

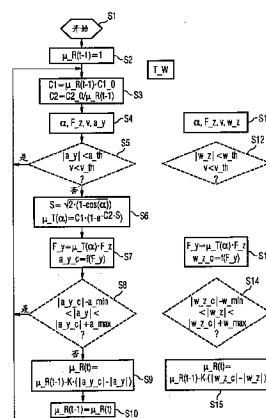


(45) 授权公告日 2013.02.06

权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 3 页

用于估计摩擦特性参数的方法和装置

以递归方式估计机动车至少一个轮胎和道路之间的摩擦特性参数。为此检测或确定侧偏角。借助一个模型确定横向摩擦系数,其中在横向摩擦系数和侧偏角之间的函数关系被如此预先设定,即该横向摩擦系数相对侧偏角(α)的非线性曲线取决于该横向摩擦系数相对侧偏角的起始斜率和取决于该摩擦特性参数之递归确定的估计值。该起始斜率被预先给定为基本上与该摩擦特性参数之递归确定的估计值无关。此外,机动车的行驶动力学测量参量被检测。根据该横向摩擦系数确定与行驶动力学测量参量相应的行驶动力学模型参量。另外确定该行驶动力学测量参量和行驶动力学模型参量之间的偏差。在确定该摩擦特性参数估计值时的递归包括,根据所确定的偏差来适配这个(估计值)。



1. 用于估计机动车的至少一个轮胎与道路之间的摩擦特性参数 μ_R 的方法, 其中

- 检测或确定一侧偏角 α ,
- 借助一个模型来确定该机动车的至少一个轮胎与道路之间的横向摩擦系数 μ_T , 其中在该横向摩擦系数 μ_T 和该侧偏角 α 之间的函数关系被预先给定, 即该横向摩擦系数 μ_T 相对该侧偏角 α 的非线性曲线取决于该横向摩擦系数 μ_T 相对该侧偏角 α 的起始斜率并且取决于该摩擦特性参数 μ_R 之递归确定的估计值并且该起始斜率与该摩擦特性参数 μ_R 之递归确定的估计值无关,
- 检测该机动车的行驶动力学测量参量,
- 根据该横向摩擦系数 μ_T 确定与行驶动力学测量参量相应的行驶动力学模型参量并且确定该行驶动力学测量参量和行驶动力学模型参量之间的偏差, 以及
- 在确定该摩擦特性参数 μ_R 之估计值时的递归包括, 根据所确定的偏差来适配该估计值。

2. 按权利要求 1 所述的方法, 其特征在于:

在该模型中的函数关系通过

$\mu_T = C1 \cdot (1 - \exp(-C2 \cdot S)) - C3 \cdot S$ 以及第一常数 $C1_0$ 和第二常数 $C2_0$ 来预先给定, 其中

$S = \sqrt{2 \cdot (1 - \cos(\alpha))}$ 和

$C1 = \mu_R \cdot C1_0$ 和

$C2 = C2_0 / \mu_R$

其中第一常数 $C1_0$ 具有约为 1 的值和第二常数 $C2_0$ 具有约为 25 的值, $C3$ 具有约为 0.2 或 0 的值。

3. 用于估计机动车的至少一个轮胎与道路之间的摩擦特性参数 μ_R 的装置, 其被构造来:

- 用于检测或确定侧偏角 α ,
- 用于借助一个模型以确定机动车至少一个轮胎和道路之间的横向摩擦系数 μ_T , 其中在该横向摩擦系数 μ_T 和侧偏角 α 之间的函数关系被如此预先给定, 即该横向摩擦系数 μ_T 相对侧偏角 α 的非线性曲线取决于该横向摩擦系数 μ_T 相对侧偏角 α 的起始斜率和取决于该摩擦特性参数 μ_R 之递归确定的估计值并且该起始斜率是与该摩擦特性参数 μ_R 之递归确定的估计值无关的,
- 用于检测机动车的行驶动力学测量参量,
- 用于根据该横向摩擦系数 μ_T 确定与行驶动力学测量参量相应的行驶动力学模型参量并且用于确定该行驶动力学测量参量和行驶动力学模型参量之间的偏差, 以及
- 用于递归地确定该摩擦特性参数 μ_R 的估计值, 并且该递归包括, 根据所确定的偏差来适配该摩擦特性参数的估计值。

