



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 120282892 A

(43) 申请公布日 2025. 07. 08

(21) 申请号 202280102240.5

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2022.12.05

B60L 15/20 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2025.05.29

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2022/044692 2022.12.05

(87) PCT国际申请的公布数据
W02024/121887 JA 2024.06.13

(71) 申请人 日产自动车株式会社
地址 日本神奈川县

(72) 发明人 井上裕登 菊池宏信

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105

专利代理师 张劲松

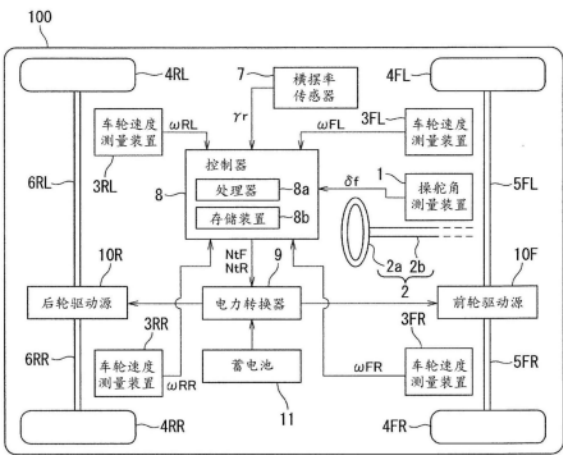
权利要求书1页 说明书10页 附图4页

(54) 发明名称

车辆减振方法及车辆减振装置

(57) 摘要

一种车辆减振方法,减轻能够独立地控制使前轮(4FL、4FR)产生驱动力及制动力的前轮驱动源(10F)和使后轮(4RL、4RR)产生驱动力的后轮驱动源(10R)的车辆(100)的振动,在伴随车辆(100)的转弯的操舵角的时间变化在规定范围内的情况下,通过前轮驱动源(10F)使前轮(4FL、4FR)产生制动力,通过后轮驱动源(10R)使后轮(4RL、4RR)产生抵消前轮(4FL、4FR)产生的制动力的全部或一部分的驱动力。



1. 一种车辆减振方法,减轻能够独立地控制使前轮产生驱动力及制动力的前轮驱动源和使后轮产生驱动力的后轮驱动源的车辆的振动,其特征在于,

在伴随所述车辆的转弯的操舵角的时间变化在规定范围内的情况下,通过所述前轮驱动源使所述前轮产生制动力,

通过所述后轮驱动源使所述后轮产生抵消所述前轮的所述制动力的全部或一部分的驱动力。

2. 如权利要求1所述的车辆减振方法,其特征在于,

使所述前轮产生与所述操舵角的时间微分成比例的所述制动力。

3. 如权利要求1所述的车辆减振方法,其特征在于,

使所述前轮产生与所述操舵角的规定频率分量的大小成比例的所述制动力。

4. 如权利要求1所述的车辆减振方法,其特征在于,

根据所述车辆的速度,至少限制所述制动力。

5. 如权利要求1所述的车辆减振方法,其特征在于,

限制所述制动力的时间变化量的大小。

6. 如权利要求1所述的车辆减振方法,其特征在于,

在所述操舵角的变化方向与所述车辆的转弯方向不同的情况下,至少限制所述制动力。

7. 如权利要求1所述的车辆减振方法,其特征在于,

在所述前轮与所述后轮之间的转速差超过第一阈值的情况下,至少限制所述制动力。

8. 如权利要求1所述的车辆减振方法,其特征在于,

在右轮与左轮之间的转速差超过第二阈值的情况下,至少限制所述制动力。

9. 如权利要求1所述的车辆减振方法,其特征在于,

在基于至少所述操舵角计算出的横摆率与由传感器检测出的横摆率之间的差值超过第三阈值的情况下,至少限制所述制动力。

10. 一种车辆减振装置,减轻车辆的振动,其特征在于,具备:

前轮驱动源,其使前轮产生驱动力及制动力;

后轮驱动源,其与使所述前轮产生的驱动力及制动力独立而使后轮产生驱动力;

控制器,其执行如下处理:在伴随所述车辆的转弯的操舵角的时间变化在规定范围内的情况下,通过所述前轮驱动源使所述前轮产生制动力的处理;通过所述后轮驱动源使所述后轮产生抵消所述前轮的所述制动力的全部或一部分的驱动力的处理。

车辆减振方法及车辆减振装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种车辆减振方法及车辆减振装置。

背景技术

[0002] 在下述专利文献1中记载了通过使右前轮、左前轮、右后轮及左后轮独立地产生驱动扭矩来抑制车身的侧倾的技术。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1：日本特开2005-312190号公报

[0006] 本发明要解决的课题

[0007] 但是，独立地控制右前轮、左前轮、右后轮及左后轮的结构存在因部件数量的增加而导致重量增加以及成本增加的问题。

发明内容

[0008] 本发明的目的在于通过前轮扭矩的控制来减轻车辆在横摆方向上的振动。

[0009] 根据本发明的一方式，提供一种车辆减振方法，减轻能够独立地控制使前轮产生驱动力及制动力的前轮驱动源和使后轮产生驱动力的后轮驱动源的车辆的振动。在车辆减振方法中，在伴随车辆的转弯的操舵角的时间变化在规定范围内的情况下，通过前轮驱动源使前轮产生制动力，通过后轮驱动源使后轮产生抵消前轮的制动力的全部或一部分的驱动力。

[0010] 发明效果

[0011] 根据本发明，通过前轮扭矩的控制，能够减轻车辆的横摆方向上的振动。

[0012] 本发明的目的和优点将利用权利要求的范围所示的元件及其组合体现并实现。以上一般性的描述和以下详细的描述都仅是示例以及说明，不应被理解为是如权利要求的范围那样限制本发明。

附图说明

[0013] 图1是具备实施方式的车辆减振装置的车辆的概略结构图。

[0014] 图2是控制器的功能结构例的块图。

[0015] 图3是限制系数运算部的功能结构例的块图。

[0016] 图4(a) ~ (d) 是限制系数的设定例的说明图。

[0017] 图5是目标扭矩确定部的功能结构例的块图。

[0018] 图6(a) 是车身坐标系和前轮坐标系的示意图，(b) 是前轮制动力和后轮驱动力的示意图。

[0019] 图7是模拟结果的示意图。

[0020] 图8是实施方式的车辆减振方法的一例的流程图。

具体实施方式

[0021] (构成)

[0022] 图1是具备实施方式的车辆减振装置的车辆的概略结构图。车辆100具备:操舵角测量装置1、操舵装置2、车轮速度测量装置3FR、3FL、3RR及3RL、右前轮4FR、左前轮4FL、右后轮4RR及左后轮4RL、前轮驱动轴5FR及5FL、后轮驱动轴6RR及6RL、横摆率传感器7、控制器8、电力转换器9、前轮驱动源10F、后轮驱动源10R、蓄电池11。另外,在以下的说明中,有时将右前轮4FR及左前轮4FL统称为“前轮4F”,将右后轮4RR及左后轮4RL统称为“后轮4R”。

[0023] 操舵角测量装置1测量对用于变更车辆100的行驶方向的转舵轮(即前轮4F)进行转舵的方向盘2a的操舵角 δf 并输出给控制器8。

[0024] 在以下的说明中,将对车辆100的驾驶者操作的方向盘2a的旋转角度 δf 相对于前轮4F的转舵角 θ 之比 $G_{str} = \delta f / \theta$ 表示为“转向齿轮比”。在方向盘2a与前轮4F机械分离的线控转向系统中,能够对转向齿轮比 G_{str} 进行可变控制,例如根据操舵角 δf 和车辆100的状态确定转向齿轮比 G_{str} 。操舵角测量装置1也可以测量前轮4F的转舵角 θ 来代替方向盘2a的操舵角 δf 。在这种情况下,在后述的说明中,可将操舵角 δf 置换为 $G_{str} \times$ 转舵角 θ 。

