(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 119894694 A
(43)申请公布日 2025.04.25

(21)申请号 202380064716.5
(22)申请日 2023.11.29
(30)优先权数据
2022-199480 2022.12.14 JP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2025.03.07
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2023/042695 2023.11.29
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2024/127990 JA 2024.06.20
(71)申请人 日立安斯泰莫株式会社
地址 日本茨城县
(72)发明人 平尾隆介 山畑将敏 加藤周
(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所 11105
专利代理师 金兰
(51)Int.Cl.
B60G 17/0185(2006.01)
B60G 17/015(2006.01)

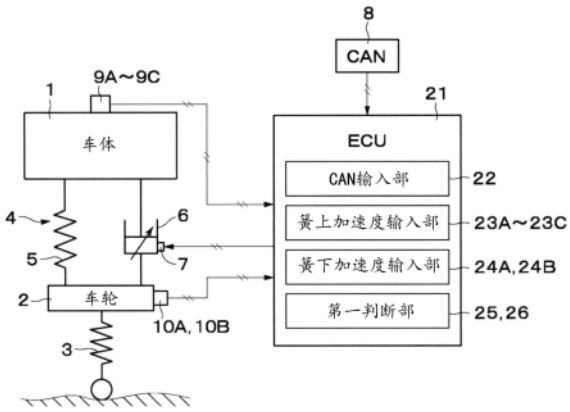
权利要求书1页 说明书13页 附图9页

(54)发明名称

传感器异常检测装置

(57)摘要

具有输入车辆的行驶速度的CAN输入部(行驶速度输入部)和输入簧上加速度传感器的信号变动幅度(振动等级)的簧上加速度输入部(第一传感器输入部、第二传感器输入部)。ECU具备第一判断部,该第一判断部判断CAN输入部的行驶速度是否为第一阈值(第一速度)以上、且作为第一传感器输入部的簧上加速度输入部(例如,簧上加速度输入部)的簧上加速度传感器值(第一传感器输入值)或作为第二传感器输入部的簧上加速度输入部(例如,簧上加速度输入部)的簧上加速度传感器值(第二传感器输入值)中的一方的信号变动幅度是否小于第一变动幅度且小于另一方的信号变动幅度。



CN 119894694 A

1.一种传感器异常检测装置,检测设置于车辆的至少两个以上的传感器的异常,具有:

行驶速度输入部,输入所述车辆的行驶速度;

第一传感器输入部,输入第一传感器的信号变动幅度;

第二传感器输入部,输入第二传感器的信号变动幅度;以及

第一判断部,判断基于所述行驶速度输入部的行驶速度是否为第一速度以上、所述第一传感器输入部的第一传感器输入值以及所述第二传感器输入部的第二传感器输入值中的一方的信号变动幅度是否小于第一变动幅度且小于另一方的信号变动幅度。

2.如权利要求1所述的传感器异常检测装置,还具有:

第二判断部,判断基于所述行驶速度输入部的行驶速度是否为第二速度以下、且所述第一传感器输入部的第一传感器输入值以及所述第二传感器输入部的第二传感器输入值中的一方的信号变动幅度是否大于第二变动幅度且大于另一方的信号变动幅度。

3.如权利要求1所述的传感器异常检测装置,还具有:

模型估计值计算部,根据车辆模型信息,估计车辆行为并求出车辆行为估计值;以及

比较判断部,将所述车辆行为估计值与所述第一传感器输入值或所述第二传感器输入值进行比较。

传感器异常检测装置

技术领域

[0001] 本公开涉及检测传感器的异常的传感器异常检测装置。

背景技术

[0002] 在专利文献1中,关于具备横向加速度传感器的主动悬架,公开了检测横向加速度传感器的异常的结构。此时,关于断线、短路,通过观察横向加速度传感器的输出值本身来检测异常。即,在横向加速度传感器的输出值偏离正常范围的情况下,判定为横向加速度传感器异常。另外,关于传感器信号的漂移(drift)、中间值的固定,基于横向加速度传感器的输出值来取得横向加速度,在该横向加速度的大小为0.1G以上的状态持续了10秒钟时,判定为横向加速度传感器异常。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开平4-87819号公报

发明内容

[0006] 发明要解决的课题

[0007] 然而,在专利文献1所公开的异常检测的方法中,例如在持续进行稳定圆周转弯、倾斜(bank)行驶的情况下,持续检测到一定值以上的横向加速度,因此有可能错误地检测横向加速度传感器的异常。另外,在将这样的异常检测的方法应用于上下加速度传感器的情况下,在坡道、倾斜道路持续行驶时,也同样有可能错误地检测传感器的异常。

[0008] 本发明的目的之一在于提供能够抑制误检测而检测传感器的异常的传感器异常检测装置。

[0009] 用于解决课题的手段

[0010] 本发明的一实施方式是检测设置于车辆的至少两个以上的传感器的异常的传感器异常检测装置,其特征在于,具有:行驶速度输入部,输入所述车辆的行驶速度;第一传感器输入部,输入第一传感器的信号变动幅度;第二传感器输入部,输入第二传感器的信号变动幅度;以及第一判断部,判断基于所述行驶速度输入部的行驶速度是否为第一速度以上、且所述第一传感器输入部的第一传感器输入值以及所述第二传感器输入部的第二传感器输入值中的一方的信号变动幅度是否小于第一变动幅度且小于另一方的信号变动幅度。

[0011] 根据本发明的一实施方式,能够抑制误检测而检测传感器的异常。

附图说明

[0012] 图1是表示应用了本发明的实施方式的ECU的四轮汽车的整体结构图。

[0013] 图2是示意性地表示第一实施方式的ECU和缓冲器的图。

[0014] 图3是表示簧上加速度传感器以及簧下加速度传感器的输出电压与加速度的关系的特性线图。

[0015] 图4是表示针对车速超过第一阈值的情况下车速、簧上加速度传感器值、异常检测计数器的时间变化的一例的特性线图。

[0016] 图5是示意性地表示第二实施方式的ECU和缓冲器的图。

[0017] 图6是表示针对车速相比第二阈值降低的情况下车速、簧上加速度传感器值、异常检测计数器的时间变化的一例的特性线图。

[0018] 图7是示意性地表示第三实施方式的ECU和缓冲器的图。

[0019] 图8是表示针对簧上加速度传感器值的振动等级(level)大于第一变动幅度的情况下车速、簧上加速度传感器值、异常检测计数器的时间变化的一例的特性线图。

[0020] 图9是表示针对簧上加速度传感器值的振动等级小于第二变动幅度的情况下车速、簧上加速度传感器值、异常检测计数器的时间变化的一例的特性线图。

具体实施方式

[0021] 以下,以将本发明的实施方式的传感器异常检测装置应用于例如四轮汽车的情况为例,根据附图进行详细说明。

[0022] 在此,图1至图4表示本发明的第一实施方式。在图1以及图2中,车体1构成车辆的车身。在车体1的下侧例如设置有左、右的前轮和左、右的后轮(以下,统称为车轮2)。这些车轮2包括轮胎3而构成。轮胎3作为吸收路面的细小的凹凸的弹簧发挥作用。车体1和车轮2构成车辆。

[0023] 悬架(suspension)装置4夹装设置在车体1与车轮2之间。悬架装置4由悬架弹簧5(以下,称为弹簧(spring)5)和阻尼力调整式缓冲器6(以下,称为可变阻尼器(damper)6)构成,该阻尼力调整式缓冲器6与弹簧5呈并列关系地夹装设置在车体1与车轮2之间。

[0024] 悬架装置4的可变阻尼器6分别设置在车辆的车体1与4个车轮2之间。可变阻尼器6是使抑制车体1与车轮2间的相对位移的力可变的致动器。可变阻尼器6使车体1与车轮2之间产生的力可变。另外,可变阻尼器6也是调整车辆的车体1与车轮2之间的力的力产生机构。可变阻尼器6能够在软(soft,柔性)与硬(hard,刚性)之间调整产生力。

[0025] 可变阻尼器6使用阻尼力调整式的液压缓冲器而构成。如图2所示,为了将产生阻尼力的特性(即,阻尼力特性)从硬的特性(硬特性)连续地调整为软的特性(软特性),在可变阻尼器6附设有由阻尼力调整阀等构成的阻尼力可变致动器7。阻尼力可变致动器7是根据被供给的电流(驱动电流)来调整阻尼力的阻尼力调整部。

[0026] 此外,阻尼力可变致动器7也可以不一定是连续地调整阻尼力特性的结构,例如也可以是能够以两级以上的多级调整阻尼力的结构。另外,可变阻尼器6既可以是压力控制型,也可以是流量控制型。

[0027] CAN8(Controller Area Network:控制器局域网)是搭载于车体1的串行通信部。CAN8在搭载于车辆的多个电子设备与ECU21之间进行面向车载的多路通信。CAN8通过由串行信号构成的CAN信号来传输车辆驾驶信息。在该情况下,在传输CAN8的车辆驾驶信息中例如包括横摆率、转向角、车速、前后加速度、制动液压、发动机转矩等。

[0028] 3个簧上加速度传感器9A~9C设置于车体1,在成为簧上侧的车体1侧检测上下方向的振动加速度。簧上加速度传感器9A~9C构成检测簧上的振动的簧上状态检测单元。

[0029] 在该情况下,簧上加速度传感器9A例如在成为左前轮侧的可变阻尼器6的上端侧

附近的位置安装于车体1。簧上加速度传感器9B例如在成为右前轮侧的可变阻尼器6的上端侧附近的位置安装于车体1。簧上加速度传感器9C在左右的后轮间的中间位置安装于车体1。簧上加速度传感器9A~9C在成为簧上侧的车体1侧检测上下方向的振动加速度,并将其检测信号向ECU21输出。簧上加速度传感器9A~9C的检测信号例如是图3所示的输出电压。该输出电压根据加速度而变化。具体而言,输出电压在加速度成为零时成为中间值,随着加速度在负侧(例如下侧)变大而成为较小的值,随着加速度在正侧(例如上侧)变大而成为较大的值。另外,在簧上加速度传感器9A~9C的检测信号(输出电压)中预先设定有正常范围的电压值。此时,正常范围包括加速度为零时的输出电压。