用于估计摩擦特性参数的方法和装置

[0001] 本发明涉及用于估计道路和机动车至少一个轮胎之间摩擦特性参数 (Reibkennzahl) 的方法和装置。

[0002] DE 39 120 14 A1 公开了一种用于确定道路和机动车轮胎之间摩擦系数的方法。在逼近一种横向动力关键性行驶状态时要测知或确定对于机动车之转向角、行驶速度、偏航角速度和横向加速度的各种数值。依据转向角和行驶速度,借助一个数学的机动车参考模型即可确定一个参考-或额定偏航角速度。此外也可确定在机动车实际偏航角速度和参考-或额定偏航角速度之间的差值。还可确定那个当在实际偏航角速度与参考-或额定偏航角速度之间的差值开始强烈升高时横向加速度数值作为用于道路和机动车轮胎之间摩擦系数的度量。

[0003] EP 1 627 790 A1 公开了一种估计摩擦系数的方法。转向角和横向加速度可被检测。借助一表格即可确定摩擦系数的估计值。在该表格中设置了用于不同转向角和横向加速度的多个区域,多个摩擦系数与其对应。依据检测的转向角和检测的横向加速度,即可选出表格中所属的区域并将对应的摩擦系数用作摩擦系数的估计值。

[0004] 本发明的任务是提供用于估计摩擦特性参数的方法和相应的装置,该方法和相应的装置是可靠的。

[0005] 该任务通过独立权利要求的特征方案解决。本发明之优选的扩展方案表征在从属权利要求中。

[0006] 本发明之出众之处在于,用于估计机动车至少一个轮胎和道路之间摩擦特性参数的方法和相应的装置。检测或确定侧偏角 (Schraefwinkel)。借助一个模型确定机动车至少一个轮胎和道路之间的一个横向摩擦系数,其中在横向摩擦系数和侧偏角之间的函数关系被如此预先给定,即,该横向摩擦系数相对侧偏角的非线性曲线取决于该横向摩擦系数相对侧偏角的起始斜率并且取决于该摩擦特性参数的递归确定的估计值。此外,该函数关系被如此预先给定,即,该起始斜率基本上与该摩擦特性参数之递归确定的估计值无关。此外,机动车的行驶动力学测量参量被检测。根据该横向摩擦系数确定一个与该行驶动力学测量参量相应的行驶动力学 (fahr-dynamischen) 模型参数。另外确定该行驶动力学测量参量和行驶动力学模型参量之间的偏差。在确定该摩擦特性参数的估计值时的递归包括,根据所确定的偏差来适配该估计值。

[0007] 该侧偏角被定义为在轮平面和接触区域的运动方向之间的夹角,其中该轮胎平面垂直于轮轴线,并且在接触区域中轮胎与道路相接触。该横向摩擦系数被定义为由作用在轮胎上的横向力与轮胎在道路上的垂直力 (Aufstandskraft) (构成) 的商数。该摩擦特性参数用以表征轮胎和道路之间的摩擦作用并且被定义为由沿平行于道路的方向从轮胎可传递到道路上的最大力与垂直力 (构成) 的商数或被定义为该商数的限界值以用于大滑动系数。

[0008] 关于起始斜率应被理解为针对数值小的侧偏角的、横向摩擦系数关于侧偏角所绘曲线的斜率。特别地,该起始斜率相应于针对趋于 0 的侧偏角的曲线的斜率的限界值。

