

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
F02D 41/14 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710092285.6

[43] 公开日 2007年10月10日

[11] 公开号 CN 101050733A

[22] 申请日 2007.4.3

[21] 申请号 200710092285.6

[30] 优先权

[32] 2006.4.3 [33] JP [31] 2006-101504

[71] 申请人 本田技研工业株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 饭田润 牧秀隆 末广幸夫

[74] 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司  
代理人 黄纶伟

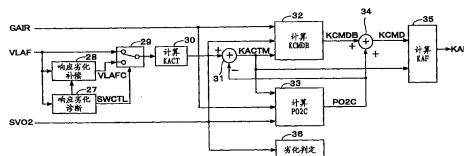
权利要求书 2 页 说明书 26 页 附图 18 页

## [54] 发明名称

内燃机空燃比控制装置

## [57] 摘要

本发明提供一种内燃机的空燃比控制装置。当在空燃比反馈控制中使用的氧浓度传感器的响应特性劣化时，该控制装置可进行更适当的氧浓度传感器输出的补偿，可良好地维持空燃比的控制性能。响应劣化诊断部(27)根据表示LAF传感器输出(VLAF)的响应特性的延迟时间参数(CLAFDT)计算一次延迟时间常数(T)。响应劣化补偿部(28)进行使用应用了一次延迟时间常数T的运算式的一次延迟补偿运算和低通滤波运算来计算补偿传感器输出(VLAFC)，并输出补偿传感器输出(VLAFC)。根据补偿传感器输出(VLAFC)计算检测当量比(KACT)，进行基于空燃比校正系数(KAF)的燃料供给控制，以使检测当量比(KACT)与目标当量比(KCMD)一致。



1. 一种内燃机的空燃比控制装置，其控制提供给内燃机的混合气的空燃比，该内燃机在排气系统内具有排气净化用催化剂，其特征在于，该空燃比控制装置具有：

第1氧浓度传感器，其设置在上述催化剂的上游侧；

补偿单元，其补偿该第1氧浓度传感器的响应延迟，并计算补偿传感器输出；

传感器劣化检测单元，其检测上述第1氧浓度传感器的响应劣化度；

调节单元，其根据由该传感器劣化检测单元检测出的劣化度调节上述补偿单元的频率特性；以及

控制单元，其控制上述空燃比，以使根据上述补偿传感器输出所计算出的检测空燃比与目标空燃比一致。

2. 根据权利要求1所述的内燃机的空燃比控制装置，其特征在于，该空燃比控制装置还具有：

吸入空气流量检测单元，其检测上述内燃机的吸入空气流量；

第2氧浓度传感器，其设置在上述催化剂的下游侧；

流入氧气量计算单元，其基于根据上述补偿传感器输出而计算出的氧浓度和上述吸入空气流量检测单元所检测出的吸入空气流量来计算流入上述催化剂内的流入氧气量；

空燃比切换控制单元，其根据上述流入氧气量与上述流入氧气量的目标值之间的比较结果，把提供给上述内燃机的混合气的空燃比交替地控制为与理论空燃比相比稀侧的稀空燃比和浓侧的浓空燃比；以及

催化剂劣化检测单元，其在该空燃比切换控制单元的工作中，根据上述第2氧浓度传感器的输出检测上述催化剂的劣化程度。

3. 根据权利要求2所述的内燃机的空燃比控制装置，其特征在于，该空燃比控制装置具有：切换单元，其根据由上述传感器劣化检测单元检测出的劣化度，在上述第1氧浓度传感器的输出与上述补偿传感器输出之间进行切换，

上述控制单元和流入氧气量计算单元根据上述切换单元的输出来计算上述检测空燃比和氧浓度。

4. 一种内燃机的空燃比控制方法，该内燃机在排气系统内具有排气净化用催化剂以及设置在上述催化剂的上游侧的第1氧浓度传感器，该空燃比控制方法对提供给上述内燃机的混合气的空燃比进行控制，其特征在于，该空燃比控制方法具有以下步骤：

a) 检测上述第1氧浓度传感器的响应劣化度；

b) 根据在步骤a)中检测出的劣化度补偿上述第1氧浓度传感器的响应延迟，计算补偿传感器输出；以及

c) 控制上述空燃比，以使根据上述补偿传感器输出所计算出的检测空燃比与目标空燃比一致；

根据在上述步骤a)中所检测出的劣化度来调节在上述步骤b)中进行的补偿的频率特性。

5. 根据权利要求4所述的空燃比控制方法，上述内燃机具有设置在上述催化剂的下游侧的第2氧浓度传感器，其特征在于，该空燃比控制方法还包含下述步骤：

d) 检测上述内燃机的吸入空气流量；

e) 基于根据上述补偿传感器输出所计算出的氧浓度和所检测出的吸入空气流量来计算流入上述催化剂内的流入氧气量；

f) 根据上述流入氧气量与上述流入氧气量的目标值之间的比较结果，把提供给上述内燃机的混合气的空燃比交替地控制为与理论空燃比相比稀侧的稀空燃比和浓侧的浓空燃比；以及

g) 在该空燃比切换执行中，根据上述第2氧浓度传感器的输出检测上述催化剂的劣化程度。

6. 根据权利要求5所述的空燃比控制方法，其特征在于，该空燃比控制方法还包括：根据在上述步骤a)中所检测出的劣化度，在上述第1氧浓度传感器的输出与上述补偿传感器输出之间进行切换的步骤，

上述检测空燃比和氧浓度是分别根据所切换的输出来计算。

## 内燃机空燃比控制装置

### 技术领域

本发明涉及内燃机空燃比控制装置，特别涉及具有判定设置在排气系统内的氧浓度传感器的特性劣化的功能的内燃机空燃比控制装置。

### 背景技术

在专利文献 1 中公开了一种方法，即：根据内燃机的燃料供给切断运转开始时或者燃料供给重新开始时的氧浓度传感器的输出，判定该氧浓度传感器的劣化，当判定为氧浓度传感器劣化时，调节与该氧浓度传感器的输出对应的空燃比反馈控制的控制增益。

更具体地说，空燃比反馈控制的控制增益被调节为，氧浓度传感器的劣化程度越大就越小。

【专利文献 1】日本特开平 4-36651 号公报

在空燃比反馈控制中，在使目标空燃比按图 21 (a) 的细实线 L1 所示变化的情况下，只要氧浓度传感器不劣化，则根据传感器输出计算出的传感器检测空燃比 AFS 就按图 21 (a) 的粗实线 L2 所示变化。而且，根据该传感器检测空燃比 AFS 通过 PID 控制而生成的空燃比控制信号 SCTL 按图 21 (a) 的虚线 L3 所示变化。

当氧浓度传感器劣化时，传感器检测空燃比 AFS 按图 21 (b) 的实线 L2 所示变化，空燃比控制信号 SCTL 按图 21 (b) 的虚线 L3 所示大幅过冲。当在该状态下进行上述控制增益的调节时，传感器检测空燃比 AFS 和空燃比控制信号 SCTL 分别如图 21 (c) 的实线 L2 和虚线 L3 所示。即，空燃比控制信号 SCTL 的过冲得到改善，但不能获得图 21 (a) 的虚线 L3 所示的正常时的空燃比控制信号 SCTL。在图 21 (b) 和 (c) 中，由于氧浓度传感器劣化，因而认为，传感器检测空燃比 AFS 不表示实际空燃比，而空燃比控制信号 SCTL 表现出与实际空燃比的变化接近

的空燃比变化特性（参照图 21（a））。

### 发明内容

本发明是着眼于这一点而作成的，本发明的目的是提供一种当在空燃比反馈控制中使用的氧浓度传感器的响应特性劣化时，可进行更恰当的氧浓度传感器输出的补偿，可良好地维持空燃比的控制性能的内燃机空燃比控制装置。

为了达到上述目的，发明之一的内燃机空燃比控制装置，其控制提供给内燃机 1 的混合气的空燃比，该内燃机 1 在排气系统内具有排气净化用催化剂 14a，其特征在于，该空燃比控制装置具有：第 1 氧浓度传感器 17，其设置在上述催化剂 14a 的上游侧；补偿单元，其补偿该第 1 氧浓度传感器的响应延迟，并计算补偿传感器输出（VLAFC）；传感器劣化检测单元，其检测上述第 1 氧浓度传感器的响应劣化度（T）；调节单元，其根据由该传感器劣化检测单元检测出的劣化度（T）调节上述补偿单元的频率特性；以及控制单元，其控制上述空燃比，以使根据上述补偿传感器输出（VLAFC）所计算出的检测空燃比（KACT）与目标空燃比（KCMD）一致。

发明之二的特征在于，在发明之一的内燃机空燃比控制装置中，该空燃比控制装置还具有：吸入空气流量检测单元，其检测上述内燃机的吸入空气流量（GAIR）；第 2 氧浓度传感器 18，其设置在上述催化剂 14a 的下游侧；流入氧气量计算单元，其基于按照上述补偿传感器输出（VLAFC）而计算出的氧浓度（O2N）和上述吸入空气流量检测单元所检测出的吸入空气流量（GAIR）来计算流入上述催化剂 14a 内的流入氧气量（OS）；空燃比切换控制单元，其根据上述流入氧气量（OS）与上述流入氧气量的目标值（OSOBJR，OSOBJL）之间的比较结果，把提供给上述内燃机的混合气的空燃比交替控制为与理论空燃比相比稀侧的稀空燃比和浓侧的浓空燃比；以及催化剂劣化检测单元，其在该空燃比切换控制单元的工作中，根据上述第 2 氧浓度传感器的输出（SVO2）检测上述催化剂的劣化程度（RESULT）。

发明之三的特征在于，在发明之二的内燃机空燃比控制装置中，该空燃比控制装置具有：切换单元，其根据由上述传感器劣化检测单元检测出的劣化度（T），在上述第1氧浓度传感器的输出（VLAF）与上述补偿传感器输出（VLAFC）之间进行切换；上述控制单元和上述流入氧气量计算单元根据上述切换单元的输出来计算上述检测空燃比（KACT）和氧浓度（O2N）。

根据发明之一，根据检测出的劣化度来调节补偿单元的频率特性，该补偿单元检测设置在催化剂上游侧的第1氧浓度传感器的劣化度，补偿第1氧浓度传感器的响应延迟并计算补偿传感器输出。由此，可获得与第1氧浓度传感器未劣化时的传感器输出大致一致的补偿传感器输出。因此，通过控制混合气的空燃比，以使根据补偿传感器输出而计算出的检测空燃比与目标空燃比一致，可高精度地使实际空燃比与目标空燃比一致，即使是在第1氧浓度传感器的响应劣化时，也能良好地维持空燃比控制性能。

根据发明之二，检测内燃机的吸入空气流量，根据该检测出的吸入空气流量和上述补偿传感器输出来计算流入催化剂内的流入氧气量，根据流入氧气量与流入氧气量的目标值之间的比较结果，进行把空燃比交替控制为与理论空燃比相比稀侧的稀空燃比和浓侧的浓空燃比的空燃比切换控制。而且，在空燃比切换控制中，根据第2氧浓度传感器的输出检测催化剂的劣化程度。通过把流入氧气量的目标值设定成，当催化剂正常时第2氧浓度传感器输出几乎不变化，而当催化剂劣化时第2氧浓度传感器输出大幅变化，从而在催化剂正常状态下完全不会使排气特性恶化，在催化剂开始劣化的时刻几乎不会使排气特性恶化，可迅速检测劣化程度。此外，通过使用补偿传感器输出，即使是在第1氧浓度传感器的响应劣化时，也能适当地控制催化剂的流入氧气量，能可靠地防止排气特性的恶化。

根据发明之三，根据检测出的第1氧浓度传感器的劣化度，在第1氧浓度传感器的输出与补偿传感器输出之间进行切换。即，当劣化度小时，直接使用第1氧浓度传感器输出来计算检测空燃比和氧浓度，当劣

化度增大时，在检测空燃比和氧浓度的计算中使用补偿传感器输出，从而不论第 1 氧浓度传感器的响应特性是否劣化，总是能进行准确的空燃比控制，并能进行不使排气特性恶化的催化剂劣化检测。

#### 附图说明

图 1 是示出本发明一个实施方式的内燃机及其空燃比控制装置的结构图。

图 2 是用于对催化剂劣化检测方法进行说明的图。

图 3 是示出进行氧浓度传感器的响应劣化补偿、空燃比控制以及催化剂劣化检测的模块结构的框图。

图 4 是示出进行氧浓度传感器的响应劣化补偿的响应劣化补偿部的结构的框图。

图 5 是示出图 4 所示的一次延迟补偿器的频率特性的图。

图 6 是实现构成图 3 所示模块的功能块的功能的处理的流程图。

图 7 是在图 6 的处理中执行的响应劣化诊断处理的流程图。

图 8 是用于对图 7 进行说明的时序图。

图 9 是示出在图 7 的处理中参照的表的图。

图 10 是在图 6 的处理中执行的扰动信号生成处理的流程图。

图 11 是在图 6 的处理中执行的扰动信号生成处理的流程图。

图 12 是示出在图 11 或图 12 的处理中参照的表的图。

图 13 是在图 6 的处理中执行的 KCMD 计算处理的流程图。

图 14 是用于对图 13 的处理进行说明的时序图。

图 15 是在图 6 的处理中执行的校正量 (PO2C) 计算处理的流程图。

图 16 是在图 6 的处理中执行的校正量 (PO2C) 计算处理的流程图。

图 17 是示出在图 15 的处理中参照的表的图。

图 18 是用于对图 15 和图 16 的处理进行说明的时序图。

图 19 是在图 6 的处理中执行的劣化判定处理的流程图。

图 20 是在图 6 的处理中执行的劣化判定处理的流程图。

图 21 是用于对现有技术的课题和本发明的效果进行说明的时序图。

### 具体实施方式

以下，参照附图对本发明的实施方式进行说明。

图1是本发明一个实施方式的内燃机（以下称为“发动机”）及其空燃比控制装置的整体结构图，在例如4缸发动机1的进气管2的中途配置有节气门3。节气门开度（TH）传感器4与节气门3连接，并输出与该节气门3的开度对应的电信号而提供给电子控制单元（以下称为“ECU”）5。

燃料喷射阀6按照每个气缸而设置，设置在发动机1与节气门3之间且进气管2的未作图示的进气门的稍靠上游侧，各喷射阀与未作图示的燃料泵连接，并与ECU5电连接，根据来自该ECU5的信号控制燃料喷射阀6的开启时间。

在节气门3的上游侧设置有检测吸入空气流量 $G_{AIR}$ 的吸入空气流量传感器7。并且，在节气门3的下游侧设置有检测进气压力 $P_{BA}$ 的进气压力传感器8以及检测进气温度 $T_A$ 的进气温度传感器9。这些传感器的检测信号被提供给ECU5。

安装在发动机1主体上的发动机水温（TW）传感器10由热敏电阻等构成，检测发动机水温（冷却水温）TW，输出对应的温度信号而提供给ECU5。

检测发动机1的曲轴（未作图示）旋转角度的曲轴角度位置传感器11与ECU5连接，向ECU5提供与曲轴的旋转角度相应的信号。曲轴角度位置传感器11由以下传感器组成，即：气缸判别传感器，其在发动机1的特定气缸的预定曲轴角度位置处输出脉冲（以下称为“CYL脉冲”）；TDC传感器，其对于各气缸的吸入行程开始时的上止点（TDC），在预定曲轴角度前的曲轴角度位置（在4缸发动机中每180度曲轴角）输出TDC脉冲；以及CRK传感器，其以比TDC脉冲短的一定曲轴角周期（例如30度周期）产生1个脉冲（以下称为“CRK脉冲”），CYL脉冲、TDC脉冲以及CRK脉冲被提供给ECU5。这些脉冲在燃料喷射正时、点火正时等的各种定时控制、发动机转速NE的检测中使用。



在排气管 13 内设置有将三元催化剂 14a 和 14b 收容在 1 个容器内的催化剂单元 15。

三元催化剂 14a 和 14b 具有氧蓄积能力，并具有以下功能，即：在提供给发动机 1 的混合气的空燃比被设定为与理论空燃比相比的稀侧、排气中的氧浓度较高的排气稀的状态下，蓄积排气中的氧，反之在提供给发动机 1 的混合气的空燃比被设定为与理论空燃比相比的浓侧、排气中的氧浓度低、HC、CO 成分多的排气浓的状态下，使用所蓄积的氧来氧化排气中的 HC、CO。

