



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106979087 B

(45)授权公告日 2020.02.28

(21)申请号 201610933969.3

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2016.10.31

F02D 21/08(2006.01)

F02D 41/00(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106979087 A

审查员 向启雄

(43)申请公布日 2017.07.25

(30)优先权数据

2016-006768 2016.01.18 JP

(73)专利权人 三菱电机株式会社

地址 日本东京

(72)发明人 横野道久 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 熊风

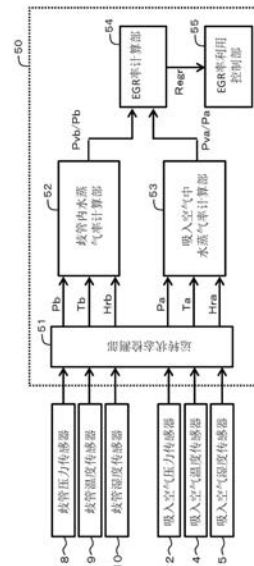
权利要求书5页 说明书21页 附图5页

(54)发明名称

内燃机的控制装置及其控制方法

(57)摘要

本发明提供即使吸入空气(大气)的湿度发生变化也能高精度地推算出EGR率的内燃机的控制装置及其控制方法。该内燃机的控制装置(50)及其控制方法基于根据歧管压力(Pb)、歧管温度(Tb)、歧管湿度(Hrb)计算出的歧管内水蒸气分压率(Pvb/Pb)、以及根据吸入空气压力(Pa)、吸入空气温度(Ta)、吸入空气湿度(Hra)计算出的吸入空气中水蒸气分压率(Pva/Pa),计算出EGR率(Regr)。



1. 一种内燃机的控制装置,该内燃机具备:进气通路和排气通路、使所述进气通路开闭的节流阀以及使废气从所述排气通路回流到所述节流阀下游侧的所述进气通路部分即进气歧管的EGR流路,该内燃机的控制装置的特征在于,包括:

运转状态检测部,该运转状态检测部检测所述进气歧管内的气体的压力即歧管压力、所述进气歧管内的气体的温度即歧管温度、所述进气歧管内的气体的湿度即歧管湿度、吸入到所述进气通路内的吸入空气的压力即吸入空气压力、所述吸入空气的温度即吸入空气温度以及所述吸入空气的湿度即吸入空气湿度;

歧管内水蒸气率计算部,该歧管内水蒸气率计算部基于所述歧管湿度和所述歧管温度,计算出所述进气歧管内的气体中包含的水蒸气的分压即歧管内水蒸气分压,并计算出所述歧管内水蒸气分压与所述歧管压力之比即歧管内水蒸气分压率;

吸入空气中水蒸气率计算部,该吸入空气中水蒸气率计算部基于所述吸入空气湿度和所述吸入空气温度,计算出所述吸入空气中包含的水蒸气的分压即吸入空气中水蒸气分压,并计算出所述吸入空气中水蒸气分压与所述吸入空气压力之比即吸入空气中水蒸气分压率;以及

EGR率计算部,该EGR率计算部基于所述歧管内水蒸气分压率和所述吸入空气中水蒸气分压率,计算出回流到所述进气歧管内的所述废气与所述进气歧管内的气体之比即EGR率,

所述EGR率计算部从所述歧管内水蒸气分压率减去所述吸入空气中水蒸气分压率,计算出相减后分压率,并将所述相减后分压率与预先设定的换算常数相乘,该相乘后的值除以从1减去所述吸入空气中水蒸气分压率得到的相减值,计算出由此得到的值作为所述EGR率。

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EGR率计算部根据所述内燃机的空燃比来改变所述EGR率。

3. 如权利要求1所述的内燃机的控制装置,其特征在于,

所述运转状态检测部检测出相对湿度作为所述歧管湿度和所述吸入空气湿度,

所述歧管内水蒸气率计算部基于所述歧管温度计算所述进气歧管内的饱和水蒸气压力,并将该饱和水蒸气压力与所述歧管湿度相乘,从而计算出所述歧管内水蒸气分压,

所述吸入空气中水蒸气率计算部基于所述吸入空气温度计算出所述吸入空气的饱和水蒸气压力,并将该饱和水蒸气压力与所述吸入空气湿度相乘,从而计算出所述吸入空气中水蒸气分压。

4. 如权利要求1所述的内燃机的控制装置,其特征在于,

还具备EGR率利用控制部,该EGR率利用控制部基于所述EGR率,改变点火时期和使所述EGR流路开闭的EGR阀的开度中的一方或者双方。

5. 如权利要求1所述的内燃机的控制装置,其特征在于,

所述运转状态检测部将使所述EGR流路开闭的EGR阀关闭从而所述废气不会回流到所述进气歧管中的状态下检测出的所述歧管压力、所述歧管湿度、所述歧管温度分别作为所述吸入空气压力、所述吸入空气湿度、所述吸入空气温度进行检测。

6. 如权利要求1所述的内燃机的控制装置,其特征在于,

所述运转状态检测部从空调控制装置获取所述吸入空气湿度和所述吸入空气温度的信息。

7. 一种内燃机的控制装置,该内燃机具备:进气通路和排气通路、使所述进气通路开闭的节流阀以及使废气从所述排气通路回流到所述节流阀下游侧的所述进气通路部分即进气歧管的EGR流路,该内燃机的控制装置的特征在于,包括:

运转状态检测部,该运转状态检测部检测所述进气歧管内的气体的压力即歧管压力、所述进气歧管内的气体的温度即歧管温度、所述进气歧管内的气体的湿度即歧管湿度、吸入到所述进气通路内的吸入空气的压力即吸入空气压力、所述吸入空气的温度即吸入空气温度以及所述吸入空气的湿度即吸入空气湿度;

歧管内水蒸气率计算部,该歧管内水蒸气率计算部基于所述歧管湿度和所述歧管温度,计算出所述进气歧管内的气体中包含的水蒸气的分压即歧管内水蒸气分压,并计算出所述歧管内水蒸气分压与所述歧管压力之比即歧管内水蒸气分压率;

吸入空气中水蒸气率计算部,该吸入空气中水蒸气率计算部基于所述吸入空气湿度和所述吸入空气温度,计算出所述吸入空气中包含的水蒸气的分压即吸入空气中水蒸气分压,并计算出所述吸入空气中水蒸气分压与所述吸入空气压力之比即吸入空气中水蒸气分压率;以及

EGR率计算部,该EGR率计算部基于所述歧管内水蒸气分压率和所述吸入空气中水蒸气分压率,计算出回流到所述进气歧管内的所述废气与所述进气歧管内的气体之比即EGR率,

所述EGR率计算部从所述歧管内水蒸气分压率减去所述吸入空气中水蒸气分压率,并计算出所述回流的所述废气中包含的因燃烧生成的水蒸气的分压与所述歧管压力之比即歧管内燃烧生成水蒸气分压率,

基于燃料与潮湿空气燃烧时的化学反应式中的各分子的摩尔数以及所述吸入空气中水蒸气分压率,计算出所述废气中因燃烧生成的水蒸气的摩尔分率即废气中燃烧生成水蒸气摩尔分率,

将所述歧管内燃烧生成水蒸气分压率除以所述废气中燃烧生成水蒸气摩尔分率,计算出由此得到的值作为所述EGR率。

8. 如权利要求7所述的内燃机的控制装置,其特征在于,

所述EGR率计算部基于燃料与潮湿空气以理论空燃比燃烧时的化学反应式中的各分子的摩尔数以及所述吸入空气中水蒸气分压率,计算出所述内燃机的空燃比假定为理论空燃比时的所述废气中燃烧生成水蒸气摩尔分率,

在所述空燃比比理论空燃比要稀的情况下,将假定为理论空燃比时的所述废气中燃烧生成水蒸气摩尔分率除以空气过剩率,计算出由此得到的值作为过稀情况下的所述废气中燃烧生成水蒸气摩尔分率,该空气过剩率通过将所述空燃比除以理论空燃比得到,

在所述空燃比比理论空燃比要浓的情况下,将假定为理论空燃比时的所述废气中燃烧生成水蒸气摩尔分率直接作为过浓情况下的所述废气中燃烧生成水蒸气摩尔分率进行计算。

9. 一种内燃机的控制装置,该内燃机具备:进气通路和排气通路、使所述进气通路开闭的节流阀以及使废气从所述排气通路回流到所述节流阀下游侧的所述进气通路部分即进气歧管的EGR流路,该内燃机的控制装置的特征在于,包括:

运转状态检测部,该运转状态检测部检测所述进气歧管内的气体的压力即歧管压力、所述进气歧管内的气体的温度即歧管温度、所述进气歧管内的气体的湿度即歧管湿度、吸

入到所述进气通路内的吸入空气的压力即吸入空气压力、所述吸入空气的温度即吸入空气温度以及所述吸入空气的湿度即吸入空气湿度；

歧管内水蒸气率计算部,该歧管内水蒸气率计算部基于所述歧管湿度和所述歧管温度,计算出所述进气歧管内的气体中包含的水蒸气的分压即歧管内水蒸气分压,并计算出所述歧管内水蒸气分压与所述歧管压力之比即歧管内水蒸气分压率；

吸入空气中水蒸气率计算部,该吸入空气中水蒸气率计算部基于所述吸入空气湿度和所述吸入空气温度,计算出所述吸入空气中包含的水蒸气的分压即吸入空气中水蒸气分压,并计算出所述吸入空气中水蒸气分压与所述吸入空气压力之比即吸入空气中水蒸气分压率；以及

EGR率计算部,该EGR率计算部基于所述歧管内水蒸气分压率和所述吸入空气中水蒸气分压率,计算出回流到所述进气歧管内的所述废气与所述进气歧管内的气体之比即EGR率,

所述EGR率计算部基于所述歧管内水蒸气分压率和所述吸入空气中水蒸气分压率,计算出所述内燃机的空燃比假定为理论空燃比时的所述EGR率,

在所述空燃比比理论空燃比要稀的情况下,将假定为理论空燃比时的所述EGR率与将所述空燃比除以理论空燃比得到的空气过剩率相乘,计算出由此得到的值作为最终的所述EGR率,

在所述空燃比比理论空燃比要浓的情况下,将假定为理论空燃比时的所述EGR率直接作为最终的所述EGR率进行计算。

10. 一种内燃机的控制方法,该内燃机具备:进气通路和排气通路、使所述进气通路开闭的节流阀以及使废气从所述排气通路回流到所述节流阀下游侧的所述进气通路部分即进气歧管的EGR流路,该内燃机的控制方法的特征在于,执行如下步骤:

运转状态检测步骤,该运转状态检测步骤中,检测所述进气歧管内的气体的压力即歧管压力、所述进气歧管内的气体的温度即歧管温度、所述进气歧管内的气体的湿度即歧管湿度、吸入到所述进气通路内的吸入空气的压力即吸入空气压力、所述吸入空气的温度即吸入空气温度以及所述吸入空气的湿度即吸入空气湿度；

歧管内水蒸气率计算步骤,该歧管内水蒸气率计算步骤中,基于所述歧管湿度和所述歧管温度,计算出所述进气歧管内的气体中包含的水蒸气的分压即歧管内水蒸气分压,并计算出所述歧管内水蒸气分压与所述歧管压力之比即歧管内水蒸气分压率；

吸入空气中水蒸气率计算步骤,该吸入空气中水蒸气率计算步骤中,基于所述吸入空气湿度和所述吸入空气温度,计算出所述吸入空气中包含的水蒸气的分压即吸入空气中水蒸气分压,并计算出所述吸入空气中水蒸气分压与所述吸入空气压力之比即吸入空气中水蒸气分压率；以及

EGR率计算步骤,该EGR率计算步骤中,基于所述歧管内水蒸气分压率和所述吸入空气中水蒸气分压率,计算出回流到所述进气歧管内的所述废气与所述进气歧管内的气体之比即EGR率,

所述EGR率计算步骤中,从所述歧管内水蒸气分压率减去所述吸入空气中水蒸气分压率,计算出相减后分压率,并将所述相减后分压率与预先设定的换算常数相乘,该相乘后的值除以从1减去所述吸入空气中水蒸气分压率得到的相减值,计算出由此得到的值作为所述EGR率。

11. 一种内燃机的控制方法,该内燃机具备:进气通路和排气通路、使所述进气通路开闭的节流阀以及使废气从所述排气通路回流到所述节流阀下游侧的所述进气通路部分即进气歧管的EGR流路,该内燃机的控制方法的特征在于,执行如下步骤:

运转状态检测步骤,该运转状态检测步骤中,检测所述进气歧管内的气体的压力即歧管压力、所述进气歧管内的气体的温度即歧管温度、所述进气歧管内的气体的湿度即歧管湿度、吸入到所述进气通路内的吸入空气的压力即吸入空气压力、所述吸入空气的温度即吸入空气温度以及所述吸入空气的湿度即吸入空气湿度;

歧管内水蒸气率计算步骤,该歧管内水蒸气率计算步骤中,基于所述歧管湿度和所述歧管温度,计算出所述进气歧管内的气体中包含的水蒸气的分压即歧管内水蒸气分压,并计算出所述歧管内水蒸气分压与所述歧管压力之比即歧管内水蒸气分压率;

吸入空气中水蒸气率计算步骤,该吸入空气中水蒸气率计算步骤中,基于所述吸入空气湿度和所述吸入空气温度,计算出所述吸入空气中包含的水蒸气的分压即吸入空气中水蒸气分压,并计算出所述吸入空气中水蒸气分压与所述吸入空气压力之比即吸入空气中水蒸气分压率;以及