[0009] 该行驶动力学测量参量和行驶动力学模型参量例如涉及机动车的横向加速度或

偏转比率 (Gierrate) 或另外的合适的参数, 该合适的参量借助传感器可被检测或可由检测的测量值确定并且可在该模型的框架内根据该横向摩擦系数确定。

[0010] 本发明基于如下认识: 该摩擦特性参数的估计, 当为了确定该横向摩擦系数而应用一个模型时是特别健壮并且可靠地进行的, 在该模型中该横向摩擦系数相对侧偏角的起始斜率基本上与摩擦特性参数的递归确定的估计值无关地被预先给定并且特别是被恒定地预先给定。因此基于按照该模型的横向摩擦系数和侧偏角之间的函数关系, 横向摩擦系数相对侧偏角的非线性曲线极大程度地被预先给定并且基本上只还取决于摩擦特性参数的估计值。而该摩擦特性参数的改变是可以如此简单并可靠地识别的。

[0011] 在一个优选的扩展方案中在该模型中的函数关系通过 $\mu_T = C1 \cdot (1 - \exp(-C2 \cdot S)) - C3 \cdot S$ 以及第一和第二常数来预先给定, 其中 $S = \sqrt{2 \cdot (1 - \cos(\alpha))}$ 和 $C1 = \mu_R \cdot C1_0$ 和 $C2 = C2_0 / \mu_R$ 。为了确定该横向摩擦系数而应用这个函数关系具有的优点在于, 以这一方式可以简单地确定该横向摩擦系数, 并且该横向摩擦系数相对侧偏角的起始斜率基本上与该摩擦特性参数的递归确定的估计值无关并且另外基本上是恒定的。这样能够实现该摩擦特性参数之可靠和精确的估计。

[0012] 下面借助示意性附图阐述本发明的具体实施例。其中:

[0013] 图 1 示出一个机动车,

[0014] 图 2 示出一个用于估计摩擦特性参数的装置,

[0015] 图 3 示出横向摩擦系数的第一曲线图,

[0016] 图 4 示出该横向摩擦系数的第二曲线图并为图 3 第一曲线图的放大部分图, 以及

[0017] 图 5 示出用于估计摩擦特性参数的流程图。

[0018] 相同结构或功能的元件在各图中被设有相同的参考符号。

[0019] 一个机动车具有一个评估装置 1 和 (一些) 传感器 (图 1)。传感器与评估装置 1 连接。传感器被特别地构造为用于检测行驶动力学测量参量。这类传感器特别是用于检测检测到的横向加速度 a_y 的横向加速度传感器 2 和 / 或用于检测检测到的偏转比率 w_z 的偏转比率传感器 3 和 / 或用于检测转向盘转角的转向盘转角传感器 4。此外, 最好是在机动车的每个车轮上设置轮转速传感器 5, 以用于分别检测轮转速 rd 。传感器分别与评估装置 1 连接并向其输送各个被检测的测量值。另外也可以设置其他的传感器, 例如纵向加速度传感器。

[0020] 在评估装置 1 中设置一个信号处理单元 SIG 以用于处理从传感器输送到评估装置 1 中的测量值 (图 2)。此外设置一个估计单元 EST, 其在输入侧与信号处理单元 SIG 的输出相连接。特别地, 向该信号处理单元 SIG 输送被检测的轮转速 rd , 被检测的横向加速度 a_y 和被检测的偏转比率 w_z 。但也可以向信号处理单元 SIG 输送另外测量参量的测量值。

[0021] 各个测量值的处理包括例如滤波并特别是低通滤波和 / 或对所探得测量值的修正或转换。另外该信号处理单元 SIG 可以被构造为, 依据所输入的测量值确定被推导出的测量参量, 例如借助考虑行驶动力的车模型或通过不同测量参量的所检测到的两个或多个测量值简化运算为从这些测量值导出测量参量之一的测量值。这类被导出的测量参量例如是车速度 v (其可根据检测的轮转速 rd 确定) 或垂直力 F_z (其通过车轮垂直地施加在道路上)。此外侧偏角 α 也可根据检测的偏转比率 w_z 确定。但是所称被导出的测量参量在给定情况下也可以另外方式确定或检测。