在催化剂单元 15 的上游侧安装有比例型氧浓度传感器 17（以下称为“LAF 传感器 17”），该 LAF 传感器 17 输出与排气中的氧浓度（空燃比）大致成正比的电信号，并提供给 ECU 5。

在三元催化剂 14a 和 14b 之间安装有二值型氧浓度传感器（以下称为 O2 传感器）18，其检测信号被提供给 ECU 5。该 O2 传感器 18 具有其输出在理论空燃比的前后急剧变化的特性，其输出在与理论空燃比相比的浓侧为高电平，在与理论空燃比相比的稀侧为低电平。并且，在三元催化剂 14a 内设置有检测其温度（以下称为“催化剂温度”）TCAT 的催化剂温度传感器 19，其检测信号被提供给 ECU 5。

ECU 5 由具有对来自各种传感器的输入信号波形进行整形、把电压电平校正为预定电平、把模拟信号值转换成数字信号值等的功能的输入电路、中央运算处理单元（以下称为“CPU”）、存储由该 CPU 执行的各种运算程序和运算结果等的存储电路、把驱动信号提供给上述燃料喷射阀 6 的输出电路等构成。

ECU 5 的 CPU 根据上述各种发动机参数信号判别各种发动机运转状态，并根据该所判别的发动机运转状态，使用下式（1）运算与上述 TDC 信号脉冲同步进行开启动作的燃料喷射阀 6 的燃料喷射时间 TOUT。

$$TOUT = TIM \times KCMD \times KAF \times K1 + K2 \quad (1)$$

其中，TIM 是基本燃料量，具体地说是燃料喷射阀 6 的基本燃料喷射时间，是根据吸入空气流量 GAIR 检索所设定的 TIM 表来决定的。TIM 表被设定成使提供给发动机的混合气的空燃比大致为理论空燃比。

KCMD 是目标空燃比系数，在通常控制中是根据 O<sub>2</sub> 传感器输出 SVO<sub>2</sub> 来设定的。目标空燃比系数 KCMD 与空燃比 A/F 的倒数，即燃空比 F/A 成正比，在理论空燃比时取值 1.0，因而也称为目标当量比。当进行后述的催化剂劣化判定时，目标空燃比系数 KCMD 被设定为把空燃比交替控制到与理论空燃比相比的浓侧和与理论空燃比相比的稀侧。

KAF 是当反馈控制的执行条件成立时，通过 PID（比例积分微分）控制或者使用自适应控制器（Self Tuning Regulator）的自适应控制而计算成使根据 LAF 传感器 17 的输出 VLAF 计算出的检测当量比 KACT 与目标当量比 KCMD 一致的空燃比校正系数。当 LAF 传感器 17 的检测值与 O<sub>2</sub> 传感器 18 的检测值产生偏差时，根据后述的校正量 PO<sub>2</sub>C 校正检测当量比 KACT，计算校正当量比 KACTM。即，空燃比校正系数 KAF 被计算成使校正当量比 KACTM 与目标当量比 KCMD 一致。

K1 和 K2 分别是根据各种发动机参数信号所运算的其它校正系数和校正变量，并被确定为实现与发动机运转状态对应的燃料效率特性、发动机加速特性等诸特性的最优化的预定值。

ECU 5 的 CPU 根据按上述这样求出的燃料喷射时间 TOUT，经由输出电路向燃料喷射阀 6 提供开启燃料喷射阀 6 的驱动信号。并且，ECU 5 的 CPU 如以上说明那样进行三元催化剂 14a 的劣化判定。另外，当判定为三元催化剂 14a 已发生劣化时，估计为三元催化剂 14b 也大致同样劣化，进行例如警告灯的亮灯。

三元催化剂的劣化判定是根据当以理论空燃比为中心使提供给发动机 1 的混合气的空燃比变动时（交替进行稀运转和浓运转时）的 O<sub>2</sub> 传感器输出 SVO<sub>2</sub> 来进行的。这样交替执行稀运转和浓运转的控制以下称为“扰动控制”。具体地说，执行稀运转，以便把正常的三元催化剂可蓄积、而劣化的三元催化剂不可蓄积程度的量的氧提供给三元催化剂，之后切换到浓运转来执行浓运转，以便将所蓄积的氧大致全部排放。当执行这种扰动控制时，只要三元催化剂未劣化，如图 2（a）所示，O<sub>2</sub> 传感器 18 的输出 SVO<sub>2</sub> 几乎不变化，然而当三元催化剂劣化时，如图 2（b）所示大幅变化。因此，在本实施方式中，通过检测该差异，来进行三元

催化剂的劣化判定。

图3是示出进行LAF传感器17的响应劣化诊断、空燃比控制以及三元催化剂的劣化判定的模块的结构框图。构成该模块的各功能块的功能实际上是通过ECU5的CPU的运算处理来实现的。

图3所示的模块具有：响应劣化诊断部27，其根据LAF传感器17的输出VLAF进行LAF传感器17的响应劣化诊断；响应劣化补偿部28，其进行LAF传感器输出VLAF的响应劣化补偿运算，并输出补偿传感器输出VLAFC；开关部29；KACT计算部30，其把从开关部29输出的LAF传感器输出VLAF或者补偿传感器输出VLAFC转换成当量比，并计算检测当量比KACT；减法部31；KCMDB计算部32，其计算目标当量比的基本值KCMDB；PO2C计算部33，其计算对检测当量比KACT进行校正的校正量PO2C；加法部34；KAF计算部35，其计算空燃比校正系数KAF；以及劣化判定部36，其进行三元催化剂14a的劣化判定。

如图4所示，响应劣化补偿部28由一次延迟补偿器41和低通滤波器42构成。响应劣化诊断部27根据开始切断向发动机1的燃料供给的燃料切断运转时的LAF传感器输出VLAF来计算一次延迟时间常数T，并根据一次延迟时间常数T生成切换控制信号SWCTL。具体地说，当一次延迟时间常数T小于等于预定时间TDTH（例如200毫秒）时，把切换控制信号SWCTL设定为“0”，当一次延迟时间常数T大于预定时间TDTH时，把切换控制信号SWCTL设定为“1”。开关部29当切换控制信号SWCTL是“0”时，选择LAF传感器输出VLAF，当切换控制信号SWCTL是“1”时，选择补偿传感器输出VLAFC。

一次延迟补偿器41使用下式(2)计算一次延迟补偿输出VLAFC1。其中，k是以运算执行周期（例如10毫秒）进行了离散化的运算时刻，TD是与从响应劣化诊断部27输入的一次延迟时间常数T对应的时间常数参数。在本实施方式中，由于把运算周期设定为10毫秒，因而时间常数参数TD为 $T[\text{ms}] / 10[\text{ms}]$ 。一次延迟补偿器41是强调输入信号的高频成分来进行放大的放大器，其频率特性如图5所示。图5的实线所示的频率特性C1与一次延迟时间常数T为300毫秒的情况相对应，虚

线所示的频率特性 C2 与一次延迟时间常数 T 为 720 毫秒的情况相对应。

$$VLAFC1(k) = (TD+1)VLAFC(k) - TD \cdot VLAFC(k-1) \quad (2)$$

低通滤波器 42 是以去除噪声成分为目的而插入的装置，把一次延迟补偿输出 VLAFC1 代入下式 (3)，计算补偿传感器输出 VLAFC。基于式 (3) 的低通滤波器运算的截止频率被设定为例如 5Hz 左右。

$$\begin{aligned} VLAFC(k) = & \\ & b_0 \cdot VLAFC1(k) + b_1 \cdot VLAFC1(k-1) + \dots \\ & + b_m \cdot VLAFC1(k-m) \\ & + a_1 \cdot VLAFC(k-1) + a_2 \cdot VLAFC(k-2) + \dots \\ & + a_n \cdot VLAFC(k-n) \end{aligned} \quad (3)$$

其中， $b_0 \sim b_m$  和  $a_1 \sim a_n$  是滤波器系数， $m$  和  $n$  分别被设定为例如 3 和 2。

减法部 31 通过从检测当量比 KACT 中减去校正量 PO2C，来计算校正当量比 KACTM。KCMDB 计算部 32 根据吸入空气流量 GAIR、校正当量比 KACTM 以及 O2 传感器输出 SVO2 来计算基本值 KCMDB。更具体地说，KCMDB 计算部 32 设定基本值 KCMDB，以便执行交替进行浓运转和稀运转的扰动控制。

PO2C 计算部 33 根据吸入空气流量 GAIR、校正当量比 KACTM 以及 O2 传感器输出 SVO2 计算检测当量比 KACT 的校正量 PO2C。该校正量 PO2C 是用于校正由于 LAF 传感器 17 的检测特性的经时变化（但响应劣化除外）或者发动机 1 的运转状态变化而产生的检测当量比 KACT 的偏差的参数。

加法部 34 通过对基本值 KCMDB 加上校正量 PO2C，来计算目标当量比 KCMD。KAF 计算部 35 计算空燃比校正系数 KAF，以使校正当量比 KACTM 与目标当量比 KCMD 一致。

并且，劣化判定部 36 根据执行扰动控制时的 O2 传感器输出 SVO2 进行三元催化剂 14a 的劣化判定。

图 6 是实现上述的响应劣化诊断部 27、响应劣化补偿部 28、开关部 29、KACT 计算部 30、减法部 31、KCMDB 计算部 32、PO2C 计算部 33、

加法部 34 以及劣化判定部 36 的功能的运算处理的主例程的流程图。该处理由 ECU 5 的 CPU 每隔预定时间（例如 10 毫秒）执行。

在步骤 S1 中，执行图 7 所示的响应劣化诊断处理，计算一次延迟时间常数 T。在步骤 S2 中，判别计算出的一次延迟时间常数 T 是否大于预定时间 TDTH，当该回答是否定（“否”），即 LAF 传感器 17 的响应特性未劣化时，直接进到步骤 S4。

当在步骤 S2 中  $T > TDTH$  时，进行基于上述式（2）和（3）的响应劣化补偿运算，计算补偿传感器输出 VLAFC（步骤 S3）。在步骤 S4 中，根据 LAF 传感器输出 VLAF 或补偿传感器输出 VLAFC 计算检测当量比 KACT。

在步骤 S5 中，执行图 10 和图 11 所示的处理，生成用于使空燃比变化的扰动信号。具体地说，扰动信号的生成相当于把空燃比切换参数 KOSFB 设定为“1”或“-1”。在步骤 S6 中，执行图 13 所示的处理，根据空燃比切换参数 KOSFB 进行目标空燃比系数 KCMD 的设定。目标空燃比系数 KCMD 在通常控制中是根据 O2 传感器 18 的输出 SVO2 来设定的，而当进行三元催化剂的劣化判定时，是根据在步骤 S5 中设定的空燃比切换参数 KOSFB 来设定的。由此，进行空燃比的扰动控制。

在步骤 S7 中，执行图 15 和图 16 所示的处理，计算检测当量比 KACT 的校正量 PO2C。

在步骤 S8 中，执行图 19 和图 20 所示的处理，根据扰动控制中的 O2 传感器输出 SVO2，计算表示三元催化剂 14a 的劣化程度的判定参数 RESULT，并且当判定参数 RESULT 超过劣化判定阈值 RSTTH 时，判定为三元催化剂 14a 异常。

图 7 是在图 6 的步骤 S1 中执行的响应劣化诊断处理的流程图。并且，图 8 是用于对图 7 的处理进行说明的时序图，一并参照两图。

在步骤 S201 中，判别是否是燃料切断运转中（图 8， $FFC=1$ ），当不是燃料切断运转中（ $FFC=0$ ）时，把输出电平参数 CALLAFDT 和延迟时间参数 CLAFDT 全都设定为“0”（步骤 S202），结束本处理。

当是燃料切断运转中时，从步骤 S201 进到 S203，判别 LAF 传感器

输出 VLAF 是否高于预定传感器输出值 VLAFL (例如 3.0V)。由于燃料切断运转刚开始, 步骤 S203 的回答为否定 (“否”), 因而直接进到步骤 S205。当 LAF 传感器输出 VLAF 超过预定传感器输出值 VLAFL 时, 从步骤 S203 进到 S204, 把输出电平参数 CALLAFDT 设定为 “1”。之后进到步骤 S205。

在步骤 S205 中, 把燃料切断运转中的 LAF 传感器输出的最大值 VLAFFC (例如 4.04V) 和预定传感器输出值 VLAFL 代入下式 (4), 计算传感器输出阈值 VLAFH。

$$VLAFH = VLAFFC - (1 - 0.63) \times (VLAFFC - VLAFL) \quad (4)$$

在步骤 S206 中, 判别 LAF 传感器输出 VLAF 是否高于传感器输出阈值 VLAFH。由于最初该回答为否定 (“否”), 因而直接进到步骤 S208, 判别输出电平参数 CALLAFDT 是否是 “1”。由于最初该回答也为否定 (“否”), 因而进到步骤 S210, 判别输出电平参数 CALLAFDT 是否是 “2”。由于最初该回答也为否定 (“否”), 因而直接结束本处理。

当 LAF 传感器输出 VLAF 上升且超过预定传感器输出值 VLAFL 时 (图 8, 时刻 tr1), 在步骤 S204 中把输出电平参数 CALLAFDT 设定为 “1”。结果, 步骤 S208 的回答变为肯定 (“是”), 使延迟时间参数 CLAFDT 加 “1” (步骤 S209)。之后反复执行步骤 S209, 增加延迟时间参数 CLAFDT, 直到步骤 S206 的回答变为肯定 (“是”)。

当在步骤 S206 中, LAF 传感器输出 VLAF 超过传感器输出阈值 VLAFH 时 (图 8, 时刻 tr2), 进到步骤 S207, 把输出电平参数 CALLAFDT 设定为 “2”。此时的延迟时间参数 CLAFDT 的值成为与从图 8 的时刻 tr1 到 tr2 的时间 (延迟时间) 成正比的值。

通过执行步骤 S207, 步骤 S208 的回答变为否定 (“否”), 而且步骤 S210 的回答变为肯定 (“是”), 进到步骤 S211, 根据延迟时间参数 CLAFDT 检索图 9 所示的 T 表, 计算一次延迟时间常数 T。

通过图 7 的处理, 根据表示 LAF 传感器输出的响应特性的延迟时间参数 CLAFDT 计算一次延迟时间常数 T。然后, 当一次延迟时间常数 T 大于预定时间 TDTH 时, 根据使用代入了一次延迟时间常数 T 的式 (2)

和进行低通滤波处理的式(3)所计算出的补偿传感器输出 VLAFC 来计算检测当量比 KACT, 而不使用 LAF 传感器输出 VLAF。因此, 即使在 LAF 传感器 17 的响应特性劣化的情况下, 也能高精度地进行以下说明的空燃比控制和催化剂劣化检测。

图 10 和图 11 是在图 6 的步骤 S5 中执行的扰动信号生成处理的流程图。

在步骤 S10 中, 通过从检测当量比 KACT 中减去校正量 PO2C, 计算校正当量比 KACTM。在步骤 S11 中, 根据校正当量比 KACTM 检索图 12(a) 所示的 O2N 表, 计算与排气中的氧浓度成正比的氧浓度参数 O2N。O2N 表被设定成, 在与理论空燃比相当的氧浓度 O2ST (KACTM=1.0) 时氧浓度参数 O2N 为“0”, 当由 LAF 传感器 17 检测出的氧浓度高于氧浓度 O2ST 时 (当空燃比在与理论空燃比相比的稀侧时) 取正值, 当低于氧浓度 O2ST 时 (当空燃比在与理论空燃比相比的浓侧时) 取负值。

在步骤 S12 中, 根据吸入空气流量 GAIR 检索图 12(b) 所示的 OSC 表, 计算作为劣化催化剂基准的基准氧量 OSC [g]。OSC 表被设定成, 吸入空气流量 GAIR 越大, 基准氧量 OSC 就越小。吸入空气流量 GAIR 越大, 排气通过三元催化剂的时间就越短, 另一方面, 只要催化剂温度以及流入三元催化剂内的排气中的氧浓度 (a) 与三元催化剂内的排气中的氧浓度 (b) 之差 (b-a) 恒定, 三元催化剂中的反应速度 (氧的蓄积速度) 就大致恒定。因此, 吸入空气流量 GAIR 越大, 可蓄积在三元催化剂内的氧量就越少。因此, 按图 12(b) 所示来设定 OSC 表。

