



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103112454 B

(45) 授权公告日 2016.01.20

(21) 申请号 201210359140.9

(22) 申请日 2012.09.24

(30) 优先权数据

2011-209295 2011.09.26 JP

(73) 专利权人 株式会社捷太格特

地址 日本大阪府

(72) 发明人 河内达磨 狩集裕二

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

公司 11227

代理人 王轶 李伟

(51) Int. Cl.

B60W 40/068(2012.01)

B60W 40/103(2012.01)

B62D 5/04(2006.01)

(56) 对比文件

EP 2292490 A1, 2011.03.09, 说明书第 9-11 段, 第 29-42 段、附图 1, 10-13.

EP 2292490 A1, 2011.03.09, 说明书第 9-11 段, 第 29-42 段、附图 1, 10-13.

EP 0312096 A2, 1989.04.19, 权利要求 1.

DE 102009022592 A1, 2010.12.02, 说明书 53-61 段、附图 3.

US 2010131146 A1, 2010.05.27, 说明书 18-22 段、附图 6.

CN 101657345 A, 2010.02.24, 全文.

审查员 陈纯

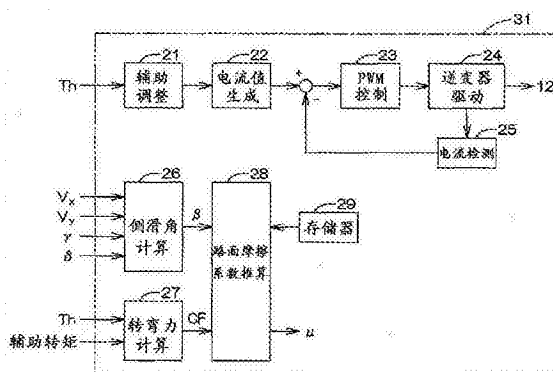
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

路面摩擦系数推算装置以及方法

(57) 摘要

本发明涉及路面摩擦系数推算装置以及方法。具备路面摩擦系数推算部(28),其计算轮胎的侧滑角 β 与转弯力 CF,并基于上述计算出的轮胎的侧滑角 β 与转弯力 CF 之比 $\Delta CF / \Delta \beta$,来推算路面的摩擦系数。上述路面摩擦系数推算部(28)在路面摩擦系数 μ 不同的多个路面上行驶来检测轮胎的侧滑角 β 与转弯力 CF,将它们的关系数值或者数式化来保存于存储器(29),使用保存在上述存储器(29)中的关系来计算实际行驶时的路面的摩擦系数。



1. 一种路面摩擦系数推算装置,其特征在于,
该路面摩擦系数推算装置具备:
侧滑角计算部,其按运算处理周期计算轮胎的侧滑角;
转弯力计算部,其按运算处理周期计算转弯力;和
路面摩擦系数推算部,其基于计算出的轮胎的侧滑角与转弯力来计算路面的摩擦系数,

所述侧滑角计算部按运算处理周期计算出本次的运算处理周期所计算出的轮胎的侧滑角 β 与前次的运算处理周期所计算出的轮胎的侧滑角 β 的差量 $\Delta \beta$,

所述转弯力计算部按运算处理周期计算出本次的运算处理周期所计算出的转弯力 CF 与前次的运算处理周期所计算出的转弯力 CF 的差量 ΔCF ,

所述路面摩擦系数推算部在所述轮胎的侧滑角是处于直线区域与饱和区域之间的规定值 β_d 时计算出所述差量 $\Delta \beta$ 和所述差量 ΔCF 之比,并使用预先保存于存储器的轮胎的侧滑角是处于直线区域与饱和区域之间的规定值 β_d 时的轮胎的侧滑角的变化量和转弯力的变化量之比和路面的摩擦系数的关系来推算路面的摩擦系数。

