

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-249966
(P2004-249966A)

(43) 公開日 平成16年9月9日(2004.9.9)

(51) Int.CI.⁷**B60T 8/58**
B60C 19/00
B60R 16/02

F 1

B60T 8/58
B60T 8/58
B60C 19/00
B60R 16/02 661B
B60R 16/02 661D

テーマコード(参考)

3D046

審査請求 未請求 請求項の数 56 O L 外国語出願 (全 74 頁)

(21) 出願番号 特願2003-198080 (P2003-198080)
 (22) 出願日 平成15年6月13日 (2003.6.13)
 (31) 優先権主張番号 0207399
 (32) 優先日 平成14年6月13日 (2002.6.13)
 (33) 優先権主張国 フランス (FR)
 (31) 優先権主張番号 0209629
 (32) 優先日 平成14年7月29日 (2002.7.29)
 (33) 優先権主張国 フランス (FR)

(71) 出願人 599093568
 ソシエテ ド テクノロジー ミュラン
 フランス エフ-63000 クレルモン
 フエラン リュー ブレッシュ 23
 (71) 出願人 599105403
 ミュラン ルシェルシュ エ テクニー^ク
 ク ソシエテ アノニム
 スイス ツェーハー-1763 グランジュ
 パコ ルート ルイ ブレイウ 10
 エ 12
 (74) 代理人 100059959
 弁理士 中村 稔
 (74) 代理人 100067013
 弁理士 大塚 文昭

最終頁に続く

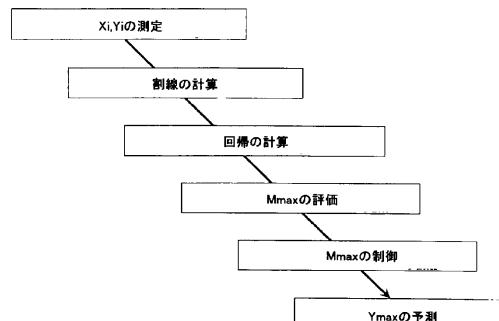
(54) 【発明の名称】タイヤが最大摩擦係数レベルで機能するようにタイヤのスリップを最適レベルに維持するのに特に使用できる自動制御方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】できる限り簡単な測定によりかつできる限り少數の測定値により、タイヤの実際の転がり条件に基いて、制動時の最大摩擦係数に関連するスリップを予測することにある。

【解決手段】本自動制御方法は、少なくとも1対の「 i 」の値についての評価または測定(X_i 、 Y_i)を決定する段階と、原点と点(X_i 、 Y_i)とを通る直線の傾斜 a_i の対応する値を決定する段階と、直接計算によりまたは(i 、 X_i)との充分な数の対からの回帰により係数 A_p を計算して、変化曲線 $a_i = f(X_i, A_p)$ をモデル化する段階と、所定の不变量「Inv t」を用いて目標値 X_{max} を計算する段階とを有している。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

パラメータYが、増大、極値および減少を呈する過程に従ってパラメータXの関数として変化し、かつパラメータYの値を最大値に維持すべくパラメータXの値が自動的に制御される現象の自動制御方法において、

- ・少なくとも1対の「 i 」の値についての評価または測定(X_i 、 Y_i)を決定する段階と、
- ・原点と点(X_i 、 Y_i)とを通る直線の傾斜 i の対応する値を決定する段階と、
- ・直接計算によりまたは(i 、 X_i)との充分な数の対からの回帰により係数 A_p を計算して、変化曲線 $i = f(X_i, A_p)$ をモデル化する段階と、
- ・所定の不变量「Inv t」を用いて目標値 X_{max} を計算する段階とを有することを特徴とする自動制御方法。

10

【請求項 2】

前記パラメータXの値は、その値を X_{max} に維持すべく自動的に制御されることを特徴とする請求項1記載の自動制御方法。

【請求項 3】

前記不变量は、1より小さい正の値をもつ p を用いて、次式すなわち、

【数式 1】

$$Inv t = \frac{\frac{Y}{X}(X_{max})}{\frac{Y}{X}(p.X_{max})}.$$

20

により決定されることを特徴とする請求項1記載の自動制御方法。

【請求項 4】

前記 p の値は0.25～0.75の間にあることを特徴とする請求項3記載の自動制御方法。

【請求項 5】

前記 p の値は0.5であることを特徴とする請求項4記載の自動制御方法。

30

【請求項 6】

前記傾斜 i は、 $i = Y_i / X_i$ を直接計算することにより決定されることを特徴とする請求項1記載の自動制御方法。

【請求項 7】

前記傾斜 i は適当な回帰を行なうことにより決定されることを特徴とする請求項1記載の自動制御方法。

【請求項 8】

線形回帰は、次式すなわち、

【数式 2】

$$\Sigma_{XX} = \sum X_j^2, \Sigma_{XY} = \sum X_j \cdot Y_j, \alpha_i = \frac{\Sigma_{XY}}{\Sigma_{XX}}$$

40

に従って行なわれることを特徴とする請求項1記載の自動制御方法。

【請求項 9】

2つの特定係数 A_p および係数 A および B は、「 n 」個の測定点または評価点に適用される下記線形回帰すなわち、

【数式 3】

$$A^{\text{Lin}} = \frac{n \cdot \sum X \cdot \alpha - \sum X \cdot \sum \alpha}{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2}, B^{\text{Lin}} = \frac{\sum \alpha \cdot \sum X^2 - \sum X \cdot \alpha \cdot \sum X}{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

により計算されることを特徴とする請求項1記載の自動制御方法。

【請求項10】

2つの特定係数 A_p および係数 A および B は、「 n 」個の測定点または評価点に適用される下記指數回帰すなわち、

【数式4】

$$A^{\text{Exp}} = \frac{n \cdot \sum X \cdot \ln(\alpha) - \sum X \cdot \sum \ln(\alpha)}{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

10

【数式5】

$$B^{\text{Exp}} = \frac{\sum \ln(\alpha) \cdot \sum X^2 - \sum X \cdot \ln(\alpha) \cdot \sum X}{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

により計算されることを特徴とする請求項1記載の自動制御方法。

【請求項11】

20

X_{max} は、 $= A^{\text{Lin}} \cdot X + B^{\text{Lin}}$ を用いて、次式すなわち、

【数式6】

$$X_{\text{max}} = -\frac{B^{\text{Lin}}}{A^{\text{Lin}}} \cdot \frac{1 - \ln v_t}{1 - p \cdot \ln v_t}$$

に従って計算されることを特徴とする請求項9記載の自動制御方法。

【請求項12】

X_{max} は、

【数式7】

30

$$\alpha = e^{A^{\text{Exp}} \cdot X + B^{\text{Exp}}}$$

を用いて、次式すなわち、

【数式8】

$$X_{\text{max}} = \frac{\ln(v_t)}{p \cdot A^{\text{Exp}}}.$$

に従って計算されることを特徴とする請求項10記載の自動制御方法。

40

【請求項13】

更に Y_{max} が、次式すなわち、

【数式9】

$$Y_{\text{max}} = Y^{\text{Coeff-Lin}} \cdot X_{\text{max}} \cdot (A^{\text{Lin}} \cdot X_{\text{max}} + B^{\text{Lin}})$$

に従って決定され、ここで、 $Y^{\text{Coeff-F-F-Lin}}$ は指數的に調節される係数であることを特徴とする請求項9記載の自動制御方法。

【請求項14】

更に Y_{max} が、次式すなわち、

50

【数式 10】

$$Y_{max} = Y^{Coeff_exp} \cdot X_{max} \cdot e^{A^{Exp} \cdot X_{max} + B^{Exp}}$$

に従って決定され、ここで、 Y^{Coeff_exp} は指数的に調節される係数であることを特徴とする請求項 10 記載の自動制御方法。

【請求項 15】

移動車両のタイヤの機能の特性パラメータ Q が、増大、極値および減少を呈する過程に従ってパラメータ P の関数として変化し、該パラメータ P の値は、パラメータ Q の値を選択値に維持すべく、タイヤに加えられるトルク、タイヤの舵取り角、タイヤのキャンバ角およびタイヤに加えられる垂直値からなる群から選択される少なくとも 1 つの要素に作用するコントローラにより賦課される構成の路面接触システムにおいて、前記コントローラが

、
・少なくとも 1 対の「 i 」の値についての評価または測定 (i 、 F_i) を決定する手段と、

・原点と点 (P_i 、 Q_i) とを通る直線の傾斜 i の対応する値を決定する手段と、
・直接計算によりまたは (i 、 P_i) との充分な数の対からの回帰により係数 A_p を計算して、変化曲線 $i = f(P_i, A_p)$ をモデル化する手段と、
・所定の不变量「Inv t」を用いて目標値 P_{Target} を計算する手段と、
・ $P_{Instantaneous}$ と P_{Target} との差の絶対値が所定閾値より大きい

ときに「能動」モードに変換する手段とを有することを特徴とする路面接触システム。

【請求項 16】

・少なくとも 1 対の「 i 」の値についての評価または測定 (G_i 、 μ_i) を決定する段階と、

・原点と点 (G_i 、 μ_i) とを通る直線の傾斜 i の対応する値を決定する段階と、
・直接計算によりまたは (i 、 G_i) との充分な数の対からの回帰により係数 A_p を計算して、変化曲線 $i = f(G_i, A_p)$ をモデル化する段階とを有することを特徴とする、スリップに関するタイヤの機能を制御する方法。

【請求項 17】

最適スリップ G^{Opt} の評価は、所定不变量「Inv t」を用いて行なわれることを特徴とする請求項 16 記載のスリップに関するタイヤの機能を制御する方法。

【請求項 18】

スリップ G は自動的に制御されて、 G^{Opt} に維持されることを特徴とする請求項 17 記載のスリップに関するタイヤの機能を制御する方法。

【請求項 19】

「Inv t」の値はほぼ 0.58 であることを特徴とする請求項 17 記載のスリップに関するタイヤの機能を制御する方法。

【請求項 20】

不变量は、次式すなわち、

【数式 11】

$$Inv t = \frac{\frac{\mu}{G}(G_{max})}{\frac{\mu}{G}(p.G_{max})}$$

に従って決定されることを特徴とする請求項 17 記載のスリップに関するタイヤの機能を制御する方法。

【請求項 21】

前記 p の値は 0.25 ~ 0.75 の間にあることを特徴とする請求項 20 記載のスリップに関するタイヤの機能を制御する方法。

10

20

30

40

50

【請求項 2 2】

前記 p の値は 0 . 5 であることを特徴とする請求項 2 1 記載のスリップに関するタイヤの機能を制御する方法。

【請求項 2 3】

前記傾斜 i は、 $i = \mu_i / G_i$ を直接計算することにより決定されることを特徴とする請求項 1 7 記載のスリップに関するタイヤの機能を制御する方法。

【請求項 2 4】

前記傾斜 i は適当な回帰を行なうことにより決定されることを特徴とする請求項 1 7 記載のスリップに関するタイヤの機能を制御する方法。

【請求項 2 5】

線形回帰は、次式すなわち、

【数式 1 2】

$$\Sigma_{GG} = \sum G_j^2, \Sigma_{G\mu} = \sum G_j \cdot \mu_j, \alpha_i = \frac{\Sigma_{G\mu}}{\Sigma_{GG}}$$

に従って行なわれることを特徴とする請求項 1 7 記載のスリップに関するタイヤの機能を制御する方法。

【請求項 2 6】

2つの特定係数 A_p および係数 A および B は、「n」個の測定点または評価点に適用される下記線形回帰すなわち、

【数式 1 3】

$$A^{Lin} = \frac{n \cdot \sum G \cdot \alpha - \sum G \cdot \sum \alpha}{n \cdot \sum G^2 - (\sum G)^2}, B^{Lin} = \frac{\sum \alpha \cdot \sum G^2 - \sum G \cdot \alpha \cdot \sum G}{n \cdot \sum G^2 - (\sum G)^2}$$

により計算されることを特徴とする請求項 1 7 記載のスリップに関するタイヤの機能を制御する方法。

【請求項 2 7】

2つの特定係数 A_p および係数 A および B は、「n」個の測定点または評価点に適用される下記指數回帰すなわち、

【数式 1 4】

$$A^{Exp} = \frac{n \cdot \sum G \cdot Ln(\alpha) - \sum G \cdot \sum Ln(\alpha)}{n \cdot \sum G^2 - (\sum G)^2}$$

【数式 1 5】

$$B^{Exp} = \frac{\sum Ln(\alpha) \cdot \sum G^2 - \sum G \cdot Ln(\alpha) \cdot \sum G}{n \cdot \sum G^2 - (\sum G)^2}$$

により計算されることを特徴とする請求項 1 7 記載のスリップに関するタイヤの機能を制御する方法。

【請求項 2 8】

G^{Opt} は、 $= A^{Lin} \cdot G + B^{Lin}$ を用いて、次式すなわち、

【数式 1 6】

$$G^{Opt} = -\frac{B^{Lin}}{A^{Lin}} \cdot \frac{1 - Inv t}{1 - p \cdot Inv t}$$

に従って計算されることを特徴とする請求項 1 7 記載のスリップに関するタイヤの機能を

10

20

30

40

50

制御する方法。

【請求項 29】

G^{Opt} は、

【式 17】

$$\alpha = e^{A^{Exp} \cdot G + B^{Exp}}$$

を用いて、次式すなわち、

【式 18】

$$G^{Opt} = \frac{\ln(Inv)}{p \cdot A^{Exp}}.$$

10

に従って計算されることを特徴とする請求項 27 記載のスリップに関するタイヤの機能を制御する方法。

【請求項 30】

G^{Opt} に対応する μ の値が、次式すなわち、

【式 19】

$$\mu = \mu^{\text{Coeff_lin}} \cdot G^{Opt} \cdot (A^{\text{Lin}} \cdot G^{Opt} + B^{\text{Lin}})$$

20

に従って更に決定されることを特徴とする請求項 26 記載のスリップに関するタイヤの機能を制御する方法。

【請求項 31】

更に μ_{max} が、次式すなわち、

【式 20】

$$\mu_{max} = \mu^{\text{Coeff_exp}} \cdot G^{Opt} \cdot e^{A^{Exp} \cdot G^{Opt} + B^{Exp}}$$

30

に従って決定されることを特徴とする請求項 27 記載のスリップに関するタイヤの機能を制御する方法。

【請求項 32】

・少なくとも 1 対の「 i 」の値についての評価または測定 (γ_i 、 F_i) を決定する段階と、

・原点と点 (γ_i 、 F_i) とを通る直線の傾斜 γ_i の対応する値を決定する段階と、

・直接計算によりまたは (γ_i 、 γ_i) との充分な数の対からの回帰により係数 A_p を計算して、変化曲線 $\gamma_i = f(\gamma_i, A_p)$ をモデル化する段階とを有することを特徴とする、横方向力が最大となるタイヤのドリフト角 γ の値を予測するフェーズを含むタイヤの機能を制御する方法。