[0030] 两个簧下加速度传感器10A、10B设置于车辆的车轮2侧。具体而言,簧下加速度传感器10A例如设置于车辆的左侧的前轮。簧下加速度传感器10B例如设置于车辆的右侧的前轮。簧下加速度传感器10A、10B在成为簧下侧的车轮2侧检测上下方向的振动加速度,并将其检测信号向ECU21输出。簧下加速度传感器10A、10B的检测信号例如是图3所示的输出电压。该输出电压与簧上加速度传感器9A~9C的检测信号大致相同。在簧下加速度传感器10A、10B的检测信号(输出电压)中预先设定有正常范围的电压值。此时,正常范围包括加速度为零时的输出电压。

[0031] ECU21构成控制悬架装置4的车辆控制装置。ECU21控制使在车体1与车轮2之间产生的力可变的可变阻尼器6。在此,ECU21是控制可变阻尼器6(力产生机构)的产生力的控制单元。

[0032] ECU21具备作为控制部的处理器(未图示)。处理器由微型计算机等构成。ECU21具备由ROM、RAM、非易失性存储器等构成的存储部(未图示)。处理器通过执行储存于存储部的程序来控制可变阻尼器6的阻尼力。

[0033] 如图2所示,ECU21的输入侧与CAN8、簧上加速度传感器9A~9C、簧下加速度传感器10A、10B等连接,输出侧与可变阻尼器6的阻尼力可变致动器7等连接。

[0034] ECU21具备从CAN8输入CAN信号的CAN输入部22。此时,在CAN信号中包含车辆驾驶信息。另外,在车辆驾驶信息中包含车速。因此,CAN输入部22成为输入车辆的行驶速度(车速)的行驶速度输入部。

[0035] ECU21具备输入来自簧上加速度传感器9A~9C的检测信号的簧上加速度输入部23A~23C。此时,簧上加速度传感器9A~9C中的一个簧上加速度传感器(例如,簧上加速度传感器9A)成为第一传感器。另外,剩余的任一个簧上加速度传感器(例如,簧上加速度传感器9B)成为第二传感器。因此,与第一传感器对应的簧上加速度输入部(例如,簧上加速度输入部23A)成为输入第一传感器的信号变动幅度的第一传感器输入部。与第二传感器对应的簧上加速度输入部(例如,簧上加速度输入部23B)成为输入第二传感器的信号变动幅度的第二传感器输入部。

[0036] 此外,也可以将簧上加速度传感器9B作为第一传感器,也可以将簧上加速度传感器9C作为第一传感器。同样地,也可以将簧上加速度传感器9A作为第二传感器,也可以将簧上加速度传感器9C作为第二传感器。

[0037] ECU21具备输入来自簧下加速度传感器10A、10B的检测信号的簧下加速度输入部24A、24B。此时,簧下加速度传感器10A、10B中的一方的簧下加速度传感器(例如,簧下加速度传感器10A)成为第一传感器。另外,另一方的簧下加速度传感器(例如,簧下加速度传感

器10B)成为第二传感器。因此,与第一传感器对应的簧下加速度输入部(例如,簧下加速度输入部24A)成为输入第一传感器的信号变动幅度的第一传感器输入部。与第二传感器对应的簧下加速度输入部(例如,簧下加速度输入部24B)成为输入第二传感器的信号变动幅度的第二传感器输入部。

[0038] 此外,也可以将簧下加速度传感器10B作为第一传感器。同样地,也可以将簧下加速度传感器10A作为第二传感器。

[0039] ECU21通过串行通信从CAN8读取车辆驾驶信息。ECU21通过来自簧上加速度传感器9A~9C的检测信号,读取簧上加速度传感器值(簧上加速度)。ECU21通过来自簧下加速度传感器10A、10B的检测信号,读取簧下加速度传感器值(簧下加速度)。ECU21基于车辆驾驶信息、簧上加速度、簧下加速度来计算目标阻尼力等。ECU21将基于目标阻尼力的控制指令向可变阻尼器6输出,控制可变阻尼器6的产生力(阻尼力)。

[0040] ECU21构成检测簧上加速度传感器9A~9C、簧下加速度传感器10A、10B的异常的传感器异常检测装置。ECU21通过执行储存于存储部的程序来检测簧上加速度传感器9A~9C、簧下加速度传感器10A、10B的异常。ECU21从CAN8取得车辆驾驶信息所包含的车速。ECU21基于来自3个簧上加速度传感器9A~9C的检测信号,取得各自的簧上加速度传感器值(簧上加速度)。ECU21基于来自两个簧下加速度传感器10A、10B的检测信号,取得各自的簧下加速度传感器值(簧下加速度)。

[0041] ECU21例如基于簧上加速度传感器值的最大和最小的峰值(peak-to-peak value:峰峰值),取得簧上加速度传感器9A~9C的簧上加速度传感器值的振动等级。ECU21例如基于簧下加速度传感器值的最大和最小的峰值(peak-to-peak value:峰峰值),取得簧下加速度传感器10A、10B的簧下加速度传感器值的振动等级。

[0042] ECU21在车速超过成为第一速度的第一阈值V11的条件下,对3个簧上加速度传感器值中的任意两个簧上加速度传感器值的振动等级进行比较。ECU21例如具备第一判断部25,该第一判断部25在簧上加速度传感器9A的簧上加速度传感器值的振动等级小于第一变动幅度R11且小于簧上加速度传感器9B的簧上加速度传感器值的振动等级的情况下,判断为簧上加速度传感器9A成为异常的状态,簧上加速度传感器值固定。

[0043] 此时,在传感器异常的判定条件中加入车速是为了防止由于对车辆的加振输入而在停车中进行误判定。即,第一判断部25使用行驶中的簧上加速度传感器值的振动来检测簧上加速度传感器值的异常。因此,第一阈值V11是能够充分判别簧上加速度传感器值的振动等级的速度。第一阈值V11例如设定为20km/h~40km/h的范围内的值。具体而言,第一阈值V11考虑簧上加速度传感器9A~9C的特性、输出检测信号的电路的特性等而适当设定为20km/h以上的值。

[0044] 第一变动幅度R11例如被设定为大于簧上加速度传感器值固定时的振动等级的值,且小于正常状态的簧上加速度传感器值的振动等级的值。具体而言,第一变动幅度R11被设定为相对于簧上加速度传感器值固定时的振动等级的2倍~3倍左右的值。第一变动幅度R11考虑簧上加速度传感器9A~9C的特性、噪声的信号电平(level)等而适当设定。

[0045] 同样地,ECU21在车速超过成为第一速度的第一阈值V12的条件下,对两个簧下加速度传感器值的振动等级进行比较。ECU21例如具备第一判断部26,该第一判断部26在簧下加速度传感器10A的簧下加速度传感器值的振动等级小于第一变动幅度R12且小于簧下加

速度传感器10B的簧下加速度传感器值的振动等级的情况下,判断为簧下加速度传感器10A固定。

[0046] 此时,第一阈值V12是能够充分判别簧下加速度传感器值的振动等级的速度。第一阈值V12除了根据簧下加速度传感器10A、10B以外,还根据输出检测信号的电路等适当设定。第一阈值V12既可以是与第一阈值V11相同的值,也可以是不同的值。

[0047] 另外,第一变动幅度R12例如被设定为大于簧下加速度传感器值固定时的振动等级的值且小于正常状态的簧下加速度传感器值的振动等级的值。具体而言,第一变动幅度R12被设定为相对于簧下加速度传感器值固定时的振动等级的2倍~3倍左右的值。第一变动幅度R12考虑簧下加速度传感器10A、10B的特性、噪声的信号电平等而适当设定。第一变动幅度R12既可以是与第一变动幅度R11相同的值,也可以是不同的值。

[0048] 在此,参照图2对由ECU21进行的传感器的异常检测处理进行说明。

[0049] ECU21读出储存于存储部的程序,执行传感器的异常检测处理。在此,以进行簧上加速度传感器9A~9C的异常检测的第一判断部25为例进行说明,但进行簧下加速度传感器10A、10B的异常检测的第一判断部26也是同样的。

[0050] ECU21从CAN8接收CAN信号,并且读取3个簧上加速度传感器9A~9C的检测信号。ECU21从CAN信号取得车辆驾驶信息所包含的车速。ECU21基于3个簧上加速度传感器9A~9C的检测信号,取得3个簧上加速度传感器值(簧上加速度)。

[0051] ECU21判定簧上加速度传感器值(输出电压值)是否为正常范围内的值。在3个簧上加速度传感器值均在正常范围内的情况下,ECU21执行第一判断部25的处理。与此相对,在至少一个簧上加速度传感器值在正常范围外的情况下,ECU21执行传感器异常处理。在传感器异常处理中,例如判定为输出了正常范围外的簧上加速度传感器值的簧上加速度传感器(例如,簧上加速度传感器9A)存在异常,使异常检测计数器的计数增加。若异常检测计数器的计数达到规定值,则ECU21输出错误信号,通知相应的簧上加速度传感器存在异常。

[0052] 第一判断部25判定车速是否超过第一阈值V11。在车速比第一阈值V11低(小)的情况下,簧上加速度传感器值的振动等级有可能没有充分变大,第一判断部25无法进行基于振动等级的异常检测。因此,在车速比第一阈值V11低的情况下,第一判断部25不进行簧上加速度传感器值的振动等级的判定而返回。

[0053] 与此相对,在车速为第一阈值V11以上的情况下,第一判断部25判定簧上加速度传感器值的振动等级是否正常。具体而言,第一判断部25选择3个簧上加速度传感器值中的任意两个簧上加速度传感器值。第一判断部25将它们中的一方的簧上加速度传感器值与另一方的簧上加速度传感器值进行比较。ECU21对全部的簧上加速度传感器值进行这样的比较处理。

[0054] 此时,第一判断部25判定一方的簧上加速度传感器值的变动幅度(振动等级)是否小于第一变动幅度R11,且变动幅度(振动等级)是否小于另一方的簧上加速度传感器值。