2. 一种路面摩擦系数推算方法,其特征在于,

将轮胎的侧滑角是处于直线区域与饱和区域之间的规定值 β_d 时的轮胎的侧滑角的变化量和转弯力的变化量之比、与路面的摩擦系数的关系以数值或者进行数式化预先保存于存储器,

通过使实际车辆行驶来检测轮胎的侧滑角与转弯力,

基于所述检测出的轮胎的侧滑角与转弯力,计算出所述轮胎的侧滑角等于处于直线区域与饱和区域之间的规定值时的所述轮胎的侧滑角的变化量和所述转弯力的变化量之比,使用所述计算出的比和保存于所述存储器的关系来推算路面的摩擦系数。

路面摩擦系数推算装置以及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及车辆用的路面摩擦系数推算装置以及方法。

背景技术

[0002] 日本特开 2006 — 56388 号公报等中公开了各种的路面摩擦系数的推算方法。

[0003] 使用于车辆用的电动动力转向的操舵辅助电动马达存在设置在由齿条与小齿轮构成的转向齿轮装置中的马达、设置在方向盘与转向齿轮装置之间的转向柱机构中的马达等,在所有的情况下,都通过电动马达来辅助与转向轮连结的转向轴的动作。

[0004] 越使方向盘较大地旋转来使轮胎相对于车的行进方向较大地倾斜,越从路面受到反作用力,在使方向盘旋转时需要较大的力。因此,在上述的电动马达中设定为伴随着方向盘的操舵转矩变大而使马达电流增大,从而成为其辅助力的操舵辅助转矩变大。

[0005] 将车辆经由轮胎从地面接受的力中的、地面在横方向(与车辆的行进方向成直角的方向)上牵拉轮胎的力称为“转弯力”,将地面在与轮胎的朝向成直角的方向上牵拉轮胎的力称为“轮胎横向力”。另外,将轮胎的绕接地点的转矩称为“自动回正力矩”。即、带轮胎侧滑角(车辆的行进方向与轮胎的朝向的角度差)而产生转弯力(或者横力)的轮胎其自身产生要返回到轮胎侧滑角 = 0 的状态的力矩(自动回正力矩)。以转弯力与转向节主销纵偏距长(从接地中心至该转弯力的着力点的距离)的积表示该自动回正力矩。此处,以轮胎拖距与后倾拖距的和表示转向节主销纵偏距长。

[0006] 另外,将转弯力与轮胎侧滑角之比称为“侧偏刚度”。在轮胎侧滑角为零或者与其接近的较小的范围内,转弯力与轮胎侧滑角成线形的比例关系,“侧偏刚度”取恒定值。可是,若轮胎侧滑角变大,则转弯力的增加率缓缓变少。将该区域称为饱和区域,在该饱和区域中,转弯力与轮胎侧滑角之比成为路面摩擦系数的函数。

[0007] 动力转向的转向机构包括小齿轮轴与齿条轴,该小齿轮轴与转向柱连结;该齿条轴与小齿轮轴啮合,且作为沿车辆的左右方向延伸的转向轴。在齿条轴的一对端部各经由拉杆连结节臂,并通过节臂来改变包括轮胎的转向轮的朝向。

[0008] 对附加于齿条轴的左右方向的齿条轴力乘以节臂长得到的数值与转弯轮胎的自动回正力矩相等。如前述,以转弯力与转向节主销纵偏距长的积表示自动回正力矩。因此,齿条轴力是对转弯力乘以转向节主销纵偏距长与节臂长之比得到的值。

[0009] 想要利用车辆模型计算求出该齿条轴力的情况下,如果轮胎的转弯力处于饱和区域,则在齿条轴力推算式(或者转弯力推算式)中出现含有路面摩擦系数的项目。有关齿条轴力推算式中使用的其他的项目,能够通过安装在车辆上的各种传感器进行计测,但路面摩擦系数计测较困难。