【請求項 33】

・所定不变量「Inv」を用いてドリフト角 γ^{Opt} の値を計算する段階と、

・ドリフト角 γ が γ^{Opt} に接近すると警告信号を発生する段階とを更に有することを特徴とする請求項 32 記載のタイヤの機能を制御する方法。

【請求項 34】

選択されたパラメータは自動的に制御されて、 γ^{Opt} に維持されることを特徴とする請求項 33 記載のタイヤの機能を制御する方法。

【請求項 35】

警告信号が発生された場合には、選択されたパラメータが自動的に制御されて、ドリフト角 γ を減少させることを特徴とする請求項 33 記載のタイヤの機能を制御する方法。

【請求項 36】

40

50

不变量は、1より小さい正の値をもつpを用いて、次式すなわち、

【数式21】

$$\text{Invt} = \frac{\frac{F}{\delta}(\delta^{\text{Opt}})}{\frac{F}{\delta}(p \cdot \delta^{\text{Opt}})}$$

に従って決定されることを特徴とする請求項33記載のタイヤの機能を制御する方法。

【請求項37】

前記pの値は0.25～0.75の間にあることを特徴とする請求項36記載のタイヤの機能を制御する方法。 10

【請求項38】

前記pの値は0.5であることを特徴とする請求項37記載のタイヤの機能を制御する方法。

【請求項39】

前記傾斜 i は、 $i = F_i / \delta_i$ を直接計算することにより決定されることを特徴とする請求項33記載のタイヤの機能を制御する方法。

【請求項40】

前記傾斜 i は適当な回帰を行なうことにより決定されることを特徴とする請求項33記載のタイヤのドリフト角 α を自動的に制御する方法。 20

【請求項41】

線形回帰は、次式すなわち、

【数式22】

$$\Sigma_{\delta\delta} = \sum \delta_j^2, \Sigma_{\delta F} = \sum \delta_j \cdot F_j, \alpha_i = \frac{\Sigma_{\delta F}}{\Sigma_{\delta\delta}}$$

に従って行なわれることを特徴とする請求項33記載のタイヤの機能を制御する方法。

【請求項42】

2つの特定係数 A_p および係数AおよびBは、「n」個の測定点または評価点に適用される下記線形回帰すなわち、 30

【数式23】

$$A^{\text{Lin}} = \frac{n \cdot \sum \delta \cdot \alpha - \sum \delta \cdot \sum \alpha}{n \cdot \sum \delta^2 - (\sum \delta)^2}, B^{\text{Lin}} = \frac{\sum \alpha \cdot \sum \delta^2 - \sum \delta \cdot \alpha \cdot \sum \delta}{n \cdot \sum \delta^2 - (\sum \delta)^2}$$

により計算されることを特徴とする請求項33記載のタイヤの機能を制御する方法。

【請求項43】

2つの特定係数 A_p および係数AおよびBは、「n」個の測定点または評価点に適用される下記指數回帰すなわち、

【数式24】

$$A^{\text{Exp}} = \frac{n \cdot \sum \delta \cdot \ln(\alpha) - \sum \delta \cdot \sum \ln(\alpha)}{n \cdot \sum \delta^2 - (\sum \delta)^2}$$

【数式25】

$$B^{\text{Exp}} = \frac{\sum \ln(\alpha) \cdot \sum \delta^2 - \sum \delta \cdot \ln(\alpha) \cdot \sum \delta}{n \cdot \sum \delta^2 - (\sum \delta)^2}$$

により計算されることを特徴とする請求項33記載のタイヤの機能を制御する方法。 50

【請求項 4 4】

O^{opt} は、 $= A^{Lin} \cdot \delta + B^{Lin}$ を用いて、次式すなわち、

【数式 2 6】

$$\delta^{Opt} = -\frac{B^{Lin}}{A^{Lin}} \cdot \frac{1 - Invt}{1 - p \cdot Invt}$$

に従って計算されることを特徴とする請求項 4 2 記載のタイヤの機能を制御する方法。

【請求項 4 5】

G^{Opt} は、

【数式 2 7】

$$\alpha = e^{A^{Exp} \cdot \delta + B^{Exp}}$$

を用いて、次式すなわち、

【数式 2 8】

$$\delta^{Opt} = \frac{\ln(Inv)}{p \cdot A^{Exp}}$$

に従って計算されることを特徴とする請求項 4 3 記載のタイヤの機能を制御する方法。

20

【請求項 4 6】

更に F_{Target} が、次式すなわち、

【数式 2 9】

$$F^{Target} = F^{Coeff_lin} \cdot \delta^{Opt} \cdot (A^{Lin} \cdot \delta^{Opt} + B^{Lin})$$

に従って更に決定されることを特徴とする請求項 4 2 記載のタイヤの機能を制御する方法。
。

【請求項 4 7】

更に F_{Target} が、次式すなわち、

30

【数式 3 0】

$$F^{Target} = F^{Coeff_exp} \cdot \delta^{Opt} \cdot e^{A^{Exp} \cdot \delta^{Opt} + B^{Exp}}$$

に従って更に決定されることを特徴とする請求項 4 3 記載のタイヤの機能を制御する方法。
。

【請求項 4 8】

- ・選択された路面上でタイヤを動転させる段階と、
- ・所定荷重 F_{Z_1} をタイヤに加える段階と、
- ・所定スリップをタイヤに付与する段階と、
- ・タイヤの長手方向力 F_{X_1} を測定または評価する段階と、
- ・摩擦係数 $\mu_1 = F_{X_1} / F_{Z_1}$ の値を計算する段階と、
- ・前の段階を反復して、少なくとも 1 つの他の応力 F_{X_i} / F_{Z_i} の対「 i 」についての摩擦係数 μ_i の少なくとも 1 つの他の値「 i 」を計算しつつ関連スリップ G_i を測定する段階と、
- ・計算した摩擦係数の各値について、原点と点 (G_i, μ_i) とを通る直線の傾斜 a_i を決定する段階と、
- ・変化曲線 $a_i = f(G_i, A_p)$ をモデル化すべく、直接計算によりまたは充分な数の対 (a_i, G_i) からの適当な回帰により係数 A_p を計算する段階と、
- ・所定不变量「Inv」を使用して、所定摩擦係数値 G^{Opt} が得られるようにする最 50

適スリップを計算する段階とを有することを特徴とする、スリップについてタイヤを試験する方法。

【請求項 4 9】

前記不变量は、1より小さい正の値をもつ p を用いて、次式すなわち、

【数式 3 1】

$$\text{Inv}t = \frac{\frac{\mu}{G}(G_{\max})}{\frac{\mu}{G}(p.G_{\max})}$$

10

により決定されることを特徴とする請求項48記載の試験方法。

【請求項 5 0】

- ・選択された路面上でタイヤを動転させる段階と、
- ・所定荷重 F_{z_1} をタイヤに加える段階と、
- ・タイヤがグリップ限度以下に維持されるようにして、所定ドリフト角 δ_i をタイヤに付与しあつ該ドリフト角 δ_i に対応するドリフトストラスト F_i を測定または評価する段階と、
- ・前の段階を反復して、少なくとも1つの他の値(δ_i 、 F_i)の対「 i 」を計算する段階と、
- ・原点と点(δ_i 、 F_i)とを通る直線の傾斜 α_{opt} の対応値を決定する段階と、
- ・変化曲線 $\delta_i = f(\delta_i, A_p)$ をモデル化すべく、直接計算によりまたは充分な数の対(δ_i 、 F_i)からの適当な回帰により係数 A_p を計算する段階と、
- ・所定不变量「Inv t」を使用してドリフト角 δ^{Opt} の値を計算する段階とを有することを特徴とする、ドリフト角についてタイヤを試験する方法。

20

【請求項 5 1】

前記不变量は、1より小さい正の値をもつ p を用いて、次式すなわち、

【数式 3 2】

$$\text{Inv}t = \frac{\frac{F}{\delta}(\delta^{Opt})}{\frac{F}{\delta}(p.\delta^{Opt})}$$

30

により決定されることを特徴とする請求項50記載の試験方法。

【請求項 5 2】

前記係数 A_p は、線形回帰および指數回帰からなる群から選択された回帰により計算されることを特徴とする請求項48～51のいずれか1項記載の試験方法。

【請求項 5 3】

請求項35の記載に従ってタイヤのドリフト角 δ を自動的に制御するとき、 p の値を0.25～0.75の間にすることを特徴とする請求項48～50のいずれか1項記載の試験方法。

40

【請求項 5 4】

請求項36の記載に従ってタイヤのドリフト角 δ を自動的に制御するとき、 p の値を0.5にすることを特徴とする請求項49～51のいずれか1項記載の試験方法。

【請求項 5 5】

請求項1～14および17～54のいずれか1項記載の方法の洗練における調節変数として不变量「Inv t」を使用することを特徴とする方法。

【請求項 5 6】

タイヤの機能を所定の摩擦係数 μ の値に維持することを目的として、所与の形状でのタイヤの機能を自動的に制御する方法において、

50

- ・複数対の「 i 」の値についての評価または測定 (G_i 、 μ_i) を決定する段階と、
- ・タイヤの固有の物理的特性および存在する実際の機能的形状の関数としてタイヤの最適スリップ G^{opt} の評価を計算する段階と、
- ・ $G_{instantaneous}$ と G^{opt} との差の関数として形状を自動的に制御する段階とを有することを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、或るシステムを特定作動点の近くに維持できるようにする自動制御技術に関し、好ましい用途では、本発明はタイヤの試験方法に関する。他の好ましい用途では、本発明は、車両の安定性を制御するシステムに関し、より詳しくは、ブレーキを作動したときにホイールのロックを防止することを目的とした前記制御システムの機能に関する。本発明のシステムは用語「A B S」として広く知られているが、例えば用語「E S P」として広く知られているシステムにおけるように1つのホイールにブレーキを自動的に作動することにより、または他の任意のアクチュエータ（四輪操舵、能動アンチロール…）に作動することにより車両を安定走路上に維持することを目的とする一層精巧な制御システムに関する。

10

【背景技術】

【0002】

車両の制動は、トレッドが最大摩擦係数値に一致するスリップ G で機能するように作られると、一層効率的になることが知られている。最大摩擦係数値は μ_{max} と呼ばれている。しかしながら、平均的ドライバは、この条件を満たすように制動を制御することはできない。

20

【0003】

第一のいわゆる「A B S」ブレーキシステムは、タイヤがほぼ最大グリップで振動するようないわゆる「A B S」ブレーキシステムは、タイヤを機能させるべく制動力を自動的に変調している（実際に、制動アクチュエータは一般に油圧ジャッキであり、A B Sシステムが油圧を変調している）。このことは、再び最大グリップよりほんの僅か小さくなるように制動力を低下させる前にホイールのロック（ホイール回転の突然的停止）を開始させることにより最大グリップを検出できるようにするため、最大グリップを超えることを含むものである。次に制動力は、最大グリップを超えるまで再び自動的に増大され、次に低下される。

30

【0004】

それにもかかわらず、この方法は、最大摩擦係数値 μ_{max} に一致する G_{max} を簡単に超えることを含んでおり、これに対し理想的な状況は、目標スリップを大きく超えることが無く、目標スリップに近付くことである。重要なことは、 G_{max} は最大可能スリップ値ではないと慣用的に言われているが、実際には摩擦係数がその最大可能値を有する特定スリップであることに留意することである。

40

【0005】

制動効率は、最大摩擦係数に一致するスリップの近くでのスリップ変化の細かさによって定まる。効率に言及するとき、本願での唯一の関心事は、緊急制動時に車両のドライバが車両を走行させることができる或る能力を付与するA B Sシステムの大きい利益は別として、減速の大きさにある。従って、本発明に関しては、制動は、その効率が高いほど制動距離は短くなる。このような制動効率は、制動が最大グリップ係数のレベルにない期間、すなわち過度のスリップの期間および不充分なスリップの期間により損なわれる。

【0006】

第一のいわゆる「A B S」ブレーキシステム（その機能は前述したとおりである）は、種々のタイヤに自動的に適合できるという長所を有していた。この特徴は、例えば、最大摩擦係数での新品タイヤのスリップの方が最大摩擦係数での摩耗タイヤのスリップより大きいことが知られているように、最大摩擦係数での冬季タイヤのスリップが最大摩擦係数での夏季タイヤのスリップよりかなり大きいことが知られているため重要である。残念なこ

50

とに、この自動制御形式により引起される振動は不快であり、ドライバがブレーキペダルに加える押圧力を緩めてしまう効果をもたらすことがある。この世代のブレーキシステムは、例えば米国特許（下記特許文献1参照）に開示されており、該米国特許にはこのようなシステムの改善が説明されている。

【0007】

このシステムは種々のタイヤに適合できる。このために、圧力が段階的に増大される。この場合にはホイールの回転速度の増大が観察され、このため、この圧力を増大させるべきか低下させるべきかが演繹される。すなわち、この自動制御は「適応性」があるが、本来的に振動を発生する。

現在では、車両の安定性制御システムは、最大摩擦係数に一致するように推測された所定の目標スリップを目指して制動力を自動的に変調している。 10

【0008】

従ってこの場合には、車両ブレーキシステムは、トレッドが、選択された最適スリップレベルで機能する制動力を維持することを目指している。このようなシステムは、各ホイールの回転速度 V_{Tire} を連続的に測定する。特定のアルゴリズムでは（例えば下記特許文献2参照）、車両速度 $V_{Vehicle}$ の評価が得られる。従って、瞬間スリップ $G = 1 - V_{Tire} / V_{Vehicle}$ の評価を利用できる。理想的には、この評価されたスリップが最適スリップ以下に維持される限り制動力を低下させてはならないか、自動制動ブースティングの機能が自動的に増大させることもできる（例えば下記特許文献3参照）。最大可能制動力が達成されると、制動圧力は最適スリップ G_{max} 、すなわち最大摩擦係数 (μ_{max}) に一致するスリップを維持すべく調整される。 20

【0009】

この維持は、最適スリップを決定することである。欧州特許出願（下記特許文献4参照）では、これは、評価された摩擦係数 μ および同様な評価された車両速度の関数として目指すべき値を与える基準曲線から行なわれる。摩擦係数 μ の評価は次のように行なわれる。制動が均質路面上で直線的に行なわれるときは、路面上でのタイヤの制動力 F_x は、ホイールおよびそのブレーキの制動圧力から決定される。全てのタイヤにより加えられる力を知ることにより、従って車両の特徴である負荷伝達、従って各ホイールについての負荷変動を考慮に入れて車両の減速度を計算できる。これから、各タイヤに加えられる垂直荷重 F_z の近似値を演繹できる。かくして、摩擦係数 $\mu = F_x / F_z$ の評価が得られる。評価または測定により対応する横方向力 F_y が分れば、摩擦係数のより正確な評価が、公式 30