[0055] 在一方的簧上加速度传感器值的变动幅度(振动等级)比第一变动幅度R11小、且相比另一方的簧上加速度传感器值变动幅度(振动等级)小时,认为与一方的簧上加速度传感器值对应的簧上加速度传感器(例如,簧上加速度传感器9A)存在异常。因此,第一判断部25执行上述的传感器异常处理。

[0056] 与此相对,在一方的簧上加速度传感器值的变动幅度(振动等级)大于第一变动幅

度R11时,或者在一方的簧上加速度传感器值的变动幅度(振动等级)相比另一方的簧上加速度传感器值变动幅度(振动等级)大时,无法检测出一方的簧上加速度传感器值的异常。因此,为了检测剩余的簧上加速度传感器值的异常,对剩余的簧上加速度传感器值也进行同样的比较处理。在全部的簧上加速度传感器值的异常未被检测出时,第一判断部25判定为全部的簧上加速度传感器值的振动等级正常,并返回。

[0057] 第一实施方式的ECU21具有如上所述的结构。接着,作为由ECU21进行的传感器的异常检测的一例,以检测到簧上加速度传感器的异常时的动作为例,参照图4进行说明。

[0058] 如图4所示,当车速超过第一阈值V11时,ECU21判定簧上加速度传感器值的振动等级是否在正常范围。此时,簧上加速度传感器9B、9C的簧上加速度传感器值的振动等级随着车速的上升而增加,变得比第一变动幅度R11大。因此,认为输出这两个簧上加速度传感器值的簧上加速度传感器9B、9C正常。另一方面,簧上加速度传感器9A的簧上加速度传感器值的振动等级比第一变动幅度R11小。除此之外,簧上加速度传感器9A的簧上加速度传感器值的振动等级与簧上加速度传感器9B、9C的簧上加速度传感器值的任一个的振动等级相比均为较小的值。因此,认为输出该簧上加速度传感器值的簧上加速度传感器9A异常。因此,ECU21使异常检测计数器的计数增加。当异常检测计数器的计数达到规定值时,ECU21输出错误信号,通知簧上加速度传感器9A存在异常。

[0059] 这样,第一实施方式的ECU21具有输入车辆的行驶速度的CAN输入部22(行驶速度输入部)和输入簧上加速度传感器9A~9C的信号变动幅度(振动等级)的簧上加速度输入部23A~23C(第一传感器输入部、第二传感器输入部)。ECU21具备第一判断部25,该第一判断部25判断CAN输入部22的行驶速度(车速)是否为第一阈值V11(第一速度)以上、且作为第一传感器输入部的簧上加速度输入部(例如,簧上加速度输入部23A)的簧上加速度传感器值(第一传感器输入值)或作为第二传感器输入部的簧上加速度输入部(例如,簧上加速度输入部23B)的簧上加速度传感器值(第二传感器输入值)中的一方的信号变动幅度是否小于第一变动幅度R11且小于另一方的信号变动幅度。

[0060] 因此,例如,即使在簧上加速度传感器值固定在正常范围内时,也能够通过在多个簧上加速度传感器值之间比较振动等级(信号变动幅度)来检测簧上加速度传感器值的异常。

[0061] 另外,ECU21具备第一判断部26,该第一判断部26判断CAN输入部22的行驶速度(车速)是否为第一阈值V12(第一速度)以上、且作为第一传感器输入部的簧下加速度输入部24A的簧下加速度传感器值(第一传感器输入值)或作为第二传感器输入部的簧下加速度输入部24B的簧下加速度传感器值(第二传感器输入值)中的一方的信号变动幅度是否小于第一变动幅度R12且小于另一方的信号变动幅度。

[0062] 因此,例如,即使在簧下加速度传感器值固定在正常范围时,也能够通过在多个簧下加速度传感器值之间比较振动等级(信号变动幅度)来检测簧下加速度传感器值的异常。

[0063] 接着,图1、图5以及图6表示本发明的第二实施方式。第二实施方式的特征在于,ECU具备第二判断部,该第二判断部判断行驶速度是否为第二速度以下且第一传感器输入值或第二传感器输入值中的一方的信号变动幅度是否比第二变动幅度大且比另一方的信号变动幅度大。此外,在第二实施方式中,对与前述的第一实施方式相同的结构要素标注相同的附图标记,并省略其说明。

[0064] 第二实施方式的ECU31的输入侧与CAN8、簧上加速度传感器9A~9C、簧下加速度传感器10A、10B等连接,输出侧与可变阻尼器6的阻尼力可变致动器7等连接。ECU31与第一实施方式的ECU21同样地构成。ECU31具备作为控制部的处理器和由ROM、RAM、非易失性存储器等构成的存储部(均未图示)。处理器通过执行储存于存储部的程序来控制可变阻尼器6的阻尼力。

[0065] ECU31通过串行通信从CAN8读取车辆驾驶信息。ECU31通过来自簧上加速度传感器9A~9C的检测信号读取簧上加速度传感器值(簧上加速度)。ECU31通过来自簧下加速度传感器10A、10B的检测信号读取簧下加速度传感器值(簧下加速度)。ECU31基于车辆驾驶信息、簧上加速度、簧下加速度来计算目标阻尼力等。ECU31将基于目标阻尼力的控制指令向可变阻尼器6输出,控制可变阻尼器6的产生力(阻尼力)。

[0066] ECU31构成检测簧上加速度传感器9A~9C、簧下加速度传感器10A、10B的异常的传感器异常检测装置。ECU31与第一实施方式的ECU21同样地具备CAN输入部22、簧上加速度输入部23A~23C、簧下加速度输入部24A、24B。

[0067] ECU31通过执行储存于存储部的程序来检测簧上加速度传感器9A~9C、簧下加速度传感器10A、10B的异常。ECU31从CAN8取得车辆驾驶信息所包含的车速。ECU31基于来自3个簧上加速度传感器9A~9C的检测信号,取得各自的簧上加速度传感器值(簧上加速度)。ECU31基于来自两个簧下加速度传感器10A、10B的检测信号,取得各自的簧下加速度传感器值(簧下加速度)。

[0068] ECU31在车速相比成为第二速度的第二阈值V21降低的条件下,对3个簧上加速度传感器值中的任意两个簧上加速度传感器值的振动等级进行比较。ECU31例如具备第二判断部32,该第二判断部32在簧上加速度传感器9A的簧上加速度传感器值的振动等级比第二变动幅度R21大且比簧上加速度传感器9B的簧上加速度传感器值的振动等级大的情况下,判断为簧上加速度传感器9A成为异常的状态,簧上加速度传感器值异常地振动。

[0069] 此时,在传感器异常的判定条件中加入车速是因为在行驶中由路面输入引起的振动被传感器检测到,因此无法判别传感器值的振动是由路面输入引起的还是由传感器异常振动引起的。即,第二判断部32使用车辆的停止状态或者与其接近的状态的簧上加速度传感器值的振动来检测簧上加速度传感器值的异常。因此,第二阈值V21是车辆停止,簧上加速度传感器值的振动等级充分变小的速度。第二阈值V21例如设定为0.5km/h~1km/h的范围内的值。具体而言,第二阈值V21例如根据簧上加速度传感器9A~9C的特性、输出检测信号的电路等车轮速度传感器的分辨率而适当设定。

[0070] 第二变动幅度R21例如被设定为比停止中的正常的簧上加速度传感器值的振动等级大的值,比异常状态的簧上加速度传感器值的振动等级小的值。具体而言,第二变动幅度R21被设定为相对于停止中的正常的簧上加速度传感器值的振动等级的2倍~3倍左右的值。第二变动幅度R21考虑簧上加速度传感器9A~9C的特性、噪声的信号电平等而适当设定。

[0071] 同样地,ECU31在车速相比成为第二速度的第二阈值V22降低的条件下,对两个簧下加速度传感器值的振动等级进行比较。ECU31例如具备第二判断部33,该第二判断部33在簧下加速度传感器10A的簧下加速度传感器值的振动等级比第二变动幅度R22大且比簧下加速度传感器10B的簧下加速度传感器值的振动等级大的情况下,判断为簧下加速度传感器10A成为异常的状态,簧下加速度传感器值异常地振动。

[0072] 此时,第二阈值V22是车辆停止,簧上加速度传感器值的振动等级充分变小的速度。第二阈值V22例如根据簧下加速度传感器10A、10B的特性、输出检测信号的电路等车轮速度传感器的分辨率而适当设定。第二阈值V22既可以是与第二阈值V21相同的值,也可以是不同的值。

[0073] 另外,第二变动幅度R22例如被设定为比停止中的正常的簧下加速度传感器值的振动等级大的值且比异常状态的簧下加速度传感器值的振动等级小的值。具体而言,第二变动幅度R22考虑簧下加速度传感器10A、10B的特性、噪声的信号电平等而适当设定。第二变动幅度R22可以是与第二变动幅度R21相同的值,也可以是不同的值。

[0074] 在此,参照图5对由ECU31进行的传感器的异常检测处理进行说明。

[0075] ECU31读出储存于存储部的程序,执行传感器的异常检测处理。在此,以进行簧上加速度传感器9A~9C的异常检测的第二判断部32为例进行说明,但进行簧下加速度传感器10A、10B的异常检测的第二判断部33也同样。

[0076] ECU31从CAN8接收CAN信号,并且读取3个簧上加速度传感器9A~9C的检测信号。ECU31从CAN信号取得车辆驾驶信息所包含的车速。ECU31基于3个簧上加速度传感器9A~9C的检测信号,取得3个簧上加速度传感器值(簧上加速度)。

[0077] ECU31判定簧上加速度传感器值(输出电压值)是否为正常范围内的值。在3个簧上加速度传感器值均在正常范围内的情况下,ECU31执行第二判断部32的处理。与此相对,在至少一个簧上加速度传感器值在正常范围外的情况下,ECU31执行传感器异常处理。在传感器异常处理中,例如判定为输出了正常范围外的簧上加速度传感器值的簧上加速度传感器(例如,簧上加速度传感器9A)存在异常,使异常检测计数器的计数增加。若异常检测计数器的计数达到规定值,则ECU31输出错误信号,通知相应的簧上加速度传感器存在异常。