EGR率计算步骤,该EGR率计算步骤中,基于所述歧管内水蒸气分压率和所述吸入空气中水蒸气分压率,计算出回流到所述进气歧管内的所述废气与所述进气歧管内的气体之比即EGR率,

所述EGR率计算步骤中,从所述歧管内水蒸气分压率减去所述吸入空气中水蒸气分压率,并计算出所述回流的所述废气中包含的因燃烧生成的水蒸气的分压与所述歧管压力之比即歧管内燃烧生成水蒸气分压率,

基于燃料与潮湿空气燃烧时的化学反应式中的各分子的摩尔数以及所述吸入空气中水蒸气分压率,计算出所述废气中因燃烧生成的水蒸气的摩尔分率即废气中燃烧生成水蒸气摩尔分率,

将所述歧管内燃烧生成水蒸气分压率除以所述废气中燃烧生成水蒸气摩尔分率,计算出由此得到的值作为所述EGR率。

12. 一种内燃机的控制方法,该内燃机具备:进气通路和排气通路、使所述进气通路开闭的节流阀以及使废气从所述排气通路回流到所述节流阀下游侧的所述进气通路部分即进气歧管的EGR流路,该内燃机的控制方法的特征在于,执行如下步骤:

运转状态检测步骤,该运转状态检测步骤中,检测所述进气歧管内的气体的压力即歧管压力、所述进气歧管内的气体的温度即歧管温度、所述进气歧管内的气体的湿度即歧管湿度、吸入到所述进气通路内的吸入空气的压力即吸入空气压力、所述吸入空气的温度即吸入空气温度以及所述吸入空气的湿度即吸入空气湿度;

歧管内水蒸气率计算步骤,该歧管内水蒸气率计算步骤中,基于所述歧管湿度和所述歧管温度,计算出所述进气歧管内的气体中包含的水蒸气的分压即歧管内水蒸气分压,并计算出所述歧管内水蒸气分压与所述歧管压力之比即歧管内水蒸气分压率;

吸入空气中水蒸气率计算步骤,该吸入空气中水蒸气率计算步骤中,基于所述吸入空气湿度和所述吸入空气温度,计算出所述吸入空气中包含的水蒸气的分压即吸入空气中水蒸气分压,并计算出所述吸入空气中水蒸气分压与所述吸入空气压力之比即吸入空气中水蒸气分压率;以及

EGR率计算步骤,该EGR率计算步骤中,基于所述歧管内水蒸气分压率和所述吸入空气中水蒸气分压率,计算出回流到所述进气歧管内的所述废气与所述进气歧管内的气体之比即EGR率,

所述EGR率计算步骤中,基于所述歧管内水蒸气分压率和所述吸入空气中水蒸气分压率,计算出所述内燃机的空燃比假定为理论空燃比时的所述EGR率,

在所述空燃比比理论空燃比要稀的情况下,将假定为理论空燃比时的所述EGR率与将所述空燃比除以理论空燃比得到的空气过剩率相乘,计算出由此得到的值作为最终的所述EGR率,

在所述空燃比比理论空燃比要浓的情况下,将假定为理论空燃比时的所述EGR率直接作为最终的所述EGR率进行计算。

内燃机的控制装置及其控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及内燃机的控制装置及其控制方法,该内燃机具备:进气通路和排气通路、使所述进气通路开闭的节流阀、以及使废气从所述排气通路回流到所述节流阀下游侧的所述进气通路部分即进气歧管的EGR流路。

背景技术

[0002] 为了很好地控制内燃机,高精度地计算出气缸吸入的空气量,并根据气缸吸入空气量来高精度地控制燃料供给量和点火时期十分重要。在控制点火时期时,不仅要根据内燃机的转速及气缸吸入空气量,还要根据其他因素、例如内燃机的冷却水温、爆震发生状况、燃料性状、EGR (Exhaust Gas Recirculation:废气再循环)率,来使点火时期变至使输出转矩达到最大的点火时期(MBT:Minimum Spark Advance for Best Torque:最佳转矩的最小点火提前角)。

[0003] 而关于EGR,有在使废气从排气通路回流至进气歧管的EGR流路中设置EGR阀,根据该EGR阀的开度来控制回流至进气歧管的废气量的方法(以下称为外部EGR),还有设置使进气阀和排气阀中的一方或者双方的开闭正时可变的可变气门正时机构,通过改变进气阀和排气阀同时打开的气门重叠期间,来控制残留在气缸内的废气量的方法(以下称为内部EGR)。近年来,为了实现低燃费化和高输出化,同时具备外部EGR机构和内部EGR机构的内燃机正在增加。本申请中,仅记载为EGR、EGR率时,指的是外部EGR、外部EGR率。

[0004] 近年来,还将内燃机的输出转矩作为指标来控制内燃机。热效率会根据气缸吸入空气量和EGR率发生变化,因此要基于气缸吸入空气量和EGR率来推算输出转矩。因而,无论是为了控制点火时期,还是为了推算输出转矩,都要求高精度地推算EGR率。

[0005] 作为推算EGR率的技术,例如已知有下述专利文献1和专利文献2所记载的技术。专利文献1的技术中,使用由气流传感器检测出的吸入空气量、基于进气歧管内的压力等计算出的流入气缸的空气量即气缸流量、EGR阀的开度,学习EGR阀的特性偏差和随时间的变化,同时推算EGR量。

[0006] 专利文献2的技术是对EGR阀的开度进行反馈控制,以使设置在进气歧管中的CO₂浓度传感器检测出的CO₂浓度接近目标值的技术。专利文献2中,还公开了设置湿度传感器来代替CO₂浓度传感器的结构。

[0007] 现有技术文献

[0008] 专利文献

[0009] 专利文献1:日本专利第5642222号公报

[0010] 专利文献2:日本专利特公昭58-55345号公报

发明内容

[0011] 发明所要解决的技术问题

[0012] 然而,在专利文献1的技术中,虽然无需增加用于推算EGR量的专用传感器,不会因

器件增加导致成本上升,但由于间接地推算出EGR量,因此会因用于推算EGR量的各种传感器及内燃机的特性的个体差异和随时间的变化等,导致推算误差的产生。

[0013] 专利文献2的技术中,虽然基于进气歧管内的湿度来对EGR量进行反馈控制,但没有考虑从大气重新吸入到进气歧管的吸入空气的湿度即大气湿度对进气歧管内的湿度造成的影响,大气湿度的变化会导致产生EGR量的控制误差。大气湿度会随着地域、季节、气象等发生很大的变化,因此EGR量的控制误差会大到无法忽视的地步。

[0014] 因此,要求有即使吸入空气(大气)的湿度发生变化也能高精度地推算出EGR率的内燃机的控制装置及其控制方法。

[0015] 解决技术问题的技术方案

[0016] 本发明涉及内燃机的控制装置,该内燃机具备:进气通路和排气通路、使所述进气通路开闭的节流阀、以及使废气从所述排气通路回流到所述节流阀的下游侧的所述进气通路部分即进气歧管的EGR流路,所述内燃机的控制装置包括:运转状态检测部,该运转状态检测部检测出所述进气歧管内的气体压力即歧管压力、所述进气歧管内的气体温度即歧管温度、所述进气歧管内的气体湿度即歧管湿度、吸入到所述进气通路内的吸入空气的压力即吸入空气压力、所述吸入空气的温度即吸入空气温度、以及所述吸入空气的湿度即吸入空气湿度;歧管内水蒸气率计算部,该歧管内水蒸气率计算部基于所述歧管湿度和所述歧管温度,计算出所述进气歧管内的气体中包含的水蒸气的分压即歧管内水蒸气分压,并计算出所述歧管内水蒸气分压与所述歧管压力之比即歧管内水蒸气分压率;吸入空气中水蒸气率计算部,该吸入空气中水蒸气率计算部基于所述吸入空气湿度和所述吸入空气温度,计算出所述吸入空气中包含的水蒸气的分压即吸入空气中水蒸气分压,并计算出所述吸入空气中水蒸气分压与所述吸入空气压力之比即吸入空气中水蒸气分压率;以及EGR率计算部,该EGR率计算部基于所述歧管内水蒸气分压率和所述吸入空气中水蒸气分压率,计算出回流到所述进气歧管内的所述废气与所述进气歧管内的气体之比即EGR率。

[0017] 本发明涉及内燃机的控制方法,该内燃机具备:进气通路和排气通路、使所述进气通路开闭的节流阀、以及使废气从所述排气通路回流到所述节流阀的下游侧的所述进气通路部分即进气歧管的EGR流路,所述内燃机的控制方法执行如下步骤:运转状态检测步骤,检测出所述进气歧管内的气体压力即歧管压力、所述进气歧管内的气体温度即歧管温度、所述进气歧管内的气体湿度即歧管湿度、吸入到所述进气通路内的吸入空气的压力即吸入空气压力、所述吸入空气的温度即吸入空气温度、以及所述吸入空气的湿度即吸入空气湿度;歧管内水蒸气率计算步骤,基于所述歧管湿度和所述歧管温度,计算出所述进气歧管内的气体中包含的水蒸气的分压即歧管内水蒸气分压,并计算出所述歧管内水蒸气分压与所述歧管压力之比即歧管内水蒸气分压率;吸入空气中水蒸气率计算步骤,基于所述吸入空气湿度和所述吸入空气温度,计算出所述吸入空气中包含的水蒸气的分压即吸入空气中水蒸气分压,并计算出所述吸入空气中水蒸气分压与所述吸入空气压力之比即吸入空气中水蒸气分压率;以及EGR率计算步骤,基于所述歧管内水蒸气分压率和所述吸入空气中水蒸气分压率,计算出回流到所述进气歧管内的所述废气与所述进气歧管内的气体之比即EGR率。

[0018] 发明效果

[0019] 根据本发明所涉及的内燃机的控制装置及其控制方法,可不仅考虑进气歧管内的空气与回流废气的混合气体的湿度,还考虑了从大气吸入到进气通路的吸入空气的湿度,

以此来推算EGR率。因此,即使大气湿度发生变化,也能高精度地推算出EGR率。

附图说明

- [0020] 图1是本发明的实施方式1所涉及的内燃机及控制装置的简要结构图。
[0021] 图2是本发明的实施方式1所涉及的控制装置的框图。
[0022] 图3是本发明的实施方式1所涉及的控制装置的硬件结构图。
[0023] 图4是表示本发明的实施方式1所涉及的进气歧管内的气体的分压状态的图。
[0024] 图5是表示本发明的实施方式1所涉及的控制装置的处理的流程图。

具体实施方式

[0025] 1.实施方式1

[0026] 参照附图,对本发明的实施方式1所涉及的内燃机1的控制装置50(以下简称为控制装置50)进行说明。图1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2是本实施方式所涉及的控制装置50的框图。内燃机1和控制装置50搭载在车辆上,内燃机1成为车辆(车轮)的驱动力源。

[0027] 1.1内燃机1的结构

[0028] 首先,对内燃机1的结构进行说明。内燃机1具有供空气和燃料的混合气体燃烧的气缸25。内燃机1具备将空气提供给气缸25的进气通路23、以及将气缸25内进行了燃烧后的废气排出的排气通路17。内燃机1还具备使进气通路23开闭的节流阀6。节流阀6采用在受控制装置50控制的电动马达的作用下进行开闭驱动的电子控制式节流阀。节流阀6上设有输出与节流阀6的开度相应的电信号的节流阀开度传感器7。

[0029] 在进气通路23的最上游部,设有对吸入到进气通路23中的空气进行净化的空气净化器24。在位于节流阀6上游侧的进气通路23中,设有输出与从大气吸入到进气通路23的空气即吸入空气的流量相应的电信号的空气流量传感器3、输出与吸入空气的温度即吸入空气温度 T_a 相应的电信号的吸入空气温度传感器4、以及输出与吸入空气的湿度即吸入空气湿度 H_{ra} 相应的电信号的吸入空气湿度传感器5。位于节流阀6上游侧的进气通路23内的压力可以视作为与大气压相等。进气通路23的外部(例如控制装置50的内部)设有输出与吸入空气(本实施例中为大气)的压力即吸入空气压力 P_a 相应的电信号的吸入空气压力传感器2。

[0030] 吸入空气温度传感器4和吸入空气湿度传感器5可以与空气流量传感器3形成为一体,也可以单独形成。或者,吸入空气温度传感器4和吸入空气湿度传感器5也可以与吸入空气压力传感器2同样地设置于进气通路23的外部,吸入空气压力传感器2也可以与吸入空气温度传感器4及吸入空气湿度传感器5设置于同一部位。无论是哪一种情况,吸入空气压力传感器2、吸入空气温度传感器4及吸入空气湿度传感器5都设置在吸入空气所存在的位置、即吸入空气的压力实质上相同的位置。

[0031] 位于节流阀6下游侧的进气通路23的部分设为进气歧管12。进气歧管12的上游侧的部分设为用于抑制进气波动的气室11。内燃机1具备使废气从排气通路17回流到进气歧管12(本实施例中为气室11)的EGR流路21、以及使EGR流路21开闭的EGR阀22。EGR阀22采用在受控制装置50控制的电动马达等电动致动器的作用下进行开闭驱动的电子控制式EGR

阀。回流到气室11的废气(以下称为回流废气)与被吸入到气室11的吸入空气在气室11内混合均匀。EGR是Exhaust Gas Recirculation(废气再循环)的首字母缩写。

[0032] 进气歧管12上设有输出与进气歧管12内的气体压力即歧管压力 P_b 相应的电信号的歧管压力传感器8、输出与进气歧管12内的气体温度即歧管温度 T_b 相应的电信号的歧管温度传感器9、输出与进气歧管12内的气体湿度即歧管湿度 H_{rb} 相应的电信号的歧管湿度传感器10。歧管温度传感器9和歧管湿度传感器10可以与歧管压力传感器8形成为一体,也可以单独形成。歧管温度传感器9和歧管湿度传感器10设置于将进气歧管12与EGR流路21连接的连接部的下游侧,构成为能够检测出吸入空气和回流废气充分混合后得到的气体的温度和湿度。