【数式1】

$$\mu = \frac{\sqrt{F_x^2 + F_y^2}}{F_z}$$

により与えられる。本発明に関しては、これらの2つの評価は等価であると考えられる。同様に、これは本発明が関連する技術分野の当業者には明白であり、制動について説明した全てのことは、加速度の場合に有効である。すなわち制動力は、グリップについての考察に聞いて、これらを修正するアクチュエータが同じでない場合でも、駆動力と等価である。 40

【0010】

また、前記基準曲線を参照することにより、評価されたスリップ G についての基準係数 μ がどれほどになるかが確立される。現在の評価スリップが目標スリップより低い限り、スリップは、スリップ値が実質的に一致するまで増大される。この第二システムの長所は、第一システムよりも最大スリップに関する振動が小さいことである。

【0011】

残念なことに、この基準曲線は、実験的に決定、従って一定数のタイヤについて予め決定したものであり、これらの使用条件例えば膨張圧力、摩耗レベル等を超えて、車両のタイヤ機器の実際の状態を考慮に入れることはできない。この自動制御原理は、実際には振動 50

を制限または除去するものであるが、制動効率は大幅に損なわれる。なぜならば、事実上本来的に使用されるタイヤは、実際に基準曲線でプログラムされたものとは非常に異なった最大摩擦係数でのスリップを必要とする。

【0012】

【特許文献1】

米国特許第3,980,346号明細書

【特許文献2】

米国特許第5,402,345号明細書

【特許文献3】

米国特許第5,816,666号明細書

10

【特許文献4】

欧州特許出願EP05303025号明細書

【考案の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

本発明の目的は、例えばタイヤのスリップに適用できる自動制御原理を提案することにより上記欠点を解消し、簡単に上述した第一の既知の方法と同様に自己適応性を有し、かつグリップ限度を超えない最適スリップで第二方法のように少ない振動となることをより確実に目指すことがある。

本発明の一目的は、測定ベンチまたは車両でのできる限り簡単な測定によりかつできる限り少數の測定値により、考察するタイヤの実際の転がり条件に基いて、制動時（または駆動力が作用しているとき）の最大摩擦係数に関連するスリップを予測することにある。

20

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明は、以下に詳述する観察に基いており、不变量、すなわちタイヤおよび該タイヤが使用される路面の両方から独立した定数をもつパラメータの存在を識別できる。

概していえば、本発明は、以下に説明する特性を呈するあらゆる現象に適用できる調整方法に関する。本発明は、パラメータYが、増大、極値および減少を呈する過程に従ってパラメータXの関数として変化し、かつパラメータYの値を最大値に維持すべくパラメータXの値が自動的に制御される現象の自動制御方法において、

30

- ・少なくとも1対の「 i 」の値についての評価または測定(X_i 、 Y_i)を決定する段階と、

- ・原点と点(X_i 、 Y_i)とを通る直線の傾斜 i の対応する値を決定する段階と、
- ・直接計算によりまたは(i 、 X_i)との充分な数の対からの回帰により係数 A_p を計算して、変化曲線 $i = f(X_i, A_p)$ をモデル化する段階と、
- ・所定の不变量「Inv t」を用いて目標値 X_{max} を計算する段階とを有することを特徴とする自動制御方法を提案する。

目標値 X_{max} は、直接計算または回帰の選択から得られるモデル化公式を用いて計算される。以下に述べるより関心の高い領域は、車両と路面との接触およびこれに含まれる要素およびシステムである。

40

【0015】

本発明は、移動車両のタイヤの機能の特性パラメータQが、増大、極値および減少を呈する過程に従ってパラメータPの関数として変化し、該パラメータPの値は、パラメータQの値を選択値に維持すべく、タイヤに加えられるトルク、タイヤの舵取り角、タイヤのキャンバ角およびタイヤに加えられる垂直値からなる群から選択される少なくとも1つの要素に作用するコントローラにより直接的または間接的に賦課される構成の路面接触システムにおいて、前記コントローラが、

- ・少なくとも1対の「 i 」の値についての評価または測定(i 、 F_i)を決定する手段と、

- ・原点と点(P_i 、 Q_i)とを通る直線の傾斜 i の対応する値を決定する手段と、

50

- 直接計算によりまたは(i 、 P_i)との充分な数の対からの回帰により係数 A_p を計算して、変化曲線 $i = f(P_i, A_p)$ をモデル化する手段と、
- 所定の不变量「Inv t」を用いて目標値 P_{Target} を計算する手段と、
- $P_{Instantaneous}$ と P_{Target} との差の絶対値が所定閾値より大きいときに「能動」モードに変換する手段とを有することを特徴とする路面接触システムを提案する。

【0016】

もちろん、サーボ制御システムより詳しくはサーボ制御装置を有する安全システムで良く知られているように、本発明の使用は、システムのコントローラに、本願で説明するもの以外の手段すなわち目標値 P_{Target} を計算する手段を設けること、例えば冗長をもたせおよび／または或る状況例えは評価しまたは測定した(P_i 、 Q_i)の値で評価される他のストラテジーを用いることを排除するものではない。

10

コントローラが能動モードに切換わると、コントローラは警告を発しある／またはパラメータ P に作用して、その値を P_{Target} に維持し、および／または他の任意の適当なパラメータに作用する。

【0017】

本発明の概念の第一用途はタイヤ試験または路面試験に関する。最大値から充分に離れた状態を維持すると同時に、スリップ G の関数としての摩擦係数 μ の変化曲線が増大する最適スリップ G^{Opt} 、より詳しくは最大摩擦係数(μ_{max})に一致するスリップ G_{max} を信頼性をもって評価できる。

20

【0018】

本発明は、

- 少なくとも1対の「 i 」値についての評価または測定(G_i 、 μ_i)を決定する段階と、
- 原点と点(G_i 、 μ_i)とを通る直線の傾斜 i の対応する値を決定する段階と、
- 直接計算によりまたは(i 、 G_i)との充分な数の対からの回帰により係数 A_p を計算して、変化曲線 $i = f(G_i, A_p)$ をモデル化する段階とを有することを特徴とするタイヤの機能を制御する方法を提案する。

【0019】

摩擦係数は、本発明では上記のように評価され、またはもちろん他の任意の方法例えはタイヤまたはその環境で行なわれる測定から評価される。かくしてスリップに関するタイヤの機能のモデル化(上記変化曲線)が得られ、これは種々の用途を有している。以下に、所定の最適レベルでのスリップの制御に関する非制限的な好ましい用途、より詳しくは例えは、タイヤの最大グリップに対応するスリップの制御に関する用途を説明する。このスリップ制御は、既に強調したように、タイヤにより伝達された長手方向力が制動力である状況およびタイヤにより伝達される長手方向力が駆動力である状況の両方に適用できる。

30

【0020】

最適スリップ G^{Opt} の評価が、所定不变量「Inv t」を用いることにより、直接計算または選択回帰の選択から得られる公式により決定される。この場合には、直接計算または回帰の選択から得られるモデル化公式を用いて、上記一般的表現を置換することにより計算される。

40

また本発明は、以下に述べるタイヤ試験方法を提案する。

【0021】

本発明に関連して、トレッドのグリップ特性が、空気タイヤ、または非空気弾性外側ケーシングを取り扱うものでも、更にはクローラトラックを取り扱うものでも問題ではないことに留意すべきである。用語「トレッド」、「タイヤ」、「外側ケーシング」、「弾性外側ケーシング」、「クローラトラック」または「ホイール」は、均等物であると解釈すべきである。

【0022】

他の好ましい適用例では、本発明は、横方向力の飽和状態近くの機能領域においてタイヤ

50

または弾性外側ケーシングにより発生される横方向力の分析に関する。

本発明はまた、横方向力（「ドリフトストラスト」ともいう）が最大となるタイヤの横方向スリップ角（「ドリフト角」ともいう）の値を予測することを目的とする方法を提案する。タイヤがその最大値に到達し従ってもはやその一次機能（車両の走行を可能にする機能）を遂行できなくなる時点を予測して、タイヤの機能をドリフトストラスト F_{target} の所定目標値に維持できるようにするか、ドライバに警告を発することが問題である。タイヤの機能を所定目標値に維持するため、必要ならば予防的アクションがとられ、車両速度を低下させて危険な運転状況を回避する（車両がドライバの望むままに旋回しない場合には。事故が起きるであろう）。本発明により提案されるタイヤ機能の制御方法は、横方向力が最大となるタイヤのドリフト角の値を予測するフェーズを有し、下記の段階すなわち、10

- ・少なくとも1対の「 i 」の値についての評価または測定（ i 、 F_i ）を決定する段階と、
- ・原点と点（ i 、 F_i ）とを通る直線の傾斜 i の対応する値を決定する段階と、
- ・直接計算によりまたは（ i 、 i ）との充分な数の対からの回帰により係数 A_p を計算して、変化曲線 $i = f(i, A_p)$ をモデル化する段階とを有している。

【0023】

かくして、種々の用途を有する、ドリフトに関するタイヤの機能のモデル化（上記変化曲線）が得られる。タイヤのドリフトストラスト能力を適正に使用するためのドリフト角の制御に関する非制限的な好ましい用途を以下に説明する。この場合、この方法は更に、次の段階すなわち、20

- ・所定不变量「Inv t」を用いてドリフト角 opt の値を計算する段階と、
- ・ドリフト角 opt に接近すると警告信号を発生する段階を有している。
- ・ドリフト角 opt に近付いたときに警告信号を発生する、

【0024】

タイヤの試験方法に加えて、本発明はまた、車両の安定性を制御するシステムに関する。このことは、制動力が加えられたときにホイールのロックを防止することを目的とする用語「ABS」として広く知られた機能、または物理的に可能な限度まで制動力を自動的に増大させることを目的とした機能の両方を意味する。また本発明の車両の安定性制御システムは、1つのホイールのブレーキに自動的かつ選択的に作用することにより、および／または1つまたは幾つかのホイールにまたは車両の挙動に影響を与える他の任意のアクチュエータに自動的かつ選択的に作用することにより、車両を安定走路上に維持することを目的とする車両の安定性制御システムの一層精巧な態様を意味する。30

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

以下、添付図面を参照して本発明をより詳細に説明する。

本発明は、次の観察に基いている。

図4は、2バールの膨張圧力で種々の路面上で試験した同一のMICHELIN XH1 195/65-15タイヤについてのスリップの関数としての摩擦係数 μ の種々の曲線を示すものである。図5は、種々のタイヤ、種々の路面、および速度、タイヤ荷重等に関する種々の試験条件に対応する非常に多くの試験についての摩擦係数 μ_{max} の位置および対応スリップを示すものである。これらの値は広く拡散しているため、このようなアプローチを用いてグリップの物理的現象を把握できるようにする回帰（regression）を見出すことは、架空でない限り困難であることは理解されよう。40

従って、本件出願人は、以下に述べる方法で研究を行なってきた。 $G = G_{max}$ および $G = G_{max} / 2$ （「50%」で示した）について計算した商の分析も行なわれた（図6参照）。

【0026】

図7は、平均値を決定する前の約400回の試験すなわち全部で3000個の測定値についての比 $\mu / G_{at} 50\% of max$ の関数として比 μ_{max} / G_{max} の値を示50

すものである。図7は、変えることができる多くの路面条件、種々のタイヤおよび試験条件（荷重、速度、圧力）を反映している。これにより、上記不变量（Invariant）「Inv t」の卓越した実験的確認についての理解が得られる。

【0027】

考察されるタイヤおよび試験条件の如何にかかわらず、次式を満たすことが判明している。

【数式2】

$$\frac{\frac{\mu}{G}(G=G_{\max})}{\frac{\mu}{G}(G=G_{\max}/2)} \approx 0.58 \quad \text{①}$$

10

上記比は、以下に「Inv t」で示す不变量である。

【0028】

次に、曲線 $\mu(G)$ （図8参照）の平均傾斜が考察される。この傾斜を α とすれば、次式が得られる。

【数式3】

$$\mu = \alpha \cdot G$$

この傾斜は G （該 G は、曲線の少なくとも第一部での好ましい近似値である）で直線的に変化する。従って、直線 $\mu(G)$ の式を次式のように計算できる（直線的变化であると仮定する。図9参照）。

20

【数式4】

$$\alpha = a \cdot G + b \quad (2)$$

この式(2)および前のセクションで説明された不变量「Inv t」から、次式が得られる。

【数式5】

$$a \cdot G_{\max} + b = Inv t \cdot \left(a \cdot \frac{G_{\max}}{2} + b \right)$$

30

【0029】

これから、 G_{\max} が演繹され、これは、車両のブレーキシステムコントローラが目指す目標であり、本発明によれば次式が得られる。

【数式6】

$$G_{\max} = -\frac{b}{a} \cdot \frac{1 - Inv t}{1 - \frac{Inv t}{2}}$$

40

G_{\max} を計算できるようにする原理（より詳しくは、トレッドが摩擦係数 μ_{\max} で機能するときの有効スリップ）は、タイヤの種類の如何にかかわらず、摩耗またはエージングの如何にかかわらず、およびタイヤの使用条件の如何にかかわらず、目標 G の値を決定できる。

【0030】

上記観察はスリップの関数としての摩擦係数の変化曲線に基いているので、同様な特性曲線を有する他の物理量の関数として1つのパラメータの変化を含むあらゆる現象に対して有効性が維持される。従って本発明は、 $Y(X)$ の曲線が図10に示す過程をたどるようなパラメータ Y が存在するときにパラメータ X に対して有効であるか、並進（transl ation）、相似変換、反転（reversal）およびこれらの同じ変換等の簡単

50

な変換の後にこのような曲線となる任意の変化現象に対して有効な自動制御方法を提案する（図10に示す曲線と同じ過程に戻る前に遂行される並進と反転との組合せを示す図11を参照されたい）。

【0031】

また、上記式(2)は線形回帰が、スリップGの関数としての摩擦係数μの変化の進化(evolution)を非常に正確にモデル化できることを示しているが、最も適当な回帰形式についての賢明な選択がなされれば、ここに提案される手順の精度を向上できることが判明している。かくして、回帰の適当な形式を選択することは本発明に包含され、このことは、一般に、以下に説明する調整手順を提案する。