[0078] 第二判断部32判定车速是否相比第二阈值V21降低。在车速比第二阈值V21高(大)的情况下,有可能由传感器检测到由行驶中的路面输入引起的振动,第二判断部32无法进行基于振动等级的异常检测。因此,在车速比第二阈值V21高的情况下,第二判断部32不进行簧上加速度传感器值的振动等级的判定而返回。

[0079] 与此相对,在车速为第二阈值V21以下的情况下,第二判断部32判定簧上加速度传感器值的振动等级是否正常。具体而言,第二判断部32选择3个簧上加速度传感器值中的任意两个簧上加速度传感器值。第二判断部32将它们中的一方的簧上加速度传感器值与另一方的簧上加速度传感器值进行比较。第二判断部32对全部的簧上加速度传感器值进行这样的比较处理。

[0080] 此时,第二判断部32判定一方的簧上加速度传感器值的变动幅度(振动等级)是否比第二变动幅度R21大且相比另一方的簧上加速度传感器值变动幅度(振动等级)是否较大。

[0081] 在一方的簧上加速度传感器值的变动幅度(振动等级)比第二变动幅度R21大且相比另一方的簧上加速度传感器值变动幅度(振动等级)大时,认为与一方的簧上加速度传感器值对应的簧上加速度传感器(例如,簧上加速度传感器9A)存在异常。因此,第二判断部32执行前述的传感器异常处理。

[0082] 与此相对,在一方的簧上加速度传感器值的变动幅度(振动等级)比第二变动幅度R21小时,或者在一方的簧上加速度传感器值的变动幅度(振动等级)相比另一方的簧上加

速度传感器值变动幅度(振动等级)小时,无法检测一方的簧上加速度传感器值的异常。因此,为了检测剩余的簧上加速度传感器值的异常,对剩余的簧上加速度传感器值也进行同样的比较处理。在全部的簧上加速度传感器值的异常未被检测到时,第二判断部32判定为全部的簧上加速度传感器值的振动等级正常,并返回。

[0083] 第二实施方式的ECU31具有如上所述的结构。接着,作为由ECU31进行的传感器的异常检测的一例,以检测到簧上加速度传感器的异常时的动作为例,参照图6进行说明。

[0084] 如图6所示,当车速相比第二阈值V21降低时,ECU31判定簧上加速度传感器值的振动等级是否在正常范围。此时,簧上加速度传感器9B、9C的簧上加速度传感器值的振动等级大致为零,比第二变动幅度R21小。因此,认为输出这两个簧上加速度传感器值的簧上加速度传感器9B、9C正常。另一方面,簧上加速度传感器9A的簧上加速度传感器值的振动等级比第二变动幅度R21大。除此之外,簧上加速度传感器9A的簧上加速度传感器值的振动等级与簧上加速度传感器9B、9C的簧上加速度传感器值的任一个的振动等级相比均为较大的值。因此,认为输出该簧上加速度传感器值的簧上加速度传感器9A异常。因此,ECU31判定为簧上加速度传感器9A存在异常,使异常检测计数器的计数增加。当异常检测计数器的计数达到规定值时,ECU31输出错误信号,通知簧上加速度传感器9A存在异常。

[0085] 这样,在这样构成的第二实施方式中,也能够得到与第一实施方式同样的作用效果。另外,第二实施方式的ECU31具备第二判断部32,该第二判断部32判断CAN输入部22的行驶速度(车速)是否为第二阈值V21(第二速度)以下、且作为第一传感器输入部的簧上加速度输入部(例如,簧上加速度输入部23A)的簧上加速度传感器值(第一传感器输入值)或作为第二传感器输入部的簧上加速度输入部(例如,簧上加速度输入部23B)的簧上加速度传感器值(第二传感器输入值)中的一方的信号变动幅度是否大于第二变动幅度R21且大于另一方的信号变动幅度。

[0086] 因此,例如,即使在车辆为停车状态,簧上加速度传感器值在正常范围内异常振动时,也能够通过在多个簧上加速度传感器值之间比较振动等级(信号变动幅度)来检测簧上加速度传感器值的异常。

[0087] 另外,ECU31具备第二判断部33,该第二判断部33判断CAN输入部22的行驶速度(车速)是否为第二阈值V22(第二速度)以下、且作为第一传感器输入部的簧下加速度输入部(例如,簧下加速度输入部24A)的簧下加速度传感器值(第一传感器输入值)或作为第二传感器输入部的簧下加速度输入部(例如,簧下加速度输入部24B)的簧下加速度传感器值(第二传感器输入值)中的一方的信号变动幅度是否大于第二变动幅度R22且大于另一方的信号变动幅度。

[0088] 因此,例如,即使在车辆为停车状态,簧下加速度传感器值在正常范围内异常振动时,也能够通过在多个簧下加速度传感器值之间比较振动等级(信号变动幅度)来检测簧下加速度传感器值的异常。

[0089] 另外,此外,第二实施方式也可以与第一实施方式组合。即,也可以是,ECU31除了第二判断部32、33之外,还具备第一实施方式的第一判断部25、26。

[0090] 接着,图1、图7至图9表示本发明的第三实施方式。第三实施方式的特征在于,ECU具有:模型估计值计算部,根据车辆模型信息估计车辆行为并求出车辆行为估计值;以及比较判断部,将所述车辆行为估计值与所述第一传感器输入值或所述第二传感器输入值进行

比较。此外,在第三实施方式中,对与前述的第一实施方式相同的结构要素标注相同的附图标记,并省略其说明。

[0091] 第三实施方式的ECU41的输入侧与CAN8、簧上加速度传感器9A~9C、簧下加速度传感器10A、10B等连接,输出侧与可变阻尼器6的阻尼力可变致动器7等连接。ECU41具备作为控制部的处理器和由ROM、RAM、非易失性存储器等构成的存储部(均未图示)。处理器通过执行储存于存储部的程序来控制可变阻尼器6的阻尼力。

[0092] ECU41通过串行通信从CAN8读取车辆驾驶信息。ECU41通过来自簧上加速度传感器9A~9C的检测信号读取簧上加速度传感器值(簧上加速度)。ECU41通过来自簧下加速度传感器10A、10B的检测信号读取簧下加速度传感器值(簧下加速度)。ECU41基于车辆驾驶信息、簧上加速度、簧下加速度来计算目标阻尼力等。ECU41将基于目标阻尼力的控制指令向可变阻尼器6输出,控制可变阻尼器6的产生力(阻尼力)。

[0093] ECU41构成检测簧上加速度传感器9A~9C、簧下加速度传感器10A、10B的异常的传感器异常检测装置。ECU41与第一实施方式的ECU21大致同样地构成。因此,ECU41具备CAN输入部22、簧上加速度输入部23A~23C、簧下加速度输入部24A、24B。

[0094] ECU41通过执行储存于存储部的程序来检测簧上加速度传感器9A~9C、簧下加速度传感器10A、10B的异常。ECU41从CAN8取得车辆驾驶信息所包含的车速。ECU41基于来自3个簧上加速度传感器9A~9C的检测信号,取得各自的簧上加速度传感器值(簧上加速度)。ECU41基于来自两个簧下加速度传感器10A、10B的检测信号,取得各自的簧下加速度传感器值(簧下加速度)。

[0095] ECU41具有:模型估计值计算部42,根据车辆模型信息估计车辆行为并求出车辆行为估计值;以及比较判断部43,将车辆行为估计值所包含的簧上加速度估计值与3个簧上加速度传感器值进行比较。

[0096] 模型估计值计算部42例如使用单一车轮的1/4车辆模型,基于各轮的簧下加速度和路面输入来估计簧上加速度。此时,ECU41例如基于簧下加速度传感器10A、10B的检测信号,取得前轮的簧下加速度。ECU41例如基于簧下加速度传感器10A、10B的检测信号和车速,取得后轮的簧下加速度。ECU41例如基于车辆驾驶信息等从CAN8取得路面输入。

[0097] 另外,模型估计值计算部42例如使用单一车轮的1/4车辆模型,基于各轮的簧上加速度和路面输入来估计簧下加速度。此外,车辆模型不限于1/4车辆模型,可以是左右一组或前后一组的两轮模型,也可以是四轮车辆模型。

[0098] 比较判断部43基于簧上加速度传感器值的最大和最小的峰值(peak-to-peak value:峰峰值),取得簧上加速度传感器9A~9C的簧上加速度传感器值的振动等级。比较判断部43运算簧上加速度传感器9A~9C的簧上加速度传感器值的振动等级与基于模型估计值计算部42的簧上加速度估计值的振动等级的差分。比较判断部43在这些振动等级的差分的绝对值成为规定值以上的状态持续了一定时间时,判断为对应的簧上加速度传感器值存在异常。

[0099] 由此,比较判断部43例如在尽管簧上加速度传感器9B、9C的簧上加速度传感器值的振动等级大于第一变动幅度R11(一定值),但簧上加速度传感器9A的簧上加速度传感器值与基于模型估计值计算部42的簧上加速度估计值之差较大的情况下,判断为簧上加速度传感器9A的簧上加速度传感器值固定。另外,比较判断部43例如在尽管簧上加速度传感器

9B、9C的簧上加速度传感器值的振动等级小于第二变动幅度R21(一定值),但簧上加速度传感器9A的簧上加速度传感器值与基于模型估计值计算部42的簧上加速度估计值之差较大的情况下,判断为簧上加速度传感器9A的簧上加速度传感器值异常振动。

[0100] 此时,判定振动等级是否适当的规定值被适当地设定为以基于模型估计值计算部42的簧上加速度估计值的振动等级为基准,考虑了噪声等的余量(margin)的值。具体而言,规定值被设定为基于簧上加速度估计值的振动等级的1/3左右的值。另外,考虑误检测的抑制效果等,基于使用了实际的车辆的实验等适当地设定判定振动等级是否适当的一定时间。