[0025] 另外,在车辆100中搭载有对前轮4F的转舵角 θ 进行自动控制的操舵辅助系统的情况下,操舵角测量装置1也可以获取操舵辅助系统生成的操舵角 δf 以及转舵角 θ 的指令值来代替操舵角 δf 以及转舵角 θ 的测量值。

[0026] 另外,操舵角测量装置1获取的物理量的单位不限于角度,也可以检测操舵角 δf 、转舵角 θ 的时间一阶微分即角速度、时间二阶微分即角加速度。

[0027] 操舵装置2由方向盘2a、与其连接的转向器轴2b、能够使前轮4F相对于车辆100的角度变化的操舵机构(未图示)构成。操舵角测量装置1与操舵装置2连接,测量伴随着驾驶员对方向盘2a的旋转操作的转向器轴2b的角度的变化。在普通车辆中,转向器轴2b的旋转通过操舵装置转换为前轮4F相对于车辆100的角度变化。另一方面,在线控转向系统中,也可以省略转向器轴。

[0028] 车轮速度测量装置3FR、3FL、3RR及3RL(以下有时统称为“车轮速度测量装置3”)分别测量右前轮4FR、左前轮4FL、右后轮4RR及左后轮4RL的车轮速度 ω_{FR} 、 ω_{FL} 、 ω_{RR} 及 ω_{RL} 并输出给控制器8。前轮驱动轴5FR及5FL分别设置在与右前轮4FR及左前轮4FL对应的位置,将前轮驱动源10F产生的驱动力及制动力传递到右前轮4FR及左前轮4FL。使前轮驱动轴5FR及5FL与前轮4F之间具有旋转自由度,能够利用操舵装置2变更前轮4F的转舵角 θ 。后轮驱动轴6RR及6RL分别设置在与右后轮4RR及左后轮4RL对应的位置,将后轮驱动源10R产生的驱动力及制动力传递给右后轮4RR及左后轮4RL。在能够进行后轮操舵的车辆的情况下,使后轮4R与后轮驱动轴6RR及6RL之间具有旋转自由度,能够变更后轮4R的转舵角。

[0029] 横摆率传感器7固定在车辆100中刚性较高且靠近重心的位置,测量车辆100的横摆角的时间变化率即横摆率 γ_r 并输出给控制器8。

[0030] 控制器8是独立地控制使前轮4F产生的驱动力及制动力和使后轮4R产生的驱动力及制动力的电子控制单元(ECU:Electronic Control Unit)。控制器8包含处理器8a和存储装置8b等周边部件。处理器8a例如可以是CPU(Central Processing Unit)以及MPU(Micro-Processing Unit)。存储装置8b可以具备半导体存储装置、磁存储装置、光学存储装置等。以下说明的控制器8的功能例如可以通过使处理器8a执行在存储装置8b中所存储的计算机

程序来实现。

[0031] 控制器8基于分别从操舵角测量装置1、车轮速度测量装置3、横摆率传感器7获取的操舵角 δf 、车轮速度 ω_{FR} 、 ω_{FL} 、 ω_{RR} 及 ω_{RL} 、横摆率 γ_r ,确定前轮驱动源10F及后轮驱动源10R的目标产生扭矩,并输出给电力转换器9。

[0032] 电力转换器9将从与电力转换器9电连接的蓄电池11供给的电力转换成向前轮驱动源10F及后轮驱动源10R供给的电力,以实现来自控制器8指示的目标产生扭矩。另外,将前轮驱动源10F及后轮驱动源10R用作发电机,通过该电力转换器9向蓄电池11供给再生电力而进行充电。在图1中,对前轮驱动源10F及后轮驱动源10R表示了单一的电力转换器9,但是电力转换器9能够独立地供给电力,以使前轮驱动源10F及后轮驱动源10R能够独立地产生制动力和驱动力。

[0033] 前轮驱动源10F及后轮驱动源10R分别使前轮4F及后轮4R产生驱动力及制动力。例如,前轮驱动源10F及后轮驱动源10R也可以分别具备电动机和与其旋转轴连接的减速器。电动机与电力转换器9连接,并将从电力转换器9供给的电力转换为电动机的转子的旋转力。或者,将电动机用作发电机,从旋转力提取出电力并用于蓄电池11的充电。减速器通过在转子与前轮驱动轴5FR及5FL、后轮驱动轴6RR及6RL之间变换转速,将在转子产生的扭矩变换为前轮驱动轴5FR及5FL、后轮驱动轴6RR及6RL的驱动扭矩、制动扭矩。另外,前轮驱动源10F和/或后轮驱动源10R的动力源不限于电动机,例如也可以是内燃机。

[0034] 图2是控制器8的功能结构例的块图。控制器8具备:频率分量提取部20、车速运算部21、目标扭矩运算部22、限制系数运算部23及目标扭矩确定部24。

[0035] 频率分量提取部20提取操舵角 δf 的频率分量FC。例如,频率分量提取部20可以计算出操舵角 δf 的时间微分值 $\alpha f = d\delta f/dt$,并通过对时间微分值 αf 实施低通滤波器来提取出频率分量FC。低通滤波器的目的是抑制输入信号中包含的高频噪声分量通过微分处理被放大。可以将低通滤波器处理的截止频率 f_{c1} 设定为能够充分去除高频噪声且不影响横摆谐振频率。另外,在操舵角测量装置1中,在直接检测出时间变化率的情况下可以省略微分处理。

[0036] 另外,例如,频率分量提取部20可以通过对操舵角 δf 实施带通滤波器来提取出作为操舵输入的目标的期望的频率分量FC。带通滤波器的低频侧截止频率 f_{c2} 和高频侧截止频率 f_{c3} 被设定为,在这些频率之间存在目标频率、且能够充分获得通带中的增益。

[0037] 车速运算部21基于车轮速度 ω_{FR} 、 ω_{FL} 、 ω_{RR} 及 ω_{RL} ,运算车辆100的车身的重心速度即车速V。车速运算部21对前轮4F的平均车轮速度 $\omega_F = (\omega_{FR} + \omega_{FL})/2$ 乘以前轮4F的车轮半径 r_F 而运算出第一车速 $V_F = r_F \times \omega_F$ 。另外,对后轮4R的平均车轮速度 $\omega_R = (\omega_{RR} + \omega_{RL})/2$ 乘以后轮4R的车轮半径 r_R 而运算出第二车速 $V_R = r_R \times \omega_R$ 。将第一车速 V_F 和第二车速 V_R 进行平均而得到车速 $V = (V_F + V_R)/2$ 。

[0038] 目标扭矩运算部22运算对前轮驱动源10F指示的目标制动扭矩量 N_{tF0} 。具体地,目标扭矩运算部22计算出与横摆率的变化率对应的大小的扭矩作为目标制动扭矩量 N_{tF0} 。例如,计算出与横摆率的变化率成比例的大小的目标制动扭矩量 N_{tF0} 。

[0039] 在此,操舵角为稳定状态的情况下的横摆率(以下表述为“稳定横摆率 γ_s ”),根据将前轮4F及后轮4R中的右轮及左轮近似为位于车轴的中心的一个车轮的两轮模型的运动方程式,由下述式(1)给出。

$$[0040] \quad \gamma_s = \frac{V}{(1 + KV^2)l} \frac{\delta f}{Gstr} \dots (1)$$