【0032】

従って本発明は、次の特性を有するあらゆる物理的現象に適用される。

・測定または評価された制御パラメータX。

・次の形態すなわち、最大値 Y_{max} の存在； Y_{max} より非常に小さい $Y(0)$ （ファクタ10は少なくとも値 $Y(0)$ と Y_{max} とを分離しなくてはならず、 $Y(X)$ は X_{max} まで連続的に増大する）の所与の環境に対して、Xの値に基いた測定または評価されたパラメータY。

【0033】

この目的は、低いXの値に向けて出発するプロセス $Y(X)$ では、できる限り早くYの値を最大にすることである。ここでは、実際の測定（または評価）（一般に、入力Xおよび出力Yでのノイズにより影響を受ける）に関連して、特に、最大値を演繹的に知ることなくかつ最大値を超える必要なく最大値を得ることを可能にするロバストアルゴリズムが提案されている。この方法は絶対値を必要としない。

【0034】

以下の観察が使用された。すなわち、

(X_{max}) の最大値での割線(sangent)と、 $X = X_{max} / 2$ での割線との間には下回る関係が存在する。一般的な関係は一定の商（不变量）である。この不变量は、特定現象へのこの方法の各適用時に決定されなくてはならない。

【0035】

不变量を決定する実用的な非制限的方法は次の通りである。すなわち、

【数式7】

$$\text{Inv}t = \frac{\frac{Y}{X}(X_{max})}{\frac{Y}{X}(p \cdot X_{max})}$$

ここで、pは、常に、1より小さい正の値である。pの値は、0.25～0.75の間が有利である。pの値が小さいほど、方法の精度が低くなるが、自動制御の反応度は高くなる。逆に、pの値が大きいほど、精度が高くなるが、最終獲得が最大値に非常に近くなるため反応度は低くなる。これが、pの値として0.5が好ましい理由である。

【0036】

$0 < Inv_t < 1$ は常に維持される。考察している物理的現象での固有不变量として上記した「Inv_t」は、実際に、特定分野へのあらゆる適用を行なうため、特定システムの洗練での調節変数を提供することによりアルゴリズムを微細に調節することを可能にする自由度となる。

【0037】

一般に、第一近似として次式が考察される。

【数式8】

10

20

30

40

$$\text{Invt} = \frac{\frac{Y}{X}(X_{\max})}{\frac{Y}{X}\left(\frac{X_{\max}}{2}\right)} \quad [\text{Eq}]$$

X の関数としての割線の変化は簡単な内挿曲線（一般的には、線形または指数曲線であり、出力曲線のこともある）により調節される。調節はリアルタイムで行なわれる。この場合には、これから、最大値 X_{\max} が得られる（外挿）前に、最大値 X_{\max} の位置を演繹できる。

【0038】

10

X の関数としての割線の関係についての他の回帰形式を使用でき、この場合には、最大値 X_{\max} の分析公式または近似公式を得るのに、対応システム（最大値での割線の値を半値にリンクさせる等式：〔Eq〕）を解くことが賢明である。Yについてのスケール誤差（例えば、Yは、50%だけ系統的に課題評価される）は、 X_{\max} の予測値を変化させず、これにより、スケール効果に非常に有利な低い感度を与える。

この意図は、物理的曲線の不变量に基いて、利用できる全ての関連情報を用いることにより、最大値に向かって「上昇」する間に付随する「測定」により最大値を演繹することである。

【0039】

20

図1は、提案するアルゴリズムを示し、この主な段階は次の通りである。

1. 実際の可能性に従って、測定または評価による点 (X_i 、 Y_i) の獲得。少なくとも2つの点を獲得するのが賢明である。 X_i は非ゼロを表し、ここでは、小さ過ぎて不適当な値を無くすべく最小閾値が賦課される。

2. 前の値を用いた割線の計算。割線の値は、 $\alpha_i = X_i / Y_i$ を直接計算するか、ノイズを無くすため i 以下の全ての添字点を考慮して、適当な回帰、例えば、

【数式9】

$$\Sigma_{XX} = \sum X_j^2, \Sigma_{XY} = \sum X_j \cdot Y_j, \alpha_i = \frac{\Sigma_{XY}}{\Sigma_{XX}}$$

30

を行なうことにより評価される。これは、線形回帰が個々の点での測定ノイズに対する感度が非常に小さいという本質によるものであり、充分な数の点が考察されると外乱が「互いに相殺される」傾向を有する（基本静的特性を参照）。このアプローチは、従来とは異なり、対象とする個々の値ではないが（ノイズが多くて不正確）、複数の値から生じる傾向を有するため、特に優れたものである。従って、対 (α_i 、 X_i) が得られる。

【0040】

40

3. 対 (α_i 、 X_i) を用いた回帰の計算。回帰は、対象とする物理的現象およびノイズレベルに従って洗練しなければならないが、測定または評価された充分な数「n」の点（一般には、5つの点）から計算される。

・線形回帰の場合

【数式10】

$$A^{\text{Lin}} = \frac{n \cdot \sum X \cdot \alpha - \sum X \cdot \sum \alpha}{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2}, B^{\text{Lin}} = \frac{\sum \alpha \cdot \sum X^2 - \sum X \cdot \alpha \cdot \sum X}{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

・指數回帰 (exponential regression) の場合

【数式11】

$$A^{\text{Exp}} = \frac{n \cdot \sum X \cdot \ln(\alpha) - \sum X \cdot \sum \ln(\alpha)}{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

【数式12】

$$B^{\text{Exp}} = \frac{\sum \ln(\alpha) \cdot \sum X^2 - \sum X \cdot \ln(\alpha) \cdot \sum X}{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

従って、AおよびBは、殆どの適当な回帰により得られる。示したもの以外の他の回帰を 10 使用することもでき、考察すべき種々の回帰は、選択された回帰の係数を得ることができることは当業者には良く知られている。

【0041】

4. 次に、 X_{\max} の評価が計算される。

・線形回帰の場合には、 $= A^{\text{Lin}} \cdot X + B^{\text{Lin}}$ を用いて次式が得られる。

【数式13】

$$X_{\max} = -\frac{B^{\text{Lin}}}{A^{\text{Lin}}} \cdot \frac{1 - \text{Invt}}{1 - p \cdot \text{Invt}}$$

20

指指数回帰の場合には、次式が得られる。

【数式14】

$$X_{\max} = \frac{\ln(\text{Invt})}{p \cdot A^{\text{Exp}}} \quad \text{ここで、}$$

$$\alpha = e^{A^{\text{Exp}} \cdot X + B^{\text{Exp}}}$$

【0042】

5. この方法の特別な使用に従って X_{\max} を知ることができると、殆どの適当なパラメータが調節される。例えば、パラメータXの値は、その値を X_{\max} に維持すべく自動的に制御される。 30

【0043】

6. 必ずしも有効といえないかもしれないが、 Y_{\max} の評価を計算するまで続行できる。

・線形回帰の場合には、更に、 Y_{\max} が次のように決定される。ここで、 $Y^{\text{coeff_lin}}$ は、実験的に調節される係数である。

【数式15】

$$Y_{\max} = Y^{\text{coeff_lin}} \cdot X_{\max} \cdot (A^{\text{Lin}} \cdot X_{\max} + B^{\text{Lin}})$$

40

・指指数回帰の場合には、更に、 Y_{\max} が次のように決定される。ここで、 $Y^{\text{coeff_exp}}$ は、実験的に調節される係数である。

【数式16】

$$Y_{\max} = Y^{\text{coeff_exp}} \cdot X_{\max} \cdot e^{A^{\text{Exp}} \cdot X_{\max} + B^{\text{Exp}}}$$

Y_{\max} の計算例：

線形：

【数式17】

$$Y_{\max} = \frac{X_{\max}}{0.75} \cdot (A^{\text{Lin}} \cdot X_{\max} + B^{\text{Lin}})$$

指数：

【数式18】

$$Y_{\max} = \frac{X_{\max}}{1.19} \cdot e^{A^{\text{Exp}} \cdot X_{\max} + B^{\text{Exp}}}$$

最大値の近くでの曲率が、割線の近似値であると考える関数の種類に正確に一致しないため、 Y_{\max} の予測値に小さい補正を行なうことは有効である。補正係数（線形の場合には $1 / 0.75 = Y^{\text{coeff_lin}}$ 、または指數の場合には $1 / 1.19 = Y^{\text{coeff_exp}}$ ）は、本発明の適用に従って、ケースバイケースで実験的に調節すべきである。

10

【0044】

本発明の幾つかの可能適用例について以下に詳細に審査する。以下の記載は限定的なものでも排他的なものでもない。

【実施例1】

【0045】

例1：タイヤの機能の、或る摩擦係数例えば最大摩擦係数 μ_{\max} での自動維持

長手方向グリップ μ (G) に関する適用例に戻って説明する。この場合には、本願明細書の冒頭部分で既に説明したように、 Y はタイヤの摩擦係数 μ 、すなわち、長手方向力（例えば駆動力または制動力）を、加えられた垂直力（すなわちタイヤに加えられた荷重）で割った商であり、 X はタイヤのスリップ G の比である（タイヤの速度と車両の速度との間にスリップが存在しないとき、すなわちタイヤが自由に転がるときは $G = 0\%$ であり、タイヤの回転がロックされたときは $G = 100\%$ である）。一般に、環境（路面の性質（アスファルトまたはコンクリート）、ドライまたはウェット（水レベル）、温度、およびタイヤの摩耗レベル）に基いて、スリップ G の関数としての μ の値は非常に大きく変化する（ μ は、氷上で約 0.15 、ドライ路面上で約 1.2 である）。図4を参照すると、ここには、或る荷重および速度条件で測定された新しい $XH1 195/65R15$ タイヤについてのスリップ G の関数としての μ の幾つかの曲線が示されている。

20

30

【0046】

本発明により提案されるタイヤの機能を制御する方法は、測定または車両への適用であるか否かを問わず、特に、スリップ G を自動制御して、所定の最適値 G^{opt} に維持することができる。前記所定スリップ G^{opt} は、より詳しくは、非制限的態様で、摩擦係数の所定値が実質的に値 μ_{\max} に一致するように選択される。この場合、これを特定最適値 G_{\max} と名付けることが一般的に行なわれている。

40

【0047】

このタイヤの最大値の位置は路面に基いて変化することが判明している。また、いかなる一致（unity）も存在しないことがある。達成される同じ最大レベルについて、2つの一致するスリップを得ることができる。それにもかかわらず、これらの曲線が共有する1つの不变量「Inv」が存在する。

40

【0048】

不变量を決定する方程式を、スリップの関数として摩擦係数の分析の場合に適用することにより、不变量は、1より小さい正の値をもつ p を用いて、より詳しくは次式のように計算される。

【数式19】

$$\text{Inv}t = \frac{\frac{\mu}{G}(G_{\max})}{\frac{\mu}{G}(p.G_{\max})}$$

上記のように、 p に関する限り、その値は0.25～0.75の間、例えば0.5が好ましく、 p の値の選択の結果に関して上記一般的表示を参照されたい。

【0049】

かくして次式が得られる。

10

【数式20】

$$\frac{\frac{\mu}{G}(G = G_{\max})}{\frac{\mu}{G}(G = G_{\max}/2)} \approx 0.58$$

【0050】

データを、他のパラメータ Y （例えば摩擦係数 μ_{max} ）の最大値に一致するパラメータ X （例えばスリップ G ）の第一値で、および第一値の50%（例えば上記スリップの50%）に一致する第二値で処理することにより、1つの不变量「Inv t」が導入された。50%での処理の選択は任意であること、および処理が摩擦係数 μ_{max} に一致するスリップの25%または75%で遂行される場合には不变量が得られることも判明している。従ってこの選択は、特に、各特定用途への実験的フェーズの一部である。

20

【0051】

次に、傾斜 i を決定することが賢明である。これは $i = \mu_i / G_i$ の直接計算により行なわれ、適当な回帰（例えば、次式のような線形回帰）が使用される。

【数式21】

$$\Sigma_{GG} = \sum G_j^2, \Sigma_{G\mu} = \sum G_j \cdot \mu_j, \alpha_i = \frac{\Sigma_{G\mu}}{\Sigma_{GG}}$$

30

或いは、2つの特定係数 A_p 、 A および B が、「n」個の測定点または評価点に適用される下記線形回帰により計算される。

【数式22】

$$A^{Lin} = \frac{n \cdot \sum G \cdot \alpha - \sum G \cdot \sum \alpha}{n \cdot \sum G^2 - (\sum G)^2}, B^{Lin} = \frac{\sum \alpha \cdot \sum G^2 - \sum G \cdot \alpha \cdot \sum G}{n \cdot \sum G^2 - (\sum G)^2}$$

40

【0052】

次に、線形回帰が使用される場合には、 $= A^{Lin} \cdot G + B^{Lin}$ を用いて、 G^{Opt} が下記のように計算される。

【数式23】

$$G^{Opt} = -\frac{B^{Lin}}{A^{Lin}} \cdot \frac{1 - Inv t}{1 - p \cdot Inv t}$$

必要ならば、下記のように、 G^{Opt} に一致する μ の値が決定されるまで続けることができる（ここで、 μ^{coeff_lin} は実験的に調節される係数である）。

【数式24】

$$\mu = \mu^{\text{Coeff-Lin}} \cdot G^{\text{Opt}} \cdot (A^{\text{Lin}} \cdot G^{\text{Opt}} + B^{\text{Lin}})$$

【 0 0 5 3 】

割線の線形アプローチにより決定される下記表は、2バールの膨張圧力により種々の路面で試験されたM I C H E L I N X H 1 1 9 5 / 6 5 - 1 5 タイヤでの実際の測定値からの最大スリップの計算を示すものである。

【 0 0 5 4 】

【表1】

路面番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
実際の G_{\max}	10%	11%	11%	13%	13%	13%	12%	13%	9%	9%	15%	15%
実際の μ_{\max}	0.41	0.78	0.79	1.06	1.05	0.75	0.72	0.48	0.49	0.48	1.17	1.13
測定した A^{Lin}	-64	-109	-105	-108	-110	-76	-77	-60	-81	-127	-97	-88
測定した B^{Lin}	11	19	18	22	22	15	15	11	13	16	22	20
予測した G_{\max}	10%	11%	11%	12%	12%	13%	12%	12%	10%	8%	14%	14%
予測した μ_{\max}	0.41	0.75	0.76	1.03	1.03	0.73	0.71	0.48	0.48	0.48	1.16	1.12

10

20

30

40

【 0 0 5 5 】

さもなくば、2つの特定係数 A_p 、 A および B は、下記の指数回帰により計算される。

【 数式 2 5 】

$$A^{\text{Exp}} = \frac{n \cdot \sum G \cdot \ln(\alpha) - \sum G \cdot \sum \ln(\alpha)}{n \cdot \sum G^2 - (\sum G)^2}$$