在步骤 S13 中, 根据催化剂温度 TCAT 检索图 12(c) 所示的 KTCATR 表, 计算第 1 温度校正系数 KTCATR。KTCATR 表被设定成, 第 1 温度校正系数 KTCATR 取负值, 并且催化剂温度 TCAT 越高, 第 1 温度校正系数 KTCATR 就越小 (KTCATR 的绝对值越大)。

在步骤 S14 中, 根据催化剂温度 TCAT 检索图 12(d) 所示的 KTCATL 表, 计算第 2 温度校正系数 KTCATL。KTCATL 表被设定成, 第 2 温度校正系数 KTCATL 取正值, 并且催化剂温度 TCAT 越高, 第 2 温度校正系数 KTCATL 就越大。

在步骤 S15 中, 把基准氧量 OSC、温度校正系数 KTCATR 和 KTCATL

代入下式 (5)、(6)，计算浓侧极限值 OSOBJR 和稀侧极限值 OSOBJL。

$$\text{OSOBJR} = \text{OSC} \times \text{KTCATR} \quad (5)$$

$$\text{OSOBJL} = \text{OSC} \times \text{KTCATL} \quad (6)$$

这样计算出的浓侧极限值 OSOBJR 和稀侧极限值 OSOBJL 是在步骤 S18 中计算的第 1 流入氧气量 OS 的目标值，作为用于确定切换空燃比的时刻的阈值，在后述的步骤 S31 或 S32 中使用。稀侧极限值 OSOBJL 相当于正常的三元催化剂可蓄积、而劣化的三元催化剂不可蓄积程度的流入氧气量，浓侧极限值 OSOBJR 被设定为绝对值与稀侧极限值 OSOBJL 大致相等的负值。换句话说，浓侧极限值 OSOBJR 和稀侧极限值 OSOBJL 被设定成，当三元催化剂正常时 O2 传感器输出 SVO2 几乎不变化，而当三元催化剂劣化时 O2 传感器输出 SVO2 大幅变化。

在步骤 S16 中，判别计数器 CDO2 的值是否小于预定值 CCR0（例如 2）。计数器 CDO2 是在后述的图 15 的步骤 S112 中递增的计数器，对计算校正量 PO2C 所需参数的计算次数进行计数。在扰动控制开始后，可在 O2 传感器输出 SVO2 至少反转 2 次（从表示稀空燃比的值变化为表示浓空燃比的值或者相反地变化）的时刻，计算校正量 PO2C。因此，当在步骤 S16 中， $\text{CDO2} < \text{CCR0}$  时，使用下式 (7a) 和 (7b) 来减小浓侧极限值 OSOBJR，并增大稀侧极限值 OSOBJL（步骤 S17）。

$$\text{OSOBJR} = \text{OSOBJR} - \Delta\text{OS} \quad (7a)$$

$$\text{OSOBJL} = \text{OSOBJL} + \Delta\text{OS} \quad (7b)$$

通过步骤 S16 和 S17，可使 O2 传感器输出 SVO2 可靠地反转 CCR0 次，可计算校正量 PO2C。

在步骤 S18 中，把氧浓度参数 O2N 代入下式 (8) 来计算流入氧气流量 O2，把流入氧气流量 O2 代入下式 (9) 来计算第 1 流入氧气量 OS，并把空燃比切换参数的上次值 KOSFBZ 设定为当前次值 KOSFB。

$$\text{O2} = \text{O2N} \times \text{GAIRAVE} \quad (8)$$

$$\text{OS} = \text{OS} + \text{O2} \quad (9)$$

其中，GAIRAVE 是吸入空气流量 GAIR 的例如 6 个左右的数据的移动平均值，式 (9) 的右边的 OS 是上次计算值。平均空气流量 GAIRAVE



的计算处理（未作图示）与 CRK 脉冲的产生同步执行。

在步骤 S19 中，判别空燃比切换参数 KOSFB 是否是“-1”，当该回答是肯定（“是”）即是稀运转中时，判别复位标志 FRESETOS 是否是“1”（步骤 S25）。当变更了空燃比切换参数 KOSFB 的值时（参照步骤 S38、S40），复位标志 FRESETOS 被设定为“1”。当空燃比切换参数 KOSFB 刚变更为“-1”时，步骤 S25 的回答为肯定（“是”），因而进到步骤 S28，判别流入氧气流量 O2 是否是正值。在稀运转刚开始时，步骤 S28 的回答为否定（“否”），直接进到步骤 S32（图 11）。当进行稀运转而排气中的氧浓度增高时，步骤 S28 的回答为肯定（“是”），进到步骤 S29，把第 1 流入氧气量 OS 设定为“0”，并使复位标志 FRESETOS 归“0”。之后进到步骤 S32。

当复位标志 FRESETOS 归为“0”时，步骤 S25 的回答为否定（“否”），进到步骤 S26，判别第 1 流入氧气量 OS 是否是负值。由于通常该回答为否定（“否”），因而直接进到步骤 S32。当第 1 流入氧气量 OS 为负值时，复位到“0”（步骤 S27），进到步骤 S32。

在步骤 S32 中，判别第 1 流入氧气量 OS 是否大于稀侧极限值 OSOBIJL。由于在稀运转刚开始时该回答为否定（“否”），因而进到步骤 S33，判别是否 O2 传感器输出 SVO2 小于与和理论空燃比相比稍靠稀侧的空燃比相当的第 1 稀侧预定值 SVO2LEAN、且下游侧氧浓度参数 KOSLEAN 是“1”（步骤 S33）。下游侧氧浓度参数 KOSLEAN 是当 O2 传感器输出 SVO2 是表示稀空燃比的值时被设定为“0”的参数（参照步骤 S39）。由于通常该回答为否定（“否”），因而进到步骤 S35，判别是否 O2 传感器输出 SVO2 大于与和理论空燃比相比稍靠浓侧的空燃比相当的第 1 浓侧预定值 SVO2RICH ( $>SVO2LEAN$ )、且下游侧氧浓度参数 KOSLEAN 是“0”。由于通常该回答也为否定（“否”），因而直接进到步骤 S41。

之后当继续稀运转时，第 1 流入氧气量 OS 逐渐增加。然后，当在步骤 S32 中第 1 流入氧气量 OS 超过稀侧极限值 OSOBIJL 时，进到步骤 S40，把空燃比切换参数 KOSFB 设定为“1”，并把复位标志 FRESETOS

设定为“1”。由此，开始浓运转。

当空燃比切换参数 KOSFB 从“-1”变更为“1”时，从步骤 S19 进到步骤 S20，判别复位标志 FRESETOS 是否是“1”。由于最开始步骤 S20 的回答为肯定（“是”），因而进到步骤 S23，判别流入氧气流量 O2 是否是负值。在浓运转刚开始时，步骤 S23 的回答为否定（“否”），直接进到步骤 S31（图 11）。当开始浓运转而排气中的氧浓度下降时，步骤 S23 的回答为肯定（“是”），进到步骤 S24，把第 1 流入氧气量 OS 设定为“0”，并使复位标志 FRESETOS 归为“0”。之后进到步骤 S31。第 1 流入氧气量 OS 在以后的浓运转中取负值。这意味着，还原剂（HC，CO）被提供给三元催化剂 14a，并且所蓄积的氧用于还原剂的氧化而减少（流出）。

当复位标志 FRESETOS 归为“0”时，步骤 S20 的回答为否定（“否”），进到步骤 S21，判别第 1 流入氧气量 OS 是否是正值。由于通常该回答为否定（“否”），因而直接进到步骤 S31。当第 1 流入氧气量 OS 为正值时，复位到“0”（步骤 S22），进到步骤 S31。

在步骤 S31 中，判别第 1 流入氧气量 OS 是否小于浓侧极限值 OSOBJR。由于在浓运转刚开始时该回答为否定（“否”），因而进到步骤 S33。通常，步骤 S33 和 S35 的回答全都为否定（“否”）。

之后当继续浓运转时，第 1 流入氧气量 OS 逐渐减少（负值的绝对值增加）。然后，当在步骤 S31 中第 1 流入氧气量 OS 低于浓侧极限值 OSOBJR 时，进到步骤 S38，把空燃比切换参数 KOSFB 设定为“-1”，并把复位标志 FRESETOS 设定为“1”。由此，开始稀运转。

当三元催化剂 14a 的劣化不断进行时，有时在稀运转中步骤 S33 的回答为肯定（“是”）。此时，从步骤 S33 进到步骤 S39，把下游侧氧浓度参数 KOSLEAN 设定为“0”。之后进到步骤 S40，转移到浓运转。即，在该情况下，在第 1 流入氧气量 OS 超过稀侧极限值 OSOBJL 之前，进行向浓运转的切换。此外，也有时在浓运转中步骤 S35 的回答为肯定（“是”）。此时，从步骤 S35 进到步骤 S37，把下游侧氧浓度参数 KOSLEAN 设定为“1”。之后进到步骤 S38，转移到稀运转。即，在该情况下，在第 1 流入氧气量 OS 低于浓侧极限值 OSOBJR 之前，进行向稀运转的切换。

除了 O<sub>2</sub> 传感器输出 SVO<sub>2</sub> 以外，还使用下游侧氧浓度参数 KOSLEAN 来进行判定，这是为了通过迟滞作用防止控制波动。

通过上述步骤 S16、S17、步骤 S33、S35、S37 和 S39，可使 O<sub>2</sub> 传感器输出 SVO<sub>2</sub> 反转，可靠地计算校正量 PO<sub>2</sub>C。并且，即使在三元催化剂 14a 劣化、在第 1 流入氧气量 OS 超过极限值 OSOBL 或 OSLBJR 之前 O<sub>2</sub> 传感器输出 SVO<sub>2</sub> 发生了变化的情况下，也能防止排气特性恶化。

在步骤 S41 中，根据催化剂温度 TCAT 检索图 12(e)所示的 KTCATD 表，计算第 3 温度校正系数 KTCATD。KTCATD 表与 KTCATL 表一样被设定成，催化剂温度 TCAT 越高，第 3 温度校正系数 KTCATD 就越大，而且在相同催化剂温度 TCAT 下，变为大于第 2 温度校正系数 KTCATL 的值。

在步骤 S42 中，把第 3 温度校正系数和在步骤 S12 中计算出的基准氧量 OSC 代入下式 (10)，计算禁止判定阈值 OSDISABLE。

$$\text{OSDISABLE} = \text{OSC} \times \text{KTCATD} \quad (10)$$

在步骤 S43 中，判别第 1 流入氧气量 OS 的绝对值是否大于禁止判定阈值 OSDISABLE，当该回答是肯定（“是”）时，把禁止标志 FDISABLEOS 设定为“1”（步骤 S45）。当  $|\text{OS}| \leq \text{OSDISABLE}$  时，把禁止标志 FDISABLEOS 设定为“0”（步骤 S44）。当禁止标志 FDISABLEOS 被设定为“1”时，中止催化剂的劣化判定（参照图 19，步骤 S71）。

例如，在节气门开度急剧变化时空燃比控制不能迅速跟随吸入空气量的变化的情况下，存在第 1 流入氧气量 OS 的绝对值异常增大的可能性。在这种情况下，不能进行准确的劣化判定，因而通过禁止劣化判定，可防止判定精度的下降。

图 13 是在图 6 的步骤 S6 中执行的 KCMD 计算处理的流程图。

在步骤 S51 中，判别是否正在执行空燃比的扰动，当该回答是肯定（“是”）时，判别在图 10 和图 11 的处理中所设定的空燃比切换参数 KOSFB 是否等于其上次值 KOSFBZ（步骤 S52）。

当步骤 S51 或 S52 的回答是否定（“否”），即未执行扰动时，或者当空燃比切换参数 KOSFB 的值变化时，把目标空燃比系数的基本值

KCMDB 设定为“1.0”（步骤 S53），进到步骤 S54。当  $KOSFB = KOSFBZ$  时，直接进到步骤 S54。

在步骤 S54 中，判别空燃比切换参数  $KOSFB$  是否是“1”。当该回答是肯定（“是”）时，使用下式（11）更新基本值 KCMDB（步骤 S55）。

$$KCMDB = KCMDB + \Delta KCMDB \quad (11)$$

其中， $\Delta KCMDB$  是预定更新值，被设定为例如 0.0002。

当空燃比切换参数  $KOSFB$  是“1”时，通过重复执行步骤 S55，基本值 KCMDB 从“1.0”开始逐渐增加。即，空燃比逐渐向浓方向变化。

当在步骤 S54 中， $KOSFB = -1$  时，使用下式（12）更新基本值 KCMDB（步骤 S56）。

$$KCMDB = KCMDB - \Delta KCMDB \quad (12)$$

因此，当空燃比切换参数  $KOSFB$  是“-1”时，通过重复执行步骤 S56，基本值 KCMDB 从“1.0”开始逐渐减小。即，空燃比逐渐向稀方向变化。

在步骤 S57~S60 中，进行计算出的基本值 KCMDB 的限值处理。即，当基本值 KCMDB 大于上限值  $KCMDH$ （例如 1.03）时，把基本值 KCMDB 设定为上限值  $KCMDH$ （步骤 S57、S58），当基本值 KCMDB 小于下限值  $KCMDL$ （例如 0.97）时，把基本值 KCMDB 设定为下限值  $KCMDL$ （步骤 S59、S60）。

在步骤 S61 中，通过对基本值 KCMDB 加上校正量  $PO2C$ ，计算目标空燃比系数（目标当量比） $KCMD$ 。

通过图 13 的处理，如图 14 所示，基本值 KCMDB 根据空燃比切换参数  $KOSFB$  的值（图 14 (a)），按图 14 (b) 所示变化。

图 15 和图 16 是在图 6 的步骤 S7 中执行的  $PO2C$  计算处理的流程图。

在步骤 S101 中，判别是否是空燃比的扰动执行中，当该回答是否定（“否”）时，进到步骤 S102，进行在本处理中使用的参数的初始化。即，把吸入空气量  $GAIRSUM$ 、第 2 流入氧气量  $OSSVO2$ 、峰值流入氧气量  $OSCSVO2$ 、校正量  $PO2C$  以及计数器  $CDO2$  的值全都设定为“0”。吸入空气量  $GAIRSUM$  是在步骤 S117 中计算出的吸入空气流量  $GAIR$  的积分

值,第2流入氧气量 OSSVO2 是在步骤 S117 中计算出的流入三元催化剂 14a 内的氧气量。

在步骤 S103 中,判别 O2 传感器输出 SVO2 是否大于与和理论空燃比相比稍靠浓侧的空燃比相当的第2浓侧预定值 SVO2OBJH (被设定为比第1浓侧预定值 SVO2RICH 稍小的值)。当该回答是肯定(“是”)时,把下游侧浓度标志 FSVO2LEAN 设定为“1”(步骤 S104),进到步骤 S105。当在步骤 S103 中是  $SVO2 \cong SVO2OBJH$  时,直接进到步骤 S105。

在步骤 S105 中,判别 O2 传感器输出 SVO2 是否小于与和理论空燃比相比稍靠稀侧的空燃比相当的第2稀侧预定值 SVO2OBJL (被设定为比第1稀侧预定值 SVO2LEAN 稍大的值)。当该回答是肯定(“是”)时,把下游侧浓度标志 FSVO2LEAN 设定为“0”(步骤 S106),之后结束本处理。当在步骤 S105 中是  $SVO2 \cong SVO2OBJL$  时,直接结束本处理。

当步骤 S101 的回答是肯定(“是”),即正在执行扰动时,判别是否 O2 传感器输出 SVO2 大于第2浓侧预定值 SVO2OBJH、流入氧气流量 O2 是正值、且下游侧浓度标志 FSVO2LEAN 是“0”(步骤 S107)。即,在步骤 S107 中,判别是否 O2 传感器输出 SVO2 从表示稀空燃比的值变化为表示浓空燃比的值、且流入氧气流量 O2 从负值变化为正值(校正当量比 KACTM 是否低于 1.0)。在扰动控制中,在 O2 传感器输出 SVO2 从表示稀空燃比的值变化为表示浓空燃比的值而开始稀运转之后,流入氧气流量 O2 变化为正值。