[0022] 该估计单元 EST 被构造得,根据输入其所检测的或确定的测量值来确定车至少一个轮胎与道路之间摩擦特性参数 μ_R 的估计值。为了该摩擦特性参数 μ_R 的估计,借助一个模型根据所检测或确定的侧偏角 α 确定一个横向摩擦系数 μ_T 。在该模型中,在横向摩擦系数 μ_T 和侧偏角 α 之间存在一个非线性函数关系,其以示例方式被描述在图 3 和 4 的、针对摩擦特性参数 μ_R 的不同估计值的第一曲线 K1 中和第二曲线 K2 中。该摩擦特性参数 μ_R 的估计值对于第一曲线 K1 计为 0.5 并对于第二曲线 K2 计为 1。

[0023] 该横向摩擦系数 μ_T 相对侧偏角 α 的起始斜率基本与摩擦特性参数 μ_R 的估计值无关并且最好是恒定的。在一个特别优选的实施方案中。在横向摩擦系数 μ_T 和侧偏角 α 之间的非线性函数关系通过

[0024] $\mu_T = C1 \cdot (1 - \exp(-C2 \cdot S)) - C3 \cdot S$, 其中 $S = \sqrt{2 \cdot (1 - \cos(\alpha))}$, 来预先给定。其中 $\exp$ 表示指数函数和 $\sqrt{\quad}$ 表示平方根。此外,预先给定一个第一参数 C1 作为该摩擦特性参数 μ_R 之估计值和第一常数 C1_0 的积,并且预先给定一个第二参数作为第二常数 C2_0 与摩擦特性参数 μ_R 之估计值的商。作为优选,该第一常数 C1_0 具有一个约为 1 的值并且该第二常数 C2_0 具有一个约为 25 的值。但是该第一常数 C1_0 和第二常数 C2_0 也可以预先给定为另外的值。一个第三参数 C3 最好具有一个较小的值,例如约 0.2。对于小的侧偏角 α 并且特别在横向摩擦系数 μ_T 之起始斜率相对侧偏角 α 的关系中该项 $-C3 \cdot S$ 是可以忽略的。在一个特别优选的实施方式中,该第三参数 C3 的值计为 0。因此该横向摩擦系数 μ_T 的确定特别简单。

[0025] 通过该指数函数之级数展开的构成和在第一项后的断开,对于具有自变量 $-C2 \cdot S$ 的指数函数就获得简化的描述 $1 - C2 \cdot S$ 。因此该横向摩擦系数 μ_T 对于小的侧偏角 α 就大致等于 $C1 \cdot C2 \cdot S = C1_0 \cdot C2_0 \cdot S$ 。因此该横向摩擦系数 μ_T 相对侧偏角 α 的起始斜率基本上与摩擦特性参数 μ_R 之估计值无关并且另外基本上是恒定的。在横向摩擦系数 μ_T 和侧偏角 α 之间的这种相互关系能实现对摩擦特性参数 μ_R 的特别可靠的并最稳固的估计。但是在横向摩擦系数 μ_T 和侧偏角 α 之间的非线性函数关系也可被预先给定为其他方式。

[0026] 图 5 表明了用于估计摩擦特性参数 μ_R 的一个程序流程图。该程序开始于步骤 S1 中。在步骤 S2 中,摩擦特性参数 μ_R 在时间点 t-1 的估计值被置以一个预定值,例如 1。

[0027] 在步骤 S3 中,将由时间点 t-1 的摩擦特性参数 μ_R 的估计值和第一常数 C1_0 的积赋于第一参数 C1。此外将由第二常数 C2_0 与时间点 t-1 的摩擦特性参数 μ_R 的估计值的商赋于第二参数 C2。在步骤 S4 中,侧偏角 α 、垂直力 F_z 、车速度 v 和被检测的横向加速度 a_y 被检测或确定。在步骤 S5 中,优选检查,被检测的横向加速度 a_y 的数值是否小于预先给定的下边横向加速度限界值 a_{th} 。该预先给定的下边横向加速度限界值 a_{th} 例如为约 0.5m/s^2 ,但也可以预先给定为大于或小于 0.5m/s^2 。此外,在步骤 S5 中,优选检查,车速度 v 是否小于预先给定的下边速度限界值 v_{th} 。该预先给定的下边速度限界值 v_{th} 例如为约 5m/s ,但也可以预先设定为大于或小于 5m/s 。如果在步骤 S5 中满足了所述条件,则此后该程序在步骤 S3 中被继续。