【 数式 2 6 】

$$B^{\text{Exp}} = \frac{\sum \ln(\alpha) \cdot \sum G^2 - \sum G \cdot \ln(\alpha) \cdot \sum G}{n \cdot \sum G^2 - (\sum G)^2}$$

【 0 0 5 6 】

次に、指数回帰が使用される場合には、 $G^{0 \cdot p \cdot t}$ が下記のようにして計算される。

【 数式 2 7 】

$$G^{\text{Opt}} = \frac{\ln(\text{Inv}t)}{p \cdot A^{\text{Exp}}}, \text{ここで } \alpha = e^{A^{\text{Exp}} \cdot G + B^{\text{Exp}}}$$

必要ならば、下記のように、 μ_{\max} の値が決定されるまで続けることができる（ここで、 $\mu^{\text{coeff-f-exp}}$ は実験的に調節される係数である）。

【 数式 2 8 】

50

$$\mu_{\max} = \mu^{\text{Coeff_exp}} \cdot G^{\text{Opt}} \cdot e^{A^{\text{Exp}} \cdot G^{\text{Opt}} + B^{\text{Exp}}}$$

この原理は、あらゆる種類のタイヤおよびあらゆる種類の路面について最大グリップを決定するのに適用でき、これにより、工業用タイヤ試験に対し非常に大きい有利性が得られる。

【 0 0 5 7 】

本願に提案する方法は、摩擦係数の変化のみが取扱われ、その絶対値は取扱われないので自己適応性を有しあつ非常にロバスト（robust）である。また、ノイズに対する感度が非常に低いことも判明している。

10

【 0 0 5 8 】

スリップの関数としてタイヤの長手方向グリップに適用される上記方法に固有の性質は、タイヤの試験を行なうのに非常に適しており、シミュレーションを構成するのに一層できている。また、上記固有の性質は、車両のブレーキシステムでのタイヤのグリップのモデル化に最も適している。

【 0 0 5 9 】

タイヤ工業界では、本発明はタイヤの試験および測定に適用される。従って本発明の一態様は、スリップに関してタイヤを試験する方法であり、下記の段階すなわち、

- ・選択された路面（路面は、道路、試験トラック、平トラックまたはホイールを備えた試験機で構成できる）上でタイヤを動転させる段階と、
- ・所定荷重 F_{z_1} をタイヤに加える段階と、
- ・タイヤがグリップ限度以下に維持されるようにして、所定スリップをタイヤに付与（タイヤと路面との間の相対速度で作動）する段階と、
- ・タイヤの長手方向応力 F_{x_1} を測定または評価する段階と、
- ・摩擦係数 $\mu_1 = F_{x_1} / F_{z_1}$ の値を計算する段階と、
- ・前の段階を反復して、少なくとも1つの他の応力 F_{x_1} / F_{z_1} の対「 i 」についての摩擦係数 μ_i の少なくとも1つの他の値「 i 」を計算しあつ関連スリップ G_i を測定する段階と、
- ・計算した摩擦係数の各値について、原点と点 (G_i, μ_i) とを通る直線の傾斜 i を決定する段階と、
- ・変化曲線 $i = f(G_i, A_p)$ をモデル化すべく、直接計算によりまたは (i, G_i) との充分な数の対からの適当な回帰により係数 A_p を計算する段階と、
- ・所定不变量「Inv」を使用して、所定摩擦係数値 G^{Opt} が得られるようにする最適スリップを計算する段階と、

20

からなる。

30

【 0 0 6 0 】

もちろん、理解されようが、不变量は、この試験方法を実験的に洗練することにより選択される。例えば洗練中に不变量の第一値を選択するには、1より小さい正の値をもつ p を使用して、次式のように不变量を決定するのが有利である。

40

【 数式 2 9 】

$$\text{Inv} = \frac{\frac{\mu}{G}(G_{\max})}{\frac{\mu}{G}(p \cdot G_{\max})}$$

【 0 0 6 1 】

前述と同様にして、2つの特定係数 A_p および係数 A および B は、線形回帰および指數回帰からなる群から選択された回帰により計算できる。

この場合にも、 p の値として、0.25 ~ 0.75 の間の値、一般には 0.5 を採用できる。

50

【実施例 2】

【0062】

例 2：制御時または駆動力を受けているときの最適スリップの決定

車両のブレーキシステムは効率的であるが、それは製造業者が選択する一定数のタイヤ最適であること、および車両に実際に装着されたタイヤには適用できないことは知られている。より詳しくは、良く知られているように、特に所与の路面上の力 F_x でのグリップおよびスリップにおいて極めて異なる挙動を呈する冬期タイヤには適用できない。従って、車両のブレーキシステムの効率は、車両に実際に使用されているタイヤに自動的に適用できるならば改善される。

【0063】

従って本発明は、路面上を走行することを意図したタイヤにスリップを伝達する手段と、該スリップ（ホイールの速度に作用）を変調する手段と、摩擦係数 μ の所定値に一致する少なくともパラメータスリップ G^{opt} を用いるコントローラとを有する車両の安定性を制御するシステムにおいて、前記コントローラは、下記のように、すなわち、

- ・グリップのいかなる損失も存在しない条件で、スリップ G_i の少なくとも 2 つの異なるレベル「 i 」でスリップをタイヤに伝達する手段を付勢する度毎に、摩擦係数 μ_i の値を決定し、

- ・原点と点 (G_i, μ_i) とを通る直線の傾斜 i を決定し、
- ・充分な数の点 (i, G_i) の対から、直接計算によりまたは適當な回帰より詳しくは線形回帰および指指数回帰からなる群から選択された回帰により係数 A_p を計算して、変化曲線 $i = f(G_i, A_p)$ をモデル化し、
- ・所定の不变量「Inv t」を用いて最適スリップ G^{opt} を計算し、
- ・長手方向の力をタイヤに伝達する手段に作用して、スリップを最大値 G^{opt} に維持する、

ことにより前記パラメータ（單一または複数）を計算する手段を有していることを特徴とする車両の安定性制御システムに拡大される。

【0064】

もちろん、現在の一般的な設計による内燃機関を備えた車両の場合には、タイヤにスリップを伝達する手段は、本質的に制動状況でのブレーキでありかつ本質的に駆動力が作用するエンジン管理システムである。当業者ならば、本発明を他の車両設計例えば電気自動車に適用することは容易であろう。

この場合にも、前述のように、本発明は、システムのコントローラが、本願に説明する手段に加えて、他のスリップ制御ストラテジーを具現する他のプログラムによりローディングされることを排除しない。このことは、或る状況でへ、例えばスリップをタイヤに伝達する手段の任意の特別な付勢時に点 (G_i, μ_i) の値を評価または測定する場合に好ましいものとなる。

【0065】

より詳しくは、不变量を決定する好ましいアプローチは次の通りであり、この場合にも 0 . 25 ~ 0 . 75 の間の値、一般には 0 . 5 を有する p を使用する。

【数式 30】

$$\text{Inv}t = \frac{\frac{\mu}{G}(G_{\max})}{\frac{\mu}{G}(p.G_{\max})}$$

【0066】

本発明の特定実施形態では、スリップを変調するデバイスがブレーキ制御に作用する。本発明の他の実施形態では、スリップを変調するデバイスがホイールでの駆動トルクに作用する。

【0067】

10

20

30

40

50

車両のブレーキシステムに特に有効な新しいアルゴリズムであって、上記不变量「 I_{nv} 」に基いて摩擦係数 $\mu_{m_a x}$ の位置を決定できるようにするアルゴリズムを創出することが提案される。理解されようが、このようなシステムは摩擦係数 $\mu_{m_a x}$ の評価を行い、次に、基準曲線により最適スリップを選択する。これらの段階を下記のもので置換することを提案する。

【0068】

この原理の実施は、A B Sコントローラに幾つかの修正を必要とする。すなわち、
 ・計算周波数は40 H z以上であるのが好ましい。
 ・信頼できる（代表的な）目標を計算するための充分に多数の位置を獲得すべく、A B S
 のトリガリングを調整することが賢明である。
 10
 ・スリップでの測定点を非常に少数（例えば、1%以下のスリップに一致）に減少させることが有利である。
 ・スリップGの非常に高い精度が得られるようにするには、特殊手段を用いるがホイール
 速度データ処理（G P S、路面観察…）を行わないで車両速度を獲得するのが有利である
 。
 20

【0069】

上記提案の新しいアルゴリズムにより、車両のブレーキシステムの効率は、車両に現実的に使用できる全範囲のタイヤに亘って非常に優れたものとなる。

開発された新しいアルゴリズムは、システムを、いかなる付加センサおよびタイヤトレッドの測定をも必要とせず、あらゆる種類のタイヤに自動的に適合させることができる。また、このアルゴリズムは、所与の車両に選択されるタイヤの種類に対して微調節の必要性を無くすことができる。

上記のように、本発明の方法は、測定値についてだけでなく、評価値についても結果を得ることができる。実際の（評価したものではない）力 F_x 、 F_y および F_z に関する情報は、より正確な目標をもつこと、および／または賞賛に倣するチェックを行なって、車両のブレーキシステムの信頼性を向上させることができる。

【実施例3】

【0070】

例3：発生したドリフトおよび横方向力 F_y （ドリフトストラストとも呼ばれる）に関する
 タイヤの機能の分析

他の適用例を以下に説明する。この適用例は、タイヤのドリフト角（ホイールの平面の路面上の突出部と路面上での車両のベクトル速度とのなす角度）の関数として横方向力 F_y を特徴付けることを含んでいる。最適ドリフト角 $^{\circ} p t$ 例えばタイヤが最大横方向力 F_y を発生するドリフト角は予め決定でき、横方向力 $F_{y m a x}$ も予め決定できる。最大横方向力は、例えば、関連する車両の平衡にとって重要なものである。これは、この機能形態でのタイヤの試験が本発明の好ましい適用であることによる。例えばこの場合には、本発明は、横方向力が最大となりかつ警告信号が発生されるタイヤのドリフト角 δ の値を予測するフェーズを有する、タイヤの機能を制御する方法、またはドリフト角 δ が $^{\circ} p t$ を維持するように自動的に制御される方法、または警告信号が発生される場合にドリフト角 δ が減少される方法の実施を可能にする。

【0071】

横方向 F_y とドリフト角 δ との関係は、前のセクションで述べた μ とGと同じ形式である。従って、例えば不变量は下記のように決定できる。

【数式31】

$$Inv\delta = \frac{\frac{F}{\delta}(\delta^{Opt})}{\frac{F}{\delta}(p.\delta^{Opt})}.$$

【0072】

10

20

30

40

50

上記のように、 p に関する限り、その値は0.25～0.75の間、例えば0.5であるのが好ましく、 p の値の選択の結果に関して上記一般的表示を参照されたい。この正確な場合には、大きさ「Inv」は顕著に高いものとなる。値が小さくなり過ぎて、割線の決定を妨げることを回避するため、2°の最小ドリフト角閾値を維持すると同時に0.8の値が得られた。

【0073】

図3は、ドリフト角に対するドリフトスラストの変化、および／または原点と、同じドリフト角での前の曲線の点とを通る割線の同じドリフト角での変化を示す曲線である。キャンバをもたず、5000ニュートンの荷重を受けるMichelin Primacy 235/55R17タイヤでは、本発明の方法により評価された最大ドリフト角は5.5°、および最大評価ドリフトスラストは5935ニュートンである。10

【0074】

次に、傾斜 i を決定するのが賢明である。これは、 $i = F_i / \gamma$ を直接計算することにより行なわれ、または適当な回帰例えは下記のような線形回帰が使用される。

【式32】

$$\Sigma_{\delta\delta} = \sum \delta_j^2, \Sigma_{\delta F} = \sum \delta_j \cdot F_j, \alpha_i = \frac{\Sigma_{\delta F}}{\Sigma_{\delta\delta}}$$

或いは、「n」個の測定点または評価点で適用される下記の線形回帰により2つの特定係数 A_p 、 A および B が計算される。20

【式33】

$$A^{Lin} = \frac{n \cdot \sum \delta \cdot \alpha - \sum \delta \cdot \sum \alpha}{n \cdot \sum \delta^2 - (\sum \delta)^2}, B^{Lin} = \frac{\sum \alpha \cdot \sum \delta^2 - \sum \delta \cdot \alpha \cdot \sum \delta}{n \cdot \sum \delta^2 - (\sum \delta)^2}$$

【0075】

線形回帰が使用される場合には、 $\gamma = A^{Lin} \cdot i + B^{Lin}$ を用いて、 Opt が下記のように計算される。

【式34】

$$\delta^{Opt} = -\frac{B^{Lin}}{A^{Lin}} \cdot \frac{1 - Inv}{1 - p \cdot Inv}$$
30

【0076】

アルゴリズムを適用することにより、横方向力(F_y)が約6°のドリフト角でその最大値を達成するように予め定められている。タイヤがスリップを開始する前に横方向スラストを生じさせる可能性はもはや大きくないことを知ることができるので、この情報は価値あるものである(横方向スラストが飽和すると車両が旋回することが防止される)。

必要ならば、下記のように、 Opt に一致する F の値が決定されるまで続けることができる。ここで、 $F^{Coeff-Lin} - 1^{Lin}$ は指指数的に調節される係数である。40

【式35】

$$F_{max} = F^{Coeff-Lin} \cdot \delta^{Opt} \cdot (A^{Lin} \cdot \delta^{Opt} + B^{Lin})$$

【0077】

さもなくば、2つの特定係数 A_p 、係数 A および B は、「n」個の測定点または評価点に適用される下記の指指数回帰により計算される。

【式36】

$$\Lambda_{\text{Exp}} = \frac{n \cdot \sum \delta \cdot \ln(\alpha) - \sum \delta \cdot \sum \ln(\alpha)}{n \cdot \sum \delta^2 - (\sum \delta)^2}$$

【数式37】

$$B_{\text{Exp}} = \frac{\sum \ln(\alpha) \cdot \sum \delta^2 - \sum \delta \cdot \ln(\alpha) \cdot \sum \delta}{n \cdot \sum \delta^2 - (\sum \delta)^2}$$

【0078】

次に、指數回帰が使用される場合には、 G^{0pt} が下記のようにして計算される。

【数式38】

$$\delta^{\text{Opt}} = \frac{\ln(\lnvt)}{p \cdot A_{\text{Exp}}}, \text{ここで, } \alpha = e^{\Lambda_{\text{Exp}} \cdot \delta + B_{\text{Exp}}}$$

必要ならば、下記のように、 μ_{max} の値が決定されるまで続けることができる（ここで、 μ_{coeff_exp} は実験的に調節される係数である）。

【数式39】

$$F_{\text{max}} = F^{\text{Coeff_exp}} \cdot \delta^{\text{Opt}} \cdot e^{\Lambda_{\text{Exp}} \cdot \delta^{\text{Opt}} + B_{\text{Exp}}}$$