[0041] 式(1)中的常数1是轮轴距,常数k是稳定系数。目标扭矩运算部22基于频率分量FC和车速V,根据下述式(2)计算出目标制动扭矩量NtF0。在作为频率分量FC提取出操舵角 δf 的时间微分值 $\alpha f = d\delta f/dt$ 的情况下,式(2)被置换为下述式(3)。

$$[0042] \quad NtF0 = -A \frac{V}{(1 + KV^2)l} \frac{|FC|}{Gstr} \dots (2)$$

$$NtF0 = -A \frac{V}{(1 + KV^2)l} \frac{|\alpha f|}{Gstr} \dots (3)$$

[0043] 另外,式(2)、(3)中的常数A是任意的比例常数增益,利用模拟或实际车辆来确定适当的目标制动扭矩量NtF0。

[0044] 通过用绝对值 $|\alpha f|$ 置换式(1)中包含的操舵角 δf 的时间微分值 αf 、且将 αf 以外的参数作为常数,乘以比例常数增益A并使其符号反转,从而得到式(3)。因此,基于式(3)计算出的目标制动扭矩量NtF0具有与横摆率的变化率成比例的值。另外,利用绝对值 $|\alpha f|$ 是为了与操舵方向的正负无关地生成相同的控制输入。

[0045] 另外,在对操舵角 δf 实施带通滤波器而提取出期望的频率分量FC的情况下,能够得到与横摆率的期望的频率分量成比例的值的目标制动扭矩量NtF0。

[0046] 如后所述,当在车辆100转弯时在前轮4F产生制动力时,在前轮4F上产生与前轮4F相对于车身形成转舵角的转弯方向相反方向的横向力分量。因此,能够产生用于消除因伴随车辆100的转弯的操舵而在车身上产生的横摆力矩的朝向的横摆力矩,能够抑制相对于操舵输入的横摆率响应的增益(横摆率增益)。由此,能够减轻车身在横摆方向上的振动,使车辆行为稳定。在以下的说明中,有时将产生目标制动扭矩量NtF0的制动扭矩而抑制横摆率增益的情况表述为“基于目标制动扭矩量NtF0的控制介入”。另外,在本说明书中,“伴随车辆的转弯”的术语不仅是指车辆的转弯中,还被用作表示从直行状态向转弯状态转换时或从转弯状态向直行状态转换时发生事件的用语。

[0047] 另外,目标扭矩运算部22运算对后轮驱动源10R指示的目标驱动扭矩量NtR0。例如,目标制动扭矩运算部22通过对目标制动扭矩量NtF0乘以前轮驱动系统齿轮比GmotF,并除以前轮4F的车轮半径rF,而将目标制动扭矩量NtF0变换为前轮4F的在轮胎接地点的制动力。目标扭矩运算部22运算出在后轮4R的轮胎接地点产生抵消该制动力的驱动力的驱动扭矩作为目标驱动扭矩量NtR0。例如,目标扭矩运算部22根据下述式(4)来运算目标驱动扭矩量NtR0。

$$[0048] \quad NtR0 = -\frac{GmotF rR}{GmotR rF} NtF0 \dots (4)$$

[0049] 式(4)中的常数GmotR表示后轮驱动系统齿轮比。在式(4)的例子中,以使目标制动扭矩量NtF0在后轮4RF产生的驱动力抵消在前轮4F产生的制动力的全部的方式运算出目标驱动扭矩量NtR0,但也可以以抵消目标制动扭矩量NtF0产生的制动力的一部分的方式运算出目标驱动扭矩量NtR0。即,目标驱动扭矩量NtR0所产生的驱动力可以等于、小于或大于目标制动扭矩量NtF0所产生的制动力。

[0050] 目标扭矩运算部22向目标扭矩确定部24输出目标制动扭矩量NtF0和目标驱动扭

矩量 $NtR0$ 。

[0051] 限制系数运算部23运算根据车辆100的车辆状态限制目标制动扭矩量 $NtF0$ 的限制系数 C 。图3为限制系数运算部23的功能结构例的块图。限制系数运算部23具备:车速依赖限制系数设定部30、稳定横摆率计算部31、转弯方向判定部32、车轮速度差值依赖限制系数设定部33、横摆率差值依赖限制系数设定部34和限制系数设定部35。

[0052] 车速依赖限制系数设定部30根据车速设定车速依赖限制系数 C_v 。

[0053] 图4(a)表示车速依赖限制系数 C_v 的设定例。车速依赖限制系数 C_v 具有从“0”到“1”的范围的值,在车速 V 为阈值 $V1$ 以下的情况下和车速 V 为阈值 $V4$ 以上的情况下,车速依赖限制系数 C_v 为“0”。在车速 V 为阈值 $V1$ 以上且阈值 $V2$ 以下的范围内,随着车速 V 的增加,车速依赖限制系数 C_v 从“0”增加至值 C_{v1} 。在车速 V 为阈值 $V2$ 以上且阈值 $V3$ 以下的范围内,随着车速 V 的增加,车速依赖限制系数 C_v 从值 C_{v1} 变化到值 C_{v2} 。在车速 V 为阈值 $V3$ 以上且阈值 $V4$ 以下的范围内,随着车速 V 的增加,车速依赖限制系数 C_v 从值 C_{v2} 减小至“0”。

[0054] 通常,已知在相对于操舵输入的横摆率响应的频率特性中,车速 V 低时,增益在横摆谐振频率下的峰值小,相对于操舵的横摆率的相位延迟。因此,如果在低车速区域进行基于目标制动扭矩量 $NtF0$ 的控制介入时,则会助长相对于操舵的车辆响应的延迟。因此,以消除低车速下的基于目标制动扭矩量 $NtF0$ 的控制介入、或者目标制动扭矩量 $NtF0$ 变小的方式确定阈值 $V1$ 、 $V2$ 和值 C_{v1} 。另外,阈值 $V3$ 、 $V4$ 和值 C_{v2} 是设定进行基于目标制动扭矩量 $NtF0$ 的控制介入的最大车速的值,在考虑耐久性而对速度设定上限的情况下进行设定。阈值 $V1 \sim V4$ 、值 C_{v1} 及 C_{v2} 例如可以通过车辆的参数、模拟、实际车辆中的评价来适当设定。

[0055] 另外,在图4(a)的例子中, C_{v1} 和 C_{v2} 设定为 $C_{v1} > C_{v2}$,但 C_{v1} 也可以等于或小于 C_{v2} 。

[0056] 稳定横摆率计算部31基于操舵角 δf 、车速 V 和车辆参数计算出稳定横摆率 γ_s 。例如,稳定横摆率计算部31可以根据上述式(1)计算出稳定横摆率 γ_s 。

[0057] 转弯方向判定部32判定根据驾驶员的操舵操作求出的转弯方向与根据由传感器检测到的横摆率 γ_r 而检测出的转弯方向是否一致。旋转方向判定部32输出判定结果标志 C_t 。在根据驾驶员的操舵操作求出的转弯方向与根据横摆率 γ_r 检测出的转弯方向一致的情况下,将判定结果标志 C_t 的值设定为“1”,并在不同的情况下设定为“0”。例如,当由传感器检测到的横摆率 γ_r 与稳定横摆率 γ_s 的符号相一致的情况下,转弯方向判定部32将判定结果标志 C_t 的值设定为“1”,并在不同的情况下设定为“0”。