[0010] 因此,能够仅在不含有路面摩擦系数的线形区域中应用车辆模型,但含有路面摩擦系数的饱和区域中的车辆模型的应用较难。

发明内容

[0011] 本发明提供一种利用转弯力相对于轮胎滑移角的斜率为路面摩擦系数的函数的情况来推算路面摩擦系数的路面摩擦系数推算装置以及方法。

[0012] 根据本发明的实施例的特征,对于路面摩擦系数推算部而言,在路面摩擦系数不同的多个路面行驶来检测轮胎的侧滑角与转弯力,将它们的关系数值或者数式化来存储在存储器,所以即使在路面摩擦系数是未知的任意的道路行驶的情况下,只计算侧滑角与转弯力,也能够推算路面摩擦系数。

[0013] 通过以下参照附图对本发明的优选实施方式进行的详细描述,本发明的其它特征、构件、过程、步骤、特性及优点会变得更加清楚。

附图说明

[0014] 图 1 是表示适用本发明的一实施方式所涉及的路面摩擦系数推算装置的电动动力转向装置的概略结构的示意图。

[0015] 图 2 是 EPS 控制部的功能框图。

[0016] 图 3 是表示路面摩擦系数 μ 与 $\Delta CF / \Delta \beta$ (转弯力的差量与轮胎的侧滑角的差量之比) 的关系的图。

[0017] 图 4 是表示转弯力 CF 与轮胎的滑移角 β 的关系的图。

具体实施方式

[0018] 以下,参照附图,说明本发明的实施方式。

[0019] 图 1 是表示适用本发明的一实施方式所涉及的路面摩擦系数推算装置的电动动力转向装置的概略结构的示意图。电动动力转向装置具有方向盘等的操舵部件 2、和以能够与操舵部件 2 一起旋转的方式与其连结的转向轴 3。在转向轴 3 设置有检测操舵部件 2 的操舵角的操舵角传感器 4、和对基于操舵部件 2 的旋转的操舵转矩进行检测的转矩传感器 10。操舵角传感器 4 是通过利用霍尔式传感器对来自例如安装在转向轴 3 的圆周上的磁铁的磁进行检测而检测转向轴 3 的旋转角的传感器。转矩传感器 10 是对基于操作操舵部件 2 而引起的扭杆 10a 的扭转的操舵转矩进行检测的传感器。转向轴 3 的另一端与万向接头 5 连结,从此处经由转向机构与前轮轮胎连结(在本实施例中,前轮是操舵轮)。

[0020] 转向机构具有小齿轮轴 6;齿条轴 7,其与小齿轮轴 6 的前端的小齿轮啮合且作为沿车辆的左右方向延伸的转向轴;节臂 9L、9R,其经由拉杆 8L、8R 与齿条轴 7 的一对端部的各个连结。因此,小齿轮的旋转被变换为齿条轴 7 的轴向运动,经由各拉杆 8L、8R 使对应的节臂 9L、9R 分别移动。由此,与各节臂 9L、9R 连结的对应的前轮轮胎分别改变朝向。

[0021] 在齿条轴 7 经由齿轮装置 11 连结操舵辅助电动马达 12。该操舵辅助电动马达 12 根据由转矩传感器 10 检测出的转矩信号而被控制,并给予操舵辅助力。此外,操舵辅助电动马达 12 可以被设置为与转向轴 3 连结、或者同轴。

[0022] 在前轮或者后轮的转子 14 安装有检测车轮的旋转速度的车轮速度传感器 16。车轮速度传感器 16 是光学读取车轮的转子 14 的旋转速度的传感器,基于读取的旋转速度与轮胎的有效旋转半径来检测车速 V_x 。

[0023] 并且,在该电动动力转向装置中具备安装于车体的横摆率传感器 17、和安装于车体的横向加速度传感器 18。横摆率传感器 17 是检测车辆的旋转角速度(横摆率)的传感

