



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109899160 B

(45) 授权公告日 2020.12.25

(21) 申请号 201811453917.1

(22) 申请日 2018.11.30

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109899160 A

(43) 申请公布日 2019.06.18

(30) 优先权数据
2017-234809 2017.12.07 JP

(73) 专利权人 三菱电机株式会社
地址 日本东京

(72) 发明人 叶狩秀树

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公
司 31100

代理人 胡秋瑾 张鑫

(51) Int.Cl.

F02B 77/08 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2017/0276083 A1, 2017.09.28

CN 102980777 A, 2013.03.20

CN 104929845 A, 2015.09.23

CN 102980778 A, 2013.03.20

JP 特开2006-266253 A, 2006.10.05

审查员 张博

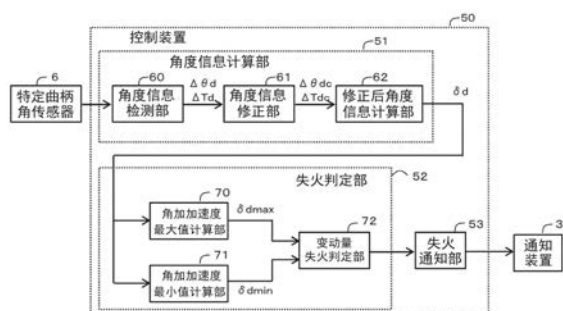
权利要求书1页 说明书12页 附图7页

(54) 发明名称

内燃机的控制装置及控制方法

(57) 摘要

本发明提供一种内燃机的控制装置及控制方法,即使在曲柄轴中产生数冲程周期的振动的情况下,也能通过简单的运算来高精度地进行失火检测。在内燃机的控制装置(50)及控制方法中,基于特定曲柄角传感器(6)的输出信号来检测曲柄角度(θd),并计算曲柄角速度(ωd)、曲柄角加速度(αd)及曲柄角加速度的时间变化率即曲柄角加加速度(δd),基于曲柄角加加速度(δd),计算与1次燃烧冲程相对应地设定的判定期间的曲柄角加加速度的变动量($\Delta \delta d$),并基于曲柄角加加速度的变动量($\Delta \delta d$)来判定1次燃烧冲程的期间内有无失火。



1. 一种内燃机的控制装置，

所述内燃机包括在与曲柄轴一体旋转的旋转构件上设置于预先确定的多个曲柄角度的多个被检测部、以及固定于非旋转构件并对所述被检测部进行检测的特定曲柄角传感器，所述内燃机的控制装置的特征在于，包括：

角度信息计算部，该角度信息计算部基于所述特定曲柄角传感器的输出信号，来检测曲柄角度，并计算所述曲柄角度的时间变化率即曲柄角速度、所述曲柄角速度的时间变化率即曲柄角加速度、以及所述曲柄角加速度的时间变化率即曲柄角加加速度；以及

失火判定部，该失火判定部基于所述曲柄角加加速度，来计算与所述内燃机的1次燃烧冲程相对应地设定的判定期间内的所述曲柄角加加速度的变动量，并基于所述曲柄角加加速度的变动量，来判定所述1次燃烧冲程的期间内有无失火。

2. 如权利要求1所述的内燃机的控制装置，其特征在于，

所述失火判定部基于所述曲柄角加加速度，来计算与所述1次燃烧冲程相对应的所述判定期间内的所述曲柄角加加速度的最大值与所述曲柄角加加速度的最小值，并计算所述曲柄角加加速度的最大值与所述曲柄角加加速度的最小值之差，以作为所述曲柄角加加速度的变动量。

3. 如权利要求2所述的内燃机的控制装置，其特征在于，

所述失火判定部

计算设定在所述1次燃烧冲程的前侧的前期间内的所述曲柄角加加速度中的最大值，以作为所述曲柄角加加速度的最大值，

计算紧接着所述前期间之前设定的前一期、以及紧接着所述前期间之后设定的后期间中的一方或双方中的所述曲柄角加加速度中的最小值，以作为所述曲柄角加加速度的最小值。

4. 如权利要求1至3的任一项所述的内燃机的控制装置，其特征在于，还具备失火通知部，该失火通知部经由通知装置将由所述失火判定部得出的失火的判定结果通知给用户。

5. 一种内燃机的控制方法，

所述内燃机包括在与曲柄轴一体旋转的旋转构件上设置于预先确定的多个曲柄角度的多个被检测部、以及固定于非旋转构件并对所述被检测部进行检测的特定曲柄角传感器，所述内燃机的控制方法的特征在于，执行如下步骤：

角度信息计算步骤，在该角度信息计算步骤中，基于所述特定曲柄角传感器的输出信号，来检测曲柄角度，并计算所述曲柄角度的时间变化率即曲柄角速度、所述曲柄角速度的时间变化率即曲柄角加速度、以及所述曲柄角加速度的时间变化率即曲柄角加加速度；以及

失火判定步骤，在该失火判定步骤中，基于所述曲柄角加加速度，来计算与所述内燃机的1次燃烧冲程相对应地设定的判定期间内的所述曲柄角加加速度的变动量，并基于所述曲柄角加加速度的变动量，来判定所述1次燃烧冲程的期间内有无失火。

内燃机的控制装置及控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种内燃机的控制装置及其控制方法,该内燃机具备在与曲柄轴一体旋转的旋转构件上设置于预先确定的多个曲柄角度的多个被检测部、以及固定于非旋转构件并对所述被检测部进行检测的特定曲柄角传感器。

背景技术

[0002] 关于上述那样的控制装置,例如已知有下述专利文献1所记载的技术。专利文献1的技术中,构成为基于曲柄角传感器的输出信号来计算曲柄角速度、曲柄角加速度及曲柄角加加速度,基于曲柄角加加速度来修正曲柄角度间隔的误差,并基于修正后的曲柄角速度、曲柄角加速度来推定气缸内压力。此外,同一文献的【0119】中记载了可以构成为使用本技术来进行失火检测等,但并未记载具体通过何种方法来进行失火检测。

[0003] 关于失火检测,例如已知有下述专利文献2所记载的技术。专利文献2的技术中,记载了如下方法:基于BTDC76degCA信号(以下称为B76)及BTDC6degCA信号(以下称为B06)来计算表示B76-B06期间的TL(i)、表示B06-B76期间的TU(i)、表示B76-B76期间的TA(i)、以及表示B06-B06期间的TS(i),并基于这些进一步计算角加速度 α 、周期比S来进行失火检测。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本专利第6012892号公报

[0007] 专利文献2:日本专利第3495463号公报

发明内容

[0008] 发明所要解决的技术问题

[0009] 于是,本申请的发明人探讨了将上述技术组合来进行失火检测的情况。例如,探讨了如下情况:基于利用专利文献1的技术对曲柄角度间隔的误差进行修正后得到的修正后的曲柄角度间隔,来计算专利文献2的技术、即与B76和B06(或其附近的边缘)有关的上述各周期(TL、TU、TA、TS)、角加速度 α 等,并基于这些来进行失火检测。然而,本方法中,在混合动力车那样的电动发电机与内燃机相连接的情况下,有时在特定的内燃机转速下产生共振,且周期变动重叠于内燃机的转速,有时存在失火检测的精度会变差的问题。

[0010] 其原因考虑为如下述那样。首先,对于基于TA(i)等而计算出的角加速度 α ,在对一冲程前燃烧时与当前冲程燃烧时的内燃机的转速进行对比时,若它们是大致相同的内燃机的转速则成为 $\alpha \approx 0$,在加速的情况下成为 $\alpha > 0$,在减速的情况下成为 $\alpha < 0$ 。在没有失火的燃烧冲程→有失火的燃烧冲程的情况下成为 $\alpha < 0$,在有失火的燃烧冲程→没有失火的燃烧冲程的情况下成为 $\alpha > 0$,因此,当存在某一范围以上的角加速度变化的情况下,判定为失火。此外,根据连续失火、间歇失火之类的失火模式,预先准备更为复杂的判定模式、阈值,在与之相匹配的情况下也判定为失火。这里,若电动发电机与内燃机的共振在内燃机的数个冲程左右的周期中以比失火时的内燃机的转速的下降要大的振幅产生,则失火导致的角加速

度 α 将埋藏在电动发电机与内燃机的共振中,其结果是失火检测的精度变差。另外,该情况下,若预先准备更为复杂的判定模式、阈值,则也存在能进行失火检测的可能性,但若使用这种复杂的判定模式,则有可能导致增加适配工时数、产生失火误检测,因此,寻求能通过简单的运算来高精度地进行失火检测的方法。

[0011] 此外,专利文献1所公开的技术中,能推定气缸内压力,并且也能基于气缸内压力来进行失火检测,然而,例如,当仅在失火检测中使用该技术的情况下,存在运算量增加的问题。

[0012] 因此,寻求一种内燃机的控制装置及控制方法,即使在曲柄轴中产生数冲程周期的振动的情况下,也能通过简单的运算来高精度地进行失火检测。

[0013] 解决技术问题所采用的技术方案

[0014] 本发明所涉及的内燃机的控制装置中,该内燃机具备在与曲柄轴一体旋转的旋转构件上设置于预先确定的多个曲柄角度的多个被检测部、以及固定于非旋转构件并对所述被检测部进行检测的特定曲柄角传感器,该内燃机的控制装置包括:

[0015] 角度信息计算部,该角度信息计算部基于所述特定曲柄角传感器的输出信号,来检测曲柄角度,并计算所述曲柄角度的时间变化率即曲柄角速度、所述曲柄角速度的时间变化率即曲柄角加速度、以及所述曲柄角加速度的时间变化率即曲柄角加加速度;以及