[0058] 通过这样判定转弯方向,仅在基于根据驾驶员的操舵操作推定出的目标横摆率的车辆转弯方向与基于由传感器获取的车辆100的实际的横摆率的车辆转弯方向一致的情况下,进行基于目标制动扭矩量 $NtF0$ 的控制介入而抑制横摆率增益,相反,在转弯方向不一致的情况下不抑制横摆率增益,由此能够防止车辆100的行为相对于驾驶员的操作产生延迟。

[0059] 车轮速度差值依赖限制系数设定部33在前轮4F与后轮4R之间的车轮速度差值 $\Delta \omega_{fr} = \omega_F - \omega_R$ 过大的情况下(例如在前轮4F和/或后轮4R发生了滑移的情况下),设定限制目标制动扭矩量 $NtF0$ 的前后车轮速度差值依赖限制系数 C_{fr} 。图4(b)表示前后车轮速度差值依赖限制系数 C_{fr} 的设定例。前后车轮速度差值依赖限制系数 C_{fr} 具有从“0”到“1”的范围的值。前后车轮速度差值依赖限制系数 C_{fr} 在车轮速度差值 $|\Delta \omega_{fr}|$ 为阈值 $\Delta \omega_{fr1}$ 以下的情况下为“1”,在车轮速度差值 $|\Delta \omega_{fr}|$ 为阈值 $\Delta \omega_{fr1}$ 以上且为阈值 $\Delta \omega_{fr2}$ 以下的范围内,随着车轮速度差值 $|\Delta \omega_{fr}|$ 的增加而从“1”减少至“0”,在车轮速度差值 $|\Delta \omega_{fr}|$ 为阈

值 $\Delta \omega_{fr2}$ 以上的情况下为“0”。阈值 $\Delta \omega_{fr1}$ 及 $\Delta \omega_{fr2}$ 可以利用车辆参数、模拟、在实际车辆上的实验来适当设定。

[0060] 车轮速度差值依赖限制系数设定部33在右前轮4FR与左前轮4FL之间的车轮速度差值 $\Delta \omega_{lrf}$ 过大的情况下(例如,在右前轮4FR和左前轮4FL中的任一个发生了滑移的情况下),设定限制目标制动扭矩量 $NtF0$ 的左右车轮速度差值依赖限制系数 $Clrf$ 。图4(c)表示左右车轮速度差值依赖限制系数 $Clrf$ 的设定例。左右车轮速度差值依赖限制系数 $Clrf$ 具有从“0”到“1”的范围的值。左右车轮速度差值依赖限制系数 $Clrf$ 在车轮速度差值 $|\Delta \omega_{lrf}|$ 为阈值 $\Delta \omega_{lrf1}$ 以下的情况下为“1”,在车轮速度差值 $|\Delta \omega_{lrf}|$ 为阈值 $\Delta \omega_{lrf1}$ 以上且为阈值 $\Delta \omega_{lrf2}$ 以下的范围内,随着车轮速度差值 $|\Delta \omega_{lrf}|$ 的增加而从“1”减少至“0”,在车轮速度差值 $|\Delta \omega_{lrf}|$ 为阈值 $\Delta \omega_{lrf2}$ 以上的情况下为“0”。阈值 $\Delta \omega_{lrf1}$ 及 $\Delta \omega_{lrf2}$ 可以利用车辆参数、模拟、在实际车辆上的实验来适当设定。

[0061] 与左右车轮速度差值依赖限制系数 $Clrf$ 的设定方法同样地,车轮速度差值依赖限制系数设定部33在右后轮4RR与左后轮4RL之间的车轮速度差值 $\Delta \omega_{lrr}$ 过大的情况下(例如在右后轮4RR和左后轮4RL的任一个中发生了滑移的情况下),设定限制目标制动扭矩量 $NtF0$ 的左右车轮速度差值依赖限制系数 $Clrr$ 。

[0062] 横摆率差值依赖限制系数设定部34在根据驾驶员的操舵操作预测出的稳定横摆率 γ_s 与由横摆率传感器7获取的横摆率 γ_r 之间的横摆率差值 $\Delta \gamma = \gamma_s - \gamma_r$ 过大的情况下(例如,转弯时4个车轮中的任意一个或全部产生滑移,驾驶员无法进行期望的转弯的情况下),设定限制目标制动扭矩量 $NtF0$ 的横摆率差值依赖限制系数 Cy 。图4(d)表示横摆率差值依赖限制系数 Cy 的设定例。横摆率差值依赖限制系数 Cy 具有从“0”到“1”的范围内的值。横摆率差值依赖限制系数 Cy 在横摆率差值 $|\Delta \gamma|$ 为阈值 $\Delta \gamma_1$ 以下的情况下为“1”,在横摆率差值 $|\Delta \gamma|$ 为阈值 $\Delta \gamma_1$ 以上且阈值 $\Delta \gamma_2$ 以下的范围内,随着横摆率差值 $|\Delta \gamma|$ 的增加而从“1”减少至“0”,在横摆率差值 $|\Delta \gamma|$ 为阈值 $\Delta \gamma_2$ 以上的情况下为“0”。阈值 $\Delta \gamma_1$ 及 $\Delta \gamma_2$ 可以利用车辆参数、模拟、在实际车辆上的实验来适当设定。

[0063] 限制系数设定部35选择车速依赖限制系数 Cv 、前后车轮速度差值依赖限制系数 Cfr 、左右车轮速度差值依赖限制系数 $Clrf$ 、 $Clrr$ 、横摆率差值依赖限制系数 Cy 中的最小值,并计算出将所选择的最小值和判定结果标志 Ct 相乘而得到的乘积作为限制系数 $C = Ct \times \min(Cv, Cfr, Clrf, Clrr, Cy)$ 。限制系数设定部35将限制系数 C 输出给目标扭矩确定部24。

[0064] 目标扭矩确定部24通过利用限制系数 C 限制目标扭矩运算部22运算出的目标制动扭矩量 $NtF0$ 及目标驱动扭矩量 $NtR0$, 而计算出限制后的目标制动扭矩量 NtF 及目标驱动扭矩量 NtR 。

[0065] 图5是目标扭矩确定部24的功能结构例的块图。目标扭矩确定部24具备:目标扭矩修正部40及43、速率限制器41及44、低通滤波器(LPF)42及45。

[0066] 目标扭矩修正部40计算出对目标制动扭矩量 $NtF0$ 乘以限制系数 C 后得到的乘积 $C \times NtF0$ 。速率限制器41限制乘积 $C \times NtF0$ 的时间变化率。对速率限制器41的输出实施截止频率 $fc4$ 的低通滤波器42,而计算出目标制动扭矩量 NtF 。

[0067] 另外,目标扭矩修正部43计算出对目标驱动扭矩量 $NtR0$ 乘以限制系数 C 后的乘积 $C \times NtR0$ 。速率限制器44限制乘积 $C \times NtR0$ 的时间变化率。对速率限制器44的输出实施截止频率 $fc4$ 的低通滤波器45,而计算出目标驱动扭矩量 NtR 。在此,速率限制器41和44的变化率限

制值和截止频率 f_{c4} 被设定为不影响要控制的频带。

[0068] 参照图1。控制器8将目标制动扭矩量 N_{tF} 和目标驱动扭矩量 N_{tR} 输出给电力转换器9。电力转换器9向前轮驱动源10F及后轮驱动源10R供给电力,以实现从控制器8指示的目标制动扭矩量 N_{tF} 及目标驱动扭矩量 N_{tR} 。前轮驱动源10F及后轮驱动源10R分别使前轮4F及后轮4R产生与目标制动扭矩量 N_{tF} 对应的制动力及与目标驱动扭矩量 N_{tR} 对应的驱动力。