10

20

【実施例4】

【0079】

例3a：タイヤの測定または試験のための使用

タイヤ工業界では、本発明は、タイヤの試験または測定に適用される。従って本発明の他の態様では、ドリフトに関してタイヤを試験する方法は下記段階、すなわち

- ・路面上でタイヤを動転させる段階と、
 - ・所定荷重 F_{z_1} をタイヤに加える段階と、
 - ・タイヤがグリップ限度以下に維持されるようにして、所定ドリフト角 ϕ_i をタイヤに付与しきつ前記ドリフト角 ϕ_i に一致するドリフトストラスト F_i を測定または評価する段階と、
 - ・前の段階を反復して、少なくとも1つの他の対 (ϕ_i 、 F_i) の値「 i 」を計算する段階と、
 - ・原点と点 (G_i 、 F_i) とを通る直線の傾斜 α_i の対応値を決定する段階と、
 - ・変化曲線 $\phi_i = f(G_i, A_p)$ をモデル化すべく、直接計算によりまたは (G_i 、 ϕ_i) との充分な数の対からの適当な回帰により係数 A_p を計算する段階と、
 - ・所定不变量「Inv t」を使用して、ドリフト角 θ^{opt} の値を計算する段階と、
- からなる。

【0080】

同様に、不变量は、この試験方法を指數的に洗練することにより選択される。例えば、この洗練中に不变量の第一値を選択するには、1より小さい正の値をもつ p を用いて、不变量を下記のように決定するのが有利である。

【数式40】

$$\lnvt = \frac{\frac{F(\delta^{\text{Opt}})}{\delta}}{\frac{F(p \cdot \delta^{\text{Opt}})}{\delta}}$$

40

【0081】

前記と同様にして、2つの特定係数 A_p および係数 A および B は、線形回帰および指數回

50

帰からなる群から選択された回帰により計算される。

この場合にも、 p の値として、0.25 ~ 0.75 の間の値、一般には 0.5 を採用できる。

【実施例 5】

【0082】

例 3 b : 湾曲路上での車両の最大可能ドリフトの決定

タイヤが装着された車両の安定性への本発明の適用において、本発明により提案されるタイヤの機能を制御する方法は、タイヤのドリフト角（ドリフト角は、ホイールの平面の路面上の突出と路面上での車両のベクトル速度とのなす角度である）の値を予測するフェーズを有し、このフェーズでは横方向力が最大になり、ドリフトスラストに関してタイヤの最大ポテンシャルへの非常に近いアプローチがなされた場合にドライバに警告を与えることができ、或いは、警告信号が発生されたときに車両の安定性を自動的に制御するシステムに一体化されたより進歩した態様では、車両速度が自動的に制限または低下される。

10

【0083】

本発明は能動車両（後車軸および／または前車軸の能動ステアリング機構、またはボディロールの能動制御装置、または車両の横方向平衡に作用する任意のシステムを備えており、従って、タイヤに賦課される横方向スラストに作用する車両）にも適用できる。すなわち、車両の横方向安定性を自動制御するシステムからの命令に従って反応することもできる。

20

【0084】

この点に関し、本発明は、路面上を走行することを意図した少なくとも 1 つのタイヤを有する車両の安定性を制御するシステムにも拡大される。車両には、車両に使用される技術に基いて、車両のドライバにより該ドライバの制御手段に伝達される命令に基いて、およびタイヤの機能をドリフトスラスト F_{target} の所定の目標値に維持することを目的とする毛色コントローラにより与えられる命令に基いて、すなわち各車軸のタイヤのドリフト角に直接的または間接的に基いて、選択されたパラメータ（以下、パラメータ「 γ 」と呼ぶ）を制御するシステムが設けられている（例えば、前記パラメータ「 γ 」は能動舵取りを行なうための前後のホイールのステアリングであり、または前記パラメータ「 γ 」は能動アンチロールのためのボディロールであり、またはパラメータ「 γ 」は制動アクチュエータを介して安定制御を行なうための制動力である）。走路コントローラは、ドリフトスラスト F_{target} の最大値に一致するドリフト角の少なくとも 1 つの最適値 γ^{opt} を使用し、前記コントローラは、下記の作動を遂行する手段を有している（前後の車軸が同じでなく、左右のタイヤが異なっている各車軸での作動が好ましいが、本発明の原理は、1 つのタイヤのみに適用できるものであるが、当業者ならば全てのタイヤに対処させることができるであろう）。

30

【0085】

- ・ドリフト角の少なくとも 2 つの異なるレベル「 i 」で前記パラメータ「 γ 」を制御するシステムを付勢する度毎に、 F_{Y_i} および関連するドリフト角 γ_i の種々の値を記録し、
- ・原点と点（ γ_i 、 F_{Y_i} ）とを通る直線の傾斜 γ_i を決定し、
- ・直接計算によりまたは（ γ_i 、 γ_i ）との充分な数の対からの適当な回帰により、より詳しくは線形回帰および指指数回帰からなる群から選択された回帰により係数 A_p を計算して、変化曲線 $\gamma_i = f(\gamma_i, A_p)$ をモデル化し、
- ・所定の不变量「Inv」を用いて、ドリフトスラスト F_{target} の最大値に関連するタイヤドリフト角の最適ドリフト角の値 γ^{opt} を計算し、
- ・ドリフト角 γ が γ^{opt} に近付いたときに警告信号を発生する。

40

【0086】

前述のように、最適ドリフト角 γ は、直接計算または回帰の選択から得られるモデル化公式（上記変化曲線）により計算される。より詳しくは、不变量を決定する好ましいアプローチは、0.25 ~ 0.75（一般的に 0.5）の間の値をもつ p を使用する次式である

50

。

【数式41】

$$\text{Inv}t = \frac{\frac{F}{\delta}(\delta^{\text{Opt}})}{\frac{F}{\delta}(p \cdot \delta^{\text{Opt}})}$$

【0087】

本発明の特定の実施形態では、警告信号が発生されると、選択されたパラメータを制御するシステムが付勢され、ドリフト角 θ^{opt} を最適値 ${}^{\circ}\text{p}^t$ に維持する。他の実施形態では、警告信号が発生されると、車両速度が制限または減速される。10

【0088】

強調すべき重要なことは、スリップの関数として摩擦係数を用いることと、ドリフト角の関数としてドリフトスラストを用いることとは相反的なものではないということである。特に、これらの2つの様態を同時に使用することは、車両の走路の自動制御システムにとって有利なことである。かくして、本発明の一様態は、タイヤの前記機能を摩擦係数 μ の所定値に維持することを目的として、所与の形状のタイヤの機能を自動的に制御する方法に関し、下記の段階すなわち、

- ・複数対の「 i 」の値についての評価または測定 (G_i 、 μ_i) を決定する段階と、20
- ・前記タイヤの固有の物理的特性および存在する実際の機能的形状の関数として、タイヤ G^{opt} の最適スリップの評価を計算する段階と、
- ・ $G_{\text{instantaneous}}$ と G^{opt} との差の関数として形状を自動的に制御する段階と

を有している。

【実施例6】

【0089】

例4：（金属試験片での引張り試験）

他の適用例として、伸びの関数としての引張り応力を受ける試験片の伸びの分析について留意されたい（破断直前に試験を停止させることにより試験片の突然破断を回避するため）。この場合、パラメータ X は伸び、最大伸びは力の測定および応力付与開始時の伸びから評価され、かつ試験は最大伸びの近くでかつ最大伸びより小さい選択された伸びが生じた時点で停止される。また、最大能力も評価される。30

【図面の簡単な説明】

【0090】

【図1】本発明による自動制御手順を示すブロック図である。

【図2】スリップに対する摩擦係数の変化を示す曲線と、原点と前記スリップと同じスリップでの前の曲線の点とを通る割線の同じスリップでの変化を示す曲線とを示すグラフである。

【図3】ドリフト角に対するドリフトスラストの変化を示す曲線と、原点と前記ドリフト角と同じドリフト角での前の曲線の点とを通る割線の同じドリフト角での変化を示す曲線とを示すグラフである。40

【図4】種々の試験条件下での同一タイヤのスリップに関する摩擦係数の変化についてプロットした幾つかの曲線を示すグラフである。

【図5】多数のタイヤおよび種々の試験条件下での摩擦係数 μ_{max} およびの位置および関連するスリップ G_{max} の位置を示すグラフである。

【図6】スリップに対する摩擦係数の変化を示す一般的な概略曲線であり、このグラフには2つの特別な点すなわち摩擦係数 μ_{max} およびこの関連スリップ G_{max} が印されており、摩擦係数 $\mu_{50\%}$ に対応する慣用点は、 $G_{\text{max}}/2$ で慣用的に印されたスリップ G_{max} を 50% 上回っている。

【図7】多数のタイヤおよび種々の試験条件下での摩擦係数 μ_{max} に関するスリップ 50

についての摩擦係数 μ_{max} の商 μ / G (G_{max} での商)、および摩擦係数 μ_{max} に関するスリップの 50% のスリップについての摩擦係数の商 μ / G (G_{max} の 50% での商) に対応する縦軸上の点の位置を示すグラフである。

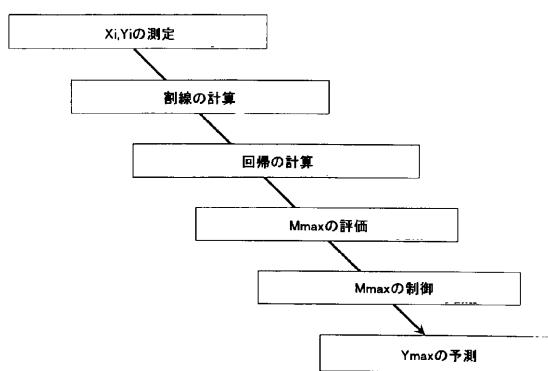
【図 8】スリップに対する摩擦係数の変化を示す一般的な概略曲線および原点を通る割線の過程および 3 つの特定点のスリップの曲線を示すグラフである。

【図 9】原点と、同じスリップでの摩擦係数の変化曲線の点とを通る割線の傾斜のスリップの関数としての線形変化を示す一般的な概略曲線のグラフである。

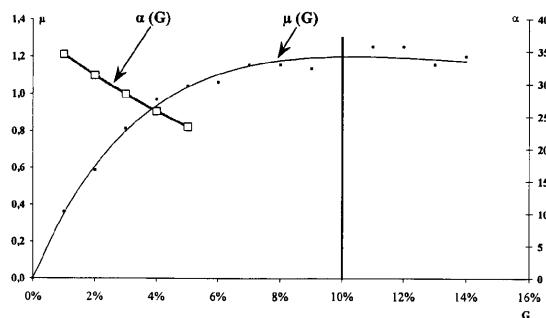
【図 10】X に対する Y の変化を含む現象への一般的な適用曲線であって、特定 X についての Y の最大値および Y の最大値での単調上昇を呈する曲線を示すグラフである。

【図 11】基本的には前の変化現象と同様な他の変化現象に一般的に適用した場合の曲線 10 を示すグラフである。

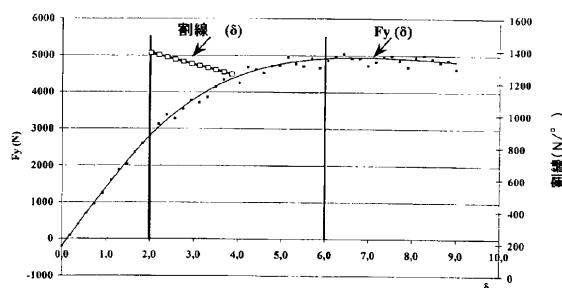
【図 1】



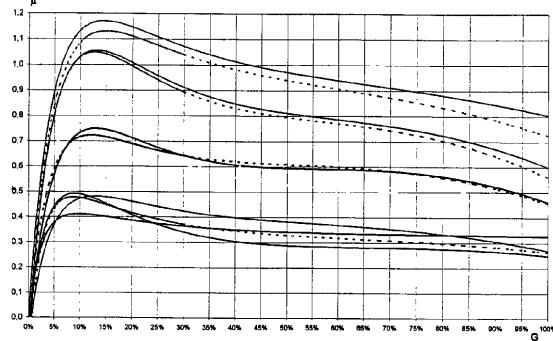
【図 2】



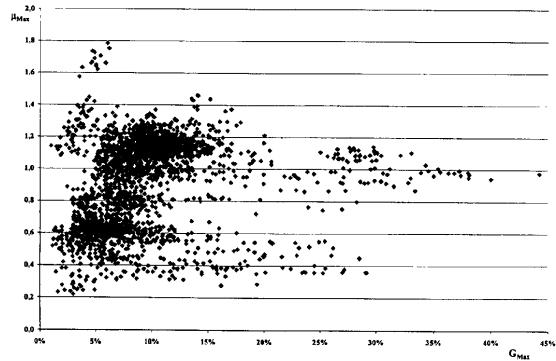
【図 3】



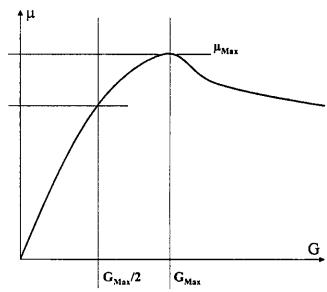
【図 4】



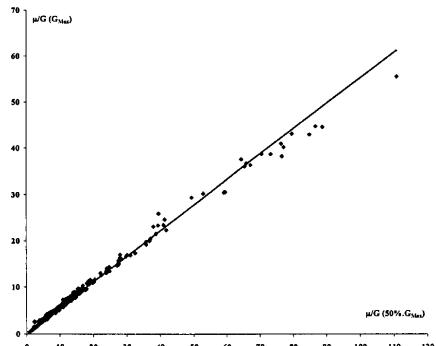
【図5】



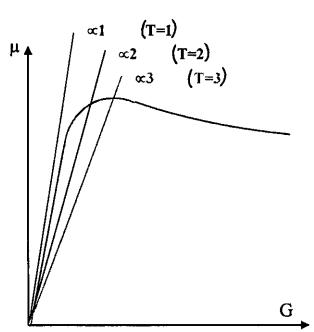
【図6】



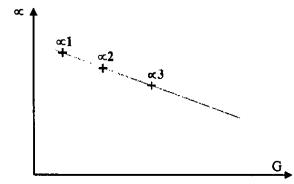
【図7】



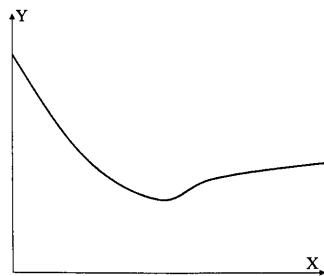
【図8】



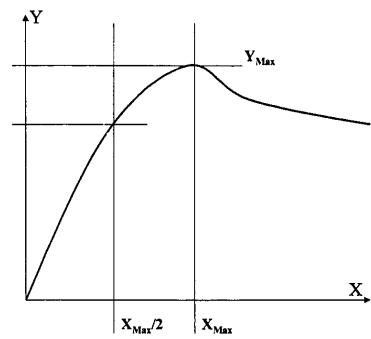
【図9】



【図11】



【図10】



フロントページの続き

(74)代理人 100082005
弁理士 熊倉 賢男

(74)代理人 100065189
弁理士 宍戸 嘉一

(74)代理人 100074228
弁理士 今城 俊夫

(74)代理人 100084009
弁理士 小川 信夫

(74)代理人 100082821
弁理士 村社 厚夫

(74)代理人 100086771
弁理士 西島 孝喜

(74)代理人 100084663
弁理士 箱田 篤

(72)発明者 ジョルジュ レヴィー
フランス エフ - 6 3 0 0 0 クレルモン フェランリュー デュ テラーイ 4

(72)発明者 ニコラ ファンジェ
フランス エフ 6 3 4 0 0 シャマリエール アベニュ テルマール 2 8

F ターム(参考) 3D046 BB21 BB23 BB28 GG10 HH22 HH25 HH46 JJ06 MM08

【外國語明細書】

Automatic control method, usable in particular for maintaining the slip of a tyre at an optimum level so that it functions at a maximum coefficient of friction level.