[0028] 但是如果在步骤 S5 中所述条件未被满足的话,则因此在步骤 S6 中该横向摩擦系数 μ_T 根据侧偏角 α 被确定。在步骤 S7 中,根据所确定的横向摩擦系数 μ_T 确定一个

被确定的横向加速度 a_{y_c} 作为一个行驶动力学模型参量,并且该被确定的横向加速度 a_{y_c} 优选通过低通滤波器被平整。例如,一个横向力 F_y 作为所确定的横向摩擦系数 μ_T 与垂直力 F_z 之积被确定。这样,要确定的横向加速度 a_{y_c} 也可以根据所确定的横向力 F_y 被确定。

[0029] 在步骤 S8 中优选检查,所检测的横向加速度 a_y 是否处于一个围绕所确定之横向加速度 a_{y_c} 的、预先给定的容差带内。该预先给定的容差带的下边限界被预先给定为所确定的横向加速度 a_{y_c} 之数值与加速度容差下限界值 $a_{\min}$ 的差值。相应地,该预先给定的容差带的上限界通过所确定的横向加速度 a_{y_c} 之数值与加速度容差上限界值 $a_{\max}$ 之和来预先给定。如果所检测的横向加速度 a_y 之数值处于该预先给定的容差带内,则该程序在步骤 S3 中被继续。否则在步骤 S9 中来适配该摩擦特性参数 μ_R 的估计值。该摩擦特性参数 μ_R 之估计值的适配如此实现,即将摩擦特性参数 μ_R 在时间点 $t-1$ 的估计值与一积的差值赋于该摩擦特性参数 μ_R 在时间点 t 的估计值,其中该积由因数 K 和由所确定的横向加速度 a_{y_c} 的数值与所检测的横向加速度 a_y 的数值之差所构成。另外在步骤 S10 中,为了随后的按照步骤 S3-S9 的适配步骤,将摩擦特性参数 μ_R 在时间点 t 的估计值赋于该摩擦特性参数 μ_R 在时间点 $t-1$ 的估计值。该程序在步骤 S3 中被继续。以此方式该摩擦特性参数 μ_R 的估计值被以递归方式确定。

[0030] 作为优选,该程序在一个等待时间期限 T_W 结束之后才被继续。该等待时间期限 T_W 例如对应于一个扫描间隔,其中这些测量值被检测或确定,或对应于针对所述适配及因此该摩擦特性参数 μ_R 的估计值的更新而被预先给定的时间间隔。因数 K 例如被预先给定为约 $1.5s/m \cdot T_W$ 。但因数 K 也可被预先给定为其他因数。

[0031] 当代替所检测的及所确定的横向加速度 a_y , a_{y_c} 应用所检测及所确定的偏转比率 w_z , w_{z_c} 来用于该摩擦特性参数 μ_R 的估计时,该程序也可被相应地实行。为此,例如代替步骤 S4 设置一个步骤 S11,其中该侧偏角 α 、垂直力 F_z 、车速度 v 和被检测的偏转比率 w_z 被检测或被确定。在代替步骤 S5 的步骤 S12 中检查,所检测的偏转比率 w_z 是否小于预先给定的偏转比率下限界值 w_{th} 以及该车速度是否小于预先给定的速度下限界值 v_{th} 。代替步骤 S7 设置一个步骤 S13,其中要确定的偏转比率 w_{z_c} 作为行驶动力学模型参量根据所确定的横向摩擦系数 μ_T 被确定并且优选通过低通滤波器被平整。代替步骤 S8 设置一个步骤 S14,其中检查,所检测的偏转比率 w_z 的数值是否处在一个围绕所确定偏转比率 w_{z_c} 的预先给定的容差带内。该预先给定的容差带的下限界通过所确定的偏转比率 w_{z_c} 值与偏转比率容差下限界值 $w_{\min}$ 之差被预先给定。该预先给定的容差带的上限界通过所确定的偏转比率 w_{z_c} 的数值与偏转比率容差上限界值 $w_{\max}$ 之和而被预先给定。代替步骤 S9,在步骤 S15 中进行该摩擦特性参数 μ_R 的估计值的适配。在步骤 S15 中将该摩擦特性参数 μ_R 在时间点 $t-1$ 的估计值与一积的差值赋于该摩擦特性参数 μ_R 在时间点 t 的估计值,所述积由因数 K 和由所确定偏转比率 w_{z_c} 的数值与所检测的偏转比率 w_z 的数值之差构成。