[0016] 失火判定部,该失火判定部基于所述曲柄角加加速度,来计算与所述内燃机的1次燃烧冲程相对应地设定的判定期间的所述曲柄角加加速度的变动量,并基于所述曲柄角加加速度的变动量,来判定所述1次燃烧冲程的期间内有无失火。

[0017] 此外,本发明所涉及的内燃机的控制方法中,该内燃机具备在与曲柄轴一体旋转的旋转构件上设置于预先确定的多个曲柄角度的多个被检测部、以及固定于非旋转构件并对所述被检测部进行检测的特定曲柄角传感器,所述内燃机的控制方法执行下述步骤:

[0018] 角度信息计算步骤,在该角度信息计算步骤中,基于所述特定曲柄角传感器的输出信号,来检测曲柄角度,并计算所述曲柄角度的时间变化率即曲柄角速度、所述曲柄角速度的时间变化率即曲柄角加速度、以及所述曲柄角加速度的时间变化率即曲柄角加加速度;以及

[0019] 失火判定步骤,在该失火判定步骤中,基于所述曲柄角加加速度,来计算与所述内燃机的1次燃烧冲程相对应地设定的判定期间的所述曲柄角加加速度的变动量,并基于所述曲柄角加加速度的变动量,来判定所述1次燃烧冲程的期间内有无失火。

[0020] 发明效果

[0021] 根据本发明所涉及的内燃机的控制装置及其控制方法,基于与1次燃烧冲程相对应地设定的判定期间的曲柄角加加速度的变动量来判定有无失火,因此,不容易受到多冲程周期的振动的影晌,能以简单的运算来高精度地进行失火检测。

附图说明

[0022] 图1是本发明实施方式1所涉及的内燃机及控制装置的简要结构图。

[0023] 图2是本发明实施方式1所涉及的内燃机及控制装置的简要结构图。

[0024] 图3是本发明实施方式1所涉及的控制装置的框图。

[0025] 图4是本发明实施方式1所涉及的控制装置的硬件结构图。

- [0026] 图5是用于对本发明实施方式1所涉及的角度信息检测处理进行说明的时序图。
- [0027] 图6是用于对本发明实施方式1所涉及的存储在存储装置中的修正值进行说明的图。
- [0028] 图7是用于对本发明实施方式1所涉及的角度信息计算处理进行说明的时序图。
- [0029] 图8是用于对本发明实施方式1所涉及的失火检测进行说明的图。
- [0030] 图9是示出本发明实施方式1所涉及的概略处理顺序的流程图。

具体实施方式

[0031] 1. 实施方式1

[0032] 参照附图,对实施方式1所涉及的内燃机的控制装置50(以下简称为控制装置50)进行说明。图1和图2是本实施方式所涉及的内燃机1及控制装置50的简要结构图,图3是本实施方式所涉及的控制装置50的框图。内燃机1及控制装置50搭载于车辆,内燃机1成为车辆(车轮)的驱动力源。

[0033] 1-1. 内燃机1的结构

[0034] 首先,对内燃机1的结构进行说明。如图1所示,内燃机1具备对空气和燃料的混合气体进行燃烧的气缸7。内燃机1包括向气缸7提供空气的进气通路23以及将气缸7中燃烧产生的废气排出的排气通路17。内燃机1为汽油发动机。内燃机1具备对进气通路23进行开闭的节流阀4。节流阀4为通过由控制装置50控制的电动机来进行开闭驱动的电子控制式节流阀。节流阀4设有输出与节流阀4的开度相对应的电信号的节流开度传感器19。

[0035] 在节流阀4的上游侧的进气通路23中设有空气流量传感器3,该空气流量传感器3输出与吸入到进气通路23中的吸入空气量相对应的电信号。内燃机1具备废气回流装置20。废气回流装置20具有使废气从排气通路17回流到进气歧管12的EGR流路21、以及对EGR流路21进行开关的EGR阀22。进气歧管12是节流阀4下游侧的进气通路23的部分。EGR阀22为通过由控制装置50控制的电动机来进行开闭驱动的电子控制式EGR阀。排气通路17具备输出与排气通路17内的废气的空燃比相对应的电信号的空燃比传感器18。

[0036] 进气歧管12中设有歧管压传感器8,该歧管压传感器8输出与进气歧管12内的压力相对应的电信号。进气歧管12下游侧的部分设置有喷射燃料的喷射器13。另外,喷射器13可以设置为直接向气缸7内喷射燃料。内燃机1设有输出与大气压相对应的电信号的大气压传感器33。

[0037] 气缸7的顶部设置有对空气与燃料的混合气体进行点火的火花塞、以及向火花塞提供点火能量的点火线圈16。另外,在气缸7的顶部设置有对从进气通路23吸入到气缸7内的吸入空气量进行调节的进气阀14、以及对从气缸内排出到排气通路17中的废气量进行调节的排气阀15。

[0038] 如图2所示,内燃机1具备多个气缸7(本例中为3个)。各气缸7内具备活塞5。各气缸7的活塞5经由连杆9以及曲柄32与曲柄轴2相连接。利用活塞5的往返运动来对曲柄轴2进行旋转驱动。各气缸7中所产生的燃烧气体压力对活塞5的顶面进行推压,经由连杆9以及曲柄32对曲柄轴2进行旋转驱动。曲柄轴2与将驱动力传递到车轮的动力传动机构相连接。动力传动机构由变速装置、差动齿轮等构成。另外,具备内燃机1的车辆也可以是在动力传动机构内具备电动发电机的混合动力车。

[0039] 内燃机1具备与曲柄轴2一体旋转的信号板10。信号板10在预先确定的多个曲柄角度上设置有多个齿。本实施方式中,信号板10以10deg的间隔排列有齿。信号板10的齿中设置有一部分齿缺失的缺齿部分。内燃机1具备固定于发动机缸体24并对信号板10的齿进行检测的第1曲柄角传感器11。

[0040] 内燃机1具备通过链条28与曲柄轴2相联结的凸轮轴29。凸轮轴29对进气阀14以及排气阀15进行开关驱动。曲柄轴2每旋转2周,凸轮轴29旋转1周。内燃机1具备与凸轮轴29一体旋转的凸轮用的信号板31。凸轮用的信号板31在预先确定的多个凸轮轴角度上设置有多个齿。内燃机1具备固定于发动机缸体24并对凸轮用的信号板31的齿进行检测的凸轮角传感器30。

[0041] 控制装置50基于第1曲柄角传感器11以及凸轮角传感器30的两种输出信号,对以各活塞5的上死点为基准的曲柄角度进行检测,并判断各气缸7的冲程。另外,内燃机1设为具有吸入冲程、压缩冲程、燃烧冲程以及排气冲程的4冲程发动机。

[0042] 内燃机1具备与曲柄轴2一体旋转的飞轮27。飞轮27的外周部采用环形齿轮25,环形齿轮25在预先确定的多个曲柄角度上设有多个齿。环形齿轮25的齿以等角度间隔设置在周向上。本例中,以4deg的间隔设置有90个齿。环形齿轮25的齿上未设置缺齿部分。内燃机1包括固定于发动机缸体24并对环形齿轮25的齿进行检测的第2曲柄角传感器6。第2曲柄角传感器6在环形齿轮25的径向外侧与环形齿轮25隔开间隔相对配置。飞轮27的与曲柄轴2相反的一侧与动力传动机构相联结。由此,内燃机1的输出转矩通过飞轮27的部分而传递至车轮侧。

[0043] 第1曲柄角传感器11、凸轮角传感器30以及第2曲柄角传感器6输出与由曲柄轴2的旋转引起的各传感器与齿之间的距离变化相对应的电信号。各角度传感器11、30、6的输出信号是在传感器与齿的距离较近和较远时信号接通或断开的矩形波。各角度传感器11、30、6例如使用电磁拾取器式的传感器。

[0044] 飞轮27(环形齿轮25)具有比信号板10的齿数要多的齿数,而且也没有缺齿部分,因此有望进行高分辨率的角度检测。此外,飞轮27具有比信号板10的质量要大的质量,高频振动得以抑制,因此有望进行高精度的角度检测。

[0045] 在本实施方式中,第2曲柄角传感器6相当于本发明中的“特定曲柄角传感器”,飞轮27相当于本发明中的“旋转构件”,设置在飞轮27上的环形齿轮25的齿相当于本发明中的“被检测部”,发动机缸体24相当于本发明中的“非旋转构件”。

[0046] 1-2.控制装置50的结构

[0047] 接着,对控制装置50进行说明。

[0048] 控制装置50是将内燃机1作为控制对象的控制装置。如图3所示,控制装置50包括角度信息计算部51、失火判定部52及失火通知部53等控制部。控制装置50的各控制部51、52、53等利用控制装置50所具备的处理电路来实现。具体而言,控制装置50如图4所示,作为处理电路,具备CPU(Central Processing Unit:中央处理单元)等运算处理装置90(计算机)、与运算处理装置90进行数据交换的存储装置91、向运算处理装置90输入外部的信号的输入电路92、以及从运算处理装置90向外部输出信号的输出电路93等。

[0049] 作为运算处理装置90,可以具备ASIC(Application Specific Integrated Circuit:专用集成电路)、IC(Integrated Circuit:集成电路)、DSP(Digital Signal

Processor:数字信号处理器)、FPGA(Field Programmable Gate Array:现场可编程门阵列)、各种逻辑电路、以及各种信号处理电路等。此外,可以具备相同种类或不同种类的多个运算处理装置90,来分担执行各处理。