[0069] 接着,说明当在车辆100的操舵中将如上所述确定的制动扭矩施加到前轮时抑制车辆横摆行为的机制。在以下说明中,车身为前后左右对称形状,使用将前轮4F及后轮4R中的右轮及左轮近似为位于车轴的中心的一个车轮的两轮模型。

[0070] 图6(a)是表示车身坐标系和前轮坐标系之间的关系,和从各坐标系观察到的制动力的轴向分量的关系的图。车身坐标系(实线)是以坐标系原点为车轮中心,以与车身左右中心线平行且前方为正方向的方式设定x轴,以与x轴正交且左方向为正方向的方式设定y轴,以与这些x轴、y轴形成右手系的方式设定z轴的坐标系。前轮坐标系(点划线)是将坐标系原点作为车轮中心,以与车轮的前后方向平行且为正方向的方式设定x轴,以与x轴正交且左方向为正方向的方式设定y轴,并以与这些x轴、y轴形成右手系的方式设定z轴的坐标系。

[0071] 车身坐标系和前轮坐标系共用原点。在此,设想前轮坐标系(点划线)相对于车身坐标系(实线)以车轮中心为中心逆时针旋转仅 $\delta f/G_{str}$ 的情况。这表示前轮4F相对于车身仅转舵 $\delta f/G_{str}$ 的状态。

[0072] 制动力为前滑移率 S_f 与前牵引系数 K_f 的乘积 $K_f \times S_f$ 。前滑移率 $S_f = (r_F \times \omega_F - V)/V$ 是将前轮4F的车轮速度 ω_F 和前轮4F的车轮半径 r_F 的乘积与车速 V 的x方向分量的差值除以车速 V 而得到的。实际的车辆中的制动力相对于电动机的指示制动扭矩产生前滑移率 S_f 需要一定的时间。因此,在生成与目标制动扭矩量 N_{tF} 平衡的制动力 $K_f \times S_f$ 时会产生延迟,但由于该延迟相对于操舵角变化的频率(即车辆的横摆行为的频率)足够小,因此可以忽略影响。

[0073] 制动力 $K_f \times S_f$ 作用于前轮坐标系的x轴方向,但若使前轮4F相对于车身仅转舵了转舵角 $\delta f/G_{str}$,则包含车身坐标系的y轴方向分量($K_f \times S_f \times \sin(\delta f/G_{str}) \doteq K_f \times S_f \times \delta f/G_{str}$)。该y轴方向分量($K_f \times S_f \times \delta f/G_{str}$)的方向与转弯方向相反。因此,如果在操舵时使前轮4F产生制动力,则能够产生抵消因操舵而在车身上产生的横摆力矩的朝向的横摆力矩。此时,由于在前轮4F上在车身坐标系x轴的负方向上产生制动力($K_f \times S_f \times \cos(\delta f/G_{str}) \doteq K_f \times S_f$),因此产生前后加速度。为了防止或减少前轮4F的制动力引起的车辆100的减速,如图6(b)所示,以目标驱动扭矩量 N_{tR} 使后轮4R产生驱动力 $K_r \times S_r = -K_f \times S_f$ 。 K_r 、 S_r 为后牵引系数和后滑移率。

[0074] 以下表示根据操舵角速度 $\alpha_f = d\delta f/dt$ 施加了前轮制动扭矩的情况下的模拟结果。图7表示相对于操舵输入的横摆率响应的增益的频率特性。虚线50表示不施加前轮制动扭矩的情况下的增益的比较例,实线51表示施加了前轮制动扭矩的情况下的增益。由图7可知,在操舵角速度比较慢的0Hz附近,在不施加前轮制动扭矩的情况下和施加了前轮制动扭矩的情况下增益的差较小,另一方面,在横摆谐振频率 F_{res} 附近,通过施加前轮制动扭矩可抑制峰值。由此可知,与不施加前轮制动扭矩的情况相比,在横摆谐振频率 F_{res} 附近的驾驶员操舵时和0Hz附近的稳定操舵时之间,车身的横摆响应的大小的变化得到抑制。

[0075] 通常,已知横摆率增益的频率特性变化小的车辆特性在功能测试中会增加稳定感,因此,根据本发明,能够提高谐振峰值变高的高速行驶时对操舵的稳定性。

[0076] 在本发明中,对操舵角速度 $\alpha f = d\delta f/dt$ 乘以增益来设定目标制动扭矩量 NtF ,这是因为操舵输入的频率越大,则目标制动扭矩量 NtF 与该角频率成比例地越大。因此,如果以在横摆谐振频率 F_{res} 下使横摆率增益减少到所期望的的方式设定增益,则能够提高基于由制动产生的横向力的减振效果。

[0077] 另外,通过设定与操舵角速度 $\alpha f = d\delta f/dt$ 对应的目标制动扭矩量 NtF ,随着操舵频率变高,减振效果变高。同样地,通过基于对操舵角 δf 实施带通滤波器而提取出的分量设定目标制动扭矩量 NtF ,能够减少任意频带中的横摆率增益。

[0078] (动作)

[0079] 图8是实施方式的车辆减振方法的一例的流程图。

[0080] 在步骤S1中,操舵角测量装置1检测方向盘2a的操舵角 δf 。在步骤S2中,频率分量提取部20提取操舵角 δf 的频率分量 FC 。在步骤S3中,车轮速度测量装置3FR、3FL、3RR及3RL检测车轮速度 ωFR 、 ωFL 、 ωRR 及 ωRL 。在步骤S4中,车速运算部21基于车轮速度 ωFR 、 ωFL 、 ωRR 及 ωRL 来运算车速 V 。

[0081] 在步骤S5中,目标扭矩运算部22基于频率分量 FC 和车速 V 来运算目标制动扭矩量 $NtF0$ 。另外,运算使后轮4R产生与由目标制动扭矩量 $NtF0$ 在前轮4F产生的制动力的全部或一部分相抵消的驱动力的目标驱动扭矩量 $NtR0$ 。在步骤S6中,限制系数运算部23运算车轮速度差值 $\Delta \omega fr$ 、 $\Delta \omega lrf$ 、 $\Delta \omega lrr$ 。在步骤S7中,限制系数运算部23运算横摆率差值 $\Delta \gamma$ 。在步骤S8中,限制系数运算部23基于车速 V 、车轮速度差值 $\Delta \omega fr$ 、 $\Delta \omega lrf$ 、 $\Delta \omega lrr$ 、横摆率差值 $\Delta \gamma$ 、由传感器检测出的横摆率 γr 、根据操舵操作计算出的稳定横摆率 γs 来运算限制系数 C 。

[0082] 在步骤S9中,目标扭矩确定部24通过由限制系数 C 限制在步骤S5中运算出的目标制动扭矩量 $NtF0$ 和目标驱动扭矩量 $NtR0$,计算出限制后的目标制动扭矩量 NtF 和目标驱动扭矩量 NtR 。在步骤S10中,电力转换器9、前轮驱动源10F以及后轮驱动源10R分别使前轮4F及后轮4R产生与目标制动扭矩量 NtF 对应的制动力以及与目标驱动扭矩量 NtR 对应的驱动力。然后处理结束。

[0083] (实施方式的效果)

[0084] (1) 控制器8减轻能够独立地控制使前轮4F产生驱动力及制动力的前轮驱动源和使后轮4R产生驱动力的后轮驱动源的车辆100的振动。控制器8在伴随车辆100的转弯的操舵角的时间变化在规定范围内的情况下,通过前轮驱动源使前轮4F产生制动力,通过后轮驱动源使后轮4R产生抵消前轮4F的制动力的全部或一部分的驱动力。