[0032] 相应地,当代替所检测的和确定的横向加速度 a_y , a_{y_c} 或所检测的和确定的偏转比率 w_z , w_{z_c} 而为了该摩擦特性参数 μ_R 的估计应用其他的、可以作为测量参量而检测的及作为模型参数而可确定的行驶动力参数时,该程序也可以被执行。这种其他的行驶动力参数例如是偏转加速度或偏转力矩。

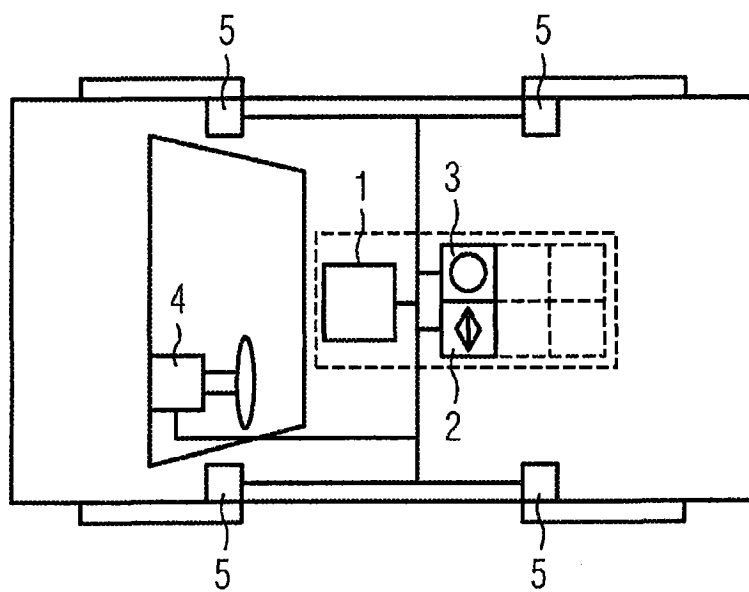


图 1

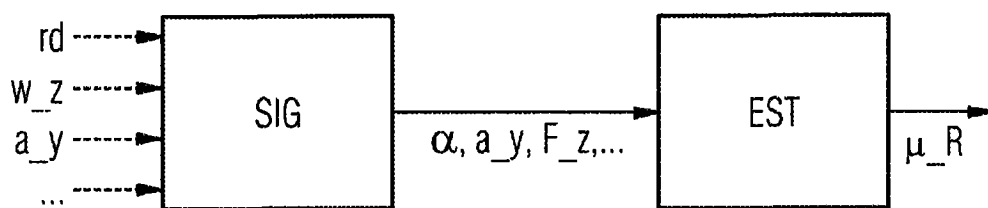


图 2