[0050] 作为存储装置91,包括构成为能从运算处理装置90读取并写入数据的RAM(Random Access Memory:随机存取存储器)、构成为能从运算处理装置90读取数据的ROM(Read Only Memory:只读存储器)等。输入电路92与各种传感器、开关连接,包括将这些传感器、开关的输出信号输入至运算处理装置90的A/D转换器等。输出电路93与电负载连接,并具备将控制信号从运算处理装置90输出至这些电负载的驱动电路等。

[0051] 并且,控制装置50所具备的各控制部51、52、53等的各功能是通过由运算处理装置90执行存储于ROM等存储装置91的软件(程序),并与存储装置91、输入电路92及输出电路93等控制装置50的其它硬件协作来实现的。此外,各控制部51、52、53等所使用的常数值、表格、判定值等设定数据作为软件(程序)的一部分存储在ROM等存储装置91中。另外,各控制部51、52、53等所计算出的曲柄角度 θ_d 、曲柄角速度 ω_d 、曲柄角加速度 α_d 、曲柄角加加速度 δ_d 等的各计算值及各检测值的数据存储于RAM等可改写的存储装置91。

[0052] 在本实施方式中,输入电路92与第1曲柄角传感器11、凸轮角传感器30、第2曲柄角传感器6、空气流量传感器3、节流开度传感器19、歧管压传感器8、大气压传感器33、空燃比传感器18以及加速位置传感器26等相连接。输出电路93与节流阀4(电动机)、EGR阀22(电动机)、喷射器13、点火线圈16以及通知装置34等相连接。另外,控制装置50与未图示的各种传感器、开关及致动器等连接。控制装置50基于各种传感器的输出信号对吸入空气量、进气歧管12内的压力、大气压、空燃比、以及油门开度等内燃机1的运行状态进行检测。

[0053] 作为基本的控制,控制装置50基于所输入的各种传感器的输出信号等计算燃料喷射量、点火时刻等,并对喷射器13及点火线圈16等进行驱动控制。控制装置50基于油门位置传感器26的输出信号等来计算驾驶员所要求的内燃机1的输出转矩,并对节流阀4等进行控制,以使得成为实现该要求输出转矩的吸入空气量。具体而言,控制装置50计算目标节流开度,并对节流阀4的电动机进行驱动控制,以使得基于节流开度传感器19的输出信号所检测到的节流开度接近目标节流开度。此外,控制装置50基于所输入的各种传感器的输出信号等来计算EGR阀22的目标开度,并对EGR阀22的电动机进行驱动控制。

[0054] 1-2-1. 角度信息计算部51

[0055] 角度信息计算部51基于作为特定曲柄角传感器的第2曲柄角传感器6的输出信号,来检测曲柄角度 θ_d ,并计算曲柄角度 θ_d 的时间变化率即曲柄角速度 ω_d 、曲柄角速度 ω_d 的时间变化率即曲柄角加速度 α_d 、以及曲柄角加速度 α_d 的时间变化率即曲柄角加加速度 δ_d 。在本实施方式中,角度信息计算部51构成为包括角度信息检测部60、角度信息修正部61及修正后角度信息计算部62,对因环形齿轮25的齿的制造偏差等而产生的角度信息的误差进行修正。

[0056] <角度信息检测部60>

[0057] 角度信息检测部60如图5所示,基于第2曲柄角传感器6的输出信号来对曲柄角度 θ_d 进行检测,并对检测到曲柄角度 θ_d 的检测时刻 T_d 进行检测。然后,角度信息检测部60基于检测到的曲柄角度 θ_d 即检测角度 θ_d 以及检测时刻 T_d ,来对与检测角度 θ_d 间的角度区间 S_d 相对应的角度间隔 $\Delta\theta_d$ 以及时间间隔 ΔT_d 进行计算。

[0058] 在本实施方式中,角度信息检测部60构成为对检测到第2曲柄角传感器6的输出信号(矩形波)的下降沿(或上升沿)时的曲柄角度 θ_d 进行判定。角度信息检测部60对与基点角度(例如第1气缸#1的活塞5的上死点即0deg)相对应的下降沿即基点下降沿进行判定,并对与基点下降沿作为基点进行向上计数而得到的下降沿的编号n(下面称为角度识别编号n)相对应的曲柄角度 θ_d 进行判定。例如,角度信息检测部60在检测到基点下降沿时,将曲柄角度 θ_d 设定为基点角度(例如0deg),并将角度识别编号n设定为0。接着,角度信息检测部60在每次检测到下降沿时,使曲柄角度 θ_d 逐次增加预先设定的角度间隔 $\Delta\theta_d$ (本例中为4deg),并使角度识别编号n逐次增加1。或者,角度信息检测部60也可以构成为使用预先设定了角度识别编号n与曲柄角度 θ_d 之间的关系的角度表格,来读取与本次的角度识别编号n相对应的曲柄角度 θ_d 。角度信息检测部60将曲柄角度 θ_d (检测角度 θ_d)与角度识别编号n相对应。角度识别编号n在达到最大编号(本例中为90)后返回到1。角度识别编号n=1的上一次的角度识别编号n为90,角度识别编号n=90的下一一次的角度识别编号n为1。

[0059] 在本实施方式中,角度信息检测部60参照后述的、基于第1曲柄角传感器11以及凸轮角传感器30而检测出的参照曲柄角度,来对第2曲柄角传感器6的基点下降沿进行判定。例如,角度信息检测部60将检测到第2曲柄角传感器6的下降沿时的参照曲柄角度最接近基点角度的下降沿判定为基点下降沿。

[0060] 另外,角度信息检测部60参照基于第1曲柄角传感器11以及凸轮角传感器30而判别出的各气缸7的冲程,来对与曲柄角度 θ_d 相对应的各气缸7的冲程进行判定。

[0061] 角度信息检测部60对检测到第2曲柄角传感器6的输出信号(矩形波)的下降沿时的检测时刻 T_d 进行检测,并将检测时刻 T_d 与角度识别编号n相对应。具体而言,角度信息检测部60利用运算处理装置90所具备的计时器功能对检测时刻 T_d 进行检测。

[0062] 角度信息检测部60如图5所示,在检测到下降沿时,将本次的角度识别编号(n)所对应的检测角度 $\theta_d(n)$ 与上一次的角度识别编号(n-1)所对应的检测角度 $\theta_d(n-1)$ 之间的角度区间设定为与本次的角度识别编号(n)相对应的角度区间 $S_d(n)$ 。

[0063] 此外,角度信息检测部60如式(1)所示,在检测到下降沿时,计算本次的角度识别编号(n)所对应的检测角度 $\theta_d(n)$ 与上一次的角度识别编号(n-1)所对应的检测角度 $\theta_d(n-1)$ 之间的偏差,并将其设定为与本次的角度识别编号(n)(本次的角度区间 $S_d(n)$)相对应的角度间隔 $\Delta\theta_d(n)$ 。

$$[0064] \quad \Delta\theta_d(n) = \theta_d(n) - \theta_d(n-1) \cdots (1)$$

[0065] 本实施方式中,环形齿轮25的齿的角度间隔全部设为相等,因此角度信息检测部60将所有的角度识别编号n的角度间隔 $\Delta\theta_d$ 设定为预先设定的角度(本例中为4deg)。

[0066] 另外,角度信息检测部60如式(2)所示,在检测到下降沿时,计算本次的角度识别编号(n)所对应的检测时刻 $T_d(n)$ 与上一次的角度识别编号(n-1)所对应的检测时刻 $T_d(n-1)$ 之间的偏差,并将其设定为与本次的角度识别编号(n)(本次的角度区间 $S_d(n)$)相对应的时间间隔 $\Delta T_d(n)$ 。

$$[0067] \quad \Delta T_d(n) = T_d(n) - T_d(n-1) \cdots (2)$$

[0068] 角度信息检测部60基于第1曲柄角传感器11以及凸轮角传感器30的两种输出信号,对以第1气缸#1的活塞5的上死点为基准的参照曲柄角度进行检测,并对各气缸7的冲程进行判别。例如,角度信息检测部60根据第1曲柄角传感器11的输出信号(矩形波)的下降沿

的时间间隔,来对紧接着信号板10的缺齿部分之后的下降沿进行判定。然后,角度信息检测部60对以紧接着缺齿部分之后的下降沿为基准的各下降沿与以上死点为基准的参照曲柄角度之间的对应关系进行判定,计算出检测到各下降沿时的、以上死点为基准的参照曲柄角度。另外,角度信息检测部60根据第1曲柄角传感器11的输出信号(矩形波)中的缺齿部分的位置与凸轮角传感器30的输出信号(矩形波)之间的关系,来对各气缸7的冲程进行判定。

[0069] <角度信息修正部61>

[0070] 角度信息修正部61利用与各个角度区间 S_d 相对应地逐个设置的修正值 K_c ,来对角度区间 S_d 的各个角度间隔 $\Delta\theta_d$ 或时间间隔 ΔT_d 进行修正。该修正值 K_c 用于对环形齿轮25的齿的角度间隔的微小偏差进行修正,在将环形齿轮25组装至内燃机1之前,例如能利用使环形齿轮25作为单体而以一定速度进行旋转时的、平均时间间隔与角度区间 S_d 的时间间隔 ΔT_d 之比,来预先计算出角度区间 S_d 的各个修正值 K_c ,并预先将其进行存储来使用。此外,在将环形齿轮25组装至内燃机1后的情况下,例如,与日本专利第6012892号公报中所公开的技术同样地,在内燃机1以燃料切断中等的恒定速度旋转的条件下,可以使角度区间 S_d 的各个修正值 K_c 变化,以使得角度区间 S_d 各自的曲柄角加速度 δ_d 接近零。更简单而言,可以将跨越角度区间 S_d 前后的时间间隔 ΔT_d 的移动平均值或加权平均值作为角度区间 S_d 各自的修正后的时间间隔 ΔT_{dc} 来进行计算,以代替用修正值 K_c 进行修正。