器,例如通过使用压电元件对施加给振动体的哥氏力进行检测,从而检测车辆的旋转角速度。横向加速度传感器 18 是对施加给车辆的横方向的加速度进行检测的传感器,例如通过对在传感器元件的可动部与固定部之间产生的静电电容的变化进行检测,从而检测施加给车辆的横方向的加速度。另外,也能够基于由横向加速度传感器 18 检测出的横向加速度,通过内置在横向加速度传感器 18 的积分部,或通过外装的运算部,来检测横向车速 V_y 。

[0024] EPS 控制部 31 驱动控制操舵辅助电动马达 12。向 EPS 控制部 31 输入前述的操舵角传感器 4、转矩传感器 10、车轮速度传感器 16、横摆率传感器 17 以及横向加速度传感器 18 的各检测信号。EPS 控制部 31 根据转矩传感器 10 检测的操舵转矩以及车轮速度传感器 16 检测的车速来驱动操舵辅助电动马达 12,从而根据操舵状况以及车速来适当地辅助操舵。即、操舵辅助电动马达 12 的转矩经由齿轮装置 11 被变换为齿条轴 7 的轴向的力,该力使节臂 9L、9R 移动,由此,辅助与各节臂 9L、9R 连结的对应的前轮轮胎的转舵力。

[0025] EPS 控制部 31 具有用于实施本发明的路面摩擦系数推算方法的装置构成。使用图 2 来说明 EPS 控制部 31 的构成。EPS 控制部 31 的、PWM (Pulse Width Modulation: 脉冲宽度调制) 控制部 23、和逆变器驱动电路 24 以外的部分由具备 CPU 以及存储器 (ROM 以及 RAM 等) 的微型计算机构成。微型计算机通过执行规定的程序而作为多个功能处理部发挥作用。

[0026] 该多个功能处理部包括辅助调整部 21、电流值生成部 22、电流检测部 25、侧滑角计算部 26、转弯力计算部 27、路面摩擦系数推算部 28。辅助调整部 21 对与由转矩传感器 10 检测出的操舵转矩信号对应的辅助量进行运算,并提供给电流值生成部 22。电流值生成部 22 生成与该辅助量相应的电流指令值 I^* ,并供给至 PWM 控制部 23。

[0027] 另一方面,电流检测部 25 对从逆变器驱动电路 24 流向操舵辅助电动马达 12 的电流进行检测。检测出的电流被提供给 PWM 控制部 23,PWM 控制部 23 对检测出的电流与电流指令值 I^* 的差量进行运算,并基于该差来进行脉冲宽度调制,通过逆变器驱动电路 24 来驱动操舵辅助电动马达 12。

[0028] 侧滑角计算部 26 输入与轮胎转舵角 δ 相当的信号。该轮胎转舵角 δ 可以是,例如利用安装在作为转向轴的齿条轴 7 的线性编码器等测定出的、基于齿条轴 7 的移动量的值。另外,操舵角度与轮胎转舵角 δ 成比例关系,能够根据操舵角度简单地计算轮胎转舵角 δ ,所以也可以是基于利用安装在转向轴 3 的操舵角传感器 4 所检测的操舵角度信号来计算出的轮胎转舵角 δ 。

[0029] 侧滑角计算部 26 还输入表示由横摆率传感器 17 检测出的横摆率 γ 的信号、由车轮速度传感器 16 检测出的车速 V_x 的信号、由横向加速度传感器 18 检测并处理的横向车速 V_y 的信号。另一方面,转弯力计算部 27 输入由转矩传感器 10 检测出的操舵转矩信号和动力转向的辅助转矩信号。

[0030] 以下,设定 β_v :车体侧滑角, L_f :车辆重心点与前车轴的距离(常量), γ :横摆率, δ :轮胎转舵角, V_x :车速, V_y :横向车速。