The invention relates to the automatic controls enabling certain systems to be maintained about a particular operating point. In a preferred application, the invention concerns the methods for testing tyres. In another preferred application, the invention concerns the systems for controlling the stability of a vehicle, more particularly in their function aimed at avoiding locking of the wheels when the brakes are applied, popularly known by the term "ABS", but also in their more sophisticated versions aimed at maintaining the vehicle on a stable path by automatically acting on the brakes of one wheel, such as for example in the systems popularly known by the term "ESP", or by acting on any other actuator (four wheels steering, active anti-roll, ...).

It is known that the braking of a vehicle will be all the more efficient if the tread is made to function at a slip G corresponding to the maximum value of the coefficient of friction. The maximum value of the coefficient of friction is called μ_{\max} . But the average driver is not capable of controlling the braking so as to meet this condition.

The first so-called "ABS" brake systems automatically modulated the brake force (actually, the braking actuator generally being now a hydraulic jack, an ABS system modulates the hydraulic pressure) so as to cause the functioning of the tyre to oscillate about the maximum grip. This involves exceeding the maximum grip in order to be able to detect it by initiating the locking of the wheel (sudden deceleration of the rotation of the wheel), before reducing the brake force so as to be just below the maximum grip again. The brake force is then automatically increased again until it exceeds the maximum grip, then reduced, and so on.

Nevertheless, this method involves briefly exceeding the slip G_{\max} corresponding to the maximum value of the coefficient of friction μ_{\max} , whereas the ideal situation would be to approach the target slip by default without ever exceeding it. It is important to note that one calls G_{\max} , conventionally, not a maximum possible value of the slip, but actually to the particular slip at which the friction coefficient has its maximum possible value.

The efficiency of the braking depends on the fineness of the slip variations about the slip corresponding to the maximum coefficient of friction. When efficiency is referred to, the

only concern here is the amount of the deceleration, putting aside the major benefit of ABS systems of affording the driver of the vehicle a certain capability to cause the latter to turn during emergency braking. Consequently, in the context of the present invention, braking is considered as being all the more efficient, the shorter the braking distance. The efficiency of such braking is impaired by the periods in which the braking is not at the level of the coefficient of maximum grip, that is to say during periods of excessive slip and during periods of insufficient slip.

The first so-called "ABS" brake systems, the functioning of which has been mentioned above, had the advantage of automatically adapting to the various tyres. This feature is important since it is known for example that the slip of a winter tyre at the maximum coefficient of friction is considerably greater than the slip of a summer tyre at the maximum coefficient of friction, just as it is known that the slip of a new tyre at the maximum coefficient of friction is greater than the slip of a worn tyre at the maximum coefficient of friction. Unfortunately, the vibrations caused by this type of automatic control are unpleasant and may even have the effect that the driver releases the pressure on the brake pedal. This generation of brake system is illustrated for example by US patent 3,980,346, in which an improvement of such a system is described.

This system enables adaptation to various tyres. To do this, the pressure is increased in stages. The development of the rotational speed of the wheel is then observed, from which it is then deduced if the pressure needs to be increased or decreased; this automatic control is "adaptive" but naturally generates vibrations.

At present, vehicle stability control systems automatically modulate the brake force so as to aim at a predetermined target slip, which is supposed to correspond to the maximum coefficient of friction.

In this case, a vehicle brake system therefore aims to maintain a brake force such that the tread functions at the optimum level of slip chosen. Such a system continuously measures the rotational speed of each of the wheels V_{Tyre} . With a specific algorithm (see for example US patent 5,402,345), an estimation of the vehicle speed $V_{Vehicle}$ is obtained. An estimation of the instantaneous slip $G = 1 - V_{Tyre}/V_{Vehicle}$ is therefore available. Ideally, as long as this estimated slip remains below the optimum slip, the brake force does not

have to be lowered, or may even be automatically increased if a function for automatic brake boosting is activated (see for example US patent 5,816,666). When the greatest possible brake force is attained, the brake pressure is regulated so as to maintain an optimum slip G_{\max} , that is to say the slip corresponding to the maximum coefficient of friction (μ_{\max}).

All that remains is to determine the optimum slip. In EP patent application 0503025, this is done from a reference curve giving a value of G to be aimed for as a function of the estimated coefficient of friction μ and the likewise estimated vehicle speed. An estimation of the coefficient of friction μ is carried out as follows. When braking in a straight line on a homogeneous ground, the brake force F_x of the tyre on the ground is determined from the brake pressure and the construction parameters of the wheel and of its brake. With the knowledge of all the forces F_x applied by all the tyres it is possible to calculate the deceleration of the vehicle, and therefore, taking account of the vehicle characteristics, the load transfer, and therefore the load variations on each of the wheels. From this, it is possible to deduce an approximation of the vertical load F_z applied to

each tyre. An estimation of the coefficient of friction $\mu = \frac{F_x}{F_z}$ is thus obtained. If the

corresponding lateral force F_y is known, by estimation or measurement, a more precise

estimation of the coefficient of friction is given by the formula $\mu = \frac{\sqrt{F_x^2 + F_y^2}}{F_z}$. In the

context of the present invention, these two estimations will be considered as equivalent. Similarly, and this is obvious to a person skilled in the art, in the context of the present invention, everything that has been stated about braking is valid in the case of acceleration; in other words, a braking force is, as regards the considerations relating to grip, equivalent to a driving force, even if of course the actuators for modifying these are not the same.

Furthermore, by referring to the said reference curve, it is established what the reference coefficient μ for the estimated slip G would be. As long as the current estimated slip is below the target slip, the slip is increased until the slip values substantially coincide. An advantage of this second system is having fewer oscillations about the maximum slip than with the first.

Unfortunately, this reference curve is predetermined experimentally, and therefore for a limited number of tyres, and is unable to take account of the actual state of the vehicle tyre equipment, beyond these conditions of use, for example inflation pressure, level of wear, etc. Although this automatic control principle actually enables the vibrations to be limited or eliminated, the braking efficiency is all the more impaired since the tyre actually used intrinsically requires a slip at the maximum coefficient of friction which is very different from that programmed in fact in the reference curve.

The object of the present invention is to overcome the above-mentioned disadvantages by proposing an automatic control principle, applicable for example to the slip of a tyre, which is both self-adaptive, like the first known method explained briefly above, and which aims more positively, with fewer oscillations, like the second method, at an optimum slip, that is to say without having to exceed the grip limit.

One aim of the present invention is to predict the slip associated with the maximum coefficient of friction μ_{\max} during braking (or under driving force), depending on the actual rolling conditions of the tyre under consideration, by means of measurements as simple as possible to acquire on a measuring bench or vehicle, and by means of as small a number of measurements as possible.

The present invention is based on the observations detailed below, enabling the existence of an Invariant to be identified, that is to say a parameter having a constant value independent both of the tyres and of the grounds on which they are used.

In general, the invention relates to a regulating method applicable to any phenomenon exhibiting characteristics explained below. The invention proposes an automatic control method for a phenomenon of which a parameter Y varies as a function of a parameter X according to a course exhibiting a rise, an extremum and a fall, in which the value of the parameter X is automatically controlled to maintain the value of a parameter Y at an optimum value, comprising the following steps:

- Determining estimations or measurements (X_i, Y_i) for at least one pair "i" of values;

- Determining the corresponding values of the slope α_i of the straight line passing through the origin and through (X_i, Y_i) ;
- Calculating coefficients A_p by direct calculation or by a regression from a sufficient number of pairs with (α_i, X_i) so as to model a variation curve $\alpha_i=f(X_i, A_p)$;
- Calculating a target value X_{max} by using a predetermined Invariant "Invt".

The target value X_{max} is calculated using the modelling formula resulting from the choice of direct calculation or regression. The area of more particular interest below is that concerning the contact of road vehicles with the ground, and the elements or systems which this includes.

The invention proposes a ground contact system in which a characteristic parameter Q of the functioning of a tyre on a vehicle in movement varies as a function of a parameter P according to a course exhibiting a rise, an extremum and a fall, the value of the said parameter P being directly or indirectly imposed by a controller, acting on at least one of the elements chosen from the group comprising the torque applied to the tyre, the steer angle of the tyre, the camber angle of the tyre and the vertical force applied on the tyre, in order to maintain the value of a parameter Q at a chosen value, in which the controller includes means for:

- Determining estimations or measurements (P_i, Q_i) for at least one pair "i" of values;
- Determining the corresponding values of the slope β_i of the straight line passing through the origin and through (P_i, Q_i) ;
- Calculating coefficients A_p by direct calculation or by a regression from a sufficient number of pairs with (β_i, P_i) so as to model a variation curve $\beta_i=f(P_i, A_p)$;
- Calculating a target value P^{Target} by using a predetermined Invariant "Invt"
- Changing into "active" mode when the absolute value of the difference between $P^{Instantaneous}$ and P^{Target} is more than a predetermined threshold.

Of course, as it is well known in servo-control systems, more specifically in safety systems comprising a servo-control, the use of the invention does not preclude that the

controller of the system includes other means than the ones described here, namely other means for calculating a target value P^{Target} , for instance to have a redundancy and/or to use alternate strategies that could be estimated preferable in certain circumstances, e. g. in view of estimated or measured values of (P_i , Q_i).

When the controller switches into active mode, it sends an alarm and/or it acts on the parameter P so as to maintain the value thereof at P^{Target} , and/or it acts on any other appropriate parameter.

A first application of the concept of the invention relates to tyre or ground tests. It is possible, by carrying out a few measurements in the area in which the curve of the variation of the coefficient of friction μ as a function of the slip G is rising, while keeping well away from the maximum, to reliably estimate an optimum slip G^{Opt} , in particular the slip G_{\max} corresponding to the maximum coefficient of friction (μ_{\max}).

The invention proposes a method for controlling the functioning of a tyre, comprising the following steps:

- Determining estimations or measurements (G_i , μ_i) for at least one pair "i" of values;
- Determining the corresponding values of the slope α_i of the straight line passing through the origin and through (G_i , μ_i);
- Calculating coefficients A_p by direct calculation or by a regression from a sufficient number of pairs with (α_i , G_i) so as to model a variation curve $\alpha_i=f(G_i, A_p)$.

The coefficient of friction may, in the present invention, be estimated as indicated above, or of course in any other way, for example from measurements carried out in the tyre or its environment. A modelling (above-mentioned variation curve) of the functioning of the tyre in terms of slip is thus obtained, which may have diverse applications. The following describes a preferred, but non-limiting, application relating to the control of the slip at a predetermined optimum level, in particular for example to the control of the slip corresponding to the maximum grip of the tyre, applicable as already emphasised both to situations in which the longitudinal force transmitted by the tyre is a braking

force and to situations in which the longitudinal force transmitted by the tyre is a driving force.

Advantageously, an estimation of the optimum slip G^{Opt} is determined by the formula resulting from the choice of direct calculation or the chosen regression, by using a predetermined Invariant "Invt". And in this case, the target value G^{Opt} is calculated, by transposing the general presentation given above, by the modelling formula resulting from the choice of direct calculation or regression.

The invention also proposes methods for testing tyres which will be explained below.

It should be noted that, in the context of the present invention, it does not matter whether the tread whose grip characteristic is being dealt with is that of a pneumatic tyre or a non-pneumatic elastic outer casing, or else a crawler track. The terms "tread", "tyre", "outer casing", "elastic outer casing", "crawler track" or even "wheel" are to be interpreted as equivalent.

In another preferred application, the invention relates to the analysis of the lateral force developed by a tyre or elastic outer casing in a region of functioning close to the saturation of the lateral force.

The invention also proposes a method aimed at predicting the value of the lateral slip angle δ (also referred as "drift angle") of a tyre where the lateral force (also referred to as "drift thrust") is maximal. It is a question of anticipating when the tyre will attain its maximum and will therefore no longer be able to perform its primary function which is to enable the vehicle to turn, so as to be able to maintain the functioning of the tyre at a predetermined target value of the drift thrust F^{target} , or to warn the driver. To maintain the functioning of the tyre at a predetermined target value, preventive actions may be taken, if necessary automatically, to reduce the vehicle speed in order to avoid critical driving situations (if the vehicle does not turn as the driver desires, an accident may result). The method for controlling the functioning of a tyre proposed by the invention, including a phase for predicting the value of the drift angle δ of a tyre where the lateral force is maximal, comprises the following steps:

- Determining estimations (δ_i, F_i) for at least one pair "i" of values;

- Determining the corresponding values of the slope α_i of the straight line passing through the origin and through (δ_i, F_i) ;
- Calculating coefficients A_p by direct calculation or by a regression from a sufficient number of pairs with (α_i, δ_i) so as to model a variation curve $\alpha_i=f(\delta_i, A_p)$.

A modelling (above-mentioned variation curve) of the functioning of the tyre in terms of drift is thus obtained, which may have diverse applications. The following describes a preferred, but non-limiting, application relating to the control of the drift angle so as to properly utilise the drift thrust potential of the tyre. In this case, the method additionally comprises the following steps:

- Calculating a value of the drift angle δ^{Opt} by using a predetermined Invariant "Invt";
- Producing a warning signal when the drift angle δ is close to δ^{Opt} .