[0071] 在本实施方式中,角度信息修正部61对各角度识别编号 n 的角度区间 $S_d(n)$ 逐个设置了修正值 $K_c(n)$ 。在本例中,由于角度识别编号 n 及角度区间 S_d 设置了90个,因此修正值 K_c 也设置了90个。各修正值 K_c 如图6所示那样与各角度识别编号 n 相对应,并存储在控制装置50的RAM等可改写的存储装置91中。

[0072] 角度信息修正部61构成为如式(3)所示,对本次的角度识别编号 (n) 所对应的角度间隔 $\Delta\theta_d(n)$ 或时间间隔 $\Delta T_d(n)$ 乘以本次的角度识别编号 (n) 所对应的修正值 $K_c(n)$,来计算本次的角度识别编号 (n) 所对应的修正后的角度间隔 $\Delta\theta_{dc}(n)$ 或时间间隔 $\Delta T_{dc}(n)$ 。

[0073] $\Delta\theta_{dc}(n) = K_c(n) \times \Delta\theta_d(n)$

[0074] 或 \dots (3)

[0075] $\Delta T_{dc}(n) = K_c(n) \times \Delta T_d(n)$

[0076] 在本实施方式中,对利用修正值 K_c 对时间间隔 ΔT_d 进行修正的情况进行说明。此外,为便于说明,将未利用修正值 K_c 进行修正的角度间隔 $\Delta\theta_d$ 也称为修正后的角度间隔 $\Delta\theta_{dc}$ 。

[0077] <修正后角度信息计算部62>

[0078] 修正后角度信息计算部62基于利用角度区间 S_d 的各个修正值 K_c 进行了修正后的角度间隔 $\Delta\theta_{dc}$ 以及时间间隔 ΔT_{dc} ,来计算与检测角度 θ_d 或角度区间 S_d 分别相对应的、曲柄角度 θ_d 的时间变化率即曲柄角速度 ω_d 、曲柄角速度 ω_d 的时间变化率即曲柄角加速度 α_d 、以及曲柄角加速度 α_d 的时间变化率即曲柄角加加速度 δ_d 。

[0079] 本实施方式中,如图7所示,修正后角度信息计算部62基于作为处理对象的角度区间 $S_d(n)$ 所对应的修正后的角度间隔 $\Delta\theta_{dc}(n)$ 以及时间间隔 $\Delta T_{dc}(n)$,来对处理对象的角度区间 $S_d(n)$ 所对应的曲柄角速度 $\omega_d(n)$ 进行计算。具体而言,修正后角度信息计算部62如式(4)所示,将处理对象的角度区间 $S_d(n)$ 所对应的修正后的角度间隔 $\Delta\theta_{dc}(n)$ 除以修正后的时间间隔 $\Delta T_{dc}(n)$,来对曲柄角速度 $\omega_d(n)$ 进行计算。

$$[0080] \quad \omega_d(n) = \Delta \theta_{dc}(n) / \Delta T_{dc}(n) \cdot \cdot \cdot (4)$$

[0081] 修正后角度信息计算部62基于作为处理对象的检测角度 $\theta_d(n)$ 的上一个角度区间 $S_d(n)$ 所对应的曲柄角速度 $\omega_d(n)$ 及修正后的时间间隔 $\Delta T_{dc}(n)$ 、以及处理对象的检测角度 $\theta_d(n)$ 的下一个角度区间 $S_d(n+1)$ 所对应的曲柄角速度 $\omega_d(n+1)$ 及修正后的时间间隔 $\Delta T_{dc}(n+1)$ ，来对处理对象的检测角度 $\theta_d(n)$ 所对应的曲柄角加速度 $a_d(n)$ 进行计算。具体而言，修正后角度信息计算部62如式(5)所示，将下一个曲柄角速度 $\omega_d(n+1)$ 与上一个曲柄角速度 $\omega_d(n)$ 相减而得到的差值除以下一个修正后的时间间隔 $\Delta T_{dc}(n+1)$ 与上一个修正后的时间间隔 $\Delta T_{dc}(n)$ 的平均值，来对曲柄角加速度 $a_d(n)$ 进行计算。

$$[0082] \quad a_d(n) = \{ \omega_d(n+1) - \omega_d(n) \}$$

$$[0083] \quad / \{ \Delta T_{dc}(n+1) + \Delta T_{dc}(n) \} \times 2 \cdot \cdot \cdot (5)$$

[0084] 修正后角度信息计算部62如式(6)所示，将对象检测角度 $\theta_d(n)$ 的下一个曲柄角加速度 $a_d(n+1)$ 与上一个曲柄角加速度 $a_d(n-1)$ 相减得到的差值除以对象检测角度 $\theta_d(n)$ 的下一个修正后的时间间隔 $\Delta T_{dc}(n+1)$ 与上一个修正后的时间间隔 $\Delta T_{dc}(n)$ 的合计值，来计算对象检测角度 $\theta_d(n)$ 的曲柄角加加速度 $\delta_d(n)$ 。

$$[0085] \quad \delta_d(n) = \{ a_d(n+1) - a_d(n-1) \}$$

$$[0086] \quad / \{ \Delta T_{dc}(n+1) + \Delta T_{dc}(n) \} \cdot \cdot \cdot (6)$$

[0087] 角度信息修正部61和修正后角度信息计算部62对实时计算出的角度间隔 $\Delta \theta_d$ 或时间间隔 ΔT_d 实时地利用修正值 K_c 来进行修正，从而实时地计算曲柄角速度 ω_d 、曲柄角加速度 a_d 、曲柄角加加速度 δ_d 。角度信息计算部51的各部分将所计算出的各角度信息存储于存储装置91。

[0088] 1-2-2.失火判定部52

[0089] 1-2-2-1.失火判定的原理

[0090] 对能利用曲柄角加加速度 δ_d 来判定有无失火的原理进行说明。一般，绕转轴的运动方程式可以描述为式(7)那样。

$$[0091] \quad I \times d\omega/dt = I \times \alpha = T \cdot \cdot \cdot (7)$$

[0092] 这里， I 是转动惯量， ω 是角速度， α 是角加速度， T 是转矩。该式可解释为：若绕转轴施加转矩，则以与转动惯量的大小成反比的角加速度进行旋转，而在未施加转矩的情况下，以恒定的角速度进行旋转。

[0093] 若将该式应用于绕内燃机的曲柄轴，则可以描述为式(8)那样。

$$[0094] \quad I_{eng} \times d\omega_d/dt = I_{eng} \times a_d = T_g - T_{load} \cdot \cdot \cdot (8)$$

[0095] 这里， I_{eng} 是内燃机的转动惯量， ω_d 是曲柄角速度， a_d 是曲柄角加速度， T_g 是燃烧而产生的转矩， T_{load} 是负载转矩，是内燃机、动力传动机构的摩擦阻力、车辆的行驶阻力等所有负载的合计。

[0096] 在与式(7)同样地对该式进行解释时，如下所示，对于曲柄角加速度、产生/负载转矩，以1次燃烧冲程间的平均值来考虑的情况与以曲柄角度间隔(本示例中为4deg)的平均值来考虑的情况将成为具有若干差异的结果。

[0097] <以1次燃烧冲程间的平均值来考虑的情况>

[0098] 在1次燃烧冲程间的产生转矩的平均值与负载转矩的平均值一致的情况下，式(8)的右边成为零，因此，表示内燃机以恒定速度旋转的情况。这示出了例如内燃机的转速恒定

的正常运行状态。此外,在 $T_g - T_{load} > 0$ 的情况下,内燃机处于加速的状态,而在 $T_g - T_{load} < 0$ 的情况下,处于减速的状态。在失火时成为 $T_g = 0$,因此为减速状态。可以说这种基于多个燃烧冲程间的加速、减速、正常的变化来进行失火检测的示例是上述专利文献2中所示的方法。然而,内燃机是间歇性产生转矩的发动机,因此,若详细地观察1次燃烧冲程间的转矩的变化,则情形多少将发生改变。

[0099] <以曲柄角度间隔间的平均值来考虑的情况>

[0100] 如上所述,由于内燃机是间歇性产生转矩的发动机,因此,即使在1次燃烧冲程间,也存在混合气体急速燃烧的加速燃烧期间、以及混合气体不急速燃烧的非急速燃烧期间。此外,由于燃烧期间通常为 $40 \sim 60 \text{deg}$ 左右的期间,因此,1次燃烧冲程间(3缸发动机为 240deg ,4缸发动机为 180deg)不进行燃烧的非燃烧期间一般更长。

[0101] 这里,若考虑内燃机正常运行的情况,则1次燃烧冲程间的产生转矩的平均值与负载转矩的平均值相同,但相对于始终施加负载转矩的情况,因燃烧而产生的产生转矩只在短期间内产生。即,可以说因燃烧而产生的产生转矩将瞬间变大。若以这种方式考虑,则即使在内燃机的转速恒定的情况下,也可知作为曲柄角度间隔间的平均值的产生转矩在1次燃烧冲程间将重叠有较大的变动。此外,在失火时产生转矩为零,因此,成为仅施加负载转矩的情况。由此,可知若能捕捉1次燃烧冲程间的转矩变动,则可以容易地进行失火检测,而不必像现有技术那样观察多个燃烧冲程间的加减速变化。