[0031] 侧滑角计算部 26 使用如下的式子来计算前轮轮胎的滑移角 β 。

[0032]
$$\beta_v = \tan^{-1} (V_x/V_y) \quad (1)$$

[0033]
$$\beta = \beta_v + (L_f \cdot \gamma / V_x) - \delta \quad (2)$$

[0034] 上述(1)式是求出车体侧滑角 β_v 的式子,上述(2)式是根据车体侧滑角 β_v 、横

摆率 γ 、和轮胎转舵角 δ 求出轮胎的滑移角 β 的式子。

[0035] 转弯力计算部 27 使用由转矩传感器 10 检测出的操舵转矩 Th 与动力转向的辅助转矩信号的和来计算转弯力 CF 。此处, r :总减速比(方向盘操舵角移动范围除以轮胎转舵角移动范围得到的值;常量), D :节臂长(常量), ζ :转向节主销纵偏距长(常量)(以轮胎拖距与后倾拖距的和表示)。

[0036] 以(3)式表示转向主销的旋转的转矩的平衡的式子。

$$[0037] \quad CF = (r / 2) Th (D / \zeta) \quad (3)$$

[0038] 含有(1 / 2)的原因在于,相对于对方向盘施加轮胎 2 个轮子的力,在该式中计算每 1 个轮子的转弯力 CF 。

[0039] 在车辆的行驶中,按运算处理周期进行侧滑角计算部 26 的(1)、(2)式的运算处理、和转弯力计算部 27 的(3)式的运算处理。因此,能够按运算处理周期分别求出本次的运算处理周期所计算出的轮胎的滑移角 β 与前次的运算处理周期所处理的轮胎的滑移角的差量 $\Delta \beta$ 、和本次的运算处理周期所计算出的转弯力 CF 与前次的运算处理周期所处理的转弯力 CF 的差量 ΔCF 。

[0040] 分别向路面摩擦系数推算部 28 输入轮胎的侧滑角的差量 $\Delta \beta$ 、和转弯力 CF 的差量 ΔCF ,在此处,计算比值 $\Delta CF / \Delta \beta$ 。

[0041] 图 3 是表示路面摩擦系数 μ 与 $\Delta CF / \Delta \beta$ 的关系的图表。路面摩擦系数推算部 28 使用该图表,将 $\Delta CF / \Delta \beta$ 作为输入,计算行驶中的道路的路面摩擦系数 μ 。

[0042] 图 4 表示出转弯力 CF 与轮胎的滑移角 β 的关系的图表。如图 4 所示,在轮胎的滑移角 β 是比较低的值时(所谓线形区域),转弯力 CF 与轮胎的滑移角 β 的关系成直线比例关系(将该斜率,即、轮胎侧滑角 0 度附近的转弯力 CF 与轮胎侧滑角 β 之比称为侧偏刚度)。可是,若轮胎的滑移角 β 变为较大的值,则转弯力 CF 的增加率变小。即、轮胎的滑移角 β 越增大,斜率 $\Delta CF / \Delta \beta$ 越变小。将斜率 $\Delta CF / \Delta \beta$ 非常小的 β 的区域称为“饱和区域”。该斜率 $\Delta CF / \Delta \beta$ 的状态因路面摩擦系数与轮胎垂直负载 W 的积 μW 而不同,即使是相同的轮胎的滑移角 β ,积 μW 越小, $\Delta CF / \Delta \beta$ 就越小,积 μW 越大, $\Delta CF / \Delta \beta$ 取越大的值。

[0043] 在图 4 中,使处于线形区域与饱和区域之间的 β 的值固定。将该 β 标记为“ βd ”。 βd 处的 $\Delta CF / \Delta \beta$ 成为积 μW 的函数。积 μW 越小, $\Delta CF / \Delta \beta$ 也越小,若积 μW 变大,则 $\Delta CF / \Delta \beta$ 也变大。因此,如果轮胎垂直负载 W 是已知,则描绘路面摩擦系数 μ 与 $\Delta CF / \Delta \beta$ 的图表。该图表是表示图 3 所示的路面摩擦系数 μ 与 $\Delta CF / \Delta \beta$ 的关系的图表。