[0101] 除此之外,ECU41具有比较判断部44,该比较判断部44将车辆行为估计值中包含的簧下加速度估计值与两个簧下加速度传感器值进行比较。比较判断部44基于簧下加速度传感器值的最大和最小的峰值(peak-to-peak value:峰峰值),取得簧下加速度传感器10A、10B的簧下加速度传感器值的振动等级。比较判断部44运算簧下加速度传感器10A、10B的簧下加速度传感器值的振动等级与基于模型估计值计算部42的簧下加速度估计值的振动等级的差分。比较判断部44在这些振动等级的差分的绝对值成为规定值以上的状态持续了一定时间时,判断为对应的簧下加速度传感器值存在异常。

[0102] 由此,比较判断部44例如在尽管簧下加速度传感器10B的簧下加速度传感器值的振动等级比第一变动幅度R12(一定值)大但簧下加速度传感器10A的簧下加速度传感器值与基于模型估计值计算部42的簧下加速度估计值之差较大的情况下,判断为簧下加速度传感器10A的簧下加速度传感器值固定。另外,比较判断部44例如在尽管簧下加速度传感器10B的簧下加速度传感器值的振动等级比第二变动幅度R22(一定值)小但簧下加速度传感器10A的簧下加速度传感器值与基于模型估计值计算部42的簧下加速度估计值之差较大的情况下,判断为簧下加速度传感器10A的簧下加速度传感器值异常地振动。

[0103] 第三实施方式的ECU41具有如上所述的结构。接下来,作为由ECU41进行的传感器的异常检测的一例,以检测到簧上加速度传感器的异常时的动作为例,参照图8以及图9进行说明。

[0104] 如图8所示,当任一个簧上加速度传感器(例如,簧上加速度传感器9B、9C)的簧上加速度传感器值的振动等级大于第一变动幅度R11时,ECU41运算簧上加速度传感器9A~9C的簧上加速度传感器值的振动等级与基于模型估计值计算部42的簧上加速度估计值的振动等级的差分。此时,ECU41在振动等级的差分的绝对值成为规定值以上的状态持续了一定时间时,判定为与该簧上加速度传感器值对应的簧上加速度传感器(例如,簧上加速度传感器9A)的簧上加速度传感器值固定,使异常检测计数器的计数增加。若异常检测计数器的计数达到规定值,则ECU41输出错误信号,通知相应的簧上加速度传感器存在异常。

[0105] 如图9所示,当任一个簧上加速度传感器(例如,簧上加速度传感器9B、9C)的簧上加速度传感器值的振动等级比第二变动幅度R21小时,ECU41运算簧上加速度传感器9A~9C的簧上加速度传感器值的振动等级与基于模型估计值计算部42的簧上加速度估计值的振动等级的差分。此时,ECU41在振动等级的差分的绝对值成为规定值以上的状态持续了一定时间时,判定为与该簧上加速度传感器值对应的簧上加速度传感器(例如,簧上加速度传感器9A)的簧上加速度传感器值异常地振动,使异常检测计数器的计数增加。若异常检测计数器的计数达到规定值,则ECU41输出错误信号,通知相应的簧上加速度传感器存在异常。

[0106] 这样,在这样构成的第三实施方式中,也能够得到与第一实施方式同样的作用效果。另外,第三实施方式的ECU41在尽管任一个簧上加速度传感器(例如,簧上加速度传感器9B、9C)的簧上加速度传感器值的振动等级超过一定值,但其他簧上加速度传感器(例如,簧上加速度传感器9A)的输出与模型估计值计算部42的输出之差较大的情况下,能够判断为对应的簧上加速度传感器值固定。

[0107] 另外,ECU41在尽管任一个簧上加速度传感器(例如,簧上加速度传感器9B、9C)的簧上加速度传感器值的振动等级非常小,但其他簧上加速度传感器(例如,簧上加速度传感器9A)的输出与模型估计值计算部42的输出之差较大的情况下,能够判断为对应的簧上加速度传感器值异常振动。

[0108] 另外,ECU41在尽管一方的簧下加速度传感器(例如,簧下加速度传感器10B)的簧下加速度传感器值的振动等级超过一定值,但另一方的簧下加速度传感器(例如,簧下加速度传感器10A)的输出与模型估计值计算部42的输出之差较大的情况下,能够判断为对应的簧下加速度传感器值固定。

[0109] 另外,ECU41在尽管一方的簧下加速度传感器(例如,簧下加速度传感器10B)的簧下加速度传感器值的振动等级非常小,但另一方的簧下加速度传感器(例如,簧下加速度传感器10A)的输出与模型估计值计算部42的输出之差较大的情况下,能够判断为对应的簧下加速度传感器值异常地振动。

[0110] 此外,第三实施方式的比较判断部43设为了与车速无关地判定簧上加速度传感器9A~9C的输出与模型估计值计算部42的输出之差是否较大,但本发明不限于此。比较判断部43也可以与第一、第二实施方式的第一判断部25、第二判断部32同样地,在车速满足一定条件时,判定簧上加速度传感器9A~9C的输出与模型估计值计算部42的输出之差是否较大。这一点在第三实施方式的比较判断部44中也是同样的。

[0111] 第三实施方式也可以与第一、第二实施方式组合。即,ECU41除了模型估计值计算部42、比较判断部43、44之外,还可以具备第一实施方式的第一判断部25、26,也可以具备第二实施方式的第二判断部32、33。

[0112] 在所述各实施方式中,以检测簧上加速度传感器9A~9C、簧下加速度传感器10A、10B的异常的ECU21、31、41为例进行了说明,但本发明不限于此。ECU进行异常检测的对象只要是搭载于车辆的至少两个传感器即可,例如也可以是各种加速度传感器、车高传感器、陀螺仪传感器。另外,ECU21、31、41控制可变阻尼器6,但本发明不限于此。也可以是,与控制可变阻尼器的ECU分开地,具备检测各种传感器的异常的ECU。

[0113] 在所述各实施方式中,以车速通过CAN信号传输并且行驶速度输入部为CAN输入部22的情况为例进行了说明,但本发明不限于此。例如,在车轮速度传感器与ECU直接连接的情况下,行驶速度输入部也可以是被输入来自车轮速度传感器的车轮速度的车轮速度输入部。

[0114] 在所述各实施方式中,以由作为力产生机构的可变阻尼器6构成半主动悬架的情况为例进行了说明。本发明不限于此,力产生机构也可以构成在车体与车轮之间产生上下方向的力的主动悬架。具体而言,致动器由在车体与车轮之间产生伸长方向或缩小方向的力的电致动器、液压致动器等构成。

[0115] 在所述各实施方式中,以由阻尼力调整式的可变阻尼器6构成在车体1与车轮2之

间产生能够调整的力的致动器(力产生机构)的情况为例进行了说明。本发明不限于此,例如除了液压缓冲器之外,也可以由空气悬架、稳定器(stabilizer)(キネサス)、电磁悬架等构成致动器。

[0116] 在所述各实施方式中,以用于四轮汽车的悬架系统为例进行了说明。但是,本发明不限于此,例如也能够应用于两轮、三轮汽车、或者作业车辆、作为搬运车辆的卡车、公共汽车等。

[0117] 所述各实施方式是例示,能够进行在不同的实施方式中示出的结构的部分的置换或组合。

[0118] 此外,本发明并不限定于上述的实施方式,包括各种变形例。例如,上述的实施方式是为了容易理解地说明本发明而详细说明的,未必限定于具备所说明的全部的结构。另外,能够将某实施方式的结构的一部分置换为其他实施方式的结构,另外,也能够在某实施方式的结构中添加其他实施方式的结构。另外,对于各实施方式的结构的一部分,能够进行其他结构的追加・删除・置换。

[0119] 本申请主张基于2022年12月14日申请的日本专利申请第2022-199480号的优先权。包括2022年12月14日申请的日本专利申请第2022-199480号的说明书、权利要求书、附图以及摘要的全部公开内容通过参照而作为整体引入本申请中。

[0120] 附图标记说明

[0121] 1:车体;2:车轮;4:悬架装置;6:可变阻尼器(阻尼力调整式缓冲器、力产生机构);7:阻尼力可变致动器;8:CAN;9A~9C:簧上加速度传感器;10A、10B:簧下加速度传感器;21、31、41:ECU(传感器异常检测装置);22:CAN输入部(行驶速度输入部);23A~23C:簧上加速度输入部(第一传感器输入部、第二传感器输入部);24A、24B:簧下加速度输入部(第一传感器输入部、第二传感器输入部);25、26:第一判断部;32、33:第二判断部;42:模型估计值计算部;43、44:比较判断部;V11、V12:第一阈值(第一速度);V21、V22:第二阈值(第二速度);R11、R12:第一变动幅度;R21、R22:第二变动幅度。