[0033] 在进气歧管12的下游侧的部分,设有喷射燃料的喷射器13。喷射器13也可以设置为向气缸25内直接喷射燃料。

[0034] 在气缸25的顶部设有向空气和燃料的混合气体点火的火花塞、以及将点火能量提供给火花塞的点火线圈16。气缸25的顶部还设有调节从进气通路23吸入到气缸25内的吸入空气量的进气阀14、以及调节从气缸内排出到排气通路17的废气量的排气阀15。进气阀14上设有使其气门开闭正时可变的进气可变气门正时机构。排气阀15上设有使其气门开闭正时可变的排气可变气门正时机构。可变气门正时机构14、15具有电动致动器。在内燃机1的曲柄轴上设有输出与其旋转角相应的电信号的曲柄角传感器20。

[0035] 排气通路17上设有输出与废气中空气和燃料之比即空燃比AF(Air/Fuel)相应的电信号的空燃比传感器18。排气通路17中还设有对废气进行净化的催化剂19。催化剂19使用在理论空燃比AF0附近净化性能会变高的三元催化剂。

[0036] 1.2控制装置50的结构

[0037] 接下来,对控制装置50进行说明。

[0038] 控制装置50是以内燃机1为控制对象的控制装置。如图2所示,控制装置50具备运转状态检测部51、歧管内水蒸气率计算部52、吸入空气中水蒸气率计算部53、EGR率计算部54、以及EGR率利用控制部55等控制部。控制装置50的各控制部51~55等由控制装置50所具备的处理电路来实现。具体而言,控制装置50如图3所示,其处理电路包括CPU(Central Processing Unit:中央处理器)等运算处理装置90(计算机)、与运算处理装置90交换数据的存储装置91、向运算处理装置90输入外部的信号的输入电路92、从运算处理装置90向外部输出信号的输出电路93、以及运算处理装置90与外部装置进行数据通信的通信电路94等。

[0039] 存储装置91具备构成为能够从运算处理装置90读出数据并能写入的RAM(Random Access Memory:随机存取存储器)、构成为能够从运算处理装置90读出数据的ROM(Read Only Memory:只读存储器)等。输入电路92与各种传感器和开关连接,并具备将这些传感器和开关的输出信号输入到运算处理装置90的A/D转换器等。输出电路93与电负载连接,并具备向这些电负载输出来自运算处理装置90的控制信号的驱动电路等。通信电路94经由通信线路与空调控制装置60等其它车载用的电子设备等连接,基于CAN(Controller Area Network:控制器区域网络)等通信协议进行有线通信。

[0040] 由此,控制装置50所具备的各控制部51~55等的各种功能通过以下方式来实现:运算处理装置90执行存储在ROM等存储装置91中的软件(程序),与存储装置91、输入电路

92、输出电路93及通信电路94等的控制装置50的其它硬件相互协作。各控制部51~55等所使用的表格、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。

[0041] 本实施方式中,输入电路92与吸入空气压力传感器2、空气流量传感器3、吸入空气温度传感器4、吸入空气湿度传感器5、节流阀开度传感器7、歧管压力传感器8、歧管温度传感器9、歧管湿度传感器10、空燃比传感器18、曲柄角传感器20及油门位置传感器26等连接。输出电路93与节流阀6(电动马达)、EGR阀22(电动致动器)、喷射器13、点火线圈16、进气可变气门正时机构14和排气可变气门正时机构15等连接。控制装置50还与未图示的各种传感器、开关及致动器等连接。

[0042] 控制器50的基本控制是基于所输入的各种传感器的输出信号等,计算出燃料喷射量、点火时期等,对喷射器13和点火线圈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,计算出驾驶员所请求的内燃机1的输出转矩,控制节流阀6等以达到能实现该请求输出转矩的吸入空气量。具体而言,控制装置50计算出目标节流阀开度,并对节流阀6的电动马达进行驱动控制,以使基于节流阀开度传感器7的输出信号检测出的节流阀开度接近目标节流阀开度。

[0043] 1-2-1.EGR率利用控制部55

[0044] EGR率利用控制部55构成为基于EGR率计算部54计算出的EGR率 $Regr$,改变点火时期和EGR阀22的开度中的一方或双方。例如,EGR率利用控制部55基于内燃机1的转速、填充效率和EGR率 $Regr$,计算出点火时期。EGR率利用控制部55还基于内燃机1的转速和填充效率等运转状态,计算出目标EGR率,并增大或减小EGR阀22的开度,以使EGR率 $Regr$ 接近目标EGR率。点火时期的设定精度、EGR率的控制精度会给内燃机1的燃烧状态、输出转矩、热效率和 NO_x 产生量等的控制精度产生很大的影响,因此EGR率 $Regr$ 的推算精度对于控制内燃机1来说十分重要。

[0045] 1-2-2.EGR率 $Regr$ 的计算方法的理论推导

[0046] 首先,对EGR率 $Regr$ 的计算方法的理论推导进行说明。

[0047] EGR率 $Regr$ 是回流到进气歧管12内的废气(回流废气)与进气歧管12内的气体之比。EGR率 $Regr$ 可以用式(1),基于 CO_2 浓度来计算出。

[0048] [数学式1]

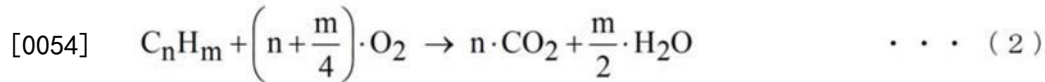
$$[0049] \quad Regr = \frac{CO_2_in - CO_2_a}{CO_2_ex - CO_2_a} \quad \dots (1)$$

[0050] 这里, CO_2_in 是进气歧管12内的气体的 CO_2 浓度[vol%], CO_2_ex 是排气通路17内的废气的 CO_2 浓度[vol%], CO_2_a 是吸入空气中的 CO_2 浓度[vol%]。吸入空气(大气)中的 CO_2 浓度通常为0.038[vol%]左右。

[0051] 下面,关注燃烧化学反应式中各分子的摩尔数及各气体的分压,推导出它们与 CO_2 浓度及EGR率 $Regr$ 之间的关系式。

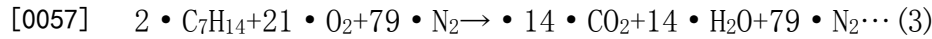
[0052] 在内燃机1的燃料为例如汽油的情况下,碳氢化合物的燃烧化学反应式可以式(2)来表达。

[0053] [数学式2]



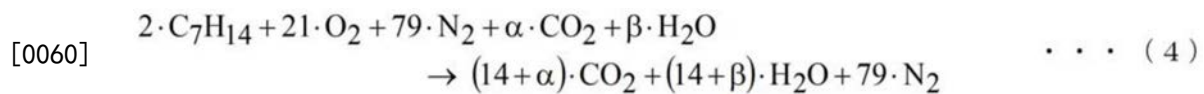
[0055] 汽油的平均分子式假设为 C_7H_{14} ,空气的组成假设为“氧(O_2):氮(N_2)=21:79”,汽油与空气在理论空燃比AF0下完全燃烧时的燃烧化学反应式可用式(3)来表示。这里,燃烧生成的二氧化碳(CO_2)的摩尔数和水蒸气(H_2O)的摩尔数同为14。

[0056] [数学式3]



[0058] 但是,实际的吸入空气中还包含有二氧化碳(CO_2)和水蒸气(H_2O),假设它们的摩尔数分别为 α 和 β ,则燃烧化学反应式可用式(4)来表示。式(4)是没有考虑回流废气的纯粹的燃烧化学反应式。

[0059] [数学式4]



[0061] 在以下的摩尔数解析中,式(4)左边的汽油的摩尔数相对于整体的摩尔数较少,因此将其近似为零。因此,式(4)左边的燃烧前的气体等于吸入空气。式(4)左边的吸入空气的总摩尔数为 $(100 + \alpha + \beta)$,右边的废气的总摩尔数为 $(107 + \alpha + \beta)$,左边和右边严格来说具有不同的摩尔数,但这里假设左边和右边的总摩尔数同为 $(M + \alpha + \beta)$ 。

[0062] 图4中示出了废气回流到进气歧管12时进气歧管12内的气体的分压状态。进气歧管12内的气体是从大气吸入的吸入空气与通过EGR流路21回流的回流废气的混合气体,将歧管压力中吸入空气的分压设为 P_{new} ,将回流废气的分压设为 P_{egr} 。

[0063] 吸入空气如式(4)的左边所示,由氮(N_2)、氧(O_2)、二氧化碳(CO_2)、水蒸气(H_2O)构成。严格来说还包含有其它物质,但由于其含量非常少,因此可以忽视。这里,将吸入空气中包含的水蒸气的分压记为 P_{vn} 。

[0064] 回流废气如式(4)的右边所示,由氮(N_2)、二氧化碳(CO_2)、水蒸气(H_2O)构成。严格来说还包含有其它物质,但由于其含量非常少,因此可以忽视。这里,二氧化碳(CO_2)和水蒸气(H_2O)中,有的通过燃烧生成,有的是包含在吸入空气中的。因此,将通过燃烧生成的水蒸气的分压记为 P_{ve} ,将吸入空气中包含的水蒸气的分压记为 P_{vr} 。

[0065] 若用图4所示的吸入空气的分压 P_{new} 与歧管压力 P_b 之比和回流废气的分压 P_{egr} 与歧管压力 P_b 之比、以及式(4)左边的吸入空气中或右边的废气中 CO_2 的摩尔分率来表示用于计算EGR率 $Regr$ 的式(1)中的各 CO_2 浓度,则如式(5)所示。具体而言,进气歧管12内的气体中的 CO_2 浓度 CO_{2_in} 如图4所示,是进气歧管12内的吸入空气中的 CO_2 浓度与回流废气中包含的燃烧生成 CO_2 浓度和吸入空气含有 CO_2 浓度的合计。进气歧管12内的吸入空气中的 CO_2 浓度变为将吸入空气的分压 P_{new} 与歧管压力 P_b 之比(P_{new}/P_b)乘以式(4)左边的吸入空气中的 CO_2 的摩尔分率($\alpha/(M + \alpha + \beta)$)后得到的值。回流废气中包含的燃烧生成 CO_2 浓度及吸入空气含有 CO_2 浓度变为将回流废气的分压 P_{egr} 与歧管压力 P_b 之比(P_{egr}/P_b)乘以式(4)右边的废气中的 CO_2 的摩尔分率($(14 + \alpha)/(M + \alpha + \beta)$)后得到的值。废气中的 CO_2 浓度 CO_{2_ex} 为式(4)右边的废气中的 CO_2 的摩尔分率($(14 + \alpha)/(M + \alpha + \beta)$)。吸入空气中的 CO_2 浓度 CO_{2_a} 为式(4)左边的吸入空气中的 CO_2 的摩尔分率($\alpha/(M + \alpha + \beta)$)。

[0066] [数学式5]

$$\text{CO}_2\text{-in} = \frac{P_{\text{-new}}}{P_b} \cdot \frac{\alpha}{M+\alpha+\beta} + \frac{P_{\text{-egr}}}{P_b} \cdot \frac{14+\alpha}{M+\alpha+\beta}$$

$$\text{CO}_2\text{-ex} = \frac{14+\alpha}{M+\alpha+\beta} \quad \dots (5)$$

$$\text{CO}_2\text{-a} = \frac{\alpha}{M+\alpha+\beta}$$

[0068] 然后,将式(5)的各CO₂浓度代入式(1)并整理,EGR率Regr如式(6)所示地变成回流废气的分压P_{egr}与歧管压力P_b之比(P_{egr}/P_b)。

[0069] [数学式6]

$$\begin{aligned} \text{Regr} &= \frac{\text{CO}_2\text{-in} - \text{CO}_2\text{-a}}{\text{CO}_2\text{-ex} - \text{CO}_2\text{-a}} = \frac{\left(\frac{P_{\text{-new}}}{P_b} \cdot \frac{\alpha}{M+\alpha+\beta} + \frac{P_{\text{-egr}}}{P_b} \cdot \frac{14+\alpha}{M+\alpha+\beta} \right) - \left(\frac{\alpha}{M+\alpha+\beta} \right)}{\left(\frac{14+\alpha}{M+\alpha+\beta} \right) - \left(\frac{\alpha}{M+\alpha+\beta} \right)} \\ &= \frac{P_{\text{-egr}}}{P_b} \quad \dots (6) \end{aligned}$$

[0071] 接着,关注各气体的水蒸气的摩尔分率,推导出关系式。

[0072] 吸入空气中的水蒸气的摩尔分率x_{va}可使用式(4)左边的吸入空气中的水蒸气的摩尔分率(β/(M+α+β)),如式(7)来表示。

[0073] [数学式7]

$$\chi_{va} = \frac{\beta}{M+\alpha+\beta} \quad \dots (7)$$

[0075] 进气歧管12内的气体中的水蒸气的摩尔分率x_{vb}如图4和式(8)所示,是进气歧管12内的吸入空气中包含的水蒸气的摩尔分率(式(8)右边第一项)与回流废气中包含的燃烧生成水蒸气和吸入空气含有水蒸气的摩尔分率(式(8)右边第二项)的合计。进气歧管12内的吸入空气中的水蒸气的摩尔分率如式(8)右边的第一项所示,变为将吸入空气的分压P_{new}与歧管压力P_b之比(P_{new}/P_b)乘以式(4)左边的吸入空气中的水蒸气的摩尔分率(β/(M+α+β))后得到的值。回流废气中包含的燃烧生成水蒸气和吸入空气含有水蒸气的摩尔分率如式(8)右边的第二项所示,变为将回流废气的分压P_{egr}与歧管压力P_b之比(P_{egr}/P_b)乘以式(4)右边的废气中的水蒸气的摩尔分率((14+β)/(M+α+β))后得到的值。因此,进气歧管12内的水蒸气的摩尔分率x_{vb}可以用这些水蒸气的摩尔分率,按照式(8)来表示。