[0044] 对于路面摩擦系数推算部 28 而言,预先使车辆在路面摩擦系数不同的多个路面上行驶来检测轮胎的侧滑角 β 与转弯力 CF ,将它们的比 $\Delta CF / \Delta \beta$ 数值或者数式化,并与检测时的轮胎的滑移角 βd 的值对应地预先存储在存储器 29。

[0045] 此外,固定的轮胎的侧滑角 βd 优选为转弯力处于直线区域与饱和区域之间时的轮胎的侧滑角。如果轮胎的侧滑角 βd 处于饱和区域,则 $\Delta CF / \Delta \beta$ 变小,有可能在推算路面摩擦系数时出现较大的误差。如果处于直线区域,则 $\Delta CF / \Delta \beta$ 较大,但转弯力 CF 的值本身变小,较大地受到转弯力 CF 的检测误差的影响。于是,将转弯力 CF 处于直线区域与饱和区域之间时的轮胎的侧滑角固定为基准值 βd 。

[0046] 路面摩擦系数推算部 28 能够在使车辆实际行驶时,将轮胎的滑移角的值为 β 时计算出的比值 $\Delta CF / \Delta \beta$ 应用于存储在存储器 29 中的表示 $\Delta CF / \Delta \beta$ 与路面摩擦系数 μ 的关系的表,来求出路面摩擦系数 μ 。

[0047] 这样求出的路面摩擦系数 μ 是车辆实时行驶中的道路的路面摩擦系数 μ ,所以能够利用于各种的用途。例如,将由侧滑角计算部 26 求出的轮胎的滑移角 β 应用于如下的式子,

$$[0048] \quad CF = K\beta - (1/3)(K\beta)^2 / (\mu W) + (1/27)(K\beta)^3 / (\mu W)^2 \dots (4)$$

[0049] (K 为轮胎的侧偏刚度),从而能够求出转弯力 CF 。该转弯力 CF 是无论轮胎的滑移角 β 处于线形区域、饱和区域的哪个区域都直接求出的值。

[0050] 能够通过如下的式子将使用该(4)式求出的转弯力 CF 换算为齿条轴力 Fr 。

$$[0051] \quad Fr = CF (\zeta / D) \dots (5)$$

[0052] 该(5)式与前述的(3)式相同,是转向主销的旋转的转矩的平衡的式子。能够基于该齿条轴力 Fr 实现对驾驶员操作的操舵部件 2 返回来自道路的反作用力的反作用力控制。该情况下,无论是线形区域、饱和区域的哪个区域,都可知与其对应的路面摩擦系数 μ ,并求出与路面摩擦系数 μ 对应的齿条轴力 Fr ,所以返回给驾驶员的反作用力正确地反映此时的负载信息。

[0053] 在以上的本发明的实施方式中,侧滑角计算部 26 使用车速 V_x 、横向车速 V_y 、车辆重心点与前车轴的距离 L_f (常量)、横摆率 γ 、和轮胎转舵角 δ 来推算出轮胎的滑移角 β ,但除了该方法之外,也可以使用 m :车辆重量、 L :轴距($L = L_f + L_r$)、 L_r :车辆重心点与后车轴的距离、 K_f :前轮的侧偏刚度、和 K_r :后轮的侧偏刚度来利用广为所知的如下的式子(6)计算轮胎的滑移角 β 。

$$[0054] \quad \beta = (A / B) (L_f / L) \delta \dots (6)$$

[0055] 分别以

$$[0056] \quad A = 1 - (m / 2L) (L_f / L_r K_r) V_x^2 \dots (7)$$

$$[0057] \quad B = 1 - (m / 2L^2) [(L_f K_f - L_r K_r) / K_f K_r] V_x^2 \dots (8) \text{ 表示 } A、B。$$