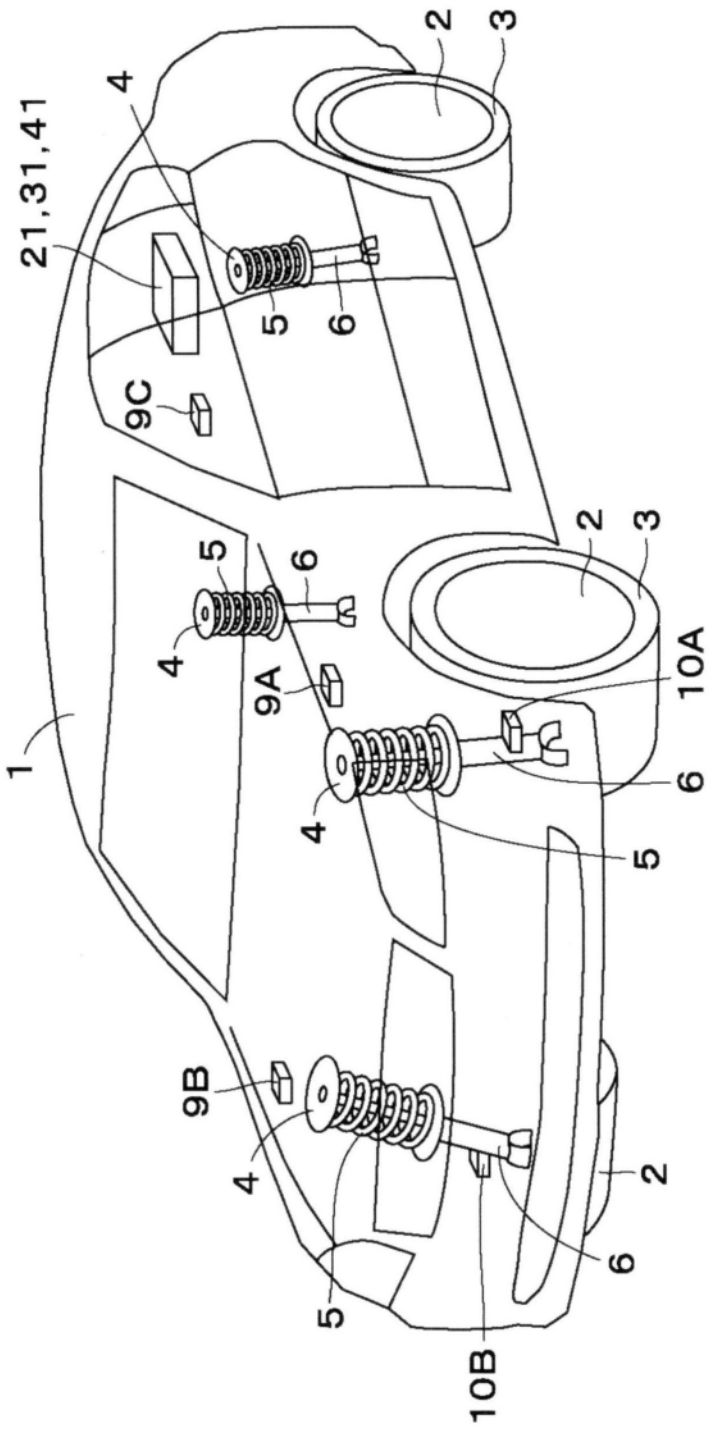


图1

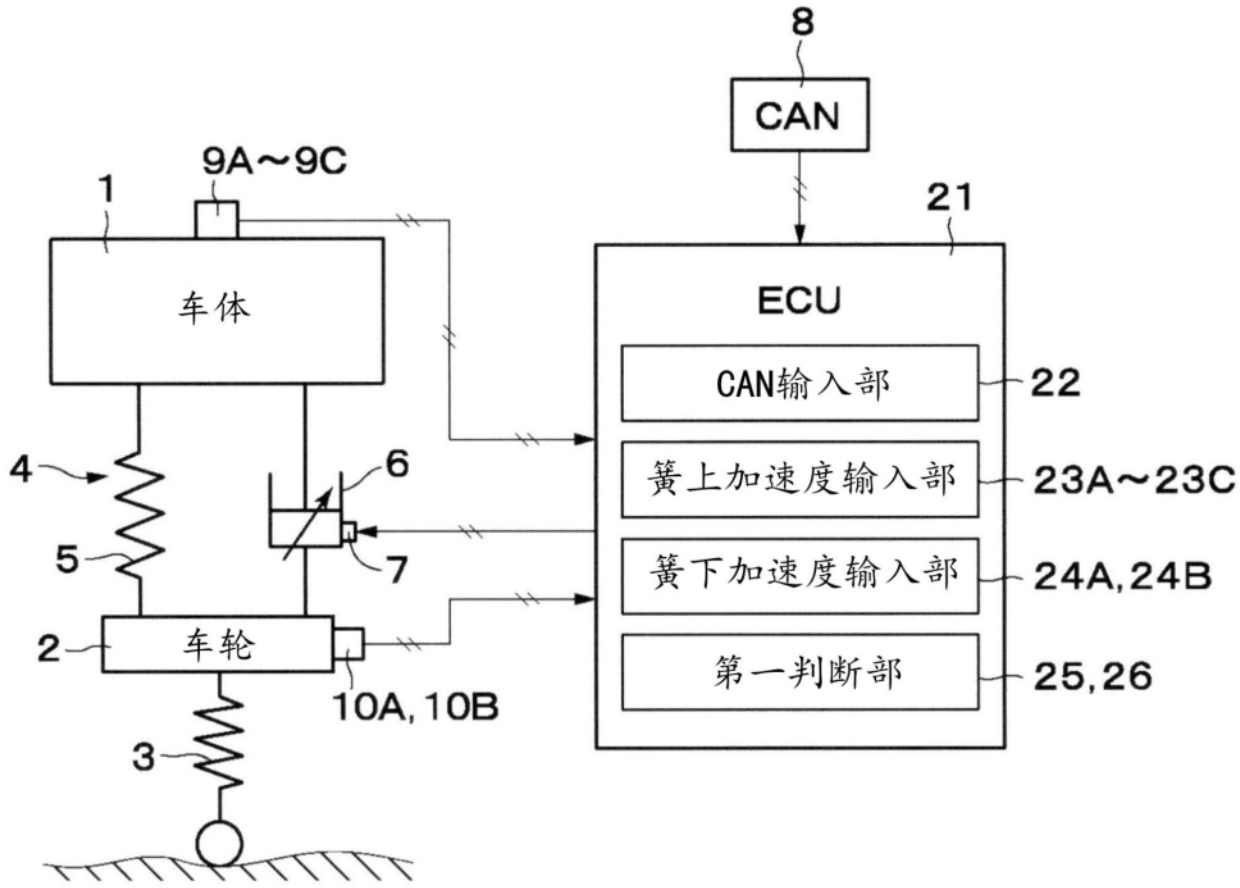

8
CAN
9A～9C
1
21
车体
ECU
CAN输入部
22
簧上加速度输入部
23A～23C
簧下加速度输入部
24A,24B
第一判断部
25,26
4
6
5
7
2
车轮
10A,10B
3

图2

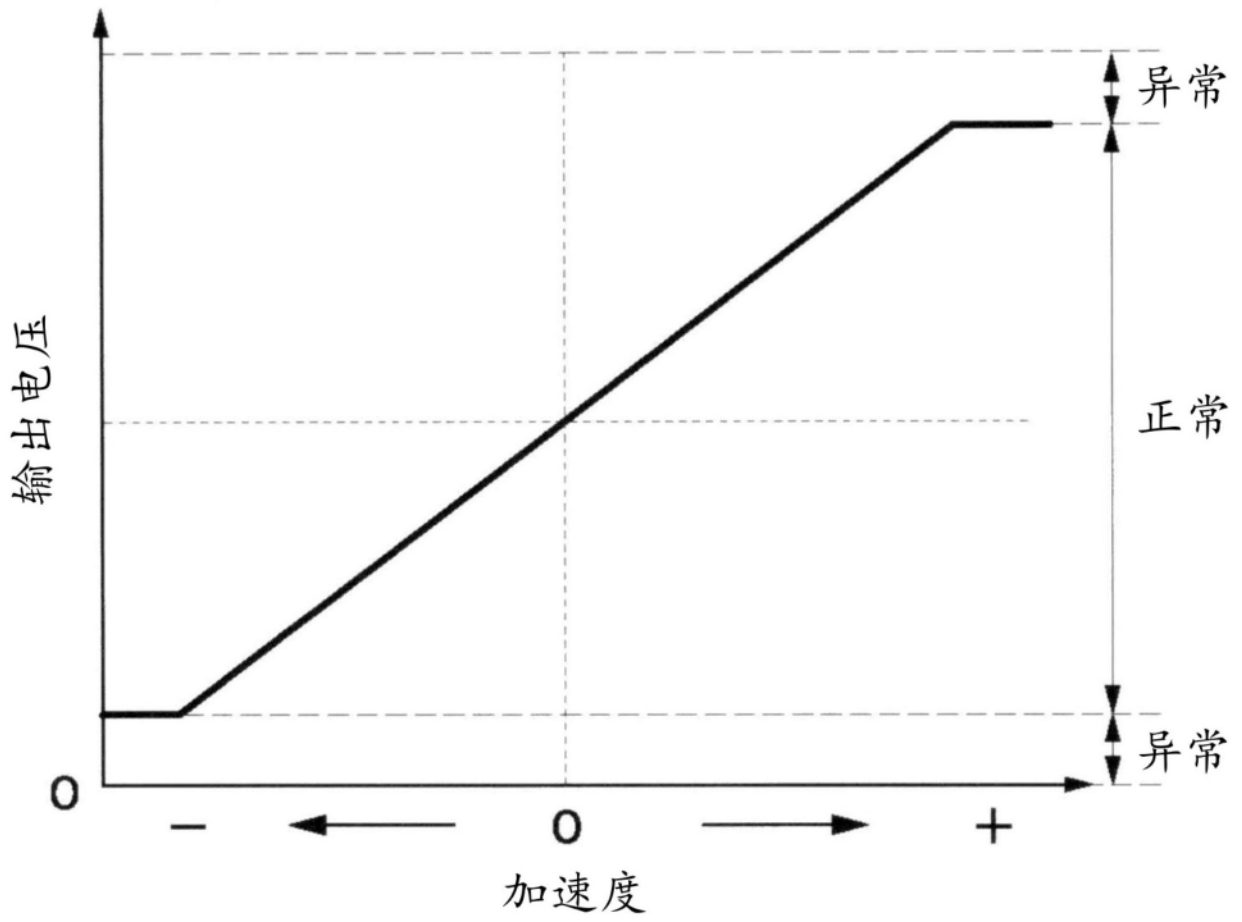


图3

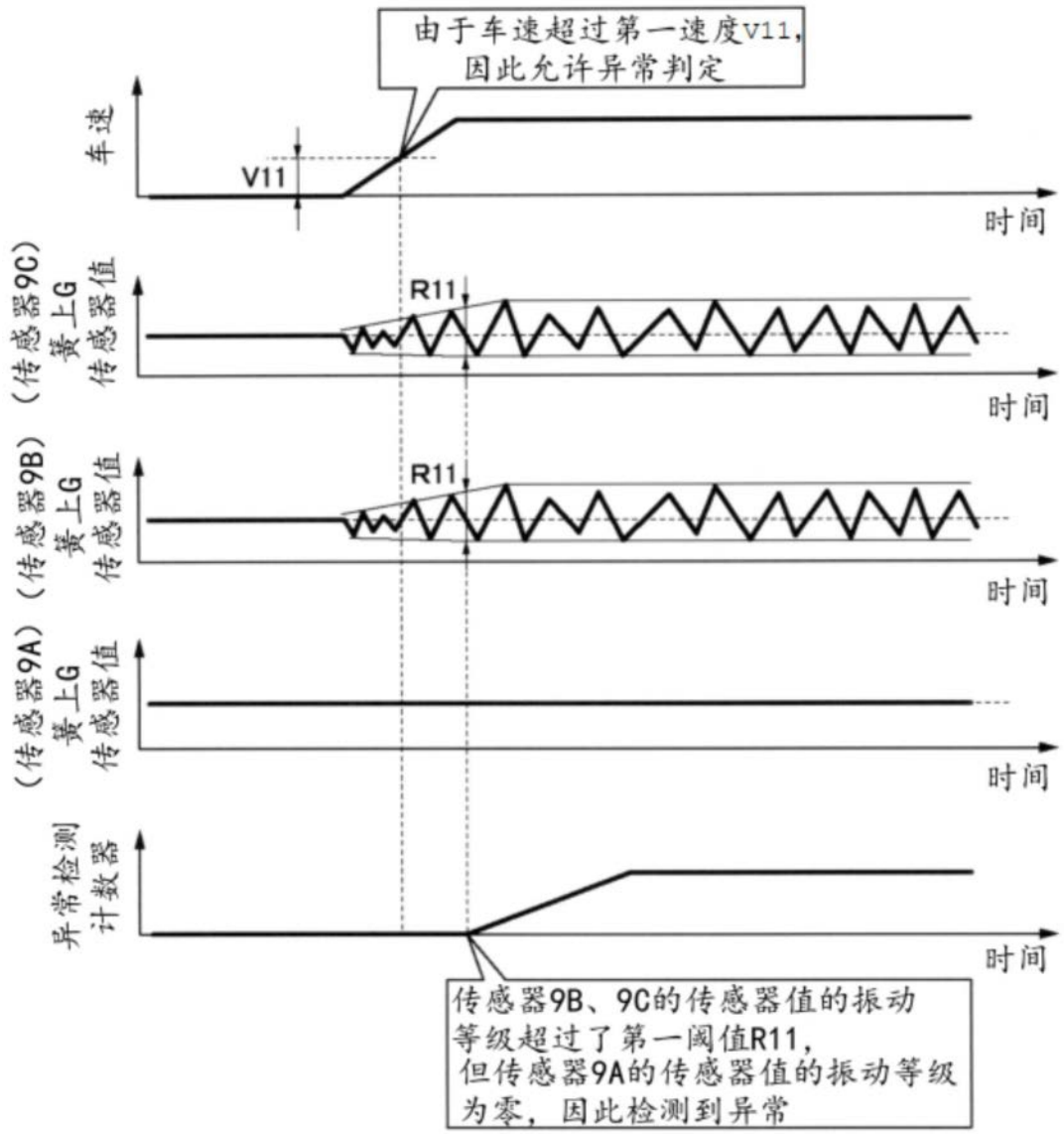

由于车速超过第一速度V11，
因此允许异常判定
车速
V11
时间
（传感器9C）黄上G传感器值
R11
时间
（传感器9B）黄上G传感器值
R11
时间
（传感器9A）黄上G传感器值
时间
异常检测计数器
时间