[0076] [数学式8]

$$\begin{aligned} \chi_{vb} &= \frac{P_{\text{-new}}}{P_b} \cdot \frac{\beta}{M+\alpha+\beta} + \frac{P_{\text{-egr}}}{P_b} \cdot \frac{14+\beta}{M+\alpha+\beta} \\ &= \frac{\beta}{M+\alpha+\beta} + \frac{P_{\text{-egr}}}{P_b} \cdot \frac{14}{M+\alpha+\beta} \quad \dots (8) \end{aligned}$$

[0078] 式(8)右边整理后的第一项(β/(M+α+β))与式(7)的吸入空气中的水蒸气摩尔分率x_{va}相等,因此将式(7)代入式(8)整理后,可以得到式(9)。如式(9)所示,从进气歧管12内的水蒸气摩尔分率x_{vb}减去吸入空气中的水蒸气摩尔分率x_{va}后得到的相减后摩尔分率(x_{vb}-

xva) 变为将回流废气的分压P_egr与歧管压力Pb之比 (P_egr/Pb) 乘以根据式 (4) 右边求出的废气中通过燃烧生成的水蒸气的摩尔分率即废气中燃烧生成水蒸气摩尔分率xvex (= 14/(M+α+β)) 后得到的值。相减后摩尔分率 (xvb-xva) 等于回流废气中包含的通过燃烧生成的水蒸气的摩尔分率xvegr (称为进气歧管12内的燃烧生成水蒸气摩尔分率xvegr)。因此, 式 (9) 示出了进气歧管12内的燃烧生成水蒸气摩尔分率xvegr等于将回流废气的分压P_egr与歧管压力Pb之比 (P_egr/Pb) 乘以废气中燃烧生成水蒸气摩尔分率xvex后得到的相乘值。

[0079] [数学式9]

$$\chi_{vb} - \chi_{va} = \frac{P_{egr}}{P_b} \cdot \chi_{vex}$$

[0080]
$$\chi_{vex} = \frac{14}{M + \alpha + \beta} \quad \dots (9)$$

$$\chi_{vegr} = \chi_{vb} - \chi_{va}$$

[0081] 根据式 (5) 的推导结果, 式 (9) 中的 (P_egr/Pb) 等于EGR率Regr, 因此将式 (5) 代入式 (9) 并整理后, 可得到式 (10)。从而, EGR率Regr是从进气歧管12内的水蒸气摩尔分率xvb减去吸入空气中的水蒸气摩尔分率xva, 再将由此计算得到的进气歧管12内的燃烧生成水蒸气摩尔分率xvegr除以废气中燃烧生成水蒸气摩尔分率xvex而得到的值。即, 通过进气歧管12内的燃烧生成水蒸气摩尔分率xvegr除以废气中燃烧生成水蒸气摩尔分率xvex, 可以求出进气歧管12内的气体中的所有回流废气的摩尔分率, 并示出了该回流废气的摩尔分率等于回流废气的分压P_egr与歧管压力Pb之比 (P_egr/Pb), 进而等于EGR率Regr。

[0082] [数学式10]

$$Regr = (\chi_{vb} - \chi_{va}) \cdot \frac{1}{\chi_{vex}}$$

[0083]
$$\chi_{vex} = \frac{14}{M + \alpha + \beta} \quad \dots (10)$$

$$\chi_{vegr} = \chi_{vb} - \chi_{va}$$

[0084] 吸入空气中的水蒸气的摩尔数β通过整理式 (7) 中的β, 可用式 (11) 来表示。

[0085] [数学式11]

[0086]
$$\beta = \frac{\chi_{va}}{1 - \chi_{va}} \cdot (M + \alpha) \quad \dots (11)$$

[0087] 若将式 (11) 代入式 (10) 中并整理, 则得到式 (12)。这里, M=107, 吸入空气中的CO₂的摩尔数α使用标称值0.038。

[0088] [数学式12]

$$Regr = (\chi_{vb} - \chi_{va}) \cdot \frac{1}{\chi_{vex}}$$

[0089]
$$\chi_{vex} = \frac{14}{M + \alpha + \frac{\chi_{va}}{1 - \chi_{va}} \cdot (M + \alpha)} \cdot (1 - \chi_{va}) = \frac{14}{M + \alpha} \cdot (1 - \chi_{va}) = \frac{14}{107 + 0.038} \cdot (1 - \chi_{va})$$

... (12)

[0090] 因此, 根据式 (12) 的推导结果可知, 基于进气歧管12内的水蒸气摩尔分率xvb和吸入空气中的水蒸气摩尔分率xva, 能够计算出EGR率Regr。

[0091] 如式(13)所示,进气歧管12内的水蒸气摩尔分率 x_{vb} 理论上等于进气歧管12内的气体中包含的水蒸气的分压即歧管内水蒸气分压 P_{vb} 与歧管压力 P_b 之比(P_{vb}/P_b)。另外,吸入空气中的水蒸气摩尔分率 x_{va} 理论上等于吸入空气中包含的水蒸气的分压即吸入空气中水蒸气分压 P_{va} 与吸入空气压力 P_a 之比(P_{va}/P_a)。

[0092] [数学式13]

$$\begin{aligned} \chi_{vb} &= \frac{P_{vb}}{P_b} \\ \chi_{va} &= \frac{P_{va}}{P_a} \end{aligned} \quad \dots (13)$$

[0094] 因此,如通过将式(13)代入式(12)得到的式(14)所示,通过检测歧管内水蒸气分压 P_{vb} 与歧管压力 P_b 之比即歧管内水蒸气分压率(P_{vb}/P_b)和吸入空气中水蒸气分压 P_{va} 与吸入空气压力 P_a 之比即吸入空气中水蒸气分压率(P_{va}/P_a),能够计算出EGR率 $Regr$ 。

[0095] [数学式14]

$$Regr = \left(\frac{P_{vb}}{P_b} - \frac{P_{va}}{P_a} \right) \cdot \frac{M + \alpha}{14} \cdot \frac{1}{1 - \frac{P_{va}}{P_a}} \quad \dots (14)$$

[0097] 1-2-3. 计算EGR率 $Regr$ 的控制装置50的结构

[0098] 因此,本实施方式所涉及的控制装置50如图2所示,具备运转状态检测部51、歧管内水蒸气率计算部52、吸入空气中水蒸气率计算部53、以及EGR率计算部54。运转状态检测部51检测进气歧管12内的气体压力即歧管压力 P_b 、进气歧管12内的气体温度即歧管温度 T_b 、进气歧管12内的气体湿度即歧管湿度 H_{rb} 、吸入到进气通路23内的吸入空气的压力即吸入空气压力 P_a 、吸入空气的温度即吸入空气温度 T_a 、以及吸入空气的湿度即吸入空气湿度 H_{ra} 。

[0099] 歧管内水蒸气率计算部52基于歧管湿度 H_{rb} 和歧管温度 T_b ,计算出进气歧管12内的气体中包含的水蒸气的分压即歧管内水蒸气分压 P_{vb} ,并计算出歧管内水蒸气分压 P_{vb} 与歧管压力 P_b 之比即歧管内水蒸气分压率(P_{vb}/P_b)。吸入空气中水蒸气率计算部53基于吸入空气湿度 H_{ra} 和吸入空气温度 T_a ,计算出吸入空气中包含的水蒸气的分压即吸入空气中水蒸气分压 P_{va} ,并计算出吸入空气中水蒸气分压 P_{va} 与吸入空气压力 P_a 之比即吸入空气中水蒸气分压率(P_{va}/P_a)。

[0100] 然后,EGR率计算部54基于歧管内水蒸气分压率(P_{vb}/P_b)和吸入空气中水蒸气分压率(P_{va}/P_a),计算出回流到进气歧管12内的废气即回流废气与进气歧管12内的气体之比即EGR率 $Regr$ 。

[0101] 根据这一结构,能够基于进气歧管12的气体和吸入空气的压力、温度、湿度的检测值,计算出歧管内水蒸气分压率(P_{vb}/P_b)和吸入空气中水蒸气分压率(P_{va}/P_a),并且基于这两个水蒸气分压率,能够高精度地计算出EGR率 $Regr$ 。以下,对其进行详细说明。

[0102] <运转状态检测部51>

[0103] 运转状态检测部51检测内燃机1和车辆的运转状态。运转状态检测部51基于各种传感器的输出信号等检测各种运转状态。运转状态检测部51如上所述地检测歧管压力 P_b 、歧管温度 T_b 、歧管湿度 H_{rb} 。本实施方式中,运转状态检测部51基于歧管压力传感器8的输出

信号检测歧管压力Pb。运转状态检测部51基于歧管温度传感器9的输出信号检测歧管温度Tb。运转状态检测部51基于歧管湿度传感器10的输出信号检测歧管湿度Hrb。

[0104] 运转状态检测部51还如上所述地检测吸入空气压力Pa、吸入空气温度Ta、吸入空气湿度Hra。本实施方式中,运转状态检测部51基于吸入空气压力传感器2的输出信号检测吸入空气压力Pa。运转状态检测部51基于吸入空气温度传感器4的输出信号检测吸入空气温度Ta。运转状态检测部51基于吸入空气湿度传感器5的输出信号检测吸入空气湿度Hra。

[0105] 本实施方式中,吸入空气湿度传感器5和歧管湿度传感器10使用检测相对湿度的类型,例如有根据感湿材料的电阻值来进行检测的电阻式传感器、根据传感器元件的静电电容来进行检测的静电电容式传感器等。因此,运转状态检测部51检测出相对湿度作为歧管湿度Hrb和吸入空气湿度Hra。

[0106] 另外,运转状态检测部51基于空气流量传感器3的输出信号检测吸入空气流量,基于节流阀开度传感器7的输出信号检测节流阀开度,基于空燃比传感器18的输出信号检测废气的空燃比AF,基于曲柄角传感器20的输出信号检测内燃机1的转速,基于油门位置传感器26的输出信号检测油门开度。

[0107] <歧管内水蒸气率计算部52>

[0108] 歧管内水蒸气率计算部52如上所述,基于歧管湿度Hrb和歧管温度Tb,计算出进气歧管12内的气体中包含的水蒸气的分压即歧管内水蒸气分压Pvb,并计算出歧管内水蒸气分压Pvb与歧管压力Pb之比即歧管内水蒸气分压率(Pvb/Pb)。

[0109] 歧管内水蒸气分压率(Pvb/Pb)如上所述地在理论上等于水蒸气的摩尔数与进气歧管12内的气体的总摩尔数之比即水蒸气摩尔分率xvb。从而,歧管内水蒸气分压率(Pvb/Pb)也可以称为水蒸气摩尔分率xvb。

[0110] 本实施方式中,歧管内水蒸气率计算部52基于歧管温度Tb计算出进气歧管12内的饱和水蒸气压力Psb,将该饱和水蒸气压力Psb与采用相对湿度的歧管湿度Hrb相乘,从而计算出歧管内水蒸气分压Pvb。

[0111] 具体而言,歧管内水蒸气率计算部52使用式(15)所示的泰登(Tetens)公式,计算出进气歧管12内的饱和水蒸气压力Psb。

[0112] [数学式15]

$$[0113] \quad P_{sb} = 6.1078 \times 10^{\left(\frac{7.5 \times T_b}{T_b + 237.3} \right)} \quad \dots (15)$$

[0114] 歧管内水蒸气率计算部52也可以使用根据式(15)预先设定了温度和饱和水蒸气压力之间的关系的表格,计算出与歧管温度Tb对应的饱和水蒸气压力Psb。

[0115] 然后,歧管内水蒸气率计算部52如式(16)所示地将饱和水蒸气压力Psb与歧管湿度Hrb[%RH]相乘,计算出歧管内水蒸气分压Pvb,并将歧管内水蒸气分压Pvb除以歧管压力Pb,由此计算出歧管内水蒸气分压率(Pvb/Pb)。

[0116] [数学式16]

$$[0117] \quad P_{vb} = P_{sb} \cdot \frac{Hrb}{100} \quad \dots (16)$$

[0118] <吸入空气中水蒸气率计算部53>

[0119] 吸入空气中水蒸气率计算部53如上所述地基于吸入空气湿度Hra和吸入空气温度

Ta,计算出吸入空气中包含的水蒸气的分压即吸入空气中水蒸气分压Pva,并计算出吸入空气中水蒸气分压Pva与吸入空气压力Pa之比即吸入空气中水蒸气分压率 (Pva/Pa)。

[0120] 吸入空气中水蒸气分压率 (Pva/Pa) 如上所述地在理论上等于水蒸气的摩尔数与吸入空气的总摩尔数之比即水蒸气摩尔分率xva。从而,吸入空气中水蒸气分压率 (Pva/Pa) 也可以称为吸入空气中的水蒸气摩尔分率xva。

[0121] 本实施方式中,吸入空气中水蒸气率计算部53基于吸入空气温度Ta计算出吸入空气的饱和水蒸气压力Psa,将该饱和水蒸气压力Psa与采用相对湿度的吸入空气湿度Hra相乘,从而计算出吸入空气中水蒸气分压Pva。