当步骤 S107 中的回答是否定(“否”)时,判别是否 O2 传感器输出 SVO2 小于第2稀侧预定值 SVO2OBJL、流入氧气流量 O2 是负值、且下游侧浓度标志 FSVO2LEAN 是“1”(步骤 S109)。即,在步骤 S109 中,判别是否 O2 传感器输出 SVO2 从表示浓空燃比的值变化为表示稀空燃比的值、且流入氧气流量 O2 从正值变化为负值(校正当量比 KACTM 是否超过 1.0)。在扰动控制中,在 O2 传感器输出 SVO2 从表示浓空燃比的值变化为表示稀空燃比的值而开始浓运转之后,流入氧气流量 O2 变化为负值。

当步骤 S109 中的回答是否定(“否”)时,进到步骤 S117,使用下式(13)和(14)计算第2流入氧气量 OSSVO2 和吸入空气量 GAIRSUM。

$$\text{OSSVO2}=\text{OSSVO2}+\text{O2} \quad (13)$$

$$\text{GAIRSUM}=\text{GAIRSUM}+\text{GAIR} \quad (14)$$

在步骤 S118 中，判别下游侧浓度标志 FSVO2LEAN 是否是“1”。当该回答是肯定（“是”），即 O2 传感器输出 SVO2 表示浓空燃比、且流入氧气流量 O2 是正值时，使用下式（15）和（16）计算第 2 流入氧气量 OSSVO2 和峰值流入氧气量 OSCSVO2（步骤 S120）。

$$\text{OSSVO2}=\max(\text{OSSVO2}, 0) \quad (15)$$

$$\text{OSCSVO2}=\max(\text{OSCSVO2}, \text{OSSVO2}) \quad (16)$$

当第 2 流入氧气量 OSSVO2 是负值时，通过式（15）复位为“0”。并且，使用式（16），作为第 2 流入氧气量 OSSVO2 的最大值而计算出峰值流入氧气量 OSCSVO2。

当在步骤 S118 中是 FSVO2LEAN=0 时，即当 O2 传感器输出 SVO2 表示稀空燃比、且流入氧气流量 O2 是负值时，使用下式（17）和（18）计算第 2 流入氧气量 OSSVO2 和峰值流入氧气量 OSCSVO2（步骤 S119）。

$$\text{OSSVO2}=\min(\text{OSSVO2}, 0) \quad (17)$$

$$\text{OSCSVO2}=\min(\text{OSCSVO2}, \text{OSSVO2}) \quad (18)$$

当第 2 流入氧气量 OSSVO2 是正值时，使用式（17）复位为“0”。并且，使用式（18），作为第 2 流入氧气量 OSSVO2 的最小值而计算出峰值流入氧气量 OSCSVO2。

当步骤 S107 的回答为肯定（“是”）时，进到步骤 S108，把下游侧浓度标志 FSVO2LEAN 设定为“1”，把浓侧流入氧气量 OSCR 设定为该时刻的峰值流入氧气量 OSCSVO2，并把浓侧吸入空气量 GAIRSUMR 设定为该时刻的吸入空气量 GAIRSUM。

在步骤 S112 中，使用下式（19）来使第 2 流入氧气量 OSSVO2 复位，并使峰值流入氧气量 OSCSVO2 和吸入空气量 GAIRSUM 全都复位为“0”，使计数器 CDO2 加 1。第 2 流入氧气量 OSSVO2 通常由式（19）复位为“0”。然而，当 O2 传感器 18 的响应延迟增大时，有时不能成为“0”。

$$\text{OSSVO2}=\text{OSSVO2}-\text{OSCSVO2} \quad (19)$$

在步骤 S113 中，判别计数器 CDO2 的值是否大于等于“2”。由于最初该回答为否定（“否”），因而直接进到步骤 S117。

之后进行稀运转，当步骤 S109 中的回答为肯定（“是”）时，进到步骤 S111，把下游侧浓度标志 FSVO2LEAN 设定为“0”，把稀侧流入氧气量 OSCL 设定为该时刻的峰值流入氧气量 OSCSVO2，并把稀侧吸入空气量 GAIRSUML 设定为该时刻的吸入空气量 GAIRSUM。之后经过步骤 S112 进到步骤 S113。此时，步骤 S113 的回答为肯定（“是”），进到步骤 S114，把浓侧流入氧气量 OSCR、稀侧流入氧气量 OSCL、浓侧吸入空气量 GAIRSUMR 以及稀侧吸入空气量 GAIRSUML 代入下式（20），计算氧浓度偏差量 DO2。氧浓度偏差量 DO2 表示 O2 传感器输出 SVO2 检测出的氧浓度 O2SVO2 与 LAF 传感器 17 检测出的氧浓度 O2LAF 之间的偏差量。

$$DO2 = (OSCR + OSCL) / (GAIRSUMR + GAIRSUML) \quad (20)$$

当氧浓度 O2LAF 与氧浓度 O2SVO2 一致时，浓侧流入氧气量 OSCR 与稀侧流入氧气量 OSCL 之和为“0”，因而氧浓度偏差量 DO2 为“0”。此外，当氧浓度 O2LAF 低于氧浓度 O2SVO2 时，氧浓度偏差量 DO2 为负值，相反地当氧浓度 O2LAF 高于氧浓度 O2SVO2 时，氧浓度偏差量 DO2 为正值。

在步骤 S115 中，根据氧浓度偏差量 DO2 检索图 17 所示的 DSO2 表，计算氧浓度偏差量 DO2 的当量比换算值 DSO2。在步骤 S116 中，使用下式（21）对当量比换算值 DSO2 进行累计，计算校正量 PO2C。之后进到上述步骤 S117。

$$PO2C = PO2C + DSO2 \quad (21)$$

通过在步骤 S115 中的换算，当量比换算值 DSO2 的正负与氧浓度偏差量 DO2 的正负相反，校正量 PO2C 当检测当量比 KACT 偏向浓方向时为正值，当检测当量比 KACT 偏向稀方向时为负值。

图 18 是用于对图 15 和图 16 的处理进行说明的时序图。在时刻 t4 之前，通过图 10 的步骤 S16 和 S17 变更为使扰动控制的极限值 OSOBJL 和 OSOBJR 的绝对值增大，浓运转和稀运转的持续时间延长，因而 O2

传感器输出  $SVO_2$  反转（图 18 (d)，时刻  $t_1$ 、 $t_3$ ）。在时刻  $t_4$ ，首先计算校正量  $PO_2C$ ，在减小方向上以校正量  $PO_2C$  对检测当量比  $KACT$  的中心值进行校正（图 18 (b)）。在图 18 (b) 中示出检测当量比  $KACT$  的减少方向的校正是使当量比 1.0 的电平（图中虚线所示）等价地增加校正量  $PO_2C$ 。并且，在时刻 4，目标空燃比系数  $KCMD$  增加校正量  $PO_2C$ （图 18 (a)）。之后在时刻  $t_6$ 、 $t_8$ 、 $t_{10}$ 、 $t_{12}$ 、…计算氧浓度偏差量  $DO_2$ ，更新校正量  $PO_2C$ 。

如图 18 (c) 所示，当校正当量比  $KACTM$  取大于 1.0 的值时，第 2 流入氧气量  $OSSVO_2$  逐渐减少， $O_2$  传感器输出  $SVO_2$  变化为表示浓空燃比的值而开始稀运转（ $t_3$ ， $t_7$ ， $t_{11}$ ），之后在校正当量比  $KACTM$  达到 1.0 的时刻（ $t_4$ ， $t_8$ ， $t_{12}$ ），检测为浓侧流入氧气量  $OSCR$ 。此外，当校正当量比  $KACTM$  取小于 1.0 的值时，第 2 流入氧气量  $OSSVO_2$  逐渐增加， $O_2$  传感器输出  $SVO_2$  变化为表示稀空燃比的值而开始浓运转（ $t_1$ ， $t_5$ ， $t_9$ ），之后在校正当量比  $KACTM$  达到 1.0 的时刻（ $t_2$ ， $t_6$ ， $t_{10}$ ），检测为稀侧流入氧气量  $OSCL$ 。

另外，图 18 示出三元催化剂 14a 劣化，在时刻  $t_3$  以后还继续劣化，发生  $O_2$  传感器输出  $SVO_2$  的反转的例子。

根据图 15 和图 16 的处理，计算表示在从检测当量比  $KACT$ （或校正当量比  $KACTM$ ）变化为表示浓空燃比的值的时刻（ $t_2$ ， $t_6$ ， $t_{10}$ ）起、到  $O_2$  传感器输出  $SVO_2$  变化为表示浓空燃比的值的时刻（ $t_3$ ， $t_7$ ， $t_{11}$ ）的期间中，从三元催化剂 14a 流出的氧气量的浓侧流入氧气量  $OSCR$ ，并计算表示在从检测当量比  $KACT$ （或校正当量比  $KACTM$ ）变化为表示稀空燃比的值的时刻（ $t_4$ ， $t_8$ ）起到  $O_2$  传感器输出  $SVO_2$  变化为表示稀空燃比的值的时刻（ $t_5$ ， $t_9$ ）的期间中流入三元催化剂 14a 内的氧气量的稀侧流入氧气量  $OSCL$ 。然后，使用浓侧流入氧气量  $OSCR$ 、稀侧流入氧气量  $OSCL$  以及对应的吸入空气量  $GAIRSUMR$  和  $GAIRSUML$  来计算氧浓度偏差量  $DO_2$ ，根据氧浓度偏差量  $DO_2$  计算校正量  $PO_2C$ 。由于校正量  $PO_2C$  只要使  $O_2$  传感器输出  $SVO_2$  至少反转 2 次就可得到，因而可迅速校正像由发动机运转状态变化引起的偏差那样在短时间内发生的检测值



的偏差,可得到准确的校正当量比 KACTM。结果,可进行准确的空燃比切换控制,适当地控制流入三元催化剂 14a 内的排气中的氧浓度,维持良好的排气特性。

图 19 和图 20 是在图 6 的步骤 S8 中执行的劣化判定处理的流程图。

在步骤 S71 中,判别禁止标志 FDISABLEOS 是否是“1”。当该回答是否定(“否”)时,判别是否是空燃比的扰动执行中(步骤 S72)。当步骤 S71 中的回答是肯定(“是”)或者步骤 S72 的回答是否定(“否”)时,把 O2 传感器输出 SVO2 的最大值 SVO2MAX 设定为“0”,并把最小值 SVO2MIN 设定为“1500”(步骤 S73),直接结束本处理。

当步骤 S72 的回答是肯定(“是”),即正在执行空燃比的扰动时,判别空燃比切换参数 KOSFB 是否等于上次值 KOSFBZ(步骤 S74)。当 KOSFB=KOSFBZ 时,使用下式(22)和(23)更新最大值 SVO2MAX 和最小值 SVO2MIN。式(22)的右边是选择在上次之前计算出的最大值 SVO2MAX 和当前次的 O2 传感器输出 SVO2 中的较大一方的运算,式(23)的右边是选择在上次之前计算出的最小值 SVO2MIN 和当前次的 O2 传感器输出 SVO2 中的较小一方的运算。在执行了步骤 S75 之后,进到步骤 S89。

$$SVO2MAX = \max(SVO2MAX, SVO2) \quad (22)$$

$$SVO2MIN = \min(SVO2MIN, SVO2) \quad (23)$$

当步骤 S74 中的回答是否定(“否”),即刚刚变更了空燃比切换参数 KOSFB 时,把最大值 SVO2MAX 或最小值 SVO2MIN 的第 2 存储值 SVO2LP2 设定为第 1 存储值 SVO2LP1(步骤 S76)。第 1 存储值 SVO2LP1 在刚进行了上次空燃比切换时,在步骤 S78 或 S80 中被设定为最大值 SVO2MAX 或最小值 SVO2MIN。

在步骤 S77 中,判别空燃比切换参数 KOSFB 是否是“1”。当该回答是肯定(“是”)时,把第 1 存储值 SVO2LP1 设定为此时的最大值 SVO2MAX,并使最大值 SVO2MAX 复位为“0”(步骤 S78)。当空燃比切换参数 KOSFB 是“-1”时,步骤 S77 的回答为否定(“否”),因而直接进到步骤 S79。

在步骤 S79 中, 判别空燃比切换参数 KOSFB 是否是“-1”。当空燃比切换参数 KOSFB 是“-1”时, 进到步骤 S80, 把第 1 存储值 SVO2LP1 设定为此时的最小值 SVO2MIN, 并使最小值 SVO2MIN 复位为“1500”(步骤 S78)。当空燃比切换参数 KOSFB 是“1”时, 步骤 S79 的回答为否定(“否”), 因而直接进到步骤 S81。

在步骤 S81 中, 把表示最大值 SVO2MAX 与最小值 SVO2MIN 的差分的第 3 差分参数 SVO2D3 设定为第 2 差分参数 SVO2D2, 并把第 2 差分参数 SVO2D2 设定为第 1 差分参数 SVO2D1。然后, 通过步骤 S82~S87 进行第 1 差分参数 SVO2D1 的更新。

在步骤 S82 中, 判别是否第 2 存储值 SVO2LP2 大于与理论空燃比相当的预定值 SVO2OBJ、且第 1 存储值 SVO2LP1 小于预定值 SVO2OBJ。当该回答是否定(“否”)时, 进一步判别是否第 2 存储值 SVO2LP2 小于预定值 SVO2OBJ、且第 1 存储值 SVO2LP1 大于预定值 SVO2OBJ(步骤 S84)。当步骤 S82 和 S84 的回答均为否定(“否”)时, 即, 当第 1 和第 2 存储值 SVO2LP1、SVO2LP2 全都小于预定值 SVO2OBJ, 或者第 1 和第 2 存储值 SVO2LP1、SVO2LP2 全都大于预定值 SVO2OBJ 时, 表示 O2 传感器输出 SVO2 几乎不变化。因此, 把第 1 差分参数 SVO2D1 设定为“0”(步骤 S87), 进到步骤 S88。

当步骤 S82 或 S84 的回答是肯定(“是”)时, 即当连续的空燃比切换时刻的最大值 SVO2MAX 大于预定值 SVO2OBJ 且最小值 SVO2MIN 小于预定值 SVO2OBJ 时, 把第 1 存储值 SVO2LP1 和第 2 存储值 SVO2LP2 代入下式(24), 计算第 1 差分参数 SVO2D1(步骤 S86)。之后, 进到步骤 S88。

$$SVO2D1 = |SVO2LP1 - SVO2LP2| \quad (24)$$

在步骤 S88 中, 使用下式(25)作为第 1~第 3 差分参数 SVO2D1、SVO2D2、SVO2D3 的最小值而计算最小差分 SVO2D, 然后使用下式(26)对最小差分 SVO2D 进行累计来计算判定参数 RESULT, 并使计数器 CRESULT 加“1”。判定参数 RESULT 表示三元催化剂 14a 的劣化程度。

$$SVO2D = \min(SVO2D1, SVO2D2, SVO2D3) \quad (25)$$

$$RESULT = RESULT + SVO2D \quad (26)$$

只要不是差分参数 SVO2D1 连续 3 次以上取较大的值，则最小差分 SVO2D 就为较小的值。因此，通过使用作为连续 3 个采样时刻的差分参数 SVO2D1、SVO2D2、SVO2D3 的最小值的最小差分 SVO2D，可排除 O2 传感器输出 SVO2 的暂时变动的的影响，可取得准确的判定参数 RESULT。

在步骤 S89 中，判别计数器 CRESULT 的值是否大于预定次数 CRST0（例如 6），当该回答是否定（“否”）时，直接结束本处理。当在步骤 S89 中计数器 CRESULT 的值超过预定次数 CRST0 时，进到步骤 S90，判别判定参数 RESULT 是否大于劣化判定阈值 RSTTH。当该回答是否定（“否”）时，判定为三元催化剂 14a 正常（步骤 S92）。当判定参数 RESULT 超过劣化判定阈值 RSTTH 时，判定为三元催化剂 14a 异常（步骤 S91）。当判定为异常时，例如使警告灯亮灯。

当 O2 传感器输出 SVO2 如图 2（a）所示变化时，即在三元催化剂 14a 正常时，判定参数 RESULT 大致为零，另一方面，当 O2 传感器输出 SVO2 如图 2（b）所示变化时，即在三元催化剂 14a 劣化时，判定参数 RESULT 为较大的值，因而可根据判定参数 RESULT 准确地检测三元催化剂 14a 的劣化程度。