[0102] <转矩变动的计算式>

[0103] 对检测1次燃烧冲程间的转矩变动的方法进行说明。这里,若在式(7)中再次将转动惯量考虑为恒定,则可知转矩与角加速度存在比例关系。由于现在想了解转矩的变化,因此考虑对式(7)进一步进行微分而得到的式(9)。

[0104] $I \times da/dt = I \times \delta = dT/dt \dots (9)$

[0105] 这里, δ 是角加加速度。式(9)示出了转矩的微分值、即转矩的时间变化率与角加加速度存在比例关系,因此,若在绕内燃机的曲柄轴的状态下考虑到这点,则可以说转矩变动与曲柄角加加速度存在比例关系。即,若能够捕捉1次燃烧冲程间的曲柄角加加速度的变动,则捕捉到了1次燃烧冲程间的转矩变动,从而能如上述那样容易地进行失火检测。

[0106] 图8中示出曲柄角加加速度的变化的示例。失火时的曲柄角加加速度基本上没有大的变动,急速燃烧期间(例如,从 $B05 \text{deg}$ 到 $A55 \text{deg}$)、刚燃烧前期间(例如,上死点前的 $B65 \text{deg}$ 到 $B05 \text{deg}$)以及非急速燃烧期间(例如,燃烧后的 $A55 \text{deg}$ 到 $A115 \text{deg}$ 等)的曲柄角加加速度的变动较小。这里,B表示BTDC(Before Top Dead Center,上死点前),A表示ATDC(After Top Dead Center,上死点后)。与此相对,在没有失火的情况下,急速燃烧期间的曲柄角加加速度在正方向上发生较大的变化,因此曲柄角加加速度的变动变大。为了检测1次燃烧冲程间的曲柄角加加速度的变动量,例如,可以计算急速燃烧期间的曲柄角加加速度的最大值 δ_{dmax} 、与刚燃烧前期间或非急速燃烧期间的曲柄角加加速度的最小值 δ_{dmin} 之间的差 $\Delta \delta_d$ 。可以说该曲柄角加加速度差 $\Delta \delta_d$ 与1次燃烧冲程间的转矩变动成比例,因此,可以基于曲柄角加加速度差 $\Delta \delta_d$ 来进行有无失火的判定。此外,本方法中,不容易产生现有方法的问题、即不容易产生考虑为因电动发电机与内燃机的共振而导致的失火误检测。由于该共振是多个冲程周期的振动,因此,并不作为以曲柄角度间隔间计算出的曲柄角加加速度的变动来表现。

[0107] 1-2-2-2.失火判定部52的结构

[0108] 于是,基于以上所说明的失火判定的原理,失火判定部52构成为基于曲柄角加加速度 δd ,来计算与1次燃烧冲程相对应地设定的判定期间内的曲柄角加加速度的变动量,并基于曲柄角加加速度的变动量,来判定1次燃烧冲程的期间内有无失火。本实施方式中,失火判定部52包括角加加速度最大值计算部70、角加加速度最小值计算部71、以及变动量失火判定部72。

[0109] <角加加速度最大值计算部70>

[0110] 角加加速度最大值计算部70基于修正后角度信息计算部62计算出的曲柄角加加速度 δd ,来计算与1次燃烧冲程相对应地设定的判定期间内的曲柄角加加速度的最大值 δd_{max} 。本实施方式中,角加加速度最大值计算部70计算设定在1次燃烧冲程的前侧的前期间内的曲柄角加加速度 δd 中的最大值,以作为曲柄角加加速度的最大值 δd_{max} 。前期间对应于混合气体急速燃烧的急速燃烧期间而预先设定,例如,预先设定为B05deg至A55deg的期间。角加加速度最大值计算部70可以根据点火时刻等运行条件来使前期间变化。

[0111] <角加加速度最小值计算部71>

[0112] 角加加速度最小值计算部71基于修正后角度信息计算部62计算出的曲柄角加加速度 δd ,来计算与1次燃烧冲程相对应地设定的判定期间内的曲柄角加加速度的最小值 δd_{min} 。本实施方式中,角加加速度最小值计算部71构成为计算紧接着前期间之前设定的前一期、以及紧接着前期间之后设定的后期间中的一方或双方(本示例中,仅后期间)中的曲柄角加加速度 δd 中的最小值,以作为曲柄角加加速度的最小值 δd_{min} 。前一期对应于紧接着急速燃烧期间之前的期间而预先设定,例如,预先设定为B65deg至B05deg的期间。后期间对应于混合气体不急速燃烧的非急速燃烧期间而预先设定,例如,预先设定为A55deg至A115deg的期间。角加加速度最小值计算部71可以根据点火时刻等运行条件来使前一期、后期间变化。

[0113] 本实施方式中,构成为在前期间内进行最大值的计算处理,并在前一期及后期间的一方或双方中进行最小值的计算处理,因此,无需在与1次燃烧冲程相对应的判定期间的整个期间内(前一期+前期间+后期间)进行最大值的计算处理及最小值的计算处理这两方,能使处理减半。

[0114] <变动量失火判定部72>

[0115] 变动量失火判定部72计算曲柄角加加速度的最大值 δd_{max} 与曲柄角加加速度的最小值 δd_{min} 之差 $\Delta \delta d (= \delta d_{max} - \delta d_{min})$,以作为曲柄角加加速度的变动量 $\Delta \delta d$ 。然后,变动量失火判定部72在曲柄角加加速度的变动量 $\Delta \delta d$ 大于预先设定的失火判定值的情况下,判定为在所对应的1次燃烧冲程中并未发生失火,而进行了燃烧,并在曲柄角加加速度的变动量 $\Delta \delta d$ 为失火判定值以下的情况下,判定为在所对应的1次燃烧冲程中发生失火,并未进行燃烧。变动量失火判定部72将失火的判定结果存储于存储装置91。例如,变动量失火判定部72在判定为发生了失火的情况下,将判定为发生了失火的结果与判定为失火的1次燃烧冲程所对应的气缸编号关联起来,并存储于存储装置91。

[0116] 1-2-3.失火通知部53

[0117] 失火通知部53经由通知装置34将由失火判定部52得出的失火的判定结果通知给用户。例如,失火通知部53在失火的发生频度高于预先设定的频度判定值的情况下,使作为

通知装置34的故障警告灯点亮。此外,失火通知部53将失火的判定结果的信息显示在设置于驾驶座的仪表盘的、作为通知装置34的显示画面中。失火通知部53将失火的判定结果作为OBD(On Board Diagnostic:车载诊断系统)的故障信息之一,传递至与车辆相连接的作为通知装置34的车辆诊断装置。

[0118] 1-2-4.流程图

[0119] 基于图9所示的流程图,对本实施方式所涉及的控制装置50的概要处理顺序(内燃机1的控制方法)进行说明。图9的流程图的处理通过运算处理装置90执行存储在存储装置91中的软件(程序),从而例如每隔规定的运算周期反复执行。

[0120] 步骤S91中,角度信息计算部51如上所述,执行如下角度信息计算处理(角度信息计算步骤):基于特定曲柄角传感器6的输出信号来检测曲柄角度 θ_d ,并计算曲柄角度 θ_d 的时间变化率即曲柄角速度 ω_d 、曲柄角速度 ω_d 的时间变化率即曲柄角加速度 α_d 、以及曲柄角加速度 α_d 的时间变化率即曲柄角加加速度 δ_d 。

[0121] 本实施方式中,角度信息计算部51构成为包括角度信息检测部60、角度信息修正部61、以及修正后角度信息计算部62,并如上述那样,执行对角度信息的误差进行修正的误差修正处理。

[0122] 步骤S92中,失火判定部52如上述那样执行如下失火判定处理(失火判定步骤):基于曲柄角加加速度 δ_d ,来计算与1次燃烧冲程相对应地设定的判定期间的曲柄角加加速度的变动量,并基于曲柄角加加速度的变动量,来判定1次燃烧冲程的期间内有无失火。

[0123] 本实施方式中,角加加速度最大值计算部70执行如下角加加速度最大值计算处理(角加加速度最大值计算步骤):基于曲柄角加加速度 δ_d ,来计算与1次燃烧冲程相对应的判定期间的曲柄角加加速度的最大值 δ_{dmax} 。

[0124] 此外,角加加速度最小值计算部71执行如下角加加速度最小值计算处理(角加加速度最小值计算步骤):基于曲柄角加加速度 δ_d ,来计算与1次燃烧冲程相对应的判定期间的曲柄角加加速度的最小值 δ_{dmin} 。

[0125] 然后,变动量失火判定部72计算曲柄角加加速度的最大值 δ_{dmax} 与曲柄角加加速度的最小值 δ_{dmin} 之差 $\Delta\delta_d$,以作为曲柄角加加速度的变动量 $\Delta\delta_d$,在曲柄角加加速度的变动量 $\Delta\delta_d$ 大于失火判定值的情况下,判定为未发生失火,而进行了燃烧,并在曲柄角加加速度的变动量 $\Delta\delta_d$ 为失火判定值以下的情况下,判定为发生失火,并未进行燃烧。

[0126] 步骤S93中,失火通知部53如上述那样执行如下失火通知处理(失火通知步骤):经由通知装置34将失火的判定结果通知给用户。

[0127] [其他实施方式]

[0128] 最后,对本发明的其他实施方式进行说明。另外,以下说明的各实施方式的结构并不限于分别单独地进行应用,只要不产生矛盾,也能与其他实施方式的结构相组合来进行应用。