[0122] 具体而言,吸入空气中水蒸气率计算部53使用式(17)所示的泰登(Tetens)公式,计算出吸入空气的饱和水蒸气压力Psa。

[0123] [数学式17]

$$[0124] \quad Psa = 6.1078 \times 10^{\left(\frac{7.5 \times Ta}{Ta + 237.3} \right)} \quad \dots (17)$$

[0125] 吸入空气中水蒸气率计算部53也可以使用预先设定了温度和饱和水蒸气压力之间的关系表格,计算出与吸入空气温度Ta对应的饱和水蒸气压力Psa。

[0126] 然后,吸入空气中水蒸气率计算部53如式(18)所示地将饱和水蒸气压力Psa与吸入空气湿度Hra[%RH]相乘,计算出吸入空气中水蒸气分压Pva,并将吸入空气中水蒸气分压Pva除以吸入空气压力Pa,由此计算出吸入空气中水蒸气分压率 (Pva/Pa)。

[0127] [数学式18]

$$[0128] \quad Pva = Psa \cdot \frac{Hra}{100} \quad \dots (18)$$

[0129] <EGR率计算部54>

[0130] EGR率计算部54如上所述地基于歧管内水蒸气分压率 (Pvb/Pb) 和吸入空气中水蒸气分压率 (Pva/Pa),计算出回流到进气歧管12内的废气即回流废气与进气歧管12内的气体之比即EGR率Regr。

[0131] EGR率计算部54使用基于上述式(14)的式(19),计算EGR率Regr。即,EGR率计算部54从歧管内水蒸气分压率 (Pvb/Pb) 减去吸入空气中水蒸气分压率 (Pva/Pa),计算出相减后分压率,并将相减后分压率与预先设定的换算常数Kr相乘,该相乘值除以从1减去吸入空气中水蒸气分压率 (Pva/Pa) 得到的相减值,由此计算得到的值即为EGR率Regr。

[0132] [数学式19]

$$[0133] \quad Regr = \left(\frac{Pvb}{Pb} - \frac{Pva}{Pa} \right) \cdot Kr \cdot \frac{1}{1 - \frac{Pva}{Pa}} \quad \dots (19)$$

$$Kr = \frac{M + \alpha}{14} = \frac{107 + 0.038}{14}$$

[0134] 换算常数Kr如式(19)所示,基于燃料和潮湿空气燃烧时的化学反应式中的各分子的摩尔数而预先设定。具体而言,换算常数Kr被预先设定为如下的固定值:从式(4)的燃烧化学反应式右边(燃烧后气体)的废气的总摩尔数 (M+α+β) 减去吸入空气中的水蒸气的摩尔数β,将由此得到的值(本实施例中为107+0.038)除以燃烧生成水蒸气的摩尔数(本实施例

中为14),从而得到上述固定值。换算常数 K_r 除了使用式(19)所示的值以外,也可以是基于实验值等调整后的值。吸入空气中的二氧化碳的摩尔数 α 与 M 相比非常小,因此也可以使其为零。

[0135] 式(19)的计算基于物理量来呈现。对式(19)进行变形,得到式(20)。如式(20)所示,EGR率计算部54从歧管内水蒸气分压率(P_{vb}/P_b)减去吸入空气中水蒸气分压率(P_{va}/P_a),并计算出回流废气中包含的因燃烧而生成的水蒸气的分压 P_{vegr} (称为进气歧管内燃烧生成水蒸气分压 P_{vegr})与歧管压力 P_b 之比即歧管内燃烧生成水蒸气分压率(P_{vegr}/P_b)。然后,EGR率计算部54基于燃料与潮湿空气燃烧时的化学反应式中的各分子的摩尔数、以及吸入空气中水蒸气分压率(P_{va}/P_a),计算出废气中因燃烧生成的水蒸气的摩尔分率即废气中燃烧生成水蒸气摩尔分率 x_{vex} 。接着,EGR率计算部54将歧管内燃烧生成水蒸气分压率(P_{vegr}/P_b)除以废气中燃烧生成水蒸气摩尔分率 x_{vex} ,计算出由此得到的值作为EGR率 $Regr$ 。

[0136] [数学式20]

$$Regr = \frac{P_{vegr}}{P_b} \cdot \frac{1}{\chi_{vex}}$$

$$\frac{P_{vegr}}{P_b} = \frac{P_{vb}}{P_b} - \frac{P_{va}}{P_a} \quad \dots (20)$$

$$\chi_{vex} = Kr2 \cdot \left(1 - \frac{P_{va}}{P_a}\right)$$

$$Kr2 = \frac{14}{M + \alpha} = \frac{14}{107 + 0.038}$$

[0138] 详细而言,EGR率计算部54将预先设定的摩尔换算常数 $Kr2$ 乘以从1减去吸入空气中水蒸气分压率(P_{va}/P_a)后得到的相减值,计算出由此得到的相乘值作为废气中燃烧生成水蒸气摩尔分率 x_{vex} 。摩尔换算常数 $Kr2$ 与上述换算常数 Kr 一样,基于燃料和潮湿空气燃烧时的化学反应式中的各分子的摩尔数或实验值等而预先设定。 x_{vex} 的计算式通过将基于式(4)的燃烧化学反应式导出的式(11)代入基于式(4)的燃烧化学反应式导出的式(10)而导出。

[0139] 这样,通过将歧管内燃烧生成水蒸气分压率(P_{vegr}/P_b)除以废气中燃烧生成水蒸气摩尔分率 x_{vex} ,求出回流废气的分压 P_{egr} 与歧管压力 P_b 之比(P_{egr}/P_b),进而求出EGR率 $Regr$ 。

[0140] 1-2-4.流程图

[0141] 基于图5所示的流程图,对本实施方式所涉及的控制装置50的处理步骤(内燃机1的控制方法)进行说明。图5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),例如每隔一定运算周期反复执行。

[0142] 步骤S01中,运转状态检测部51如上所述地执行对内燃机1的运转状态进行检测的运转状态检测处理(运转状态检测步骤)。运转状态检测部51检测歧管压力 P_b 、歧管温度 T_b 、歧管湿度 H_{rb} 、吸入空气压力 P_a 、吸入空气温度 T_a 、吸入空气湿度 H_{ra} 等。

[0143] 接着,在步骤S02中,歧管内水蒸气率计算部52执行歧管内水蒸气率计算处理(歧管内水蒸气率计算步骤):即,如上所述,基于歧管湿度 H_{rb} 和歧管温度 T_b ,计算出歧管内水蒸气分压 P_{vb} ,并计算出歧管内水蒸气分压 P_{vb} 与歧管压力 P_b 之比即歧管内水蒸气分压率

(Pvb/Pb)。

[0144] 步骤S03中,吸入空气中水蒸气率计算部53执行吸入空气中水蒸气率计算处理(吸入空气中水蒸气率计算步骤):即,如上所述,基于吸入空气湿度Hra和吸入空气温度Ta,计算出吸入空气中水蒸气分压Pva,并计算出吸入空气中水蒸气分压Pva与吸入空气压力Pa之比即吸入空气中水蒸气分压率(Pva/Pa)。

[0145] 步骤S04中,EGR率计算部54执行EGR率计算处理(EGR率计算步骤):即,如上所述,基于歧管内水蒸气分压率(Pvb/Pb)和吸入空气中水蒸气分压率(Pva/Pa),计算EGR率Regr。

[0146] 然后,在步骤S05中,EGR率利用控制部55执行EGR率利用控制处理(EGR率利用控制步骤):即,如上所述,基于EGR率Regr,改变点火时期和EGR阀22的开度中的一方或双方。

[0147] 2.实施方式2

[0148] 接着,对实施方式2所涉及的控制装置50进行说明。对于与上述实施方式1相同的构成部分,省略说明。本实施方式所涉及的内燃机1和控制装置50的基本结构和处理与实施方式1相同,但不同点在于根据内燃机1的空燃比AF来改变EGR率Regr。

[0149] 2-1.过浓(rich)或过稀(lean)情况下的EGR率Regr计算方法的扩展

[0150] 上述实施方式1所涉及的EGR率Regr计算方法基于的是燃料和潮湿空气的空燃比为理论空燃比AF0时进行完全燃烧的情况下的式(4)的燃烧化学反应式。下面,对于燃料和潮湿空气的空燃比相比于理论空燃比AF0过稀或过浓的情况,进行公式推导的扩展。

[0151] 空气过剩率 λ 如式(21)所示,是空燃比AF除以理论空燃比AF0得到的比率。若 $\lambda=1$,则空燃比AF即为理论空燃比AF0,若 $\lambda<1$,则空燃比AF过浓,若 $\lambda>1$,则空燃比AF过稀。

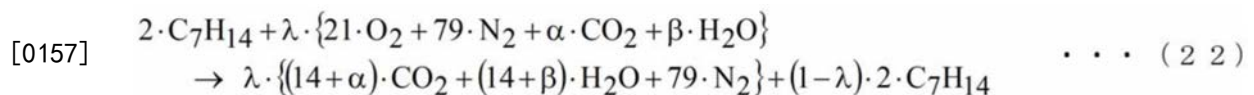
[0152] [数学式21]

$$[0153] \quad \lambda = \frac{AF}{AF0} \quad \dots (21)$$

[0154] <过浓的情况>

[0155] 式(22)中示出了空燃比AF过浓的情况下($\lambda<1$)的燃烧化学反应式。

[0156] [数学式22]



[0158] 这里,如式(22)右边的最后一项所示,过浓燃烧时,假设未燃烧的汽油直接以分子的形态排出。实际上,未燃烧的汽油会在气缸25内的燃烧温度下分解成分子量较小的甲烷(CH₄)或乙烷(C₂H₆)等,但由于汽油的体积浓度较小,分解所造成的影响也较小,因此这里不再考虑汽油的分解。

[0159] 废气中的CO₂浓度CO_{2_ex}如式(23)所示,等于式(22)右边的废气中的CO₂的摩尔数与总摩尔数之比(CO₂的摩尔分率)。未燃烧的汽油的摩尔数((1- λ)·2)相对于总摩尔数很少,因此将其近似为零。同样地也可以求出进气歧管12内的气体的CO₂浓度CO_{2_in}、吸入空气中的CO₂浓度CO_{2_a}。根据式(23),过浓情况下的各CO₂浓度与式(5)的理论空燃比AF0的情况相同。从而,在过浓的情况下,EGR率Regr与式(6)相同地成为回流废气的分压P_{egr}与歧管压力Pb之比(P_{egr}/Pb)。

[0160] [数学式23]

$$\begin{aligned}
 \text{CO}_2\text{-ex} &= \frac{\lambda \cdot (14 + \alpha)}{\lambda \cdot \{M + \alpha + \beta\} + (1 - \lambda) \cdot 2} \cong \frac{\lambda \cdot (14 + \alpha)}{\lambda \cdot \{M + \alpha + \beta\}} = \frac{14 + \alpha}{M + \alpha + \beta} \\
 \text{CO}_2\text{-in} &= \frac{P_{\text{new}}}{P_b} \cdot \frac{\lambda \cdot \alpha}{\lambda \cdot \{M + \alpha + \beta\}} + \frac{P_{\text{egr}}}{P_b} \cdot \frac{\lambda \cdot (14 + \alpha)}{\lambda \cdot \{M + \alpha + \beta\} + (1 - \lambda) \cdot 2} \\
 [0161] \quad &\cong \frac{P_{\text{new}}}{P_b} \cdot \frac{\alpha}{M + \alpha + \beta} + \frac{P_{\text{egr}}}{P_b} \cdot \frac{14 + \alpha}{M + \alpha + \beta} \quad \dots (23) \\
 \text{CO}_2\text{-a} &= \frac{\lambda \cdot \alpha}{\lambda \cdot \{M + \alpha + \beta\}} = \frac{\alpha}{M + \alpha + \beta} \\
 \therefore \text{Regr} &= \frac{P_{\text{egr}}}{P_b}
 \end{aligned}$$

[0162] 另外,在过浓的情况下,吸入空气中的水蒸气的摩尔分率 x_{va} 、进气歧管12内的气体中的水蒸气的摩尔分率 x_{vb} 与式(7)、式(8)的理论空燃比AF0的情况同样地用式(22)左边或右边的水蒸气的摩尔分率等以式(24)来表示。

[0163] [数学式24]

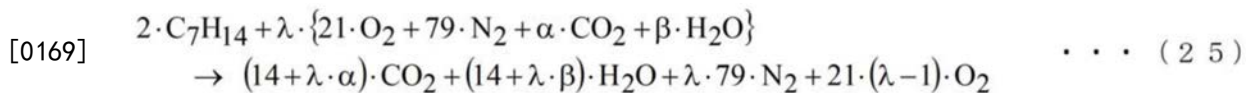
$$\begin{aligned}
 x_{va} &= \frac{\lambda \cdot \beta}{\lambda \cdot \{M + \alpha + \beta\}} = \frac{\beta}{M + \alpha + \beta} \\
 [0164] \quad x_{vb} &= \frac{P_{\text{new}}}{P_b} \cdot \frac{\lambda \cdot \beta}{\lambda \cdot \{M + \alpha + \beta\}} + \frac{P_{\text{egr}}}{P_b} \cdot \frac{\lambda \cdot (14 + \beta)}{\lambda \cdot \{M + \alpha + \beta\} + (1 - \lambda) \cdot 2} \\
 &\cong \frac{P_{\text{new}}}{P_b} \cdot \frac{\beta}{M + \alpha + \beta} + \frac{P_{\text{egr}}}{P_b} \cdot \frac{14 + \beta}{M + \alpha + \beta} = \frac{\beta}{M + \alpha + \beta} + \frac{P_{\text{egr}}}{P_b} \cdot \frac{14}{M + \alpha + \beta} \\
 &\quad \dots (24)
 \end{aligned}$$