如以上详述，在本实施方式中，计算表示 LAF 传感器 17 的响应劣化度的一次延迟时间常数 T，并根据计算出的一次延迟时间常数 T 调节响应劣化补偿运算的频率特性，因而可使图 21（d）的细虚线 L4 所示发生了响应劣化的传感器的空燃比检测特性与未劣化时的检测特性（图 21（a），实线 L2）大致同等。因此，如图 21（d）的粗实线 L3 所示，可得到与未劣化时同等的空燃比控制信号 SCTL，可良好地维持空燃比控制性能。

此外，在本实施方式中，根据按照 LAF 传感器 17 的输出计算出的氧浓度参数 O2N 以及由吸入空气流量传感器 7 检测出的吸入空气流量 GAIR 来计算流入三元催化剂 14a 内的氧气量 OS，并根据该第 1 流入氧气量 OS 与浓侧极限值 OSOBJR 或稀侧极限值 OSOBLJL 之间的比较结果，

执行把空燃比交替控制为与理论空燃比相比的稀侧和与理论空燃比相比的浓侧的扰动控制。然后，根据扰动控制执行中的 O<sub>2</sub> 传感器输出 SVO<sub>2</sub> 计算表示三元催化剂 14a 的劣化程度的判定参数 RESULT。作为第 1 流入氧气量 OS 的目标值的浓侧极限值 OSOBJR 和稀侧极限值 OSOBJL 被设定成，当三元催化剂正常时 O<sub>2</sub> 传感器输出 SVO<sub>2</sub> 几乎不变化，而当三元催化剂劣化时 O<sub>2</sub> 传感器输出 SVO<sub>2</sub> 大幅变化，因而在三元催化剂正常状态下完全不会使排气特性恶化，在三元催化剂开始劣化时刻几乎不会使排气特性恶化，可迅速检测劣化程度。

而且，由于在 LAF 传感器 17 的响应劣化时使用补偿传感器输出 VLAFC 来计算氧浓度参数 O<sub>2</sub>N，因而即使在 LAF 传感器 17 的响应劣化时，也能适当地控制三元催化剂的流入氧气量，能可靠地防止排气特性的恶化。

此外，当表示 LAF 传感器 17 的响应劣化度的一次延迟时间常数 T 小于等于预定时间 TDTH 时，直接使用 LAF 传感器输出 VLAF，当一次延迟时间常数 T 超过预定时间 TDTH 时，使用补偿传感器输出 VLAFC，因而不论 LAF 传感器 17 的响应特性是否劣化，总是能进行准确的空燃比控制，并能进行不使排气特性恶化的催化剂劣化检测。

此外，当 LAF 传感器 17 检测出的氧浓度与 O<sub>2</sub> 传感器 18 检测出的氧浓度不一致时，即使三元催化剂 14a 劣化，如图 2 (b) 所示，O<sub>2</sub> 传感器输出 SVO<sub>2</sub> 也不变动，有可能会误判定为是正常。在本实施方式中，由于根据校正量 PO<sub>2</sub>C 校正氧浓度偏差，因而不论发动机 1 的运转状态的变化，可进行准确的判定。

此外，通过根据校正量 PO<sub>2</sub>C 校正目标空燃比系数的基本值 KCMDB 来计算目标空燃比系数 KCMD，因而浓运转时的空燃比和稀运转时的空燃比与由 LAF 传感器 17 所检测出的氧浓度相对应，可把流入三元催化剂 14a 内的氧气量和从三元催化剂 14a 中流出的氧气量维持在大致相同的量，可维持三元催化剂 14a 的良好的氧蓄积状态。

在本实施方式中，吸入空气流量传感器 7、LAF 传感器 17 以及 O<sub>2</sub> 传感器 18 分别相当于吸入空气流量检测单元、第 1 氧浓度传感器以及第

2 氧浓度传感器。此外，ECU 5 构成补偿单元、传感器劣化检测单元、调节单元、控制单元、流入氧气量计算单元、空燃比切换控制单元、催化剂劣化检测单元以及切换单元。具体地说，图 6 的步骤 S2 相当于补偿单元，图 7 的处理相当于传感器劣化检测单元，使用包含一次延迟时间常数  $T$  的式 (2) 来计算一次延迟补偿输出  $VLAFC1$  相当于调节单元，图 3 的  $KAF$  计算部 35 和基于式 (1) 的燃料喷射时间  $TOUT$  的运算处理相当于控制单元，图 6 的步骤 S2 相当于切换单元。并且，图 10 的步骤 S11 和图 16 的步骤 S117 相当于流入氧气量计算单元，图 10 的步骤 S12~S17、S19~S29、图 11 的步骤 S31~S40 以及图 13 的处理相当于空燃比切换控制单元，图 19 的步骤 S72~S81 和图 20 的步骤 S82~S92 相当于催化剂劣化检测单元。

另外，本发明不限于上述实施方式，可进行各种变形。例如，在上述实施方式中，三元催化剂 14a 和 14b 被贮存在一个容器内，但也可以单独构成。此外，即使在  $O_2$  传感器 18 的下游侧不设置三元催化剂的情况下，也能应用本发明，与现有技术相比较，可进一步减轻劣化判定执行时的排气特性的恶化。

此外，在上述实施方式中，当进行三元催化剂 14a 的劣化判定时进行空燃比的扰动控制，但如专利文献 1 所示，也可以执行扰动控制，以使三元催化剂 14a 的流入氧气量总是为适量。在该情况下，期望的是，以适当的时间间隔  $TCR$  使  $O_2$  传感器输出  $SVO_2$  至少反转 2 次来计算校正量  $PO_2C$ ，进行检测当量比  $KACT$  的校正。期望的是，例如吸入空气量  $G_{AIR}$  越大，时间间隔  $TCR$  就越短。

此外，即使在不进行上述扰动控制，而进行与  $LAF$  传感器输出  $VLAF$  对应的通常的空燃比反馈控制的情况下，也可以计算补偿传感器输出  $VLAFC$ ，当氧浓度传感器的劣化程度加重时，可以根据补偿传感器输出  $VLAFC$  执行通常的空燃比反馈控制。