[0058] 另外,在以上的本发明的实施方式中,使车辆在路面摩擦系数不同的多个路面上行驶,预先在存储器 29 存储比值 $\Delta CF / \Delta \beta$,并将使该车辆实际行驶时所计算出的比值 $\Delta CF / \Delta \beta$ 应用于存储在存储器 29 中的表示 $\Delta CF / \Delta \beta$ 与路面摩擦系数 μ 的关系的表来求出路面摩擦系数 μ 。

[0059] 能够将此一般化于任意的车辆。即、可以使重量不同的车辆在路面摩擦系数不同的多个路面上行驶,按重量预先在存储器 29 存储比值 $\Delta CF / \Delta \beta$,将使某重量 W 的车辆实际行驶时所计算出的比值 $\Delta CF / \Delta \beta$ 应用于存储在存储器 29 中的与该重量 W 对应的表示 $\Delta CF / \Delta \beta$ 与路面摩擦系数 μ 的关系的表来求出路面摩擦系数 μ 。由此,能够对任意的重量的车辆求出路面摩擦系数 μ 。

[0060] 根据本发明,能够在行驶中求出轮胎的侧滑角,使用该轮胎的侧滑角和轮胎的转弯力来计算路面的摩擦系数。能够利用该推算出的路面的摩擦系数,来实现用于车辆的动力转向装置的反作用力控制等各种的控制。

