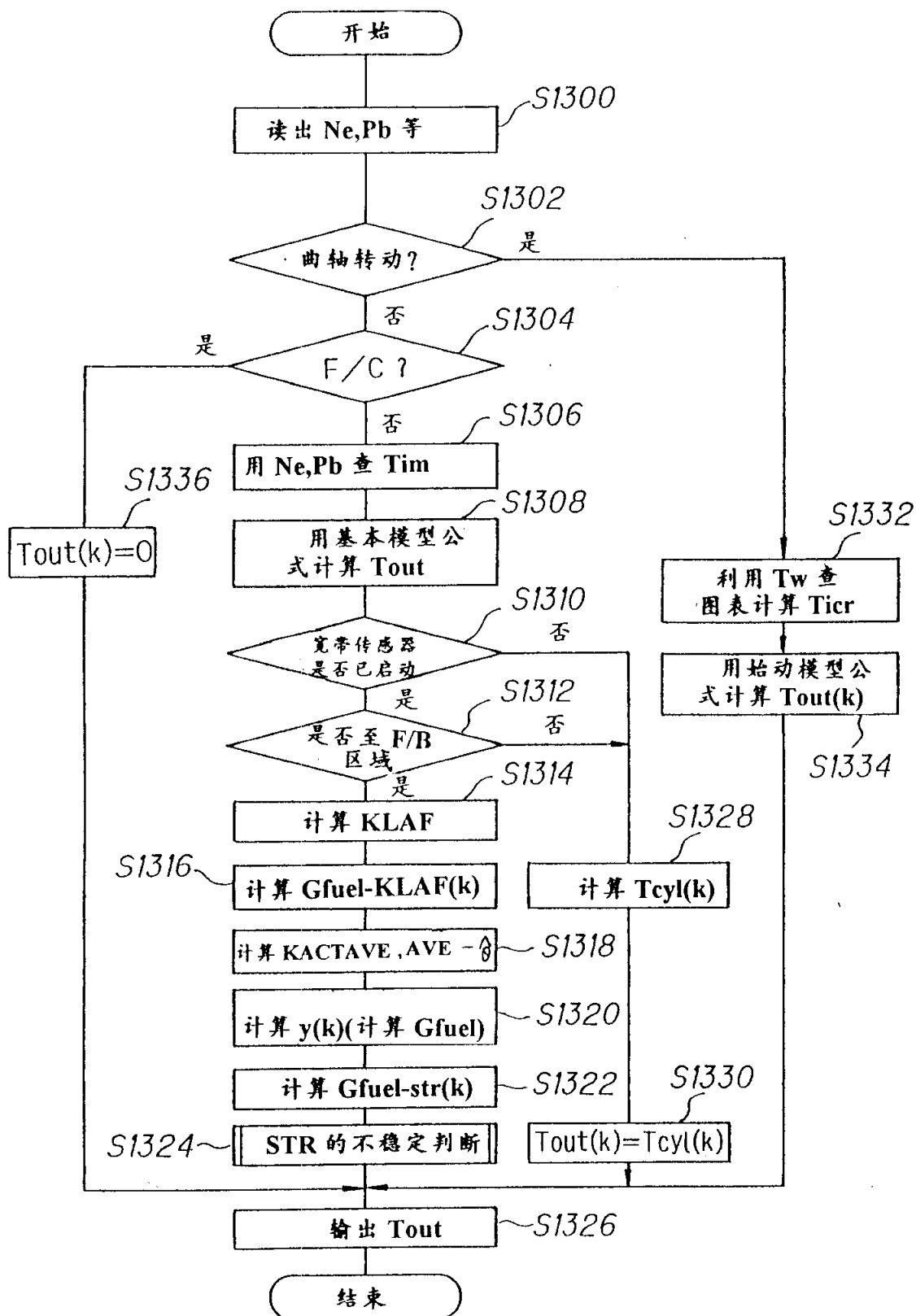


图 55