[0085] 在前轮4F产生的制动力由于前轮4F进行转舵而相对于车身具有横向力分量。通过配合车身的基于操舵的转弯运动生成这样的横向力分量,能够产生与转弯方向相反朝向的横摆力矩,不用在右轮和左轮独立地进行扭矩控制就能够控制横摆率。另外,通过对后轮4R施加产生与在前轮4F产生的制动力平衡的驱动力的驱动扭矩,能够抑制车身前后方向的加减速。

[0086] (2) 控制器8可以使前轮产生与操舵角的时间微分成比例的制动力。

[0087] 由此,操舵频率越高,则越能够抑制相对于操舵角的车辆100的横摆方向的运动。

如果在该横摆谐振频率与0Hz (即稳定舵角输入) 之间横摆率增益的差较小, 则横摆运动的减振性高。如果对使用了与操舵角的时间微分成比例的前轮制动力产生的横向力的横摆方向的运动进行减振, 则操舵输入中包含的高频分量越多 (即, 操舵越快), 则越能够得到与输入的角频率成比例的减振效果。其结果是, 通过在降低横摆谐振频率下的横摆率增益的同时, 对于稳定舵角输入不产生前轮制动力, 而能够实现基于横摆率增益差降低的横摆运动的减振。

[0088] (3) 控制器8可以使前轮产生与操舵角的规定频率分量的大小成比例的制动力。

[0089] 由此, 能够施加对于操舵角的输入的时间分量实施提取出横摆谐振频率附近的分量的带通滤波器而提取出的频率分量成比例的前轮制动输入。其结果是, 能够在横摆谐振频率附近进行限制而抑制横摆率增益的峰值, 同时, 实现对其他频带没有影响的横摆运动的减振。

[0090] (4) 控制器8可以根据车辆100的速度至少限制制动力。由此, 在车辆100的速度慢时, 通过限制前轮4F的制动扭矩, 能够抑制低速下的过度的减振。通常, 稳定操舵时和横摆谐振频率下的横摆率增益之差, 越是高速时越明显, 低速时则越小。因此, 如果在车辆以低速行驶中进行比较早的操舵时产生前轮制动力, 则有可能损害操舵响应性。因此, 如果在车速低的情况下限制前轮制动力, 车速越高越增加前轮制动力, 则能够在低速下不损害操舵响应性而提高以高速行驶时的减振效果。

[0091] (5) 控制器8可以限制制动力的时间变化量的大小。由此, 通过在存在目标制动扭矩量 $NtF0$ 的时间变动的情况下限制其时间变动, 而能够抑制车辆100的行为的急剧变化。

[0092] (6) 控制器8可以在操舵角的变化方向与车辆100的转弯方向不同的情况下, 至少限制制动力。由此, 能够防止在驾驶者意图的方向与车辆的运动方向不同的情况下, 驾驶者感觉到不能按照意图转弯的情况。

[0093] (7) 控制器8可以在前轮4F与后轮4R之间的转速差超过第一阈值的情况下, 至少限制制动力。

[0094] 由此, 在由于产生目标制动扭矩量 NtF 而在前轮4F和后轮4R的任一方或双方产生过大的滑移时, 能够限制前轮制动力。由此, 能够降低4个车轮的打滑, 抑制车辆的行为不稳定性。

[0095] (8) 控制器8可以在右轮与左轮之间的转速差超过第二阈值的情况下, 至少限制制动力。

[0096] 由此, 在由于产生目标制动扭矩量 NtF 而在前轮4F的右轮或左轮中的任一方、和后轮4R的右轮或左轮中的任一方产生过大的滑移时, 或者在前轮4F及后轮4R同时在右轮或左轮中的任一方产生过大的滑移时, 能够限制前轮制动力。由此, 能够降低4个车轮的打滑, 抑制车辆的行为不稳定性。

[0097] (9) 可以在基于至少操舵角计算出的横摆率与由传感器检测出的横摆率之间的差值超过了第三阈值的情况下, 至少限制制动力。

[0098] 由此, 在由于产生了目标制动扭矩量 NtF 而导致4个车轮中的任意一个或全部发生打滑, 驾驶员无法进行期望的转弯的情况下, 能够限制前轮制动力。由此, 能够降低4个车轮的打滑, 抑制车辆的行为不稳定性。

[0099] 在此记载的所有示例和条件性的术语意在教学的目的以便帮助读者理解本发明

以及用于技术进展而由本发明人提供的概念,应解释为不是限定于本说明书中具体记载的上述示例和条件、及表示本发明的优越性和劣等性的例子的结构。详细地说明了本发明的实施例,但是应该理解,可以对其施加各种变更、替换和修改而不脱离本发明的精神和范围。

[0100] 符号说明

[0101] 1:操舵角测量装置、2:操舵装置、2a:方向盘、2b:转向器轴、3:车轮速度测量装置、3FL、3FR、3RL、3RR:车轮速度测量装置、4F:前轮、4FL:左前轮、4FR:右前轮、4R:后轮、4RF:后轮、4RL:左后轮、4RR:右后轮、5FL:前轮驱动轴、5FR:前轮驱动轴、6RL:后轮驱动轴、6RR:后轮驱动轴、7:横摆率传感器、8:控制器、8a:处理器、8b:存储装置、9:电力转换器、10F:前轮驱动源、10R:后轮驱动源、11:蓄电池、20:频率分量提取部、21:车速运算部、22:目标扭矩运算部、23:限制系数运算部、24:目标扭矩确定部、30:车速依赖限制系数设定部、31:稳定横摆率计算部、32:转弯方向判定部、33:车轮速度差值依赖限制系数设定部、34:横摆率差值依赖限制系数设定部、35:限制系数设定部、40、43:目标扭矩修正部、41、44:速率限制器、42、45:低通滤波器(LPF)、100:车辆