[0129] (1)上述实施方式1中,以下述情况为例进行了说明,即:第2曲柄角传感器6相当于本发明中的“特定曲柄角传感器”,飞轮27相当于本发明中的“旋转构件”,设置在飞轮27上的环形齿轮25的齿相当于本发明中的“被检测部”。然而,本发明的实施方式并不限于此。即,也可以是第1曲柄角传感器11相当于本发明中的“特定曲柄角传感器”,信号板10相当于本发明中的“旋转构件”,设置在信号板10上的多个齿相当于本发明中的“被检测部”。

[0130] (2) 上述实施方式1中,对于内燃机1,以汽油发动机的情况为例进行了说明。然而,本发明的实施方式并不限于此。即,内燃机1也可以采用柴油机、进行HCCI燃烧(Homogeneous-Charge Compression Ignition Combustion:均相充量压缩点火燃烧)的发动机等各种内燃机。

[0131] (3) 上述实施方式1中,以下述情况为例进行了说明,即:构成为角加加速度最大值计算部70计算前期间中的曲柄角加加速度 δd 中的最大值来作为曲柄角加加速度的最大值 δd_{max} ,角加加速度最小值计算部71计算前一期及后期间的一方或双方中的曲柄角加加速度 δd 中的最小值来作为曲柄角加加速度的最小值 δd_{min} 。然而,本发明的实施方式并不限于此。即,角加加速度最大值计算部70可以计算与1次燃烧冲程相对应的判定期间整体(例如,前期间+后期间,或前一期+前期间+后期间)内的曲柄角加加速度 δd 中的最大值来作为曲柄角加加速度的最大值 δd_{max} ,角加加速度最小值计算部71也可以计算与1次燃烧冲程相对应的判定期间整体(例如,前期间+后期间,或前一期+前期间+后期间)内的曲柄角加加速度 δd 中的最小值来作为曲柄角加加速度的最小值 δd_{min} 。

[0132] 另外,本发明在其发明范围内可对实施方式进行适当变形、省略。

[0133] 标号说明

[0134] 1 内燃机

[0135] 2 曲柄轴

[0136] 6 第2曲柄角传感器(特定曲柄角传感器)

[0137] 7 气缸

[0138] 24 发动机缸体(非旋转构件)

[0139] 25 环形齿轮(被检测部)

[0140] 27 飞轮(旋转构件)