此外，本发明也能应用于把曲轴作为垂直方向的船外机等船舶推进机用发动机等的空燃比控制装置。

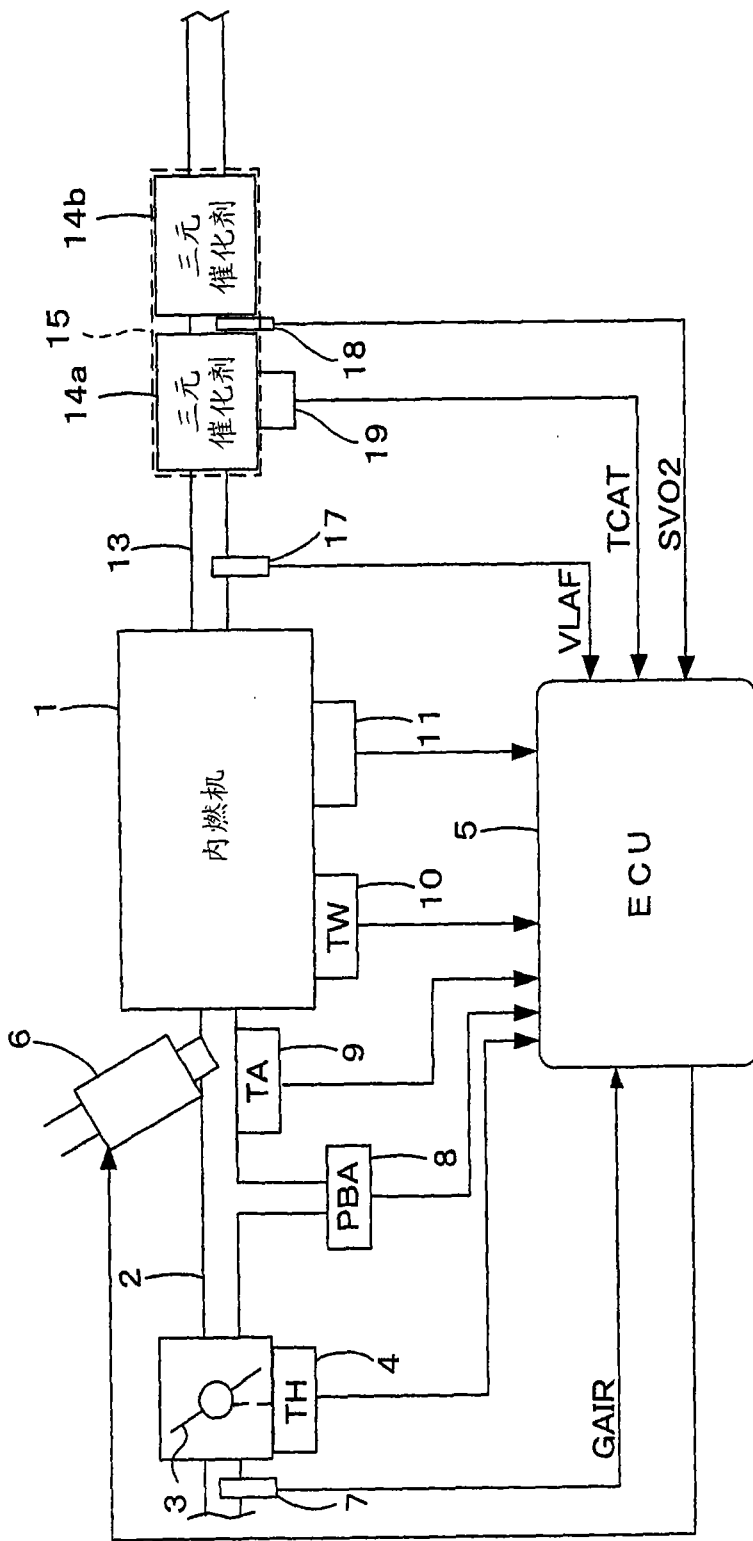


图 1

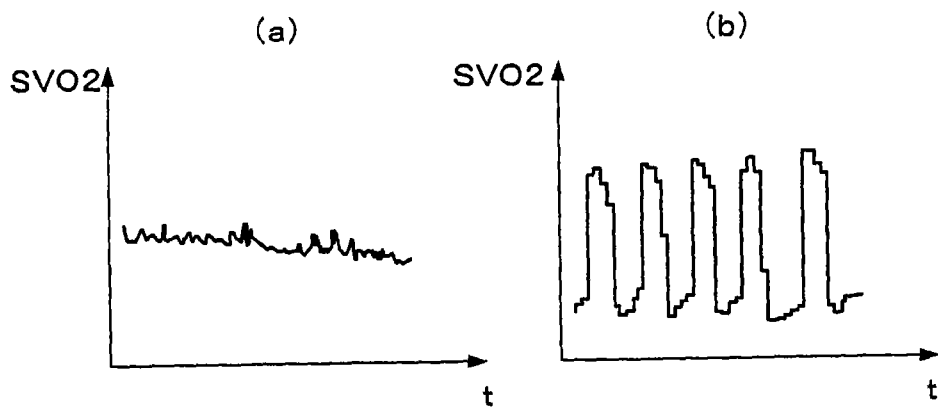


图 2

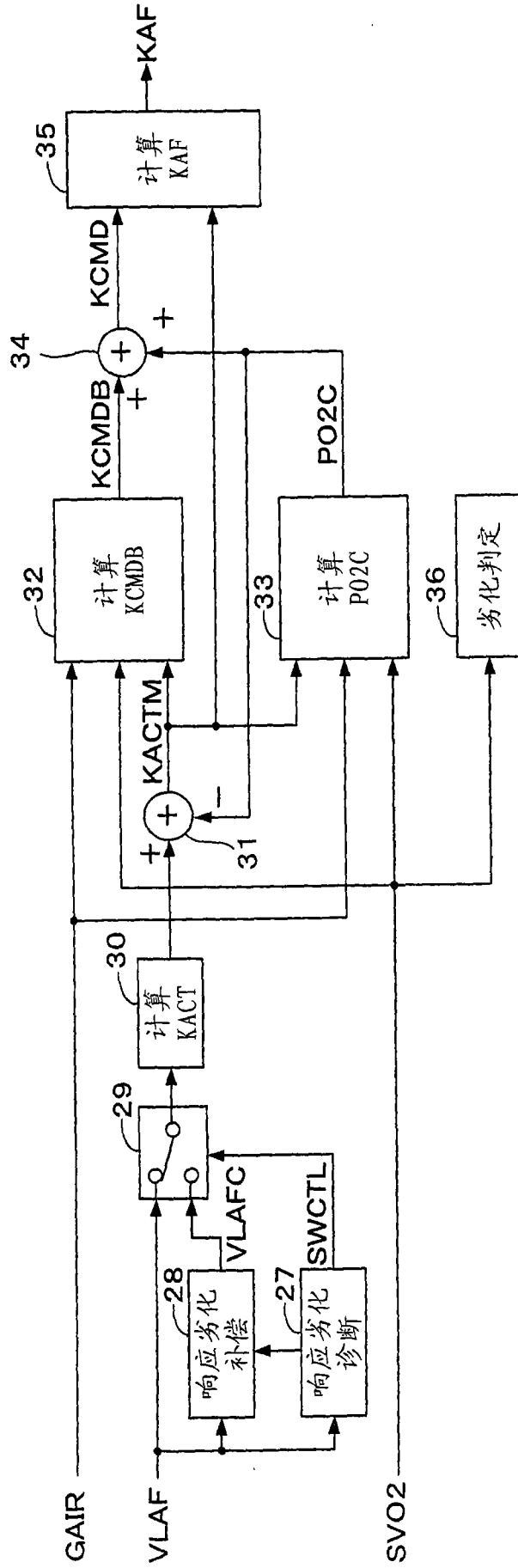


图 3



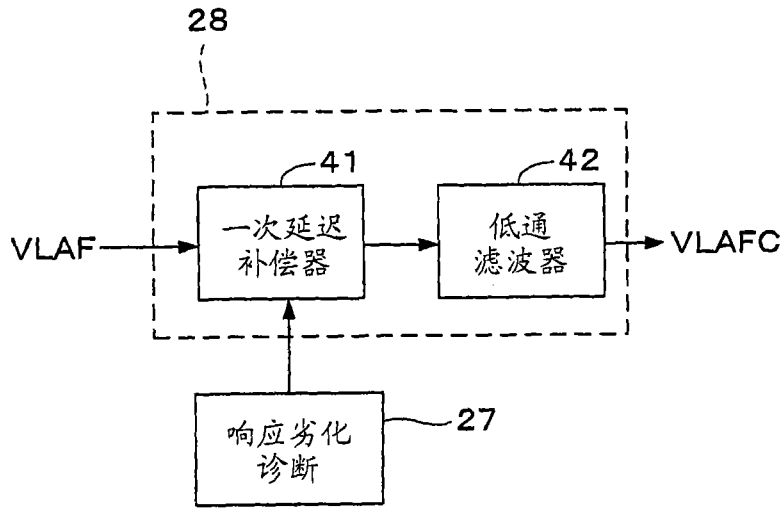


图 4

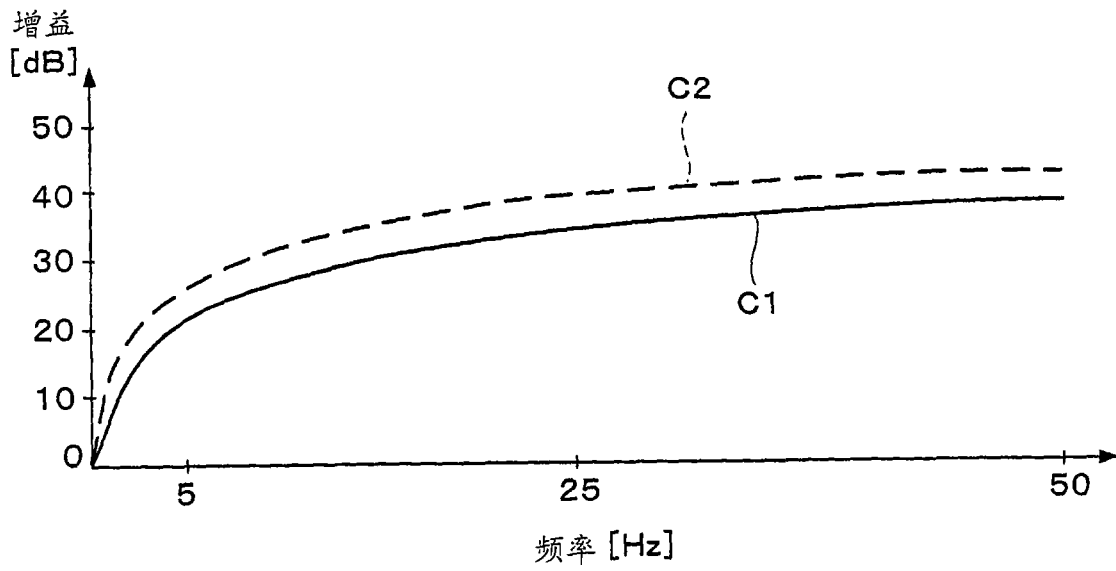


图 5

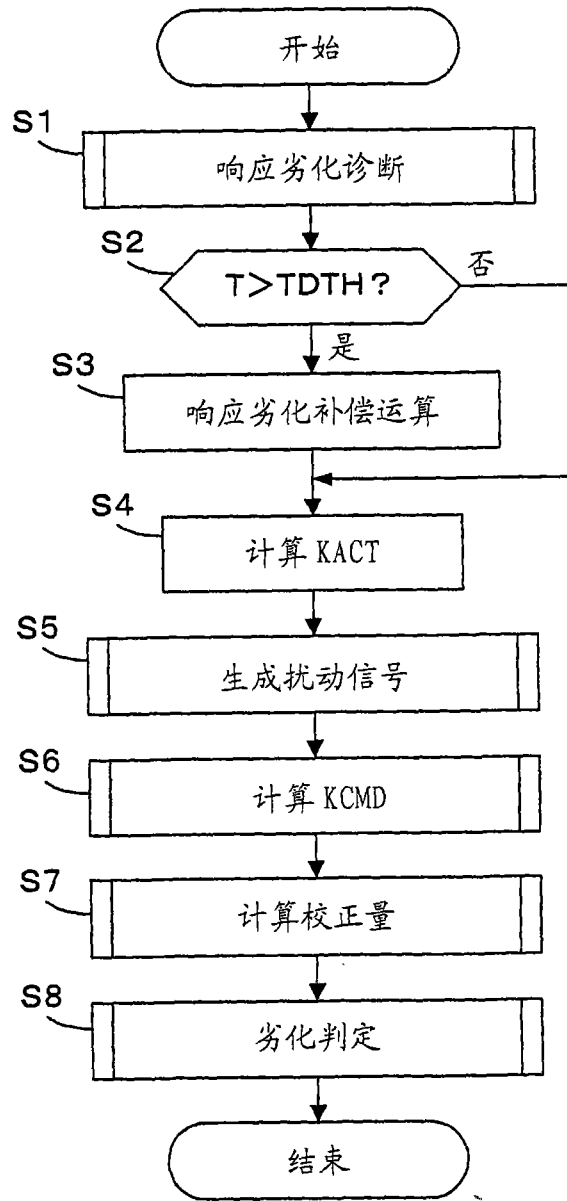


图 6