传感器9B、9C的传感器值的振动等级超过了第一阈值R11，
但传感器9A的传感器值的振动等级为零，因此检测到异常

图4

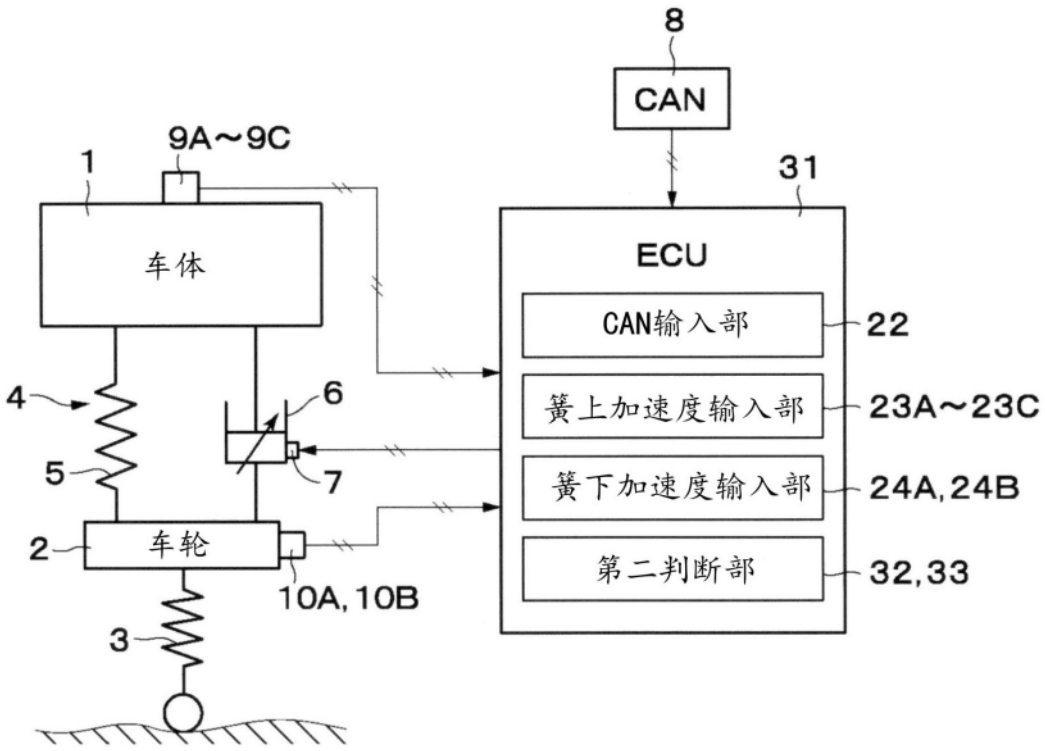

8
CAN
9A～9C
1
31
车体
ECU
CAN输入部
22
4
6
簧上加速度输入部
23A～23C
5
7
簧下加速度输入部
24A,24B
2
车轮
第二判断部
32,33
10A,10B
3

图5

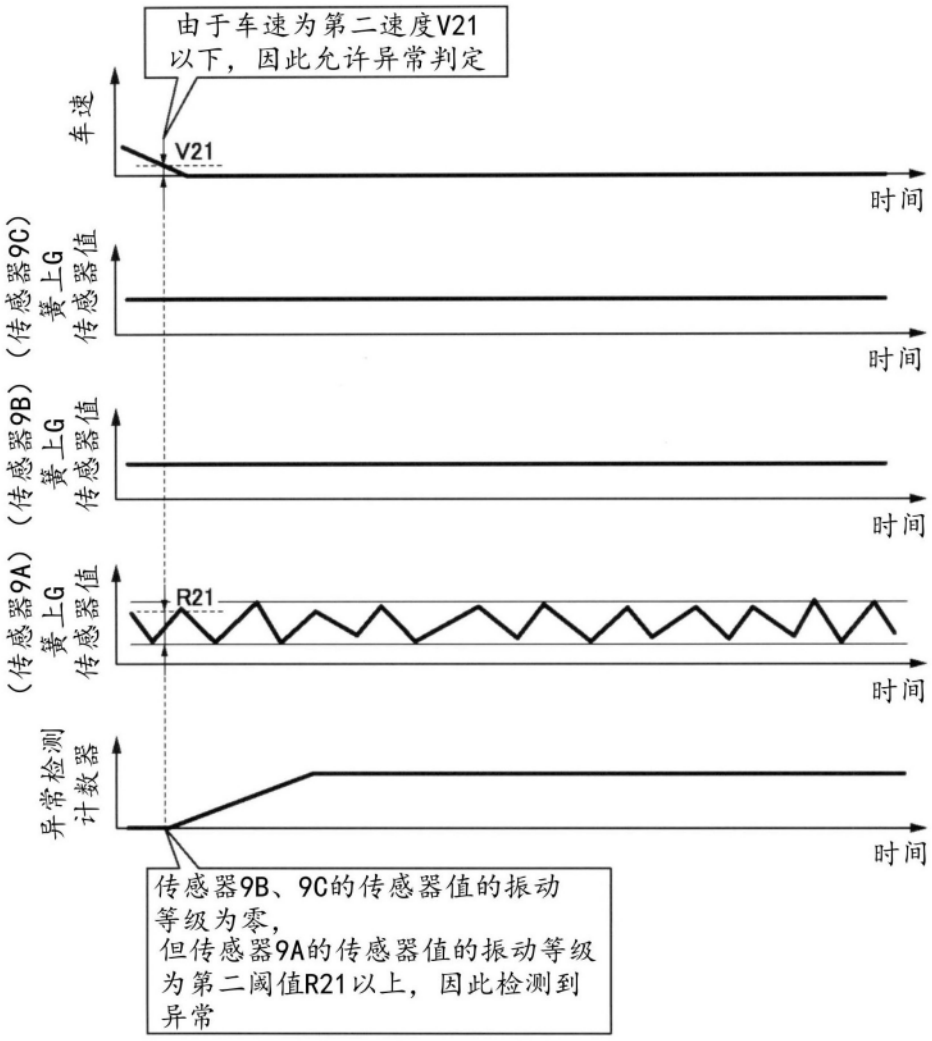

由于车速为第二速度V21
以下，因此允许异常判定
车速
V21
时间
（传感器9C）簧上G传感器值
时间
（传感器9B）簧上G传感器值
时间
（传感器9A）簧上G传感器值
R21
时间
异常检测计数器
时间
传感器9B、9C的传感器值的振动
等级为零，
但传感器9A的传感器值的振动等级
为第二阈值R21以上，因此检测到
异常