[0141] 34 通知装置

[0142] 50 内燃机的控制装置

[0143] 51 角度信息计算部

[0144] 52 失火判定部

[0145] 53 失火通知部

[0146] θd 曲柄角度

[0147] ωd 曲柄角速度

[0148] αd 曲柄角加速度

[0149] δd 曲柄角加加速度

[0150] δd_{max} 曲柄角加加速度的最大值

[0151] δd_{min} 曲柄角加加速度的最小值

[0152] $\Delta \delta d$ 曲柄角加加速度的变动量

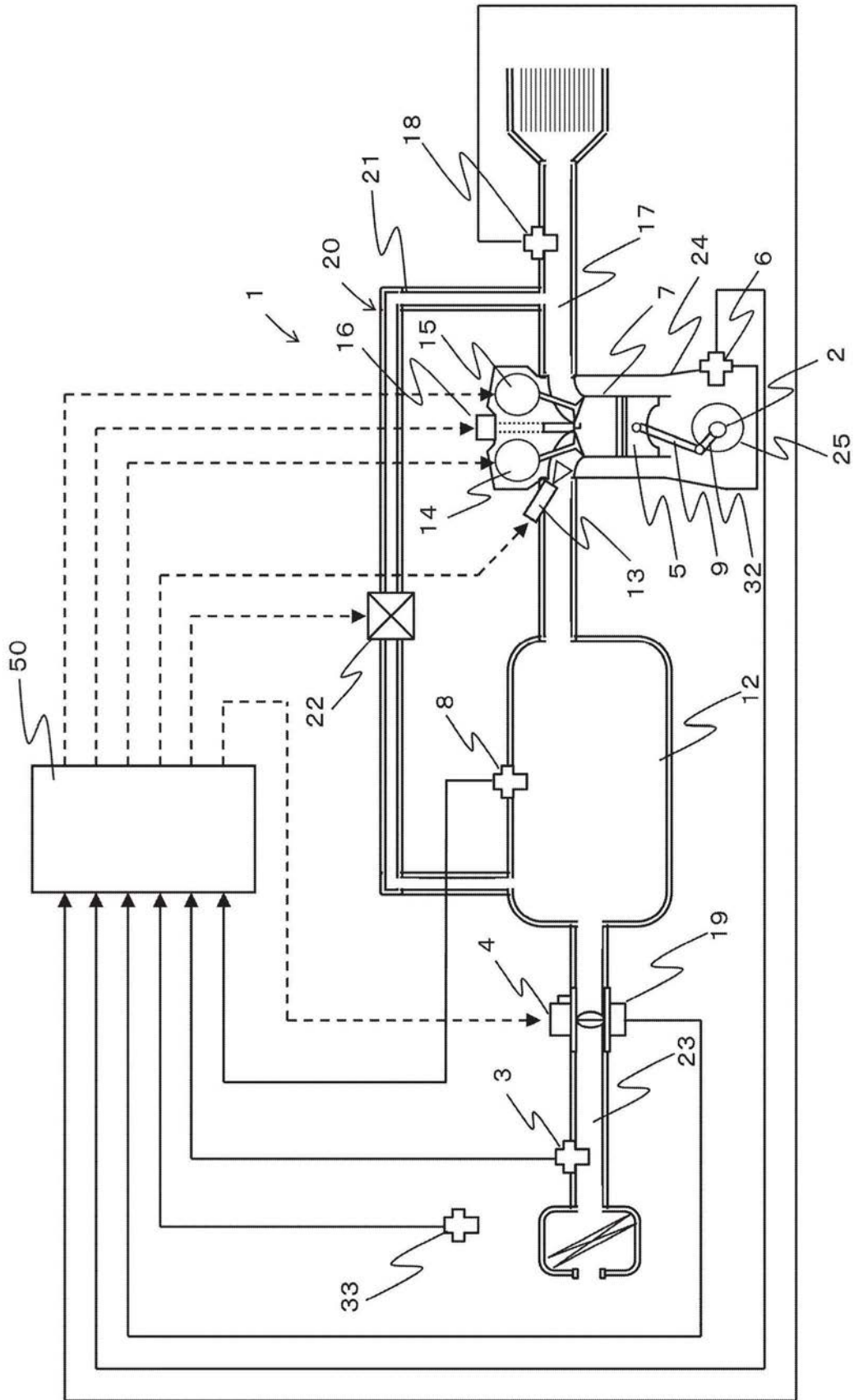


图1

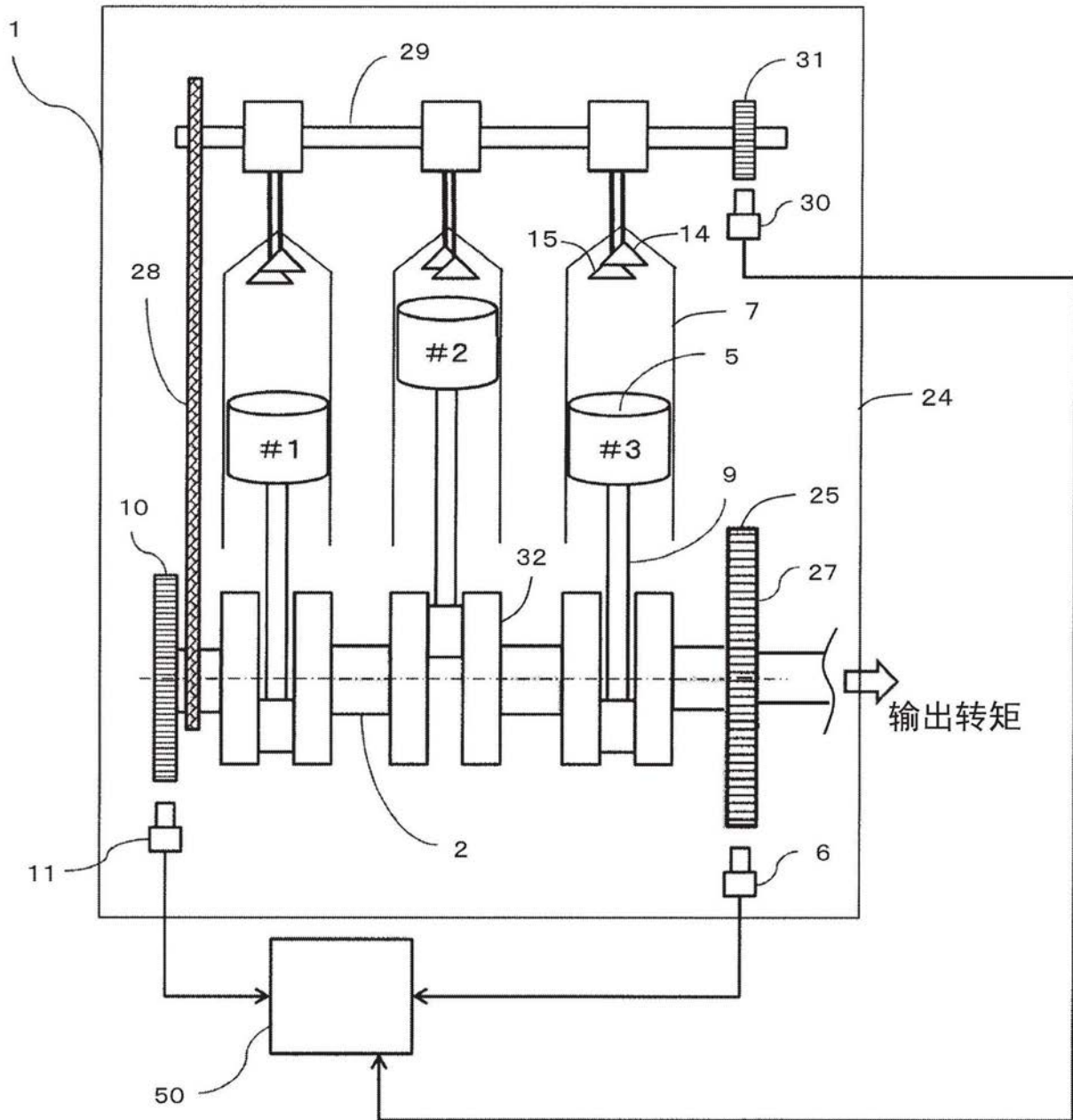


图2

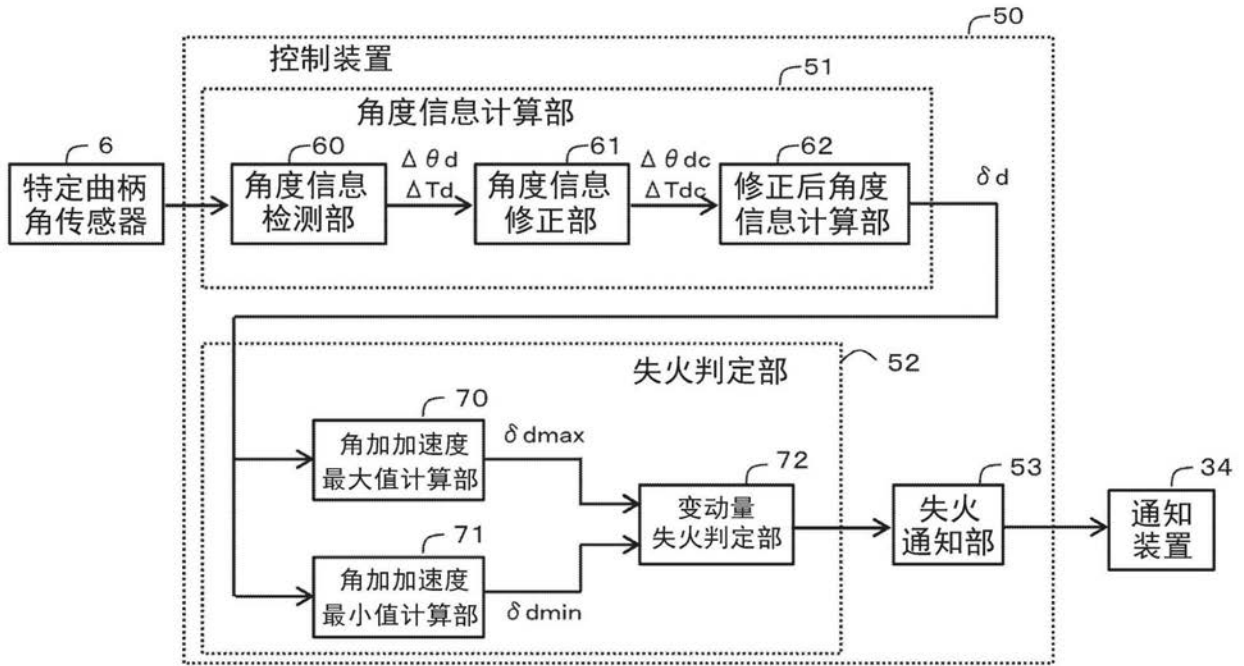


图3

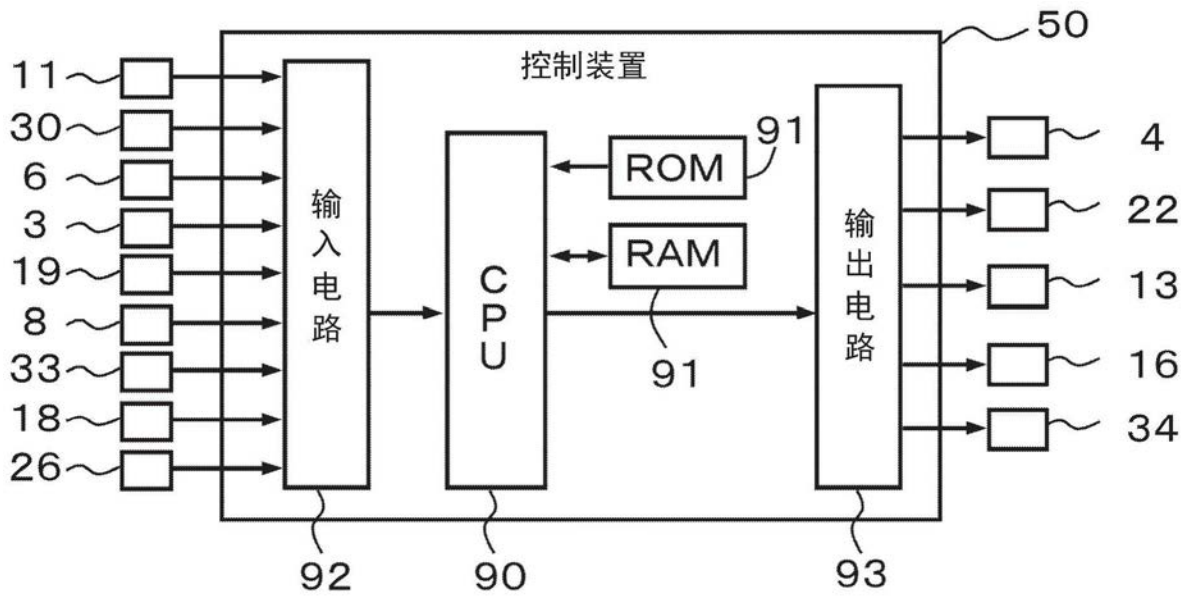


图4

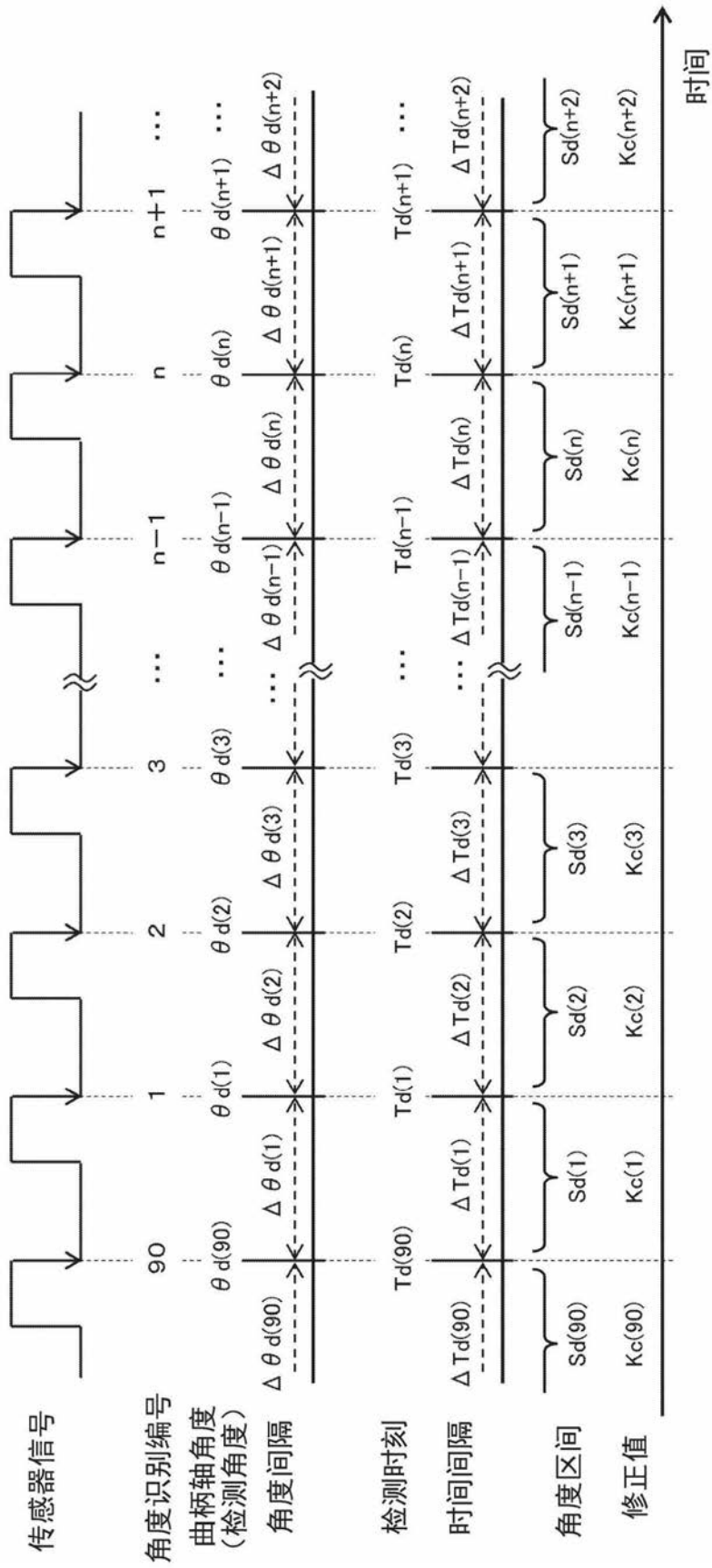


图5

角度识别编号n	1	2	...	n-1	n	n+1	...	90
修正值Kc	Kc(1)	Kc(2)	...	Kc(n-1)	Kc(n)	Kc(n+1)	...	Kc(90)