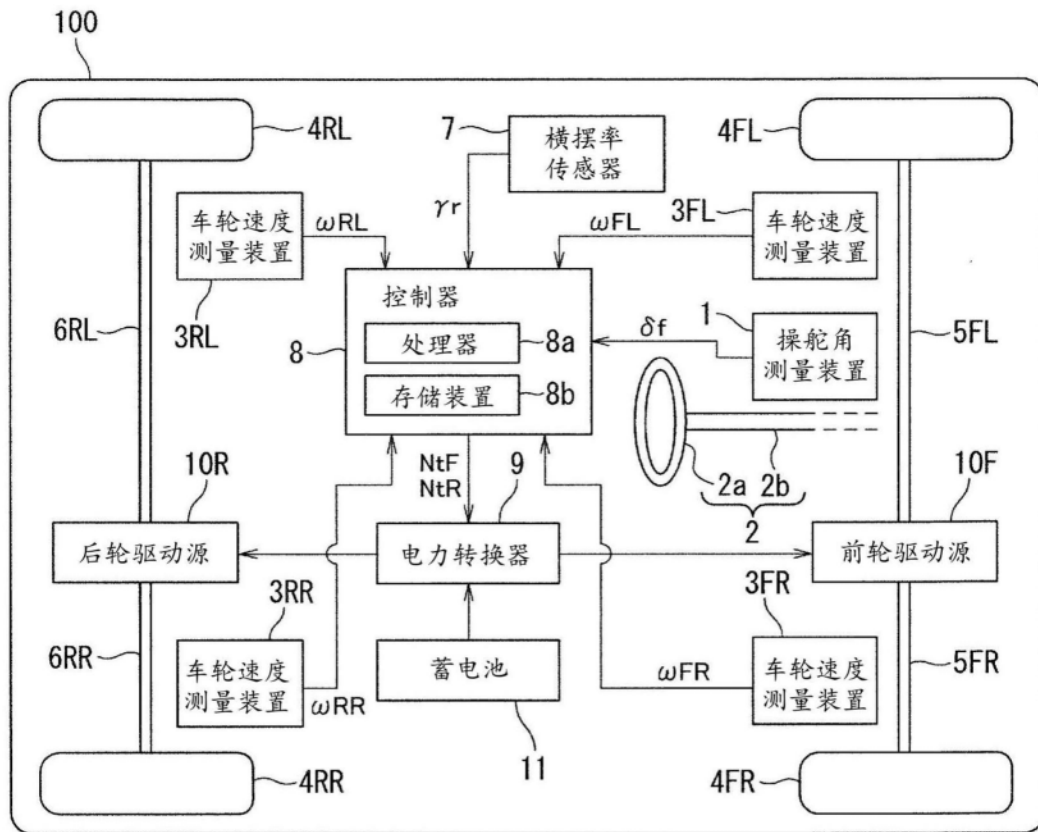


图1

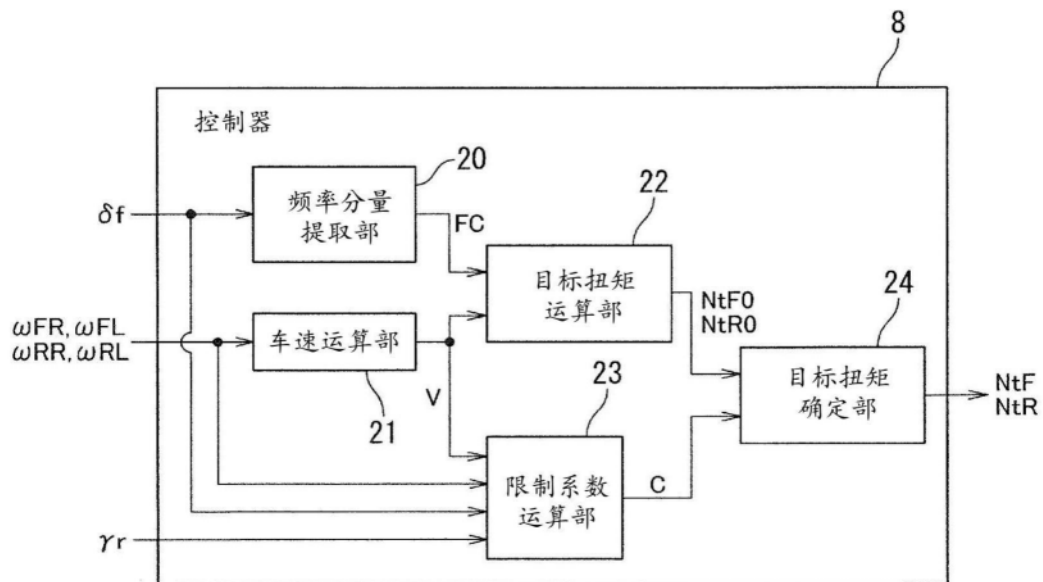


图2

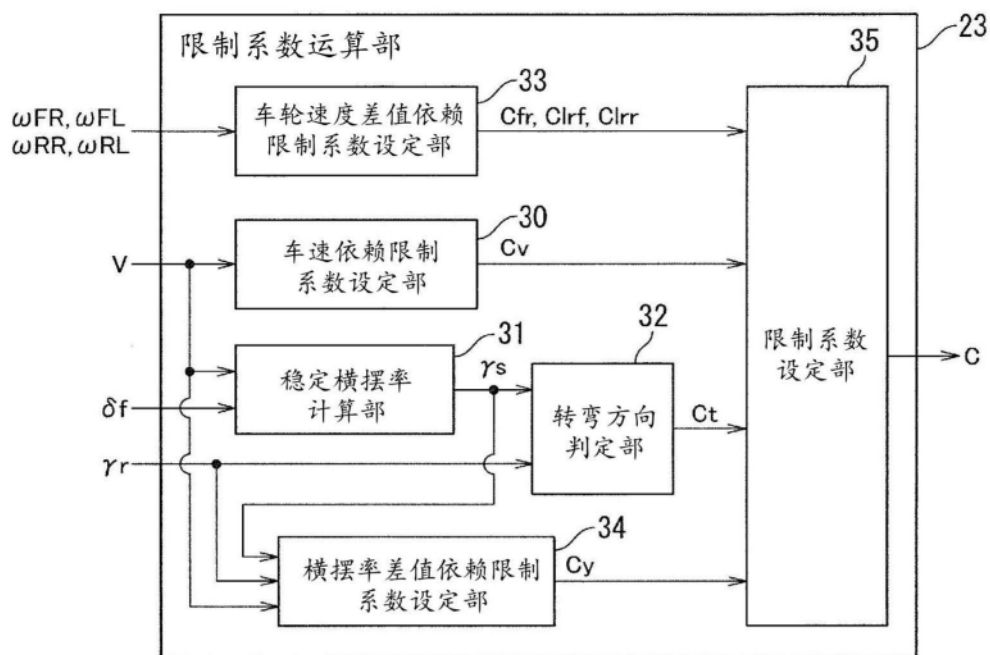


图3

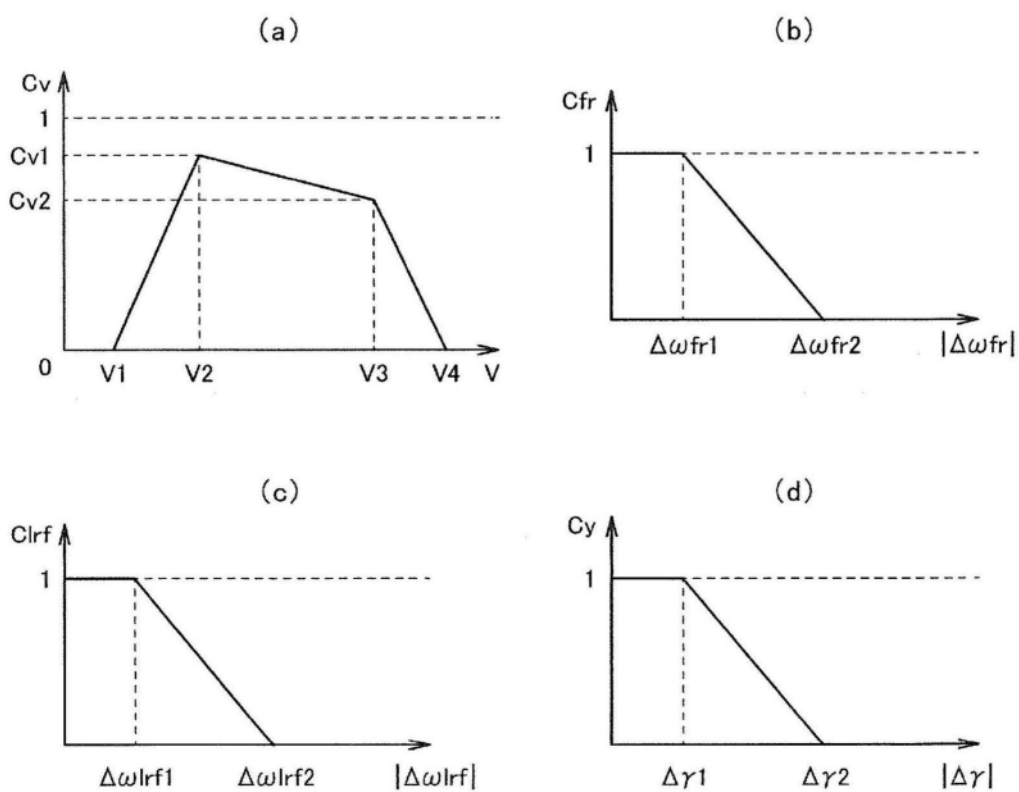


图4