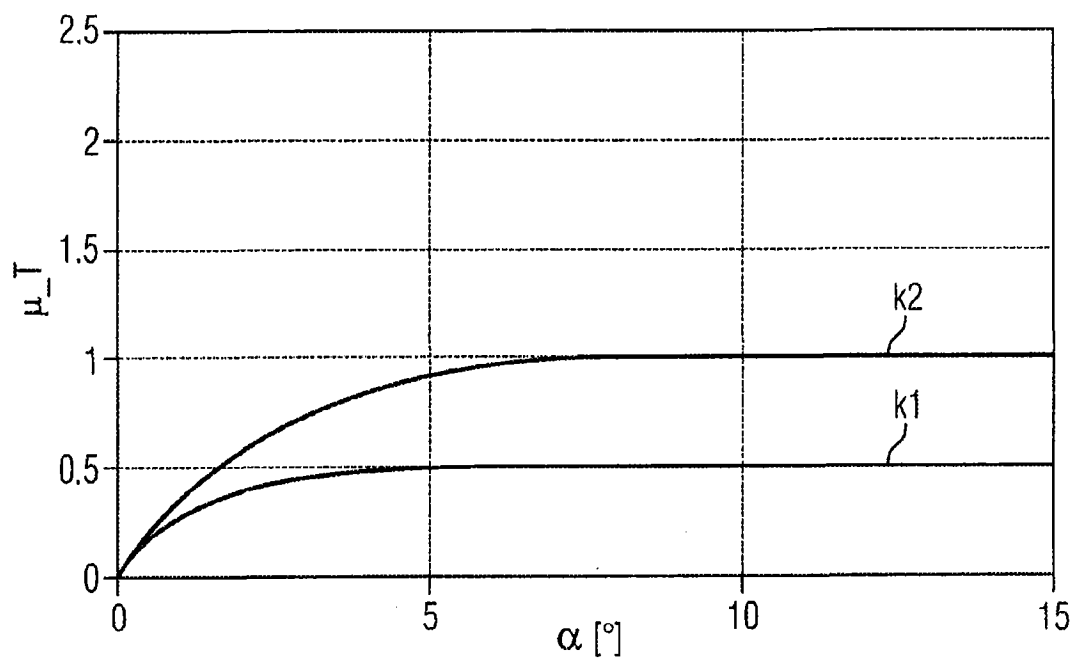


图 3

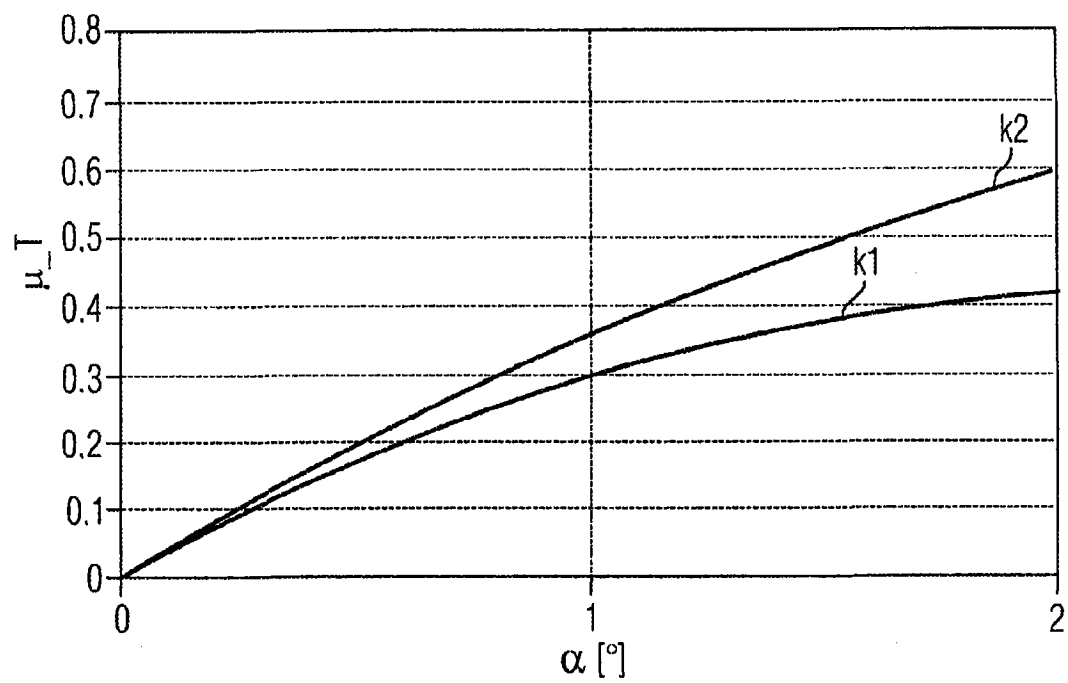


图 4

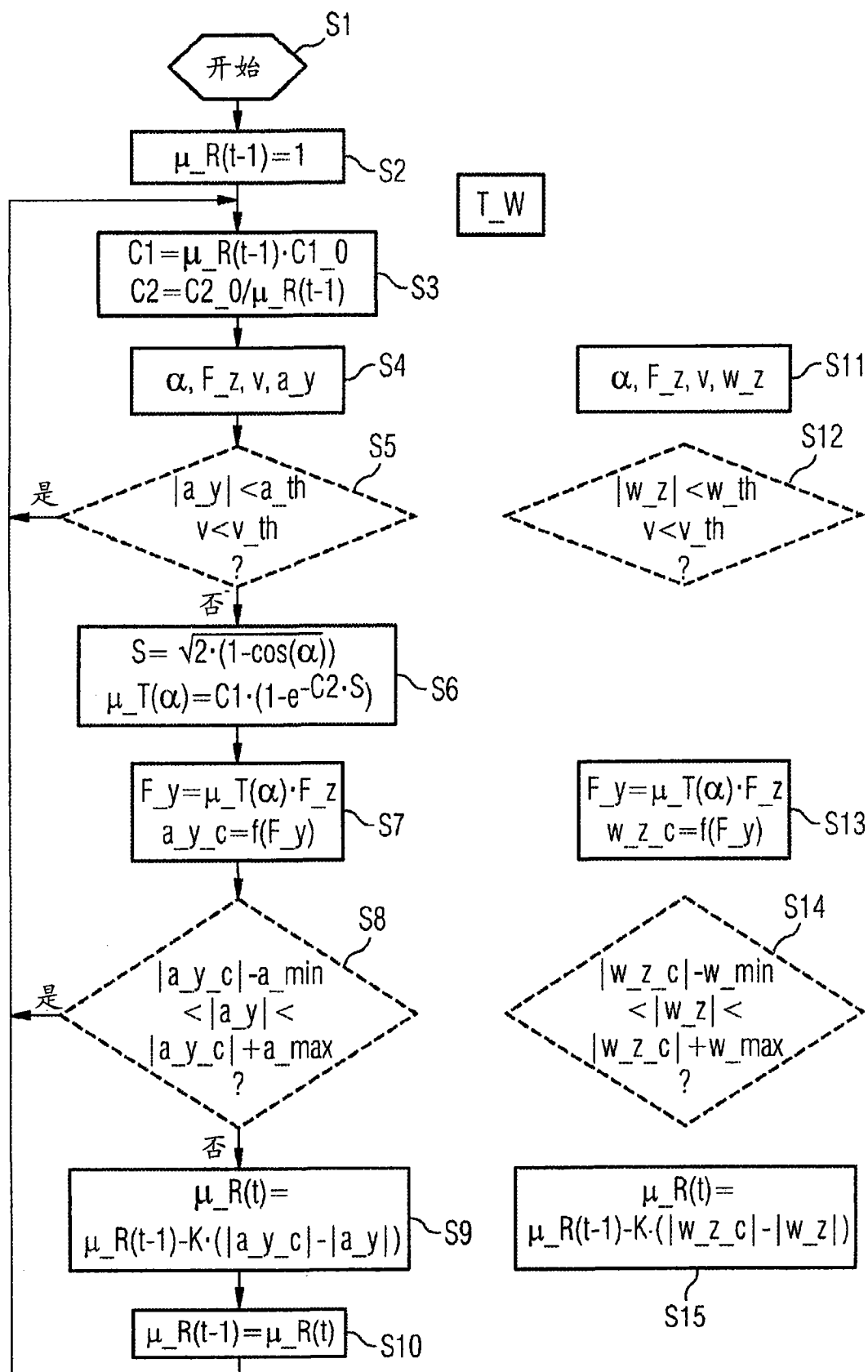


图 5