[0165] 根据式(24),水蒸气的摩尔分率 x_{va} 、 x_{vb} 与式(7)及式(8)的理论空燃比AF0的情况相同。在过浓的情况下($\lambda < 1$),由于会产生未燃烧的汽油,因此作为分子的燃烧生成水蒸气的摩尔数是理论空燃比AF0的情况下的14的 λ 倍,而由于吸入空气的各分子变为 λ 倍,因此作为分母的废气的总摩尔数也是理论空燃比AF0的情况下的 λ 倍。因此,分子和分母的 λ 被相互抵消,与理论空燃比AF0的情况相同。从而,在过浓的情况下,EGR率Regr可以通过与理论空燃比AF0的情况下的式(14)相同的公式计算得出。

[0166] <过稀的情况>

[0167] 式(25)中示出了空燃比AF过稀的情况下($\lambda > 1$)的燃烧化学反应式。

[0168] [数学式25]



[0170] 废气中的 CO_2 浓度 $\text{CO}_2\text{-ex}$ 如式(26)所示,等于式(25)右边的废气中的 CO_2 的摩尔数与总摩尔数之比(CO_2 的摩尔分率)。摩尔数“7”相对于总摩尔数很少,因此将其近似为零。同样地也可以求出进气歧管12内的气体的 CO_2 浓度 $\text{CO}_2\text{-in}$ 、吸入空气中的 CO_2 浓度 $\text{CO}_2\text{-a}$ 。根据式(26),各 CO_2 浓度不同于式(5)的理论空燃比AF0的情况。

[0171] [数学式26]

$$\begin{aligned}
 \text{CO}_{2_ex} &= \frac{(14+\lambda\cdot\alpha)}{(14+\lambda\cdot\alpha)+(14+\lambda\cdot\beta)+\lambda\cdot 79+21\cdot(\lambda-1)} \\
 &= \frac{14+\lambda\cdot\alpha}{\lambda\cdot(M+\alpha+\beta)+7} \cong \frac{14+\lambda\cdot\alpha}{\lambda\cdot(M+\alpha+\beta)} \\
 [0172] \quad \text{CO}_{2_in} &= \frac{P_new}{Pb} \cdot \frac{\lambda\cdot\alpha}{\lambda\cdot\{M+\alpha+\beta\}} + \frac{P_egr}{Pb} \cdot \frac{14+\lambda\cdot\alpha}{\lambda\cdot(M+\alpha+\beta)+7} \quad \dots (26) \\
 &\cong \frac{P_new}{Pb} \cdot \frac{\alpha}{M+\alpha+\beta} + \frac{P_egr}{Pb} \cdot \frac{14+\lambda\cdot\alpha}{\lambda\cdot(M+\alpha+\beta)} \\
 \text{CO}_{2_a} &= \frac{\lambda\cdot\alpha}{\lambda\cdot\{M+\alpha+\beta\}} = \frac{\alpha}{M+\alpha+\beta}
 \end{aligned}$$

[0173] 若将式(26)的各CO₂浓度代入式(1)中并整理,则得到式(27)。在过稀的情况下,EGR率Regr也与式(6)相同地成为回流废气的分压P_{egr}与歧管压力Pb之比(P_{egr}/Pb)。

[0174] [数学式27]

$$\begin{aligned}
 [0175] \quad \text{Regr} &= \frac{\text{CO}_{2_in} - \text{CO}_{2_a}}{\text{CO}_{2_ex} - \text{CO}_{2_a}} = \frac{\left(\frac{P_new}{Pb} \cdot \frac{\alpha}{M+\alpha+\beta} + \frac{P_egr}{Pb} \cdot \frac{14+\lambda\cdot\alpha}{\lambda\cdot(M+\alpha+\beta)}\right) - \left(\frac{\alpha}{M+\alpha+\beta}\right)}{\left(\frac{14+\lambda\cdot\alpha}{\lambda\cdot(M+\alpha+\beta)}\right) - \left(\frac{\alpha}{M+\alpha+\beta}\right)} \\
 &= \frac{P_egr}{Pb} \quad \dots (27)
 \end{aligned}$$

[0176] 另外,在过稀的情况下,吸入空气中的水蒸气的摩尔分率x_{va}、进气歧管12内的气体中的水蒸气的摩尔分率x_{vb}与式(7)、式(8)的理论空燃比AF0的情况同样地用式(25)左边或右边的水蒸气的摩尔分率等以式(28)来表示。

[0177] [数学式28]

$$\begin{aligned}
 \chi_{va} &= \frac{\lambda\cdot\beta}{\lambda\cdot\{M+\alpha+\beta\}} = \frac{\beta}{M+\alpha+\beta} \\
 [0178] \quad \chi_{vb} &= \frac{P_new}{Pb} \cdot \frac{\lambda\cdot\beta}{\lambda\cdot\{M+\alpha+\beta\}} + \frac{P_egr}{Pb} \cdot \frac{14+\lambda\cdot\beta}{\lambda\cdot\{M+\alpha+\beta\}+7} \\
 &\cong \frac{P_new}{Pb} \cdot \frac{\beta}{M+\alpha+\beta} + \frac{P_egr}{Pb} \cdot \frac{14+\lambda\cdot\beta}{\lambda\cdot(M+\alpha+\beta)} = \frac{\beta}{M+\alpha+\beta} + \frac{P_egr}{Pb} \cdot \frac{14}{\lambda\cdot(M+\alpha+\beta)} \\
 &\quad \dots (28)
 \end{aligned}$$

[0179] 若将式(28)同样地代入式(9)中并整理,则得到式(29)。过稀的情况下的废气中燃烧生成水蒸气摩尔分率x_{vexL}是式(9)所示的理论空燃比AF0的情况下的废气中燃烧生成水蒸气摩尔分率x_{vex}除以空气过剩率λ后得到的值。这是因为,在过稀的情况下(λ>1),由于燃料完全燃烧,因此作为分子的燃烧生成水蒸气的摩尔数与理论空燃比AF0的情况相同,均为14,而由于吸入空气的各分子变为λ倍,因此作为分母的废气的总摩尔数变为理论空燃比AF0的情况下的λ倍。

[0180] [数学式29]

$$\chi_{vb} - \chi_{va} = \frac{P_{egr}}{P_b} \cdot \chi_{vexL}$$

$$[0181] \quad \chi_{vexL} = \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{14}{M + \alpha + \beta} \quad \dots (29)$$

$$\chi_{vegr} = \chi_{vb} - \chi_{va}$$

[0182] 若将式(29)代入式(27)中并整理,则得到式(30)。

[0183] [数学式30]

$$\text{Regr} = (\chi_{vb} - \chi_{va}) \cdot \frac{1}{\chi_{vexL}}$$

$$[0184] \quad \chi_{vexL} = \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{14}{M + \alpha + \beta} \quad \dots (30)$$

$$\chi_{vegr} = \chi_{vb} - \chi_{va}$$

[0185] 根据式(28),吸入空气中的水蒸气的摩尔数 β 与理论空燃比 AF_0 的情况相同,为式(11),因此,将式(11)代入式(30)并整理后,可得到式(31)。

[0186] [数学式31]

$$\text{Regr} = (\chi_{vb} - \chi_{va}) \cdot \frac{1}{\chi_{vexL}}$$

$$[0187] \quad \chi_{vexL} = \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{14}{M + \alpha + \frac{\chi_{va}}{1 - \chi_{va}} \cdot (M + \alpha)} \cdot (1 - \chi_{va}) = \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{14}{M + \alpha} \cdot (1 - \chi_{va})$$

... (31)

[0188] 若将式(13)代入式(31)中,则得到式(32)。因此,在过稀的情况下,通过将式(14)所示的理论空燃比 AF_0 的情况下的EGR率 Regr 与空气过剩率 λ 相乘,可以计算出EGR率 Regr 。

[0189] [数学式32]

$$[0190] \quad \text{Regr} = \lambda \cdot \left(\frac{P_{vb}}{P_b} - \frac{P_{va}}{P_a} \right) \cdot \frac{M + \alpha}{14} \cdot \frac{1}{1 - \frac{P_{va}}{P_a}} \quad \dots (32)$$

[0191] 将以上的推导结果汇总在式(33)中。当内燃机1的空燃比 AF 为理论空燃比($AF = AF_0$)或者过浓($AF < AF_0$)的情况下,根据式(14),基于歧管内水蒸气分压率(P_{vb}/P_b)和吸入空气中水蒸气分压率(P_{va}/P_a),可以计算出EGR率 Regr 。在内燃机1的空燃比 AF 过稀($AF > AF_0$)的情况下,如式(32)所示,通过将根据式(14)计算出EGR率 Regr 进一步与空气过剩率 λ 相乘,可以计算出EGR率 Regr 。

[0192] [数学式33]

[0193] 1) 理论空燃比或过浓的情况

$$[0194] \quad \text{Regr} = \left(\frac{P_{vb}}{P_b} - \frac{P_{va}}{P_a} \right) \cdot \frac{M + \alpha}{14} \cdot \frac{1}{1 - \frac{P_{va}}{P_a}} \quad \dots (33)$$

[0195] 2) 过稀的情况

$$[0196] \quad \text{Regr} = \lambda \cdot \left(\frac{\text{Pvb}}{\text{Pb}} - \frac{\text{Pva}}{\text{Pa}} \right) \cdot \frac{\text{M} + \alpha}{14} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\text{Pva}}{\text{Pa}}}$$

[0197] 2-2. EGR率计算部54的结构

[0198] 因此,本实施方式的EGR率计算部54构成为根据内燃机1的空燃比AF来改变EGR率Regr。

[0199] 与实施方式1的式(19)或式(20)相同,EGR率计算部54基于歧管内水蒸气分压率(Pvb/Pb)和吸入空气中水蒸气分压率(Pva/Pa),计算出内燃机1的空燃比AF假定为理论空燃比的情况下的EGR率Regr0。如式(34)所示,EGR率计算部54在空燃比AF比理论空燃比AF0要稀的情况下,将假定为理论空燃比AF0时的EGR率Regr0与将空燃比AF除以理论空燃比AF0后得到的空气过剩率λ相乘,计算出由此得到的值作为最终的EGR率Regr。另一方面,EGR率计算部54在空燃比AF比理论空燃比AF0要浓的情况下,将假定为理论空燃比AF0时的EGR率Regr0直接计算为最终的EGR率Regr。

[0200] [数学式34]

[0201] 1) 过稀的情况

$$[0202] \quad \begin{aligned} \text{Regr} &= \lambda \cdot \text{Regr0} \\ \lambda &= \text{AF}/\text{AF0} \end{aligned} \quad \dots(34)$$

[0203] 2) 理论空燃比或过浓的情况

$$[0204] \quad \text{Regr} = \text{Regr0}$$

[0205] 用物理量来进行表达。与实施方式1的式(20)相同,如式(35)所示,EGR率计算部54基于燃料与潮湿空气在理论空燃比AF0下燃烧时的化学反应式中各分子的摩尔数和吸入空气中水蒸气分压率(Pva/Pa),计算出内燃机1的空燃比AF假定为理论空燃比时的废气中燃烧生成水蒸气摩尔分率xvex0。EGR率计算部54从歧管内水蒸气分压率(Pvb/Pb)减去吸入空气中水蒸气分压率(Pva/Pa),计算出歧管内燃烧生成水蒸气分压率(Pvegr/Pb)。

[0206] [数学式35]

$$[0207] \quad \begin{aligned} \chi_{\text{vex0}} &= \text{Kr2} \cdot \left(1 - \frac{\text{Pva}}{\text{Pa}} \right), \quad \text{Kr2} = \frac{14}{\text{M} + \alpha} = \frac{14}{107 + 0.038} \quad \dots(35) \\ \frac{\text{Pvegr}}{\text{Pb}} &= \frac{\text{Pvb}}{\text{Pb}} - \frac{\text{Pva}}{\text{Pa}} \end{aligned}$$

[0208] 如式(36)所示,EGR率计算部54在空燃比AF比理论空燃比AF0要稀的情况下,将假定为理论空燃比AF0时的废气中燃烧生成水蒸气摩尔分率xvex0除以空气过剩率λ,计算出由此得到的值作为过稀情况下的废气中燃烧生成水蒸气摩尔分率xvexL。接着,EGR率计算部54将歧管内燃烧生成水蒸气分压率(Pvegr/Pb)除以过稀情况下的废气中燃烧生成水蒸气摩尔分率xvexL,计算出由此得到的值作为EGR率Regr。另一方面,EGR率计算部54在空燃比AF比理论空燃比AF0要浓的情况下,将假定为理论空燃比AF0时的废气中燃烧生成水蒸气摩尔分率xvex0直接作为过浓情况下的废气中燃烧生成水蒸气摩尔分率xvex0。接着,EGR率计算部54将歧管内燃烧生成水蒸气分压率(Pvegr/Pb)除以过浓情况下的废气中燃烧生成水蒸气摩尔分率xvex0,计算出由此得到的值作为EGR率Regr。

[0209] [数学式36]

[0210] 1) 过稀的情况

$$[0211] \quad \chi_{\text{vexL}} = \frac{1}{\lambda} \cdot \chi_{\text{vex0}}$$

$$[0212] \quad \text{Regr} = \frac{\text{Pvegr}}{\text{Pb}} \cdot \frac{1}{\chi_{\text{vexL}}} \quad \dots(36)$$

[0213] 2) 理论空燃比或过浓的情况

$$[0214] \quad \text{Regr} = \frac{\text{Pvegr}}{\text{Pb}} \cdot \frac{1}{\chi_{\text{vex0}}}$$