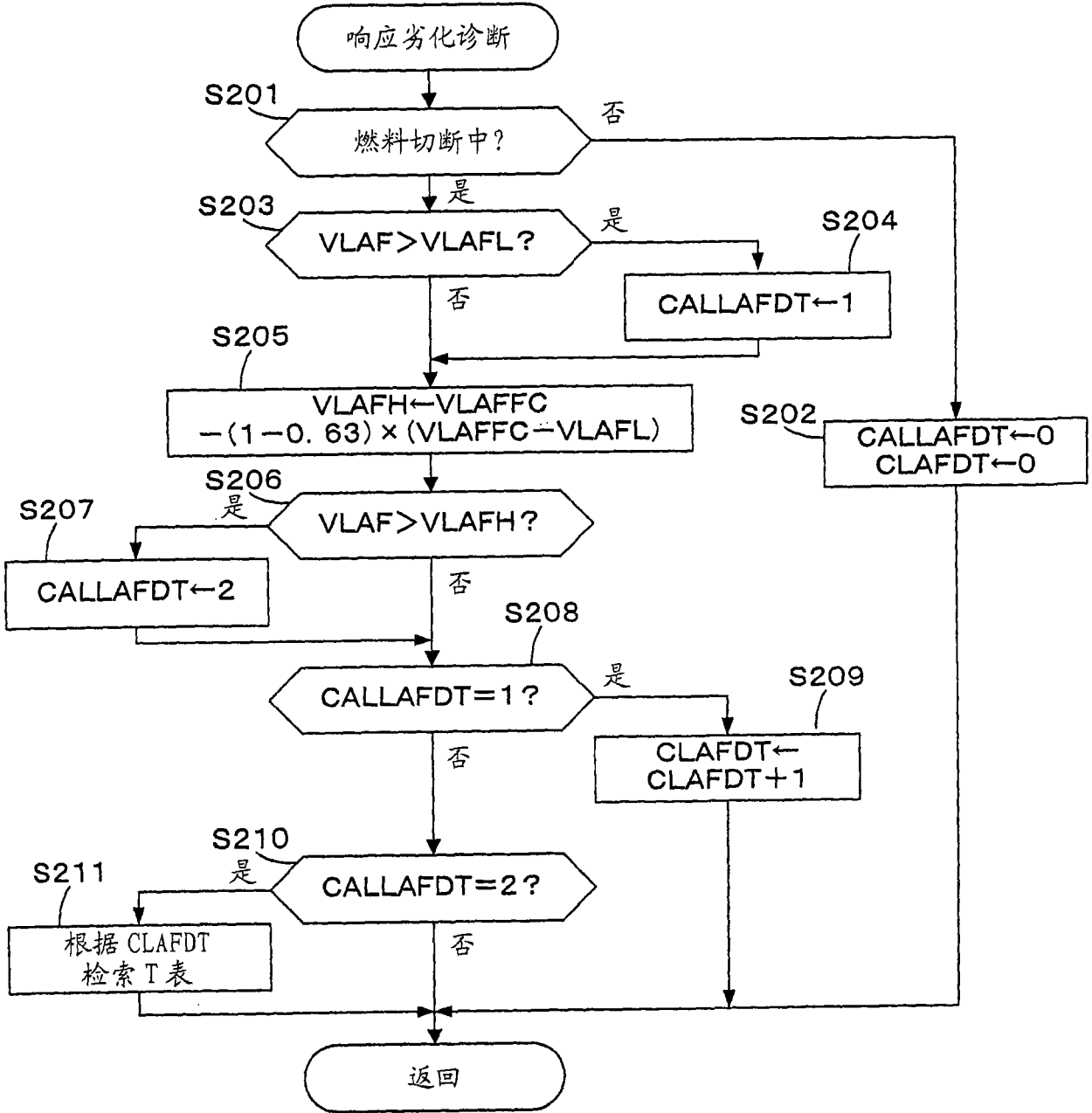


图 7

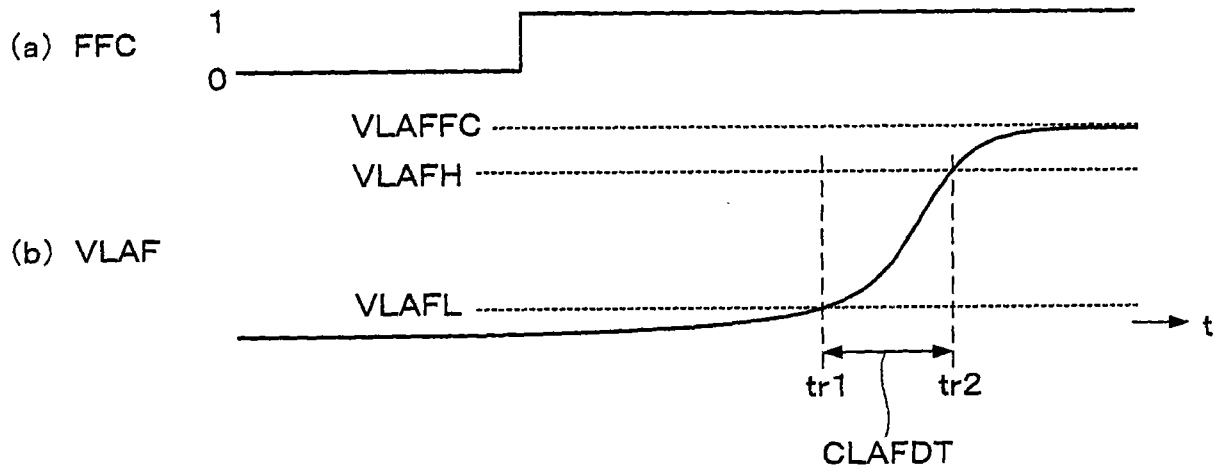


图 8

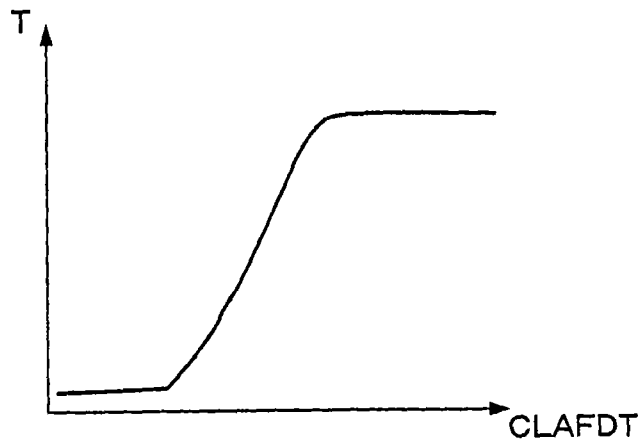


图 9

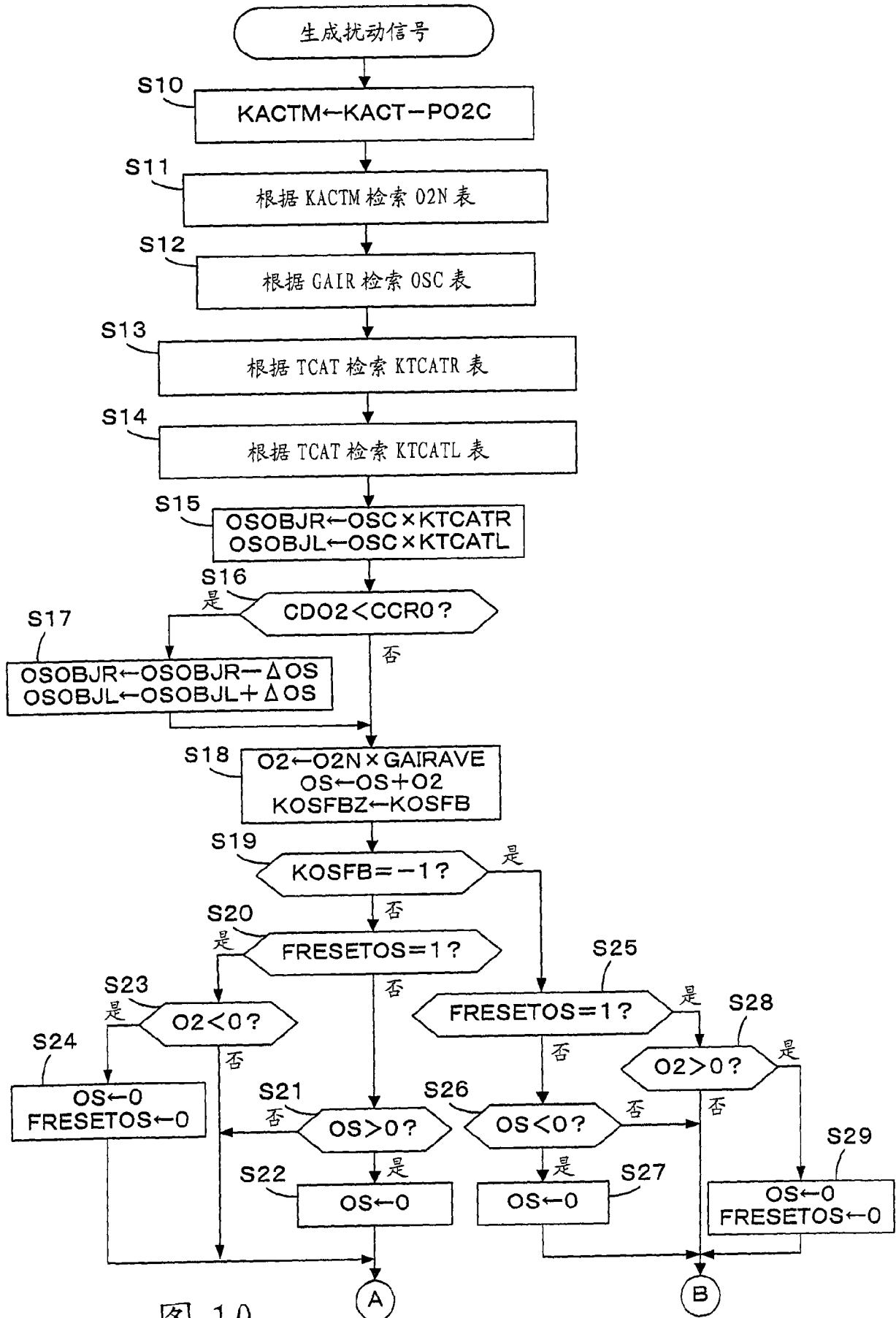


图 10

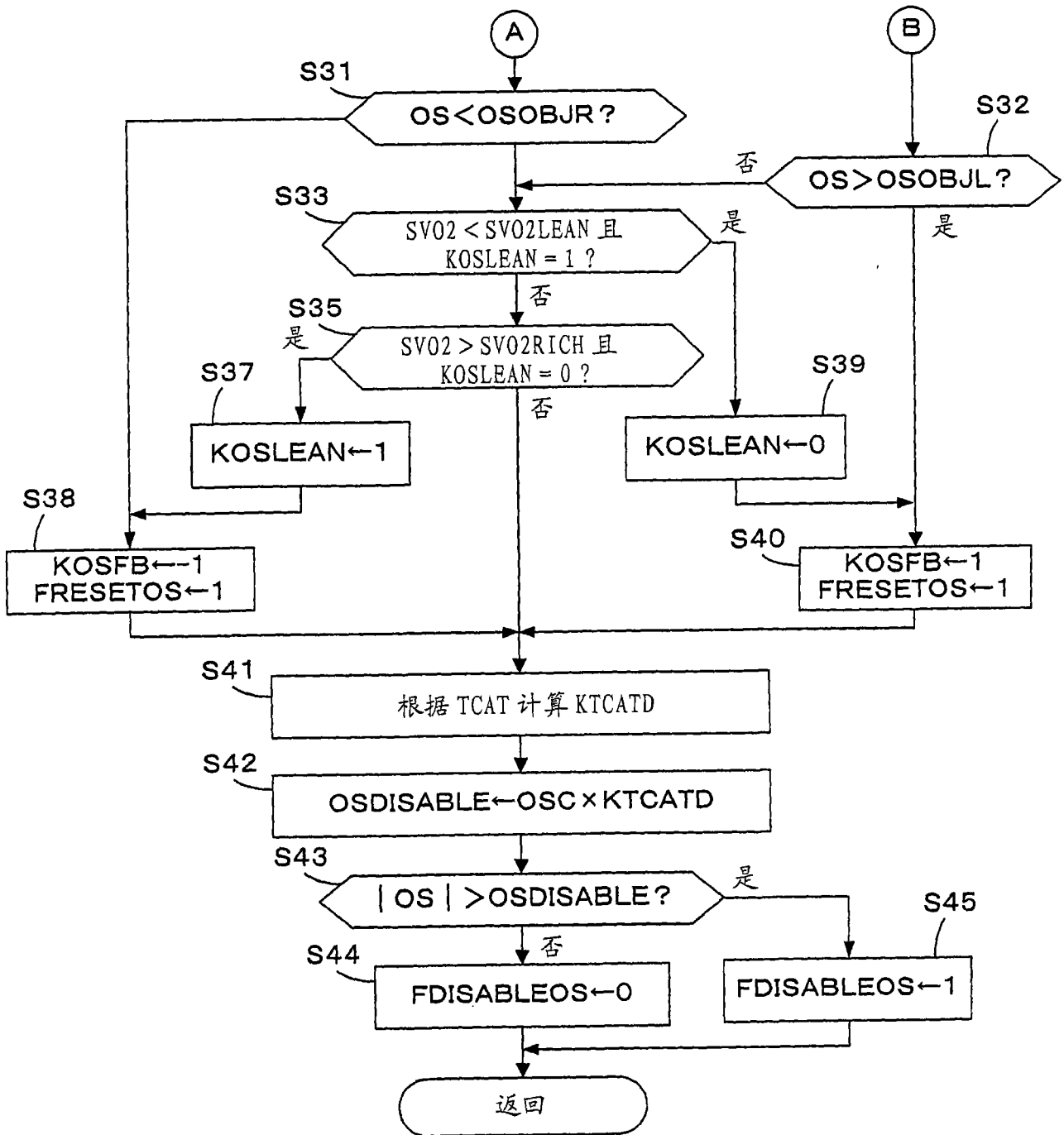


图 11

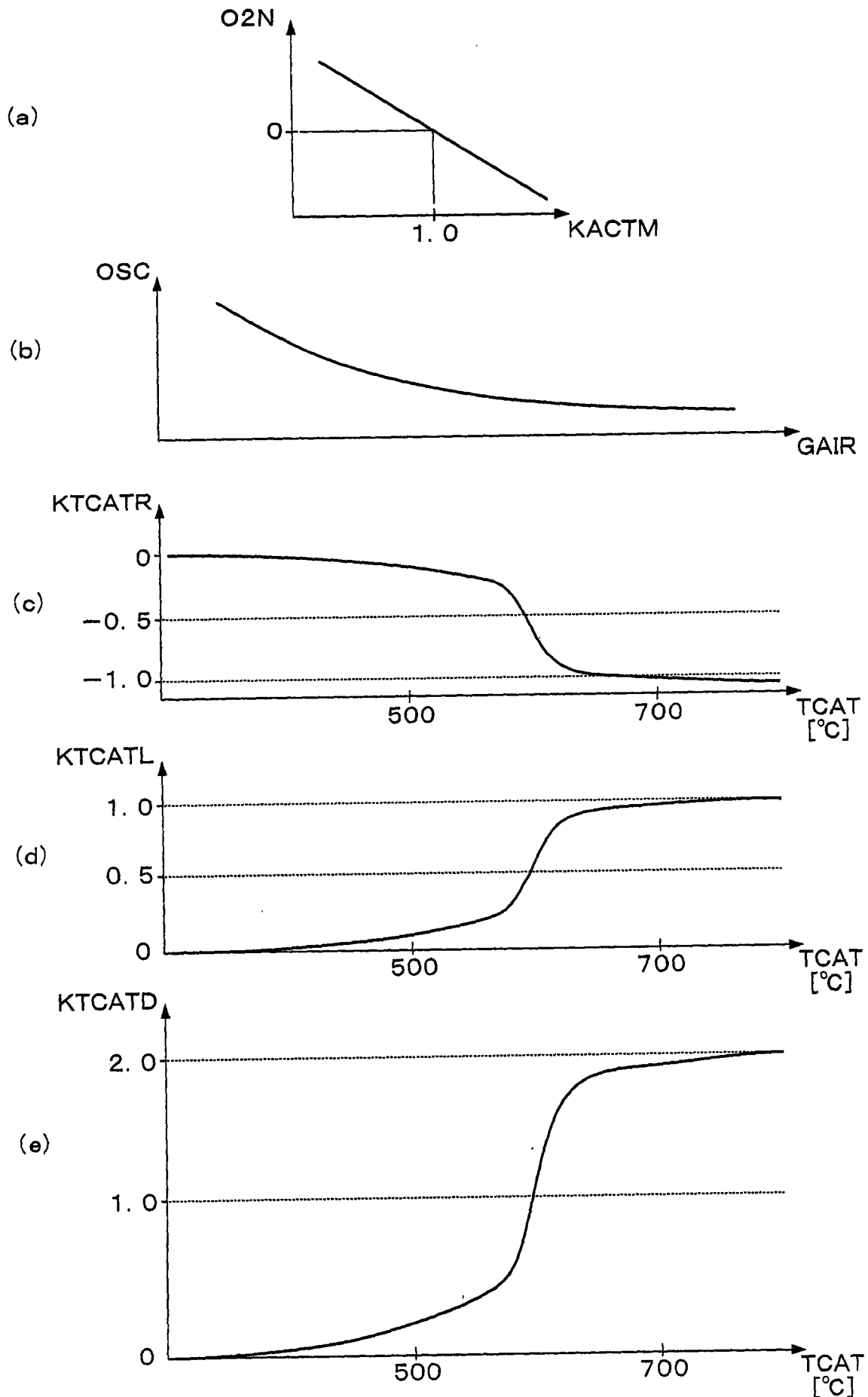


图 12

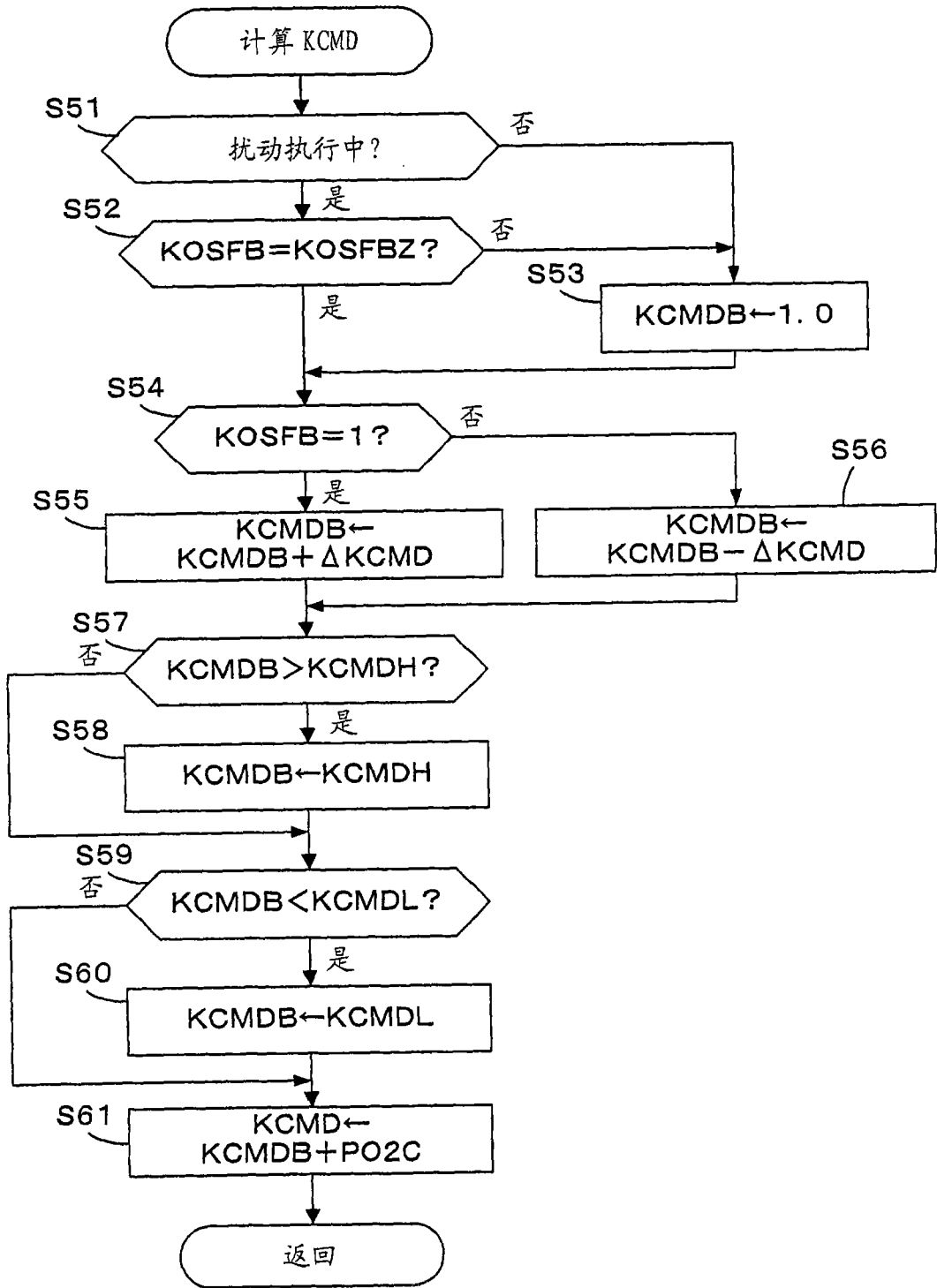


图 13



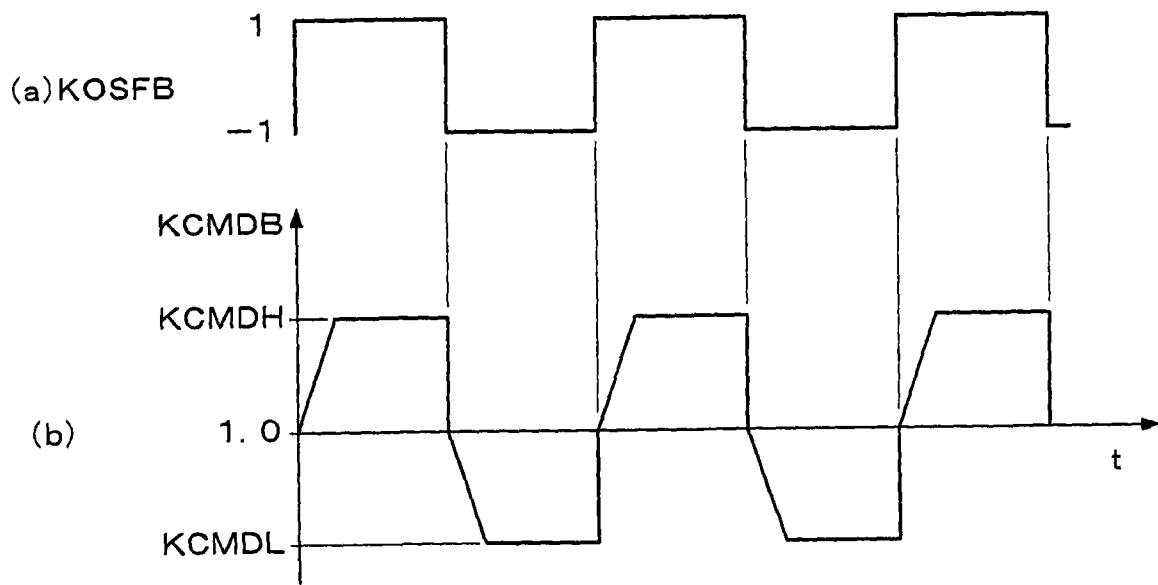