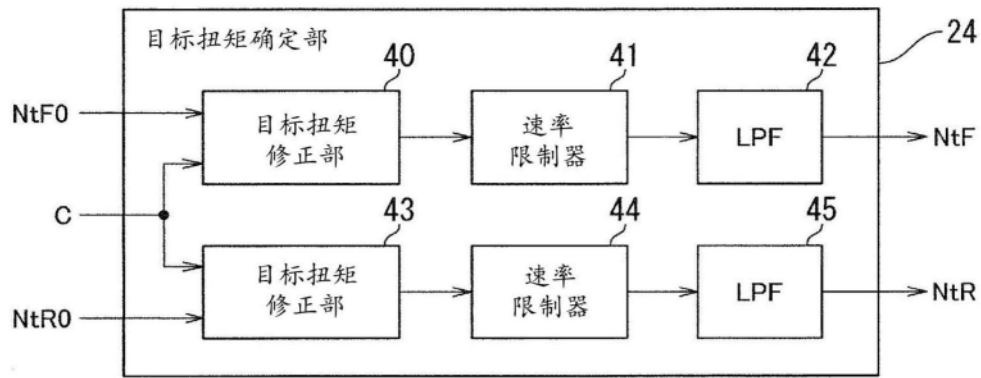


图5

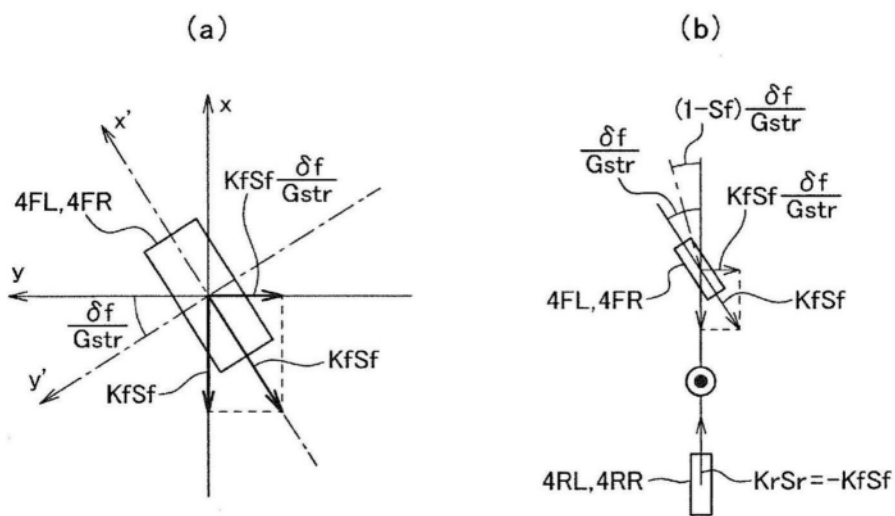


图6

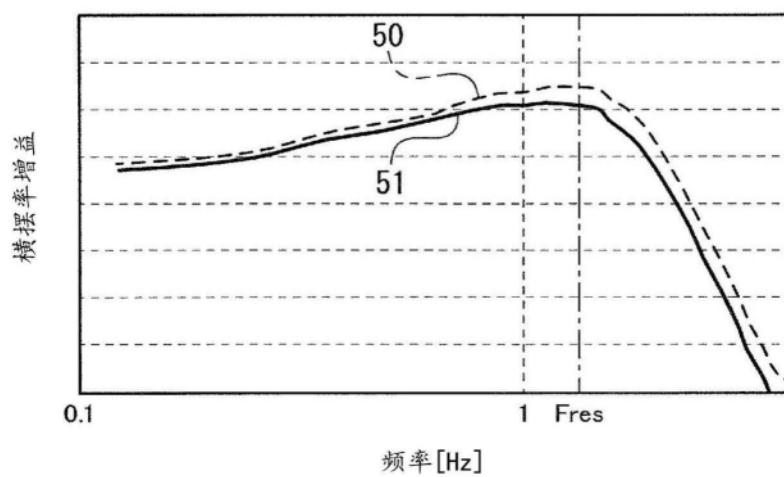


图7

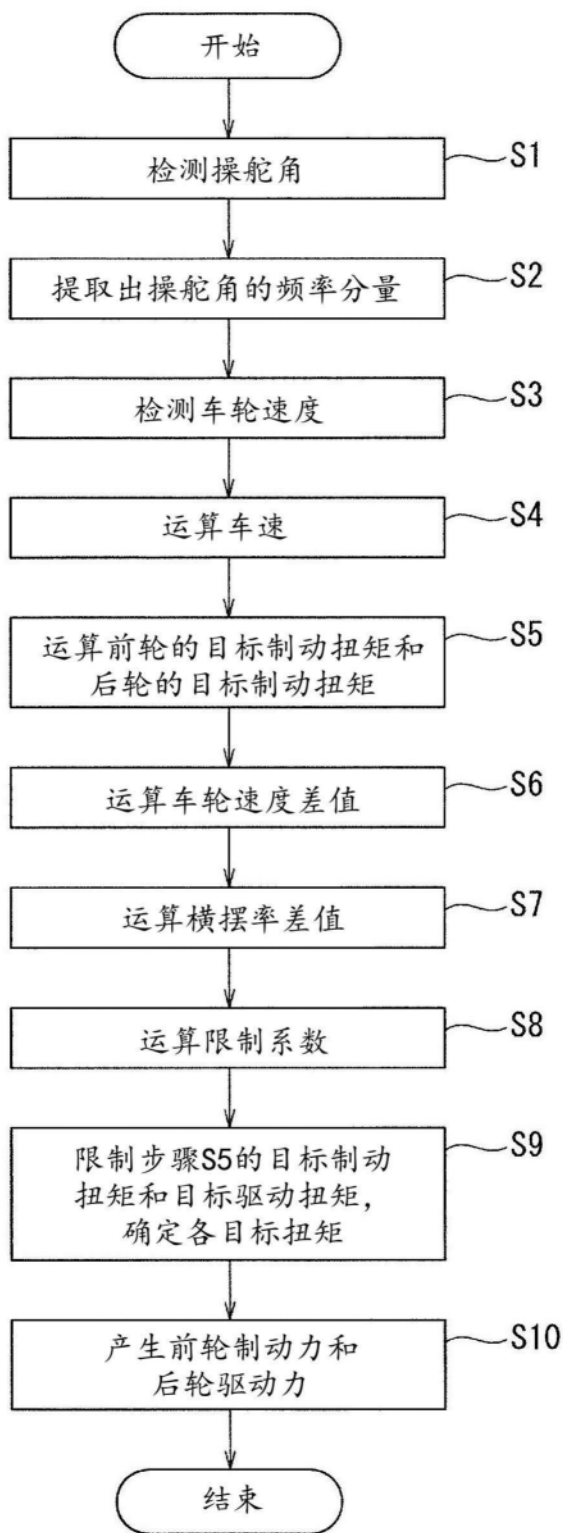


图8