[0215] EGR率计算部54基于空燃比传感器18检测出的空燃比AF,判定空燃比AF是过浓还是过稀还是理论空燃比,并且计算出空气过剩率 λ 。具体而言,EGR率计算部54在空燃比AF的检测值小于预先设定的理论空燃比AF0的设定值(例如14.7)时($AF < AF0$)判定为过浓,在空燃比AF的检测值大于理论空燃比AF0的设定值时($AF > AF0$)判定为过稀,在空燃比AF的检测值等于理论空燃比AF0的设定值时($AF = AF0$)判定为理论空燃比。EGR率计算部54将空燃比AF的检测值除以预先设定的理论空燃比AF0的设定值,计算出空气过剩率 $\lambda (= AF/AF0)$ 。

[0216] 或者,EGR率计算部54也可以构成为基于计算燃料喷射量时使用的燃料修正系数Kaf,判定空燃比AF是过浓还是过稀还是理论空燃比,并且计算出空气过剩率 λ 。例如,燃料修正系数Kaf是与为了达到理论空燃比AF0而计算出的基本燃料喷射量相乘的修正系数。EGR率计算部54在Kaf=1的情况下判定为理论空燃比AF0,在Kaf>1的情况下判定为过浓,在Kaf<1的情况下判定为过稀。EGR率计算部54计算出燃料修正系数Kaf的倒数作为空气过剩率 $\lambda (= 1/Kaf)$ 。

[0217] 或者,EGR率计算部54也可以构成为基于空燃比的控制模式,判定空燃比AF是过浓还是过稀还是理论空燃比,并且设定空气过剩率 λ 。空燃比的控制模式有理论空燃比控制模式、过浓控制模式、过稀控制模式。理论空燃比控制模式下,为了提高三元催化剂的净化性能,进行反馈控制,以使空燃比传感器18检测出的空燃比AF在理论空燃比AF0附近。过浓控制模式在高负载运转时等进行设定,将空燃比AF控制得较浓。过稀控制模式在提高燃料消耗效率等时进行设定,将空燃比AF控制得较稀。EGR率计算部54在空燃比的控制模式为理论空燃比控制模式的情况下判定为理论空燃比,在过浓控制模式的情况下判定为过浓,在过稀控制模式下判定为过稀。EGR率计算部54如上所述地基于空燃比传感器18检测出的空燃比AF的检测值或者燃料修正系数Kaf,计算出空气过剩率 λ 。

[0218] 3.实施方式3

[0219] 接着,对实施方式3所涉及的控制装置50进行说明。对于与上述实施方式1、2相同的构成部分,省略说明。本实施方式所涉及的内燃机1和控制装置50的基本结构和处理与实施方式1或实施方式2相同,但内燃机1不具备吸入空气湿度传感器5,且吸入空气压力Pa、吸入空气温度Ta、吸入空气湿度Hra的检测方法不同。

[0220] 在上述实施方式1、2中,说明了运转状态检测部51基于吸入空气压力传感器2的输出信号检测吸入空气压力Pa,基于吸入空气温度传感器4的输出信号检测吸入空气温度Ta,基于吸入空气湿度传感器5的输出信号检测吸入空气湿度Hra的情况。

[0221] 但在本实施方式中,运转状态检测部51构成为将使EGR流路21开闭的EGR阀22关闭

从而废气不会回流到进气歧管12的状态下检测出的歧管压力 P_b 、歧管湿度 H_{rb} 、歧管温度 T_b 分别作为吸入空气压力 P_a 、吸入空气湿度 H_{ra} 、吸入空气温度 T_a 。

[0222] 本实施方式中,运转状态检测部51在EGR阀22关闭的状态持续了预先设定的判定期间的情况下,判定为吸入空气检测条件成立。判定期间设定为从EGR阀22关闭后到进气歧管12内的回流废气充分减少的期间。判定期间可以随着空气吸入量的变大而变短。运转状态检测部51在吸入空气检测条件成立的情况下,基于歧管压力传感器8的输出信号检测出吸入空气压力 P_a ,基于歧管温度传感器9的输出信号检测出吸入空气温度 T_a ,基于歧管湿度传感器10的输出信号检测出吸入空气湿度 H_{ra} 。在EGR阀22关闭的状态下,废气不会回流到进气歧管12内,进气歧管12内只有吸入空气。因此,使用在该状态下检测出的进气歧管12内的气体的压力、湿度、温度,可以计算出吸入空气中水蒸气分压 P_{va} 、吸入空气中水蒸气分压率(P_{va}/P_a)。

[0223] 吸入空气中水蒸气率计算部53与上述实施方式1同样地基于吸入空气检测条件成立时检测出的吸入空气湿度 H_{ra} 和吸入空气温度 T_a ,计算出吸入空气中包含的水蒸气的分压即吸入空气中水蒸气分压 P_{va} ,并计算出吸入空气中水蒸气分压 P_{va} 与吸入空气压力 P_a 之比即吸入空气中水蒸气分压率(P_{va}/P_a)。吸入空气中水蒸气率计算部53在吸入空气检测条件未成立的情况下,保持吸入空气检测条件成立时计算出的吸入空气中水蒸气分压率(P_{va}/P_a)并输出。大气的湿度变化相比于因EGR率变化引起的进气歧管12内的湿度变化较为缓和,因此即使使用所保持的值,也能抑制EGR率出现大的推算误差。

[0224] [其它实施方式]

[0225] 最后,对本发明的其它实施方式进行说明。以下所说明的各实施方式的结构不限于单独使用的情况,只要不发生矛盾,也可以与其它实施方式的结构组合起来使用。

[0226] (1)在上述各实施方式中,考虑了内燃机1的燃料使用汽油的情况,并举例说明了汽油的平均分子式及空气的组成假定为式(4)、式(22)、式(25)的情况。但本发明的实施方式不限于此。即,汽油的平均分子式和空气的组成可以使用更严密的值,化学反应式及化学反应式中各分子的摩尔数可以变更,用于计算EGR率 $Regr$ 的换算常数 K_r 及摩尔换算常数 K_{r2} 的设定值等也可以变更。另外,内燃机1的燃料也可以使用汽油以外的燃料,例如轻油、酒精、天然气等,可以根据燃料的种类来变更燃料的平均分子式,并且变更化学反应式及化学反应式中各分子的摩尔数,用于计算EGR率 $Regr$ 的换算常数 K_r 及摩尔换算常数 K_{r2} 的设定值等也可以变更。

[0227] (2)在上述各实施方式中,举例说明了运转状态检测部51基于吸入空气温度传感器4的输出信号检测吸入空气温度 T_a ,基于吸入空气湿度传感器5的输出信号检测吸入空气湿度 H_{ra} 的情况。但本发明的实施方式不限于此。即,运转状态检测部51也可以从空调控制装置60获取吸入空气湿度 H_{ra} 和吸入空气温度 T_a 的信息。空调控制装置60是对车厢内的空气进行调节的空调的控制装置,经由通信线与内燃机1的控制装置50连接。空调控制装置60具备对空调吸入的大气的湿度进行检测的湿度传感器、以及对大气的温度进行检测的温度传感器,基于这些湿度传感器和温度传感器的输出信号,检测出大气湿度和大气温度,并将大气湿度和大气温度的信息发送到控制装置50。

[0228] (3)在上述各实施方式中,举例说明了EGR率利用控制部55如上所述地基于EGR率 $Regr$,改变点火时期和EGR阀22的开度中的一方或双方的情况。但本发明的实施方式不限于

此。即，EGR率利用控制部55也可以在点火时期及EGR阀22的开度的控制以外的控制上使用EGR率Regr，例如吸入空气量的控制、可变气门正时机构中改变进气阀14和排气阀15中的一方或双方的气门开闭正时的控制、内燃机1的输出转矩的推算等。

[0229] 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。

[0230] 工业上的实用性

[0231] 本发明适合用于内燃机的控制装置及其控制方法，该内燃机具备进气通路和排气通路、使所述进气通路开闭的节流阀、以及使废气从所述排气通路回流到所述节流阀下游侧的所述进气通路部分即进气歧管的EGR流路。

[0232] 标号说明

- [0233] 1 内燃机
- [0234] 2 吸入空气压力传感器
- [0235] 3 空气流量传感器
- [0236] 4 吸入空气温度传感器
- [0237] 5 吸入空气湿度传感器
- [0238] 6 节流阀
- [0239] 8 歧管压力传感器
- [0240] 9 歧管温度传感器
- [0241] 10 歧管湿度传感器
- [0242] 12 进气歧管
- [0243] 17 排气通路
- [0244] 21 EGR流路
- [0245] 23 进气通路
- [0246] 50 内燃机的控制装置
- [0247] 51 运转状态检测部
- [0248] 52 歧管内水蒸气率计算部
- [0249] 53 吸入空气中水蒸气率计算部
- [0250] 54 EGR率计算部
- [0251] 55 EGR率利用控制部
- [0252] 60 空调控制装置
- [0253] AF 空燃比
- [0254] AF0 理论空燃比
- [0255] Kr 换算常数
- [0256] Pa 吸入空气压力
- [0257] Ta 吸入空气温度
- [0258] Hra 吸入空气湿度
- [0259] Pb 歧管压力
- [0260] Tb 歧管温度
- [0261] Hrb 歧管湿度
- [0262] Kr2 摩尔换算常数

[0263]	Psa	吸入空气的饱和水蒸气压力
[0264]	Psb	进气歧管内的饱和水蒸气压力
[0265]	Pva	吸入空气中水蒸气分压
[0266]	Pvb	歧管内水蒸气分压
[0267]	Pvegr	进气歧管内燃烧生成水蒸气分压
[0268]	Pva/Pa	吸入空气中水蒸气分压率
[0269]	Pvb/Pb	歧管内水蒸气分压率
[0270]	Pvegr/Pb	歧管内燃烧生成水蒸气分压率
[0271]	Regr	EGR率
[0272]	Regr0	理论空燃比时的EGR率
[0273]	xva	吸入空气中水蒸气率
[0274]	xvb	歧管内水蒸气率
[0275]	xvex	废气中燃烧生成水蒸气摩尔分率
[0276]	xvex0	理论空燃比下的废气中燃烧生成水蒸气摩尔分率
[0277]	λ	空气过剩率