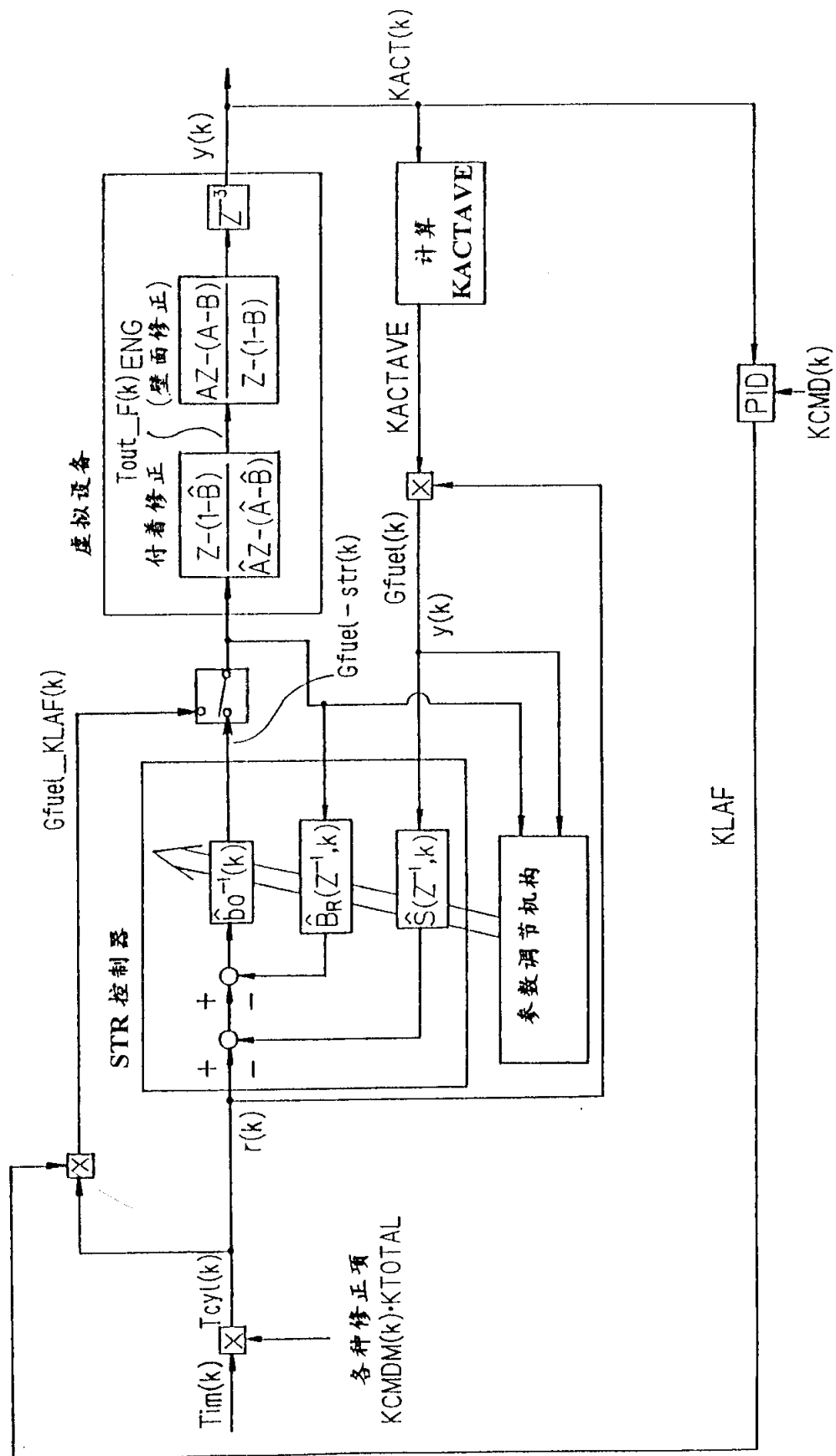


图56