图 14

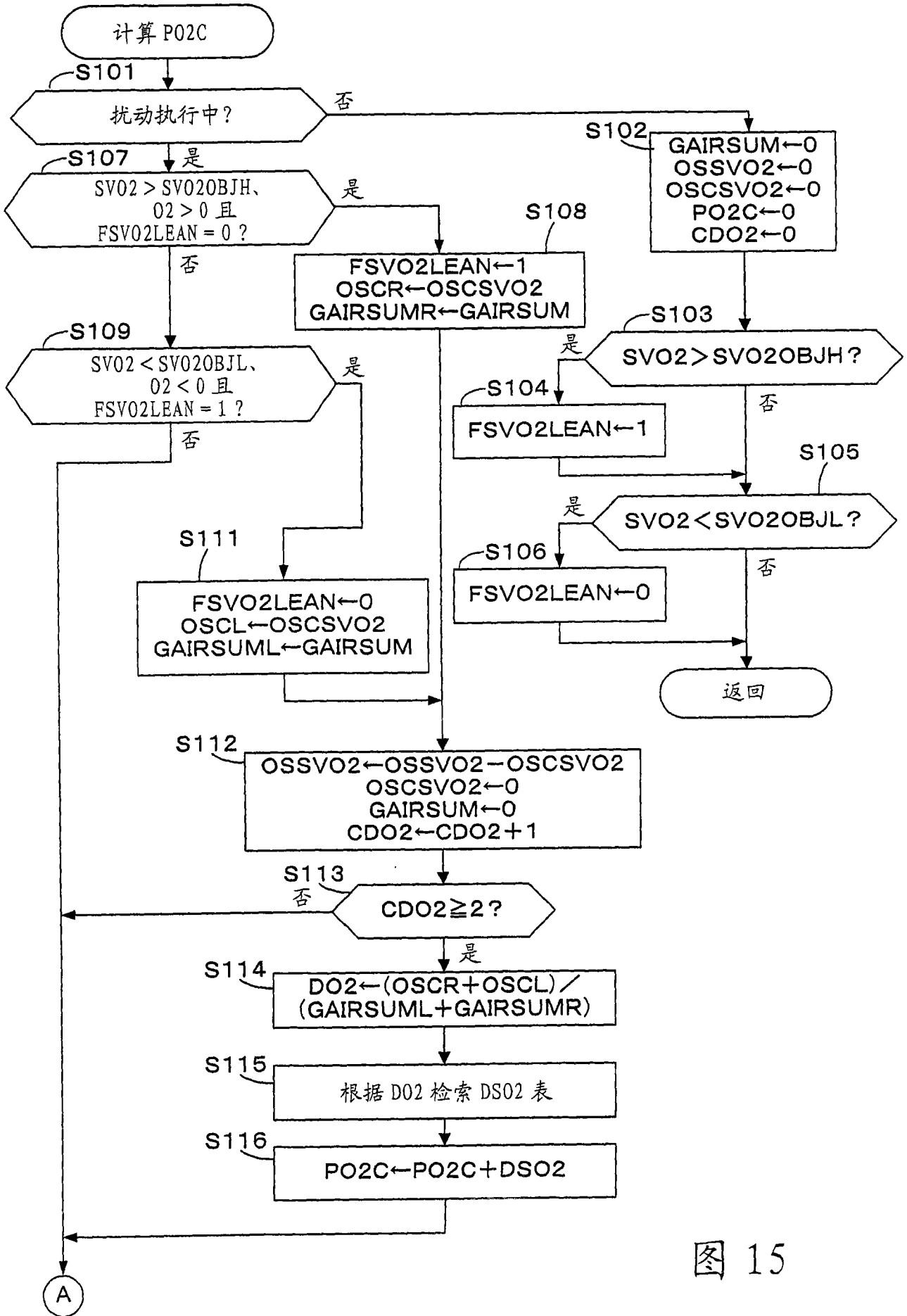


图 15

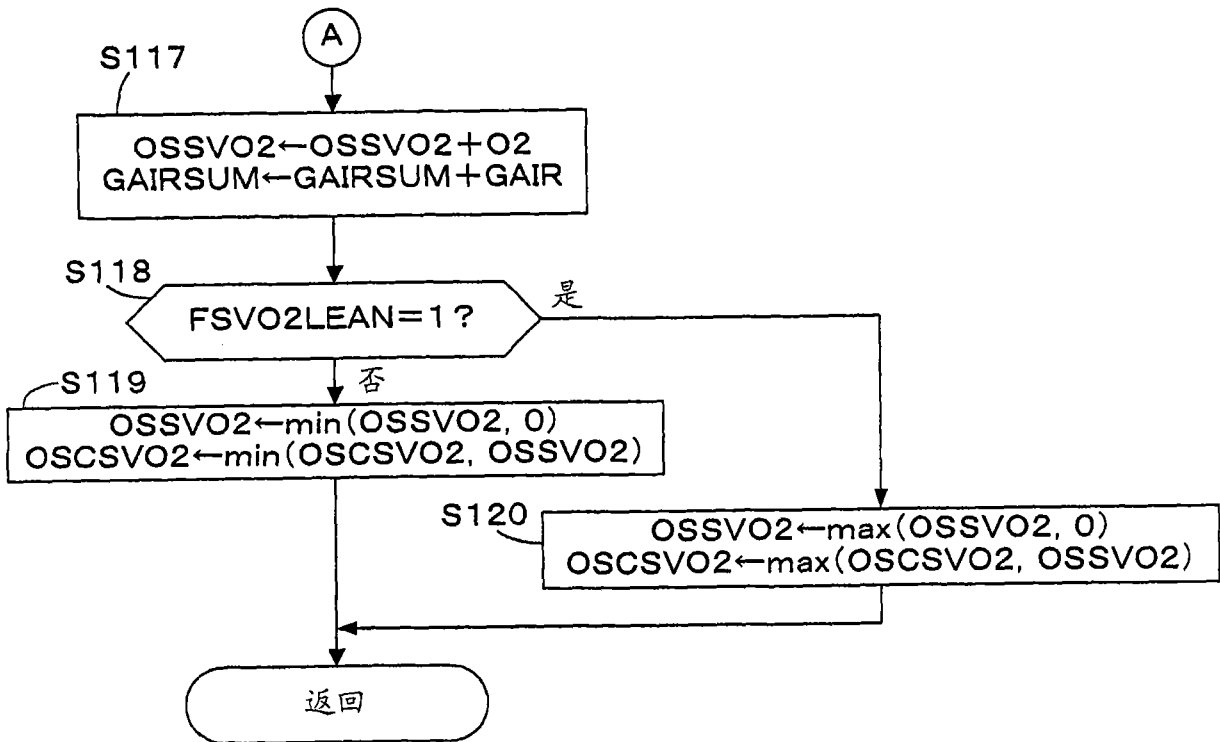


图 16

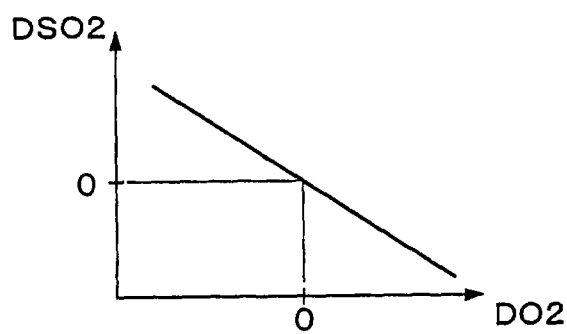


图 17

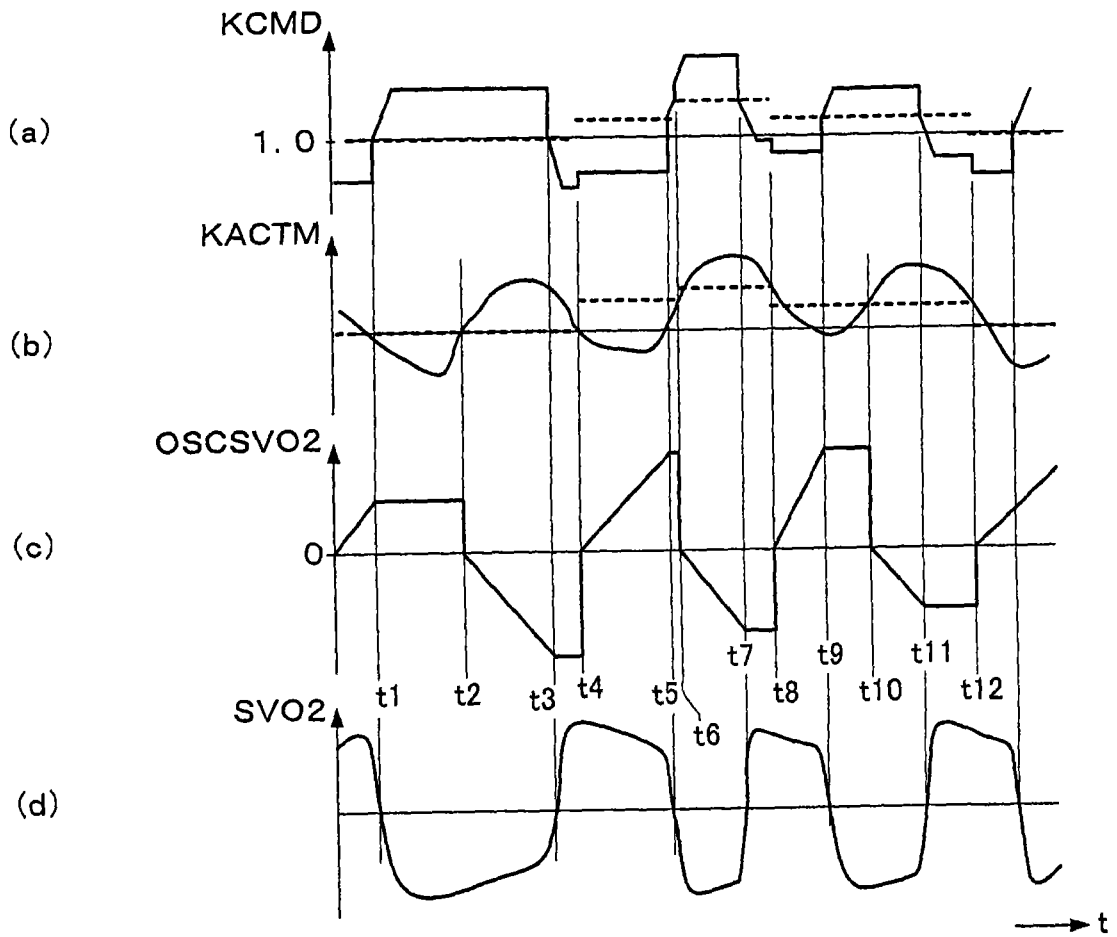


图 18

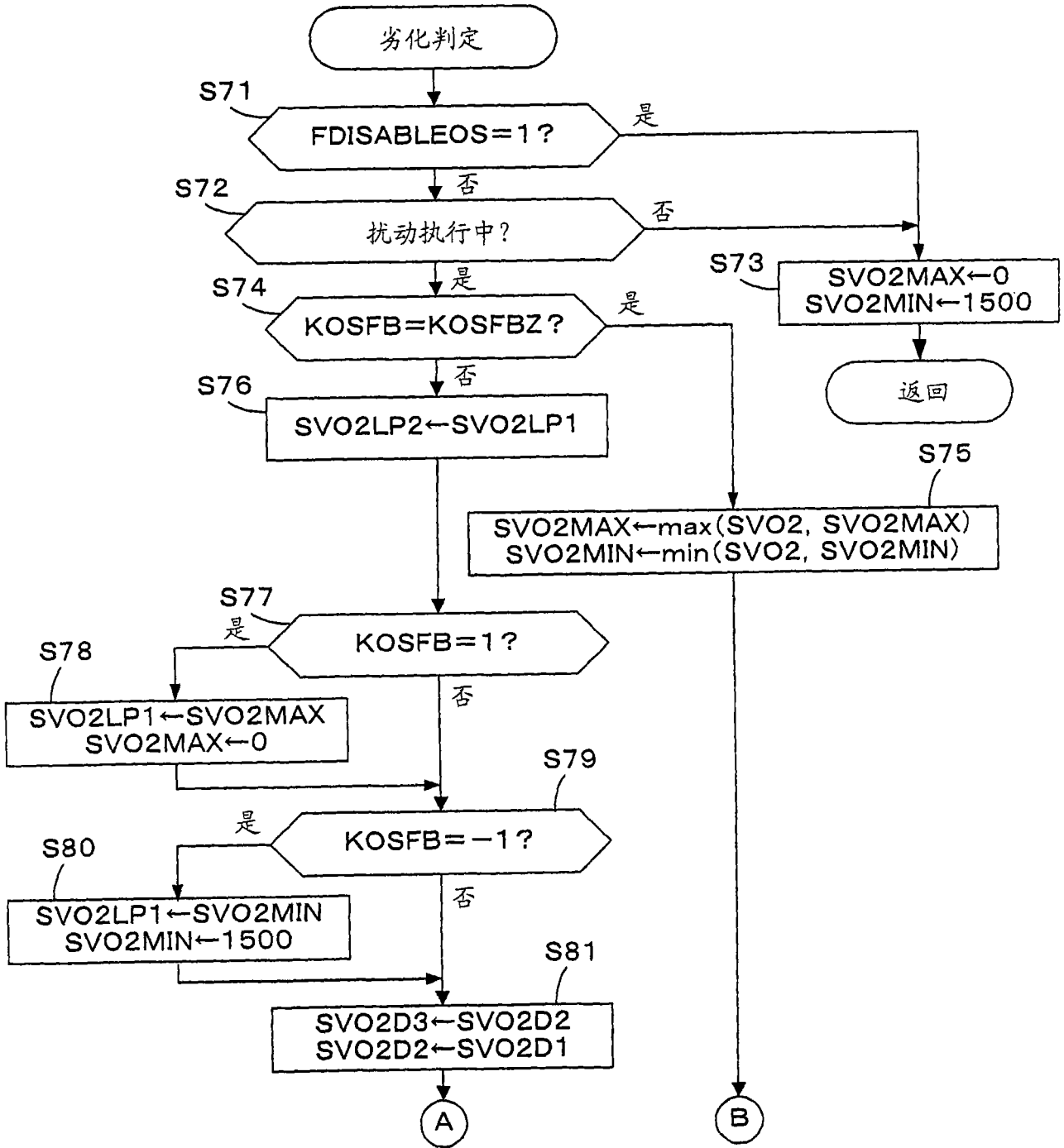


图 19

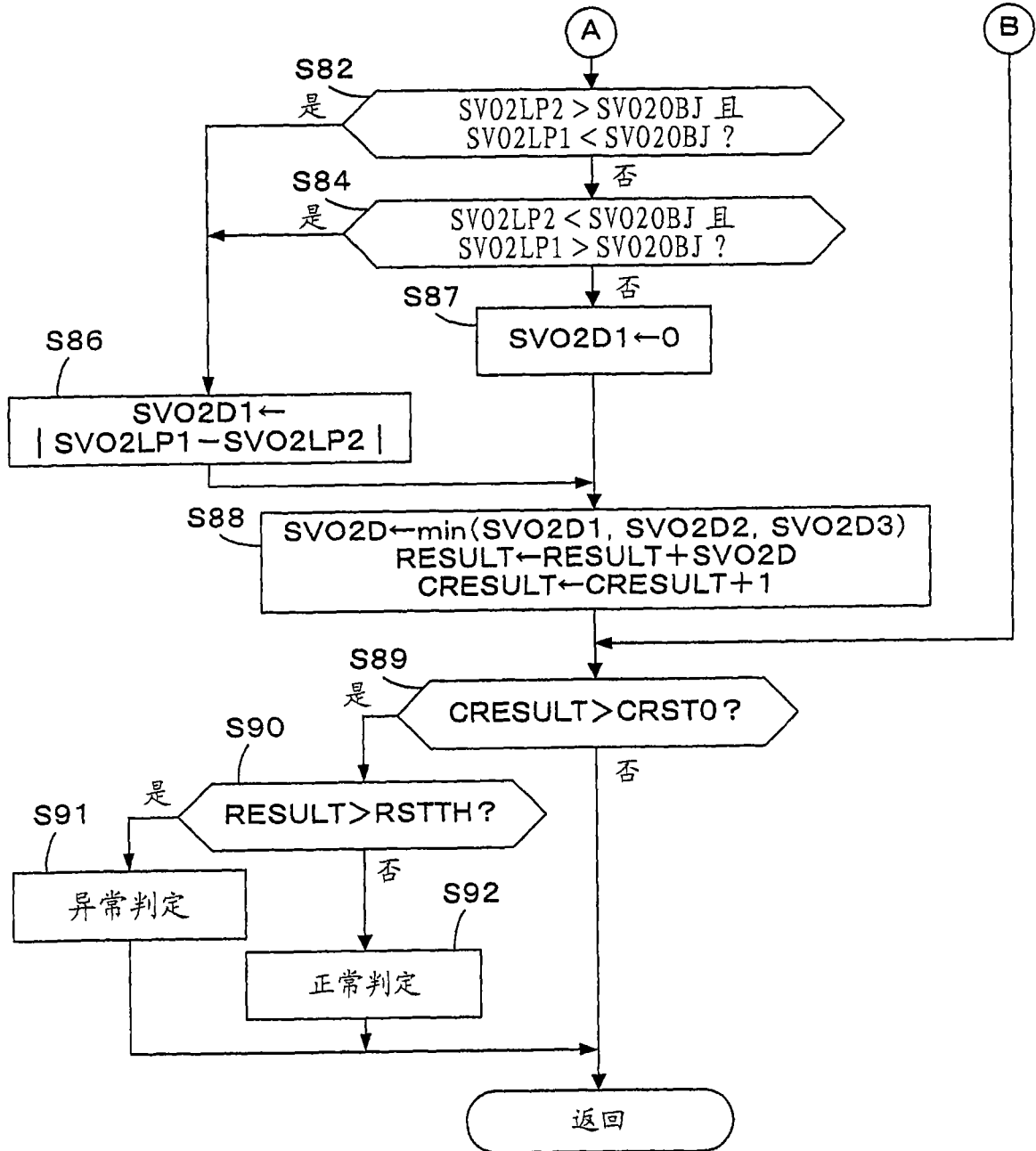


图 20

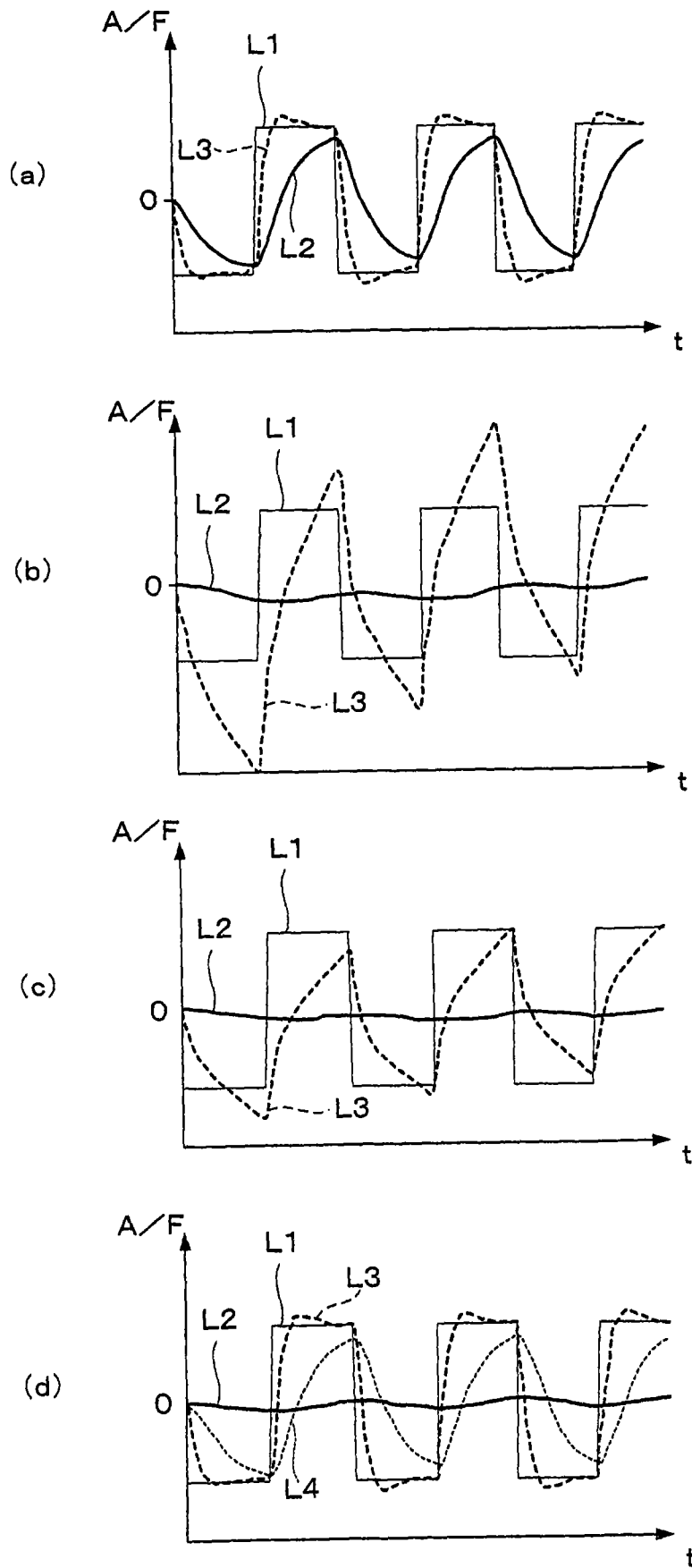


图 21