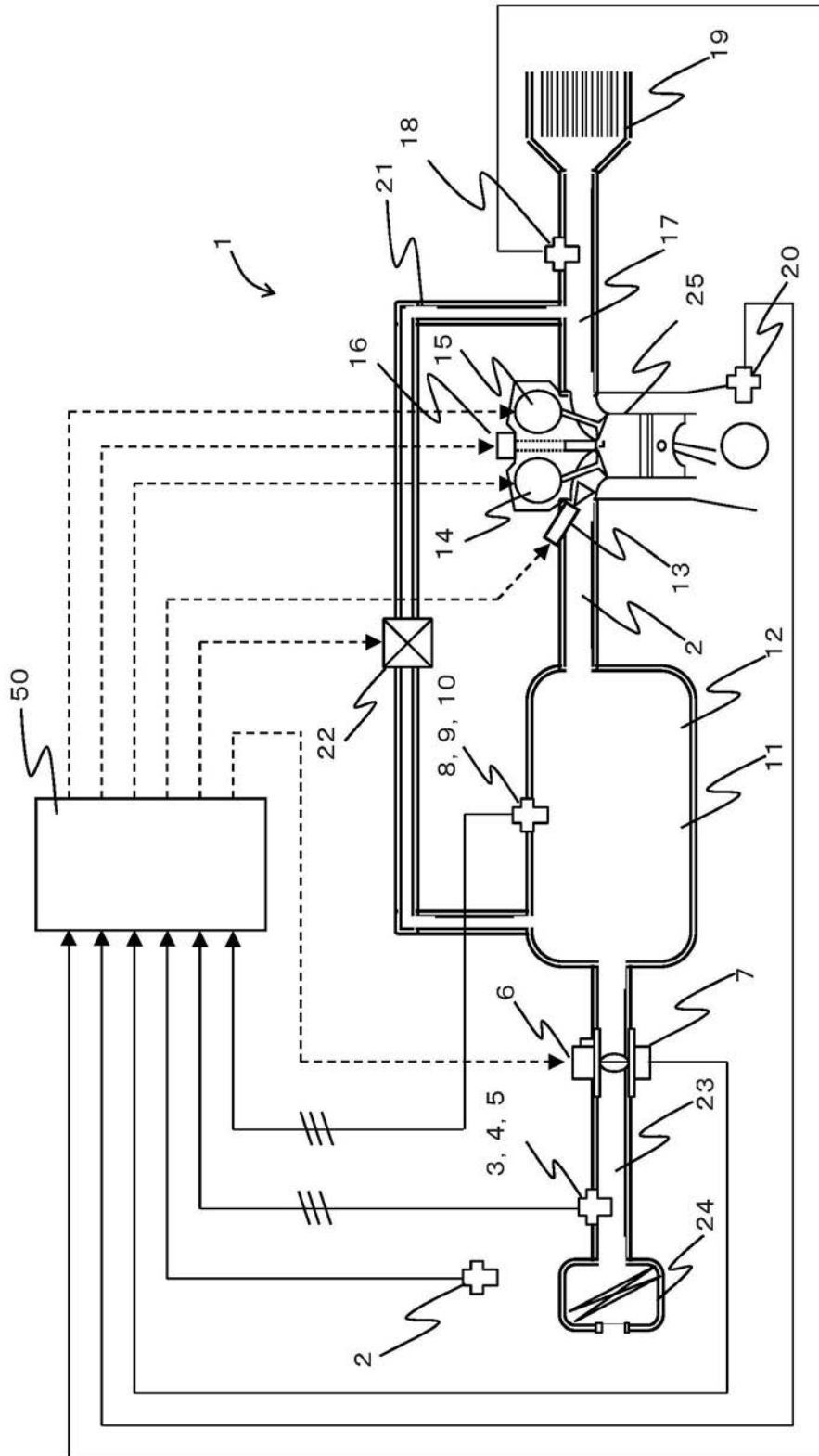


图1

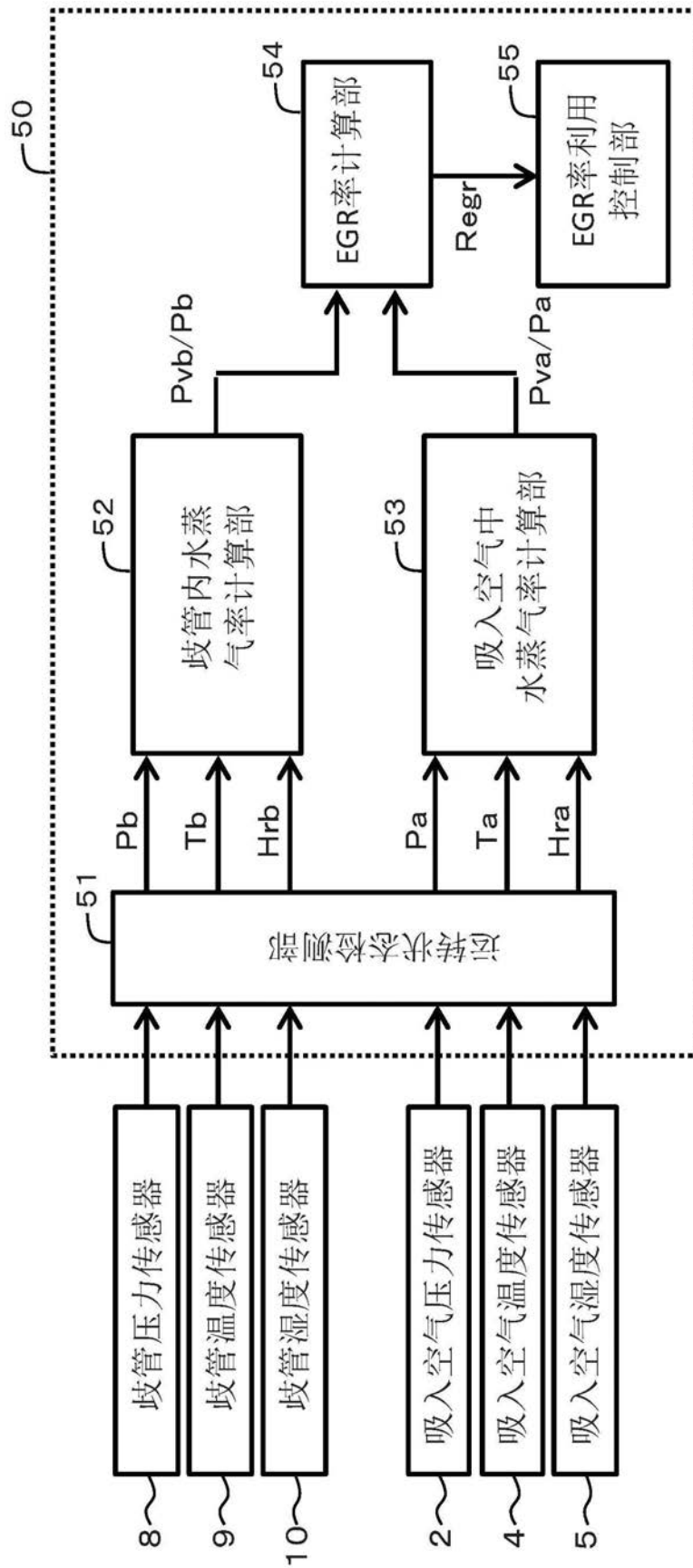


图2

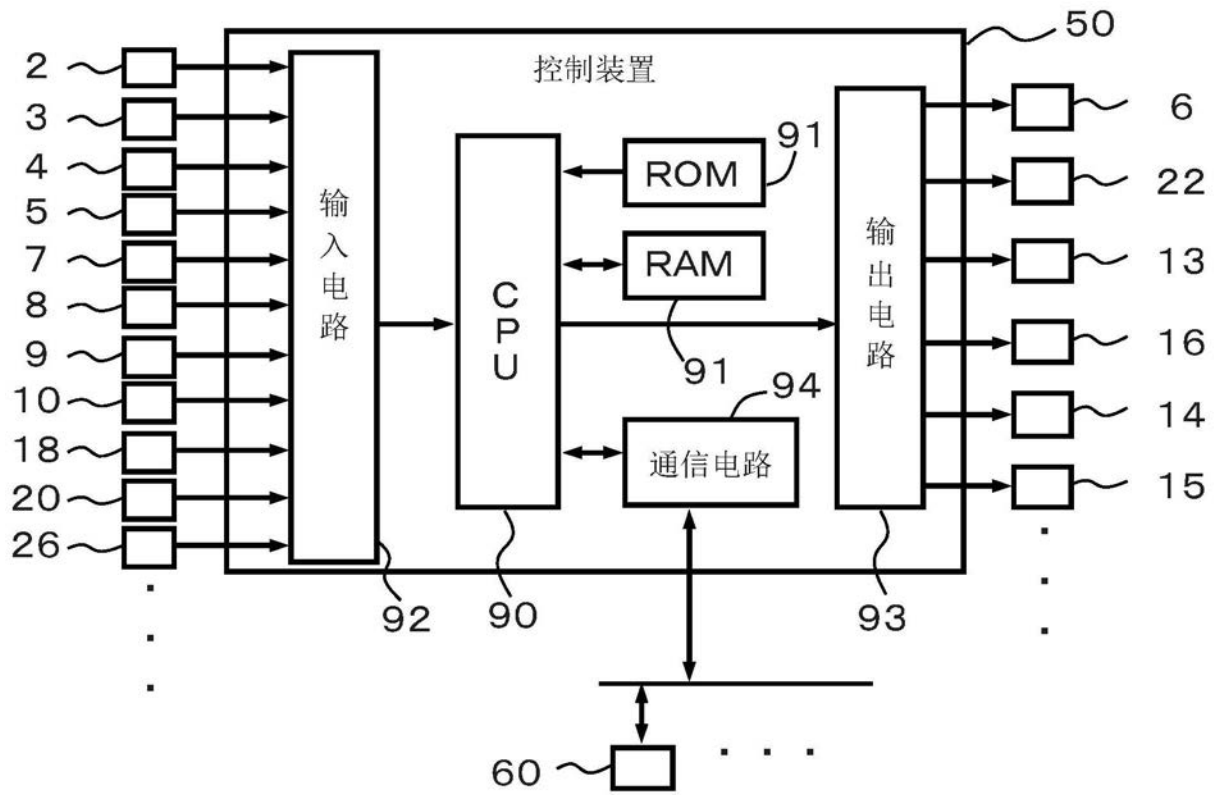


图3

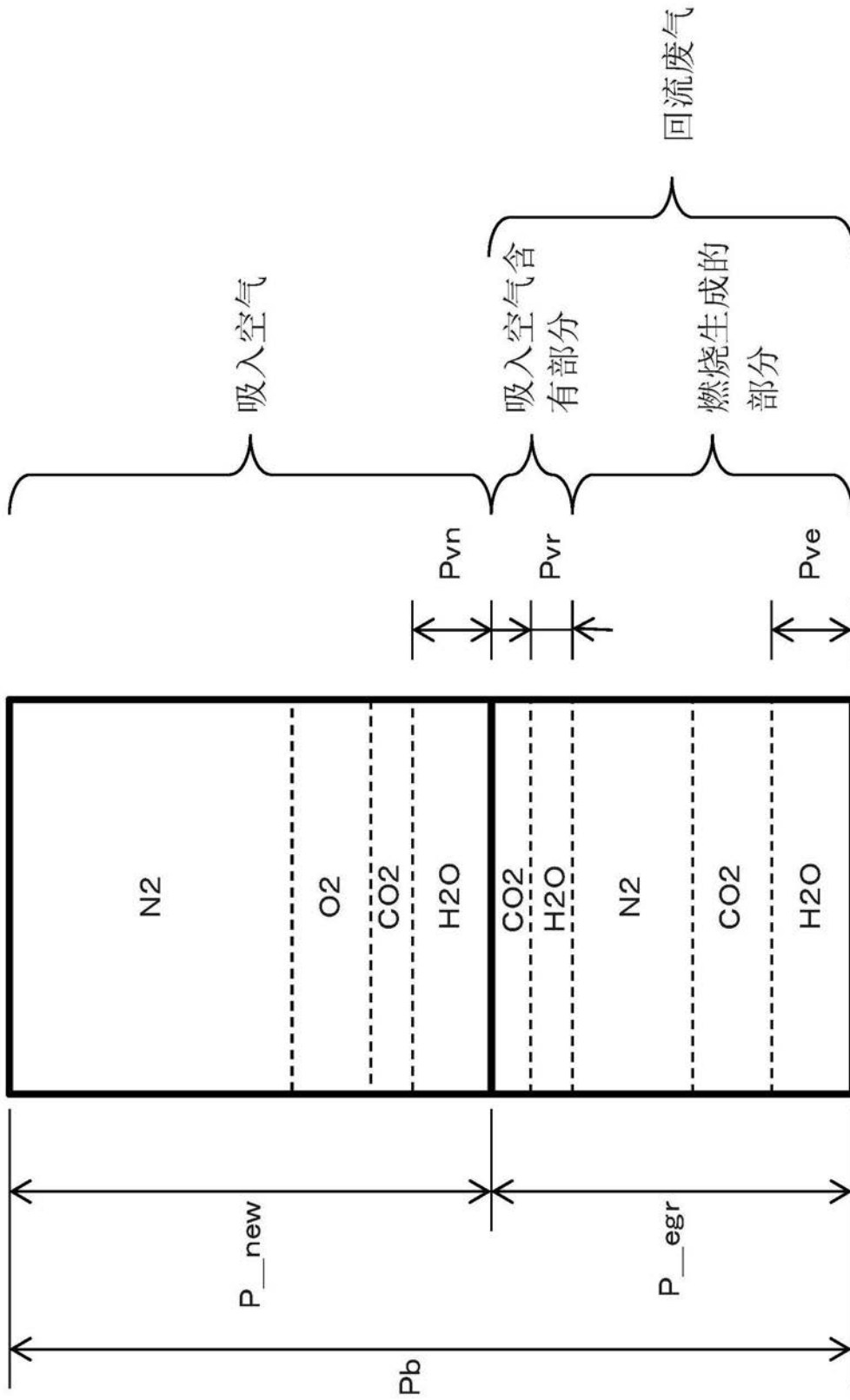


图4

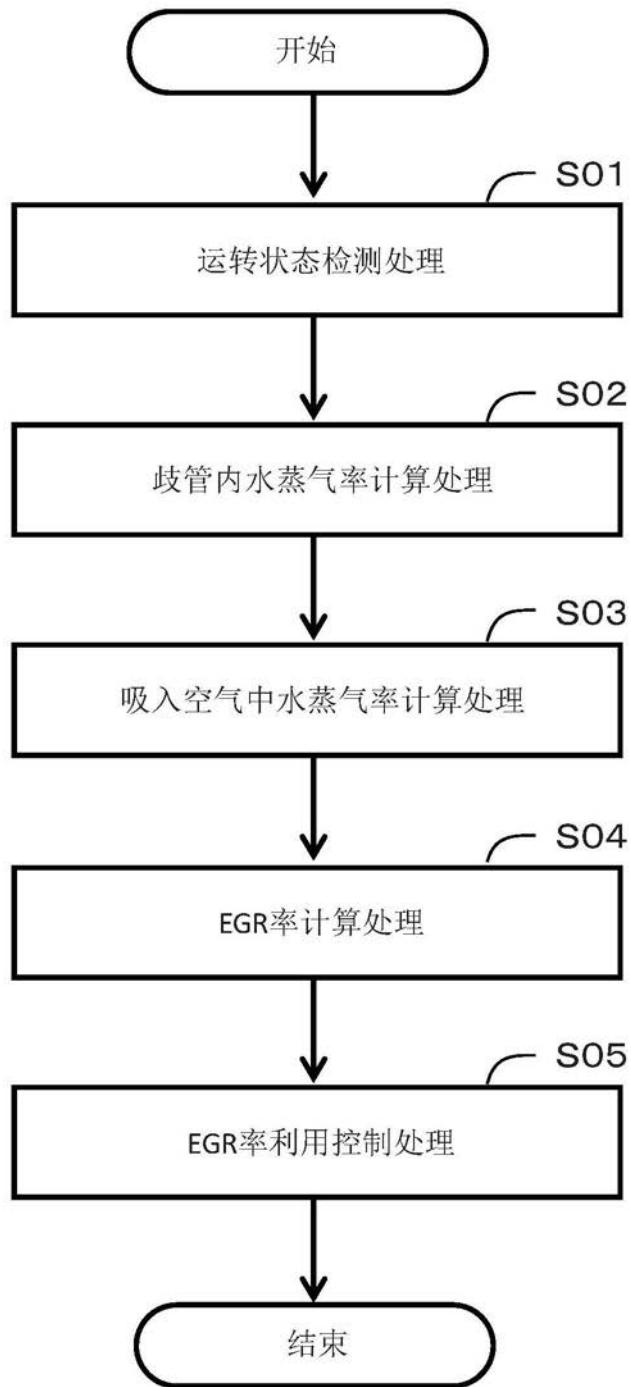


图5