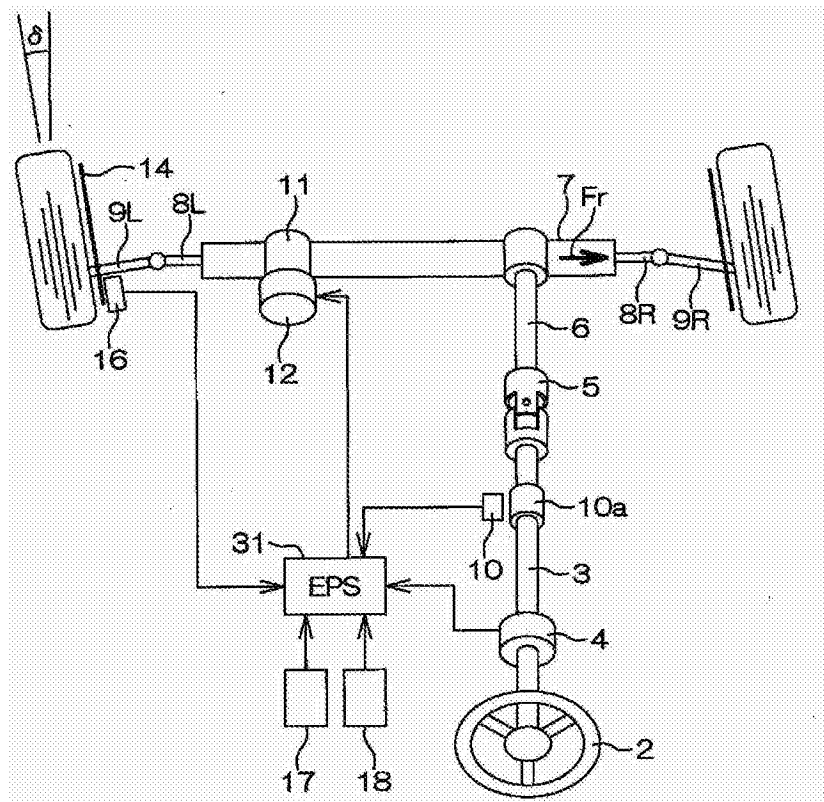


图 1

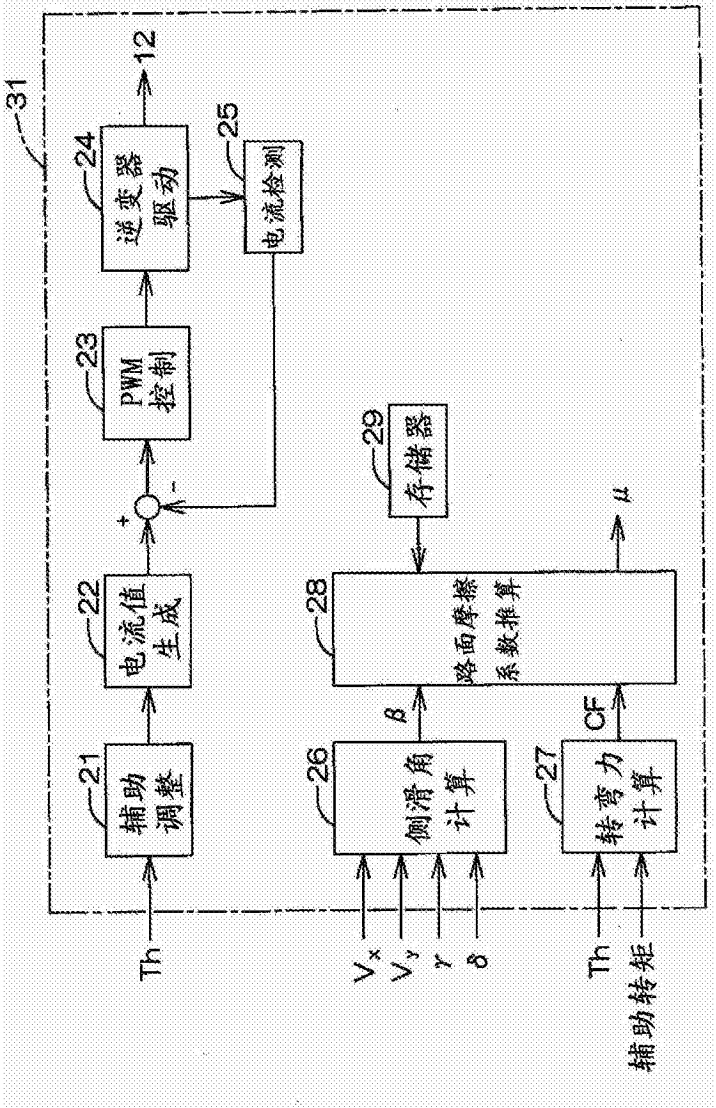


图 2

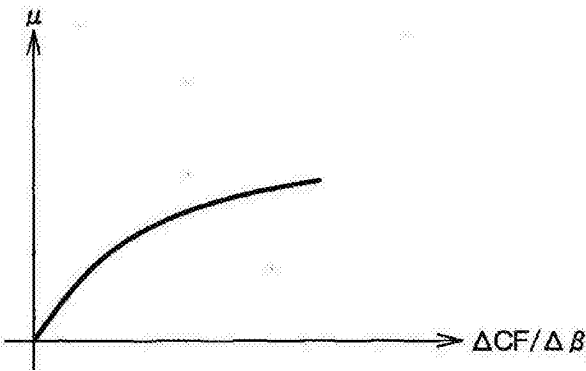


图 3

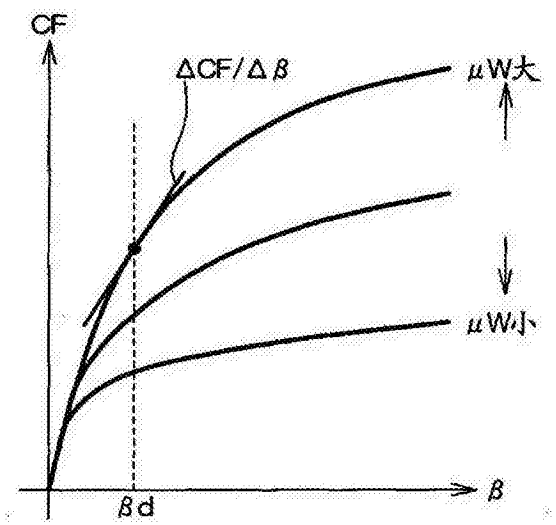


图 4