图6

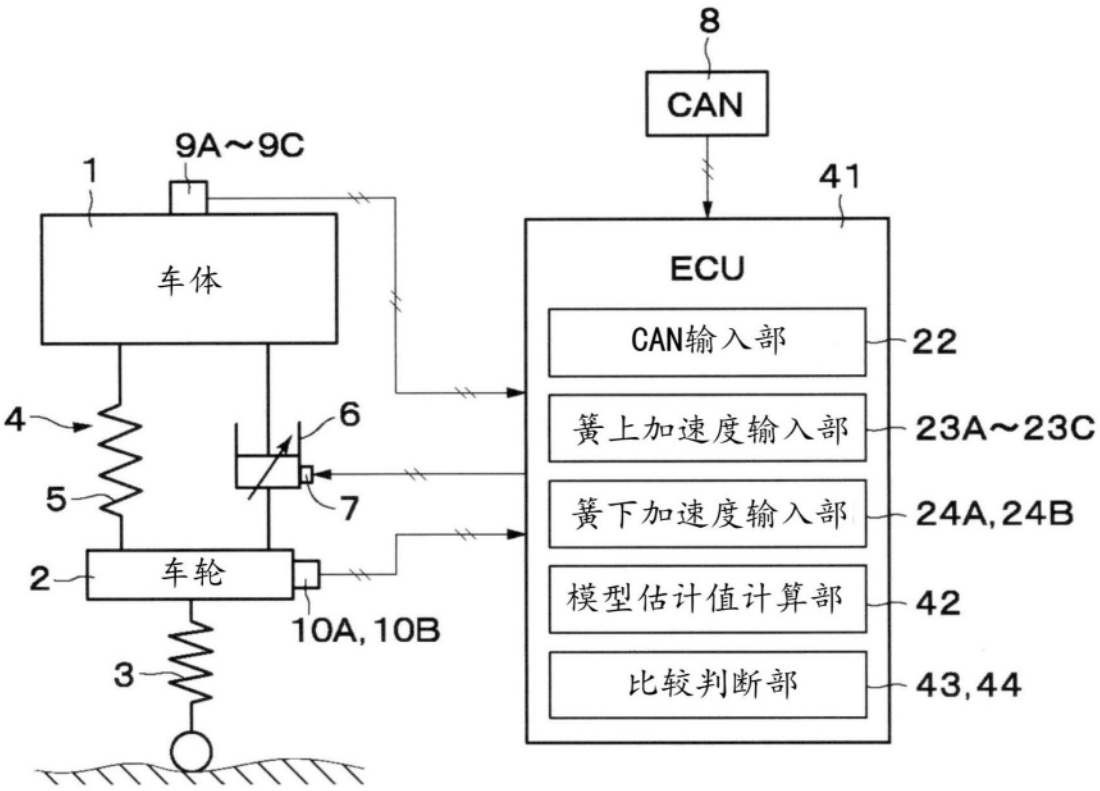

8
CAN
9A～9C
1
41
车体
ECU
CAN输入部
22
簧上加速度输入部
23A～23C
4
6
5
7
簧下加速度输入部
24A,24B
2
车轮
模型估计值计算部
42
10A,10B
3
比较判断部
43,44

图7

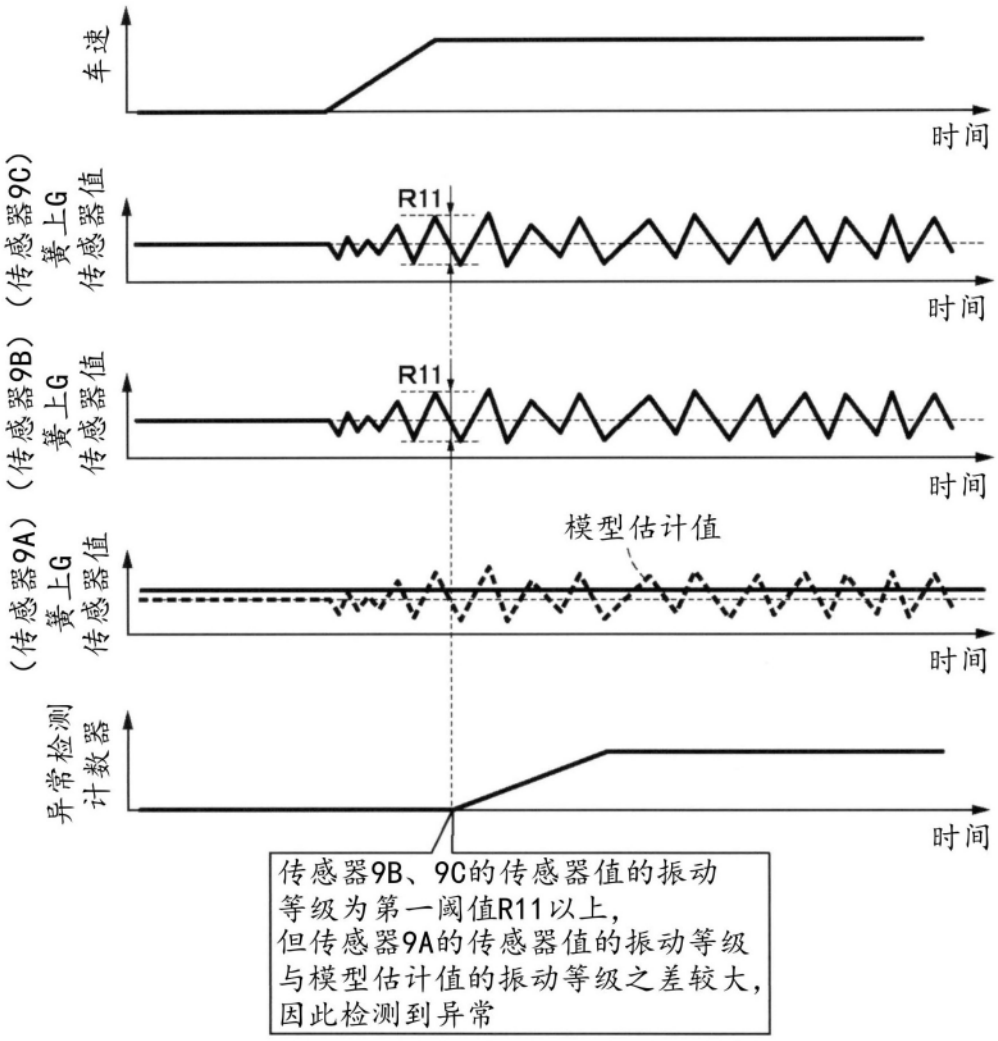

车速
时间
（传感器9C）簧上G传感器值
R11
时间
（传感器9B）簧上G传感器值
R11
时间
（传感器9A）簧上G传感器值
模型估计值
时间
异常检测计数器
时间
传感器9B、9C的传感器值的振动等级为第一阈值R11以上，但传感器9A的传感器值的振动等级与模型估计值的振动等级之差较大，因此检测到异常

图8

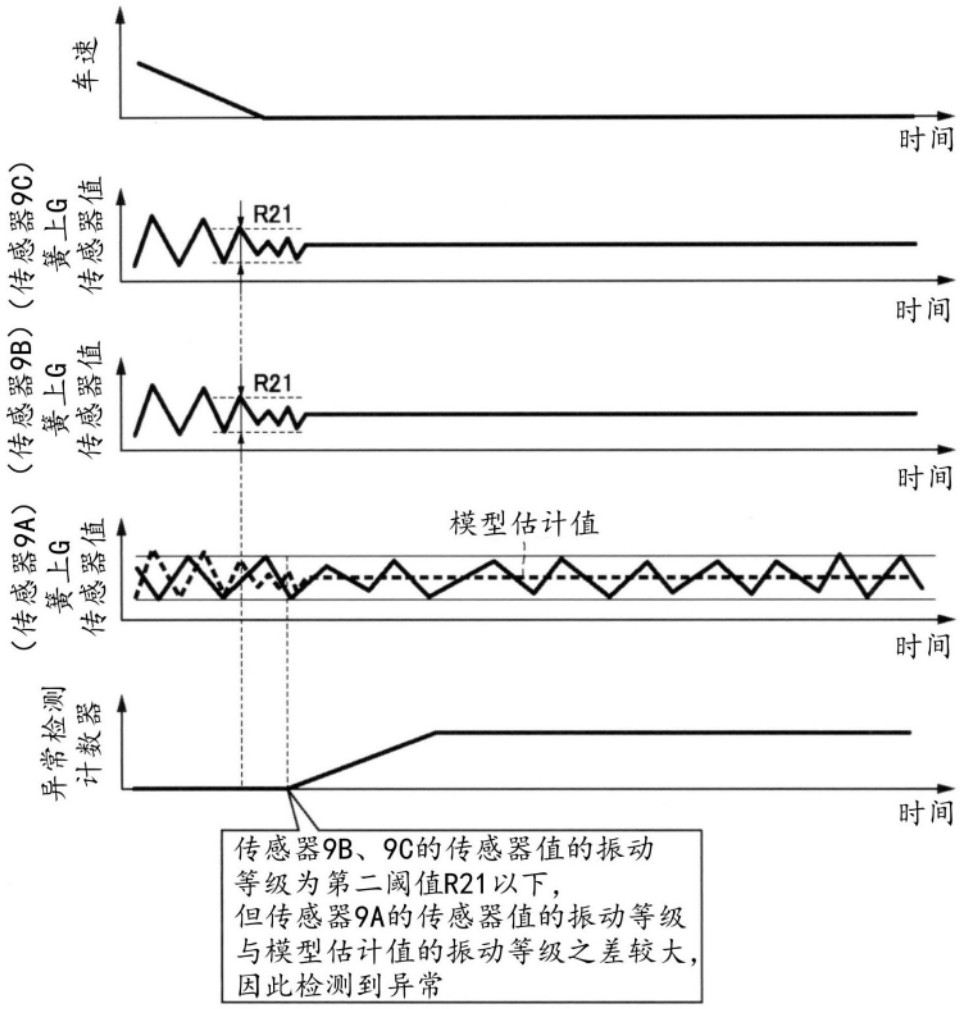

车速
时间
(传感器9C)簧上G传感器值
R21
时间
(传感器9B)簧上G传感器值
R21
时间
(传感器9A)簧上G传感器值
模型估计值
时间
异常检测计数器
时间
传感器9B、9C的传感器值的振动等级为第二阈值R21以下，但传感器9A的传感器值的振动等级与模型估计值的振动等级之差较大，因此检测到异常

图9