图6

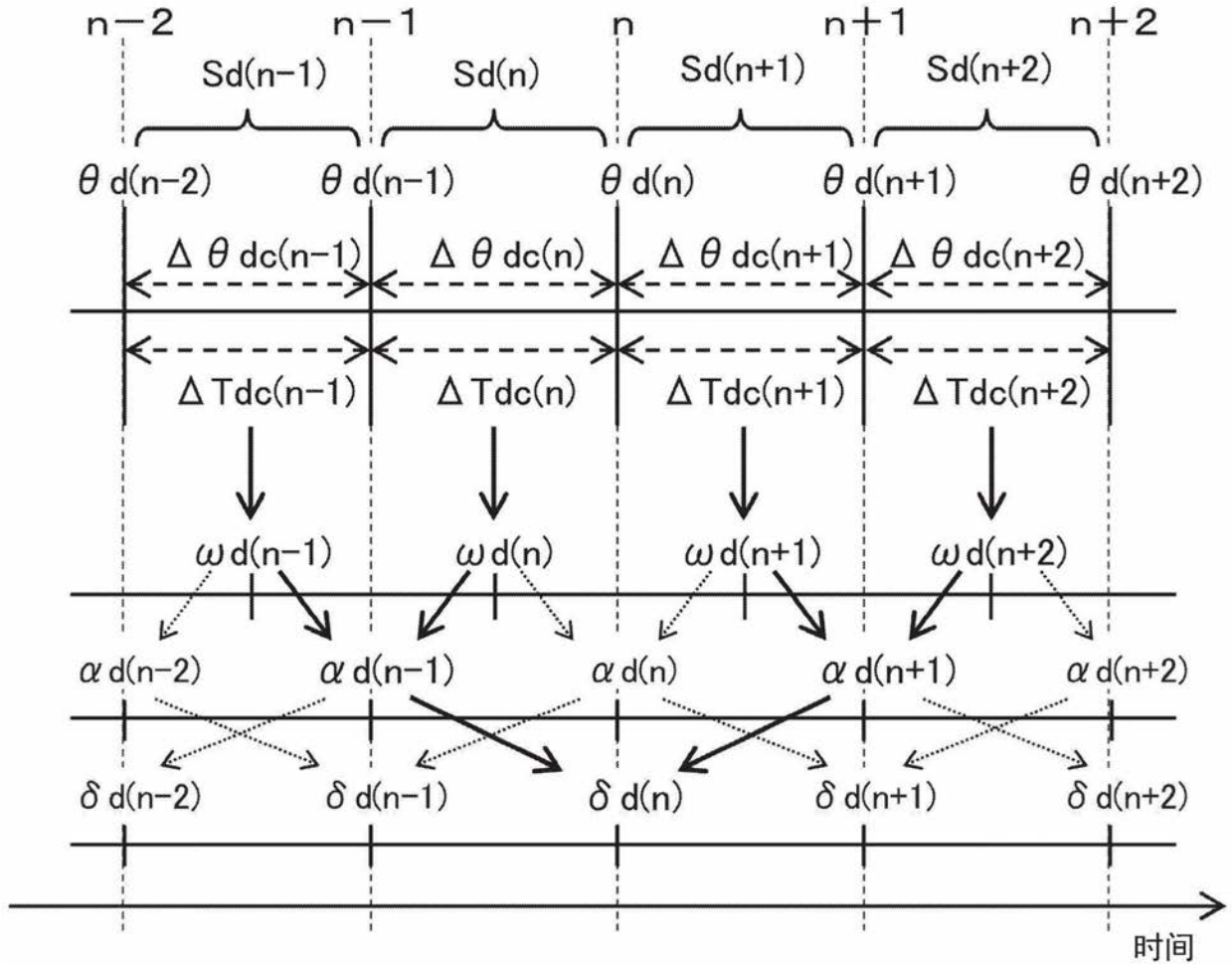


图7

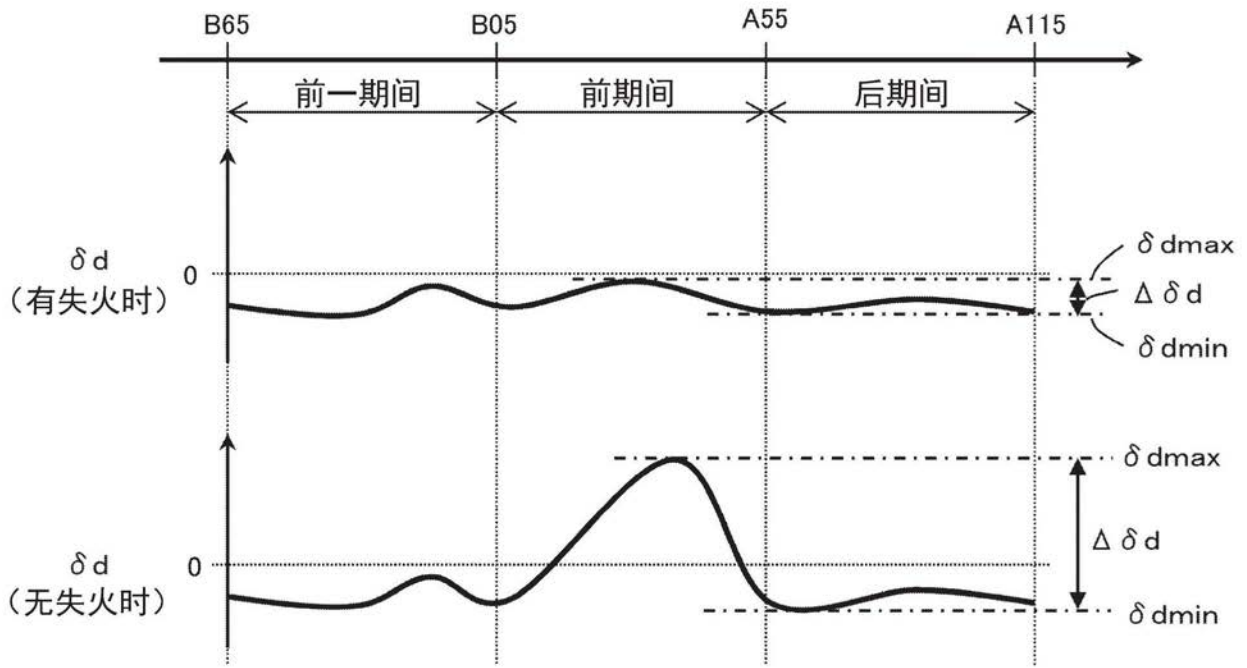


图8

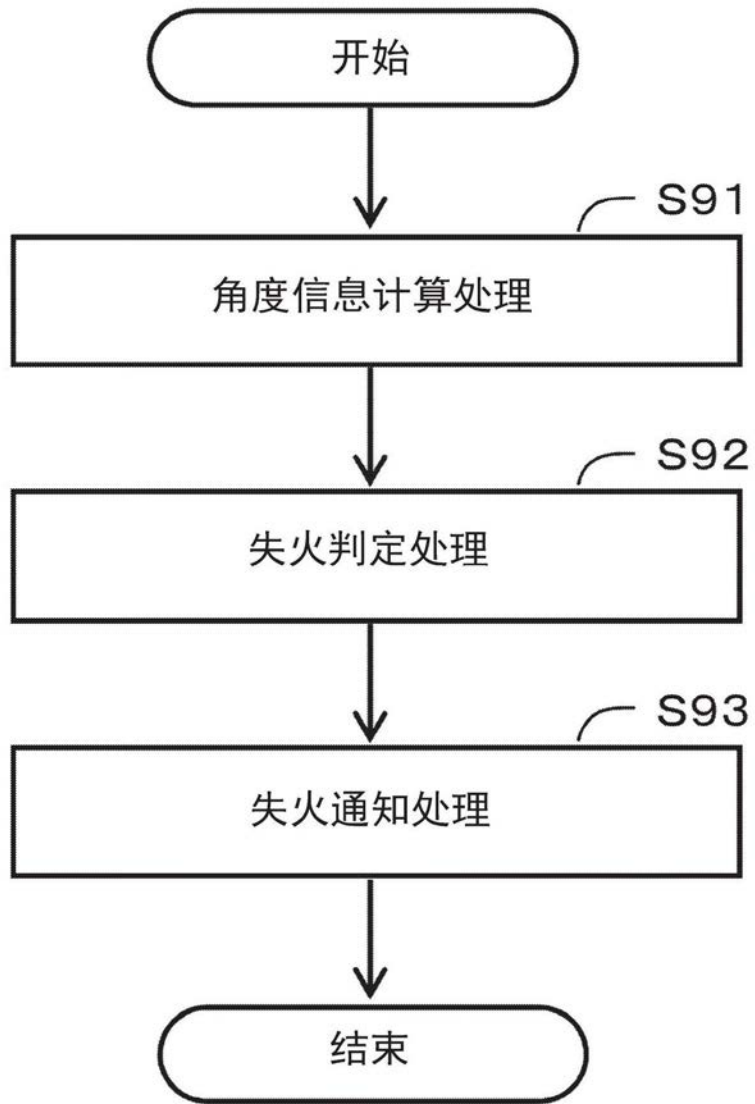


图9