Besides the methods for testing tyres, the invention also concerns the systems for controlling the stability of a vehicle. This refers both to the function aimed at avoiding the locking of the wheels when the brakes are applied, popularly known by the term "ABS", or else aimed at automatically increasing the brake force as far as the physically possible limit, and also more sophisticated versions of the system for controlling the stability of a vehicle aimed at maintaining the vehicle on a stable path by automatically and selectively acting on the brakes of one wheel and/or by automatically acting on the steering of steered wheels or on any other actuator enabling the behaviour of the vehicle to be influenced.

The invention will be explained in more detail below with reference to the attached figures in which:

- Figure 1 is a block diagram showing the automatic control procedure according to the invention,
- Figure 2 is a curve of the variation of the coefficient of friction with respect to the slip and the variation at the same slip of the secant passing through the origin and the point of the previous curve at the same slip,

Figure 3 is a curve of the variation of the drift thrust with respect to the drift angle and the variation at the same drift angle of the secant passing through the origin and the point of the previous curve at the same drift angle,

Figure 4 shows several plots of the variation of the coefficient of friction with respect to the slip for the same tyre under various test conditions,

Figure 5 shows the position of the coefficients of friction μ_{\max} and of the associated slips G_{\max} for numerous tyres and different test conditions,

Figure 6 shows a typical schematic curve of the variation of the coefficient of friction with respect to the slip, in which two particular points have been marked: the coefficient of friction μ_{\max} and its associated slip G_{\max} , and the conventional point corresponding to the coefficient of friction $\mu_{50\%}$, prevailing at 50% of the slip G_{\max} , marked conventionally by $G_{\max/2}$,

Figure 7 shows the position of the points corresponding, in ordinates, to the quotient μ/G (at G_{\max}) of the coefficient of friction μ_{\max} for the slip associated with the coefficient of friction μ_{\max} and quotients μ/G (at 50% of G_{\max}) of the value of the coefficient of friction at and for the slip at 50% of the slip associated with the coefficient of friction μ_{\max} , for numerous tyres and different test conditions,

Figure 8 shows a typical schematic curve of the variation of the coefficient of friction with respect to the slip and shows the course of the secants passing through the origin and the curve for three particular slips,

Figure 9 shows a typical schematic curve of the linear variation as a function of the slip of the slope of the secant passing through the origin and the point of the curve of the variation of the coefficient of friction at the same slip,

Figure 10 shows a curve of general application to a phenomenon involving the variation of Y with respect to X, exhibiting a maximum of Y for a particular X, and a monotonic rise at the maximum of Y,

Figure 11 shows a curve of general application to another variation phenomenon basically like the previous one.

The present invention is based on the following observations.

Figure 4 shows various curves of the coefficient of friction μ as a function of the slip for the same MICHELIN XH1 195/65-15 tyre tested on various grounds at an inflation pressure of 2 bars. Figure 5 shows the location of the coefficients of friction μ_{\max} and the corresponding slip, for a very large number of tests corresponding to different tyres, different grounds and different test conditions in terms of speed, tyre load, etc. It can be seen that it is difficult, if not illusory, to find a regression enabling the physical phenomena of grip to be grasped correctly using such an approach, since the values are widely scattered.

The applicant has therefore pursued its investigations in a manner which will be explained. Analysis of the quotient μ/G calculated for $G=G_{\max}$ and for $G=G_{\max}/2$, also denoted "50%", (see Figure 6) is carried out.

Figure 7 shows the values of the ratio μ_{\max}/G_{\max} as a function of the ratio μ/G at 50% of G_{\max} for about 400 tests, i.e. 3000 measurements in total before determining a mean value. Figure 7 reflects multiple ground conditions and different tyres, and test conditions (load, speed, pressure) which are themselves variable. It enables an appreciation to be gained of the excellent experimental verification of the Invariant "Invt" presented above.

It is found that, whatever the tyres under consideration and the test conditions are:

$$\frac{\frac{\mu}{G}(G = G_{\max})}{\frac{\mu}{G}(G = G_{\max}/2)} \approx 0.58 \quad \textcircled{1}$$

The above ratio is an Invariant denoted "Invt" herein below.

Next, the mean slope of the curve $\mu(G)$ (see Figure 8) is considered. Let us call this slope α . It holds that:

$$\mu = \alpha \cdot G$$

It is assumed that this slope varies linearly with G (which is a good approximation at least in the first part of the curve). It is therefore possible to calculate the equation of the straight line $\alpha(G)$ (assuming a linear variation, see Figure 9):

$$\alpha = a \cdot G + b \quad (2)$$

By virtue of this equation and the Invariant "Invt" described in the previous section, it is possible to write:

$$a \cdot G_{\max} + b = \text{Invt} \cdot \left(a \cdot \frac{G_{\max}}{2} + b \right)$$

From this the G_{\max} is thus deduced, which is the target to be aimed at by a vehicle brake system controller, and is, according to the invention:

$$G_{\max} = -\frac{b}{a} \cdot \frac{1 - \text{Invt}}{1 - \frac{\text{Invt}}{2}}$$

The principle enabling G_{\max} to be calculated (more exactly the effective slip when the tread functions at the coefficient of friction μ_{\max}) makes it possible to determine the value of the target G whatever the tyre type is, whatever its degree of wear or ageing is, and whatever the tyre use conditions are.

Since the above observations are based on the curves of the variation of the coefficient of friction as a function of the slip, they remain valid for any phenomenon involving the variation of one parameter as a function of another, provided that it has a similar characteristic curve. The invention therefore proposes an automatic control procedure valid for a parameter X when there exists a parameter Y such that the curve of $Y(X)$ has a course shown in Figure 10, or for any variation phenomenon which has such a curve after simple transformations, such as a translation, a homothetic transformation, a reversal and any combination of these same transformations (see Figure 11 which illustrates the combination of a translation and a reversal to be carried out before returning to the same course of the curve as that in Figure 10).

In addition, although the above equation (2) shows that a linear regression enables the evolution of the variation of the coefficient of friction μ as a function of the slip G to be modelled very correctly, it has been found that the precision of the proposed procedure is improved if a judicious choice is made of the most appropriate type of regression. Thus, the choice of the appropriate type of regression is included in the invention, which proposes in general a regulating procedure as explained below.

The invention therefore applies to any physical phenomenon possessing the following properties:

- Measured or estimated control parameter X .
- Measured or estimated parameter Y which depends on the value of X for a given environment of the following form: presence of a maximum Y_{\max} ; $Y(0)$ low and much less than Y_{\max} (a factor 10 at least must separate the values $Y(0)$ and Y_{\max}); $Y(X)$ continuously increasing up to X_{\max} .

The aim is to maximise the value of Y as quickly as possible, for a process $Y(X)$ starting for low X s. A robust algorithm is proposed here which enables in particular the maximum to be obtained without knowledge a priori thereof and without the need to exceed it, in a context of actual measurement (or estimation) (generally affected by a noise at the input X and the output Y). The method does not require the absolute value of Y .

Use is made of the following observations:

- ✓ An underlying relationship exists between the secant at the maximum (in X_{\max}) and the secant in $X=X_{\max}/2$. The typical relationship is a constant quotient (Invariant). This Invariant must be determined on each application of the method to a particular phenomenon.

A practical, non-limiting, method for determining the Invariant is as follows:

$$\text{Invt} = \frac{\frac{Y}{X}(X_{\max})}{\frac{Y}{X}(p.X_{\max})}$$

where the value of p is always positive and less than 1. Advantageously, the value of p is between 0.25 and 0.75. The lower the value of p , the less precise is the method but the greater is the reactivity of the automatic control. Conversely, the greater the value of p , the greater is the precision, but the lower is the reactivity since the final acquisition is too close to the maximum. This is why a preferred value of p is 0.5.

It will always hold that: $0 < \text{Invt} \leq 1$. The quantity "Invt", presented above as an intrinsic Invariant in the physical phenomenon under consideration, becomes in practice a degree of freedom which enables the algorithm to be finely adjusted by offering an adjustment variable in the refinement of a particular system, for any application to a particular field.

Typically, the following will be considered as first approximation:

$$\text{Invt} = \frac{\frac{Y}{X}(X_{\max})}{\frac{Y}{X}\left(\frac{X_{\max}}{2}\right)} \quad [\text{Eq}]$$

- ✓ The variation of the secant as a function of X may be adjusted by a simple interpolation curve (typically linear or exponential, or even power). An adjustment can be carried out in real time. It is then possible to deduce therefrom the position of the maximum X_{\max} before it is attained (extrapolation).

Other types of regressions for the relationship of the secant as a function of X may be used, in which case it is advisable to solve the corresponding system (equation linking the value of the secant at the maximum to the half value: [Eq]) to obtain the analytical or approximation formula of the X_{\max} . A scale error on Y (for example Y is

systematically overestimated by 50%) does not change the predicted value of X_{\max} , and this gives the scale effect a very advantageous low sensitivity.

The intention is to rely on Invariants of the physical curve to deduce the maximum by "measuring" as one goes along during the "rise" towards the maximum, by using all of the relevant information available.

Figure 1 illustrates the proposed algorithm, the main steps of which are as follows:

1. Acquisition of the points (X_i, Y_i) , by measurement or estimation, according to the practical possibilities. It is advisable to acquire at least 2 points. It is ensured that X_i is significantly non-zero, and a minimum threshold may be imposed here to eliminate values which are too low to be relevant.
2. Calculation of the secant, with the previous values the value of the secant is evaluated by direct calculation $\alpha_i = Y_i/X_i$, or by carrying out a suitable regression, for example linear: $\Sigma_{XX} = \sum X_j^2$, $\Sigma_{XY} = \sum X_j \cdot Y_j$, $\alpha_i = \frac{\Sigma_{XY}}{\Sigma_{XX}}$ considering all the subscript points less than or equal to i so as to eliminate the noise. This is because the linear regression is by nature much less sensitive to the measurement noise on each individual point, the disturbances tending to "cancel each other out" if a sufficient number of points are considered (cf. basic statistical properties). This approach is particularly advantageous since, unlike in the past, it is not the individual values which are of interest (imprecise since noisy) but tendencies emerging from a plurality of values. The pairs (α_i, X_i) are therefore obtained.

3. Calculation of the regression with (α_i, X_i) , a regression is calculated from a sufficient number "n" of points measured or estimated, typically 5 points, although this must be refined according to the physical phenomenon in question and according to the noise level).

- Case of a linear regression:

$$A^{\text{Lin}} = \frac{n \cdot \sum X \cdot \alpha - \sum X \cdot \sum \alpha}{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2}, B^{\text{Lin}} = \frac{\sum \alpha \cdot \sum X^2 - \sum X \cdot \alpha \cdot \sum X}{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

- Case of an exponential regression:

$$A^{\text{Exp}} = \frac{n \cdot \sum X \cdot \ln(\alpha) - \sum X \cdot \sum \ln(\alpha)}{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2},$$

$$B^{\text{Exp}} = \frac{\sum \ln(\alpha) \cdot \sum X^2 - \sum X \cdot \ln(\alpha) \cdot \sum X}{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

A and B are therefore obtained by the most suitable regression. Other regressions than the ones indicated might be used, the various regressions to be considered are well known to a person skilled in the art, who will be able to obtain the coefficients of the selected regression).

4. An estimation of X_{\max} is then calculated:

- For the case of a linear regression, the following is obtained:

$$X_{\max} = -\frac{B^{\text{Lin}}}{A^{\text{Lin}}} \cdot \frac{1 - \text{Invt}}{1 - p \cdot \text{Invt}},$$

with $\alpha = A^{\text{Lin}} \cdot X + B^{\text{Lin}}$

- For the case of an exponential regression, the following is

$$\text{obtained: } X_{\max} = \frac{\ln(\text{Invt})}{p \cdot A^{\text{Exp}}},$$

with $\alpha = e^{A^{\text{Exp}} \cdot X + B^{\text{Exp}}}$

5. When X_{\max} is known, according to the particular use of the method, the most appropriate parameter is acted upon. For example, the value of the parameter X is automatically controlled so as to maintain the value thereof at X_{\max} .

6. It is also possible, although not always useful, to go as far as calculating an estimation of Y_{\max} :

- For the case of a linear regression, in addition Y_{\max} is determined as follows, where $Y^{\text{coeff_lin}}$ is an experimentally adjusted coefficient:

$$Y_{\max} = Y^{\text{Coeff_lin}} \cdot X_{\max} \cdot (A^{\text{Lin}} \cdot X_{\max} + B^{\text{Lin}})$$

- For the case of an exponential regression, in addition Y_{\max} is determined as follows, where $Y^{\text{coeff_exp}}$ is an experimentally adjusted coefficient:

$$Y_{\max} = Y^{\text{Coeff_exp}} \cdot X_{\max} \cdot e^{A^{\text{Exp}} \cdot X_{\max} + B^{\text{Exp}}}$$

Example of calculation of Y_{\max} :

- ✓ Linear:
$$Y_{\max} = \frac{X_{\max}}{0.75} \cdot (A^{\text{Lin}} \cdot X_{\max} + B^{\text{Lin}})$$
- ✓ Exponential:
$$Y_{\max} = \frac{X_{\max}}{1.19} \cdot e^{A^{\text{Exp}} \cdot X_{\max} + B^{\text{Exp}}}$$

It may be useful to make a small correction to the predicted value of Y_{\max} since the curvature around the maximum does not correspond exactly to the type of function considered for the approximation of the secant. The coefficient of correction ($1/0.75 = Y^{\text{coeff_lin}}$ in the linear case, or $1/1.19 = Y^{\text{coeff_Exp}}$ in the exponential case) is to be adjusted experimentally case by case, according to the application of the invention.

Some possible applications of the invention will now be examined in more detail, the rest of the description being neither limiting nor exhaustive.

Example 1: automatic maintenance of the functioning of a tyre at a certain coefficient of friction, for example at the maximum coefficient of friction u_{\max}

Let us return to the application example concerning the longitudinal grip: $\mu(G)$. In this case, as already explained in the introductory section of this specification, Y is the coefficient of friction μ of the tyre, that is to say the quotient of the longitudinal force, for example driving force or braking force, divided by the applied vertical force, that is to say the load applied to the tyre, and X is the rate of slip G of the tyre ($G = 0\%$ when there is no slip between the speed of the tyre and the speed of the vehicle, that is to say if the tyre rolls freely, and $G = 100\%$ if the tyre is rotationally locked). Typically, depending on the environment (nature of the ground (asphalt, concrete), dry or wet (water level), temperature and level of wear of the tyre), the value of μ as a function of the slip G may vary enormously (μ is about 0.15 on ice and about 1.2 on a dry ground). Reference may be made to Figure 4 showing several curves of μ as a function of the slip G for a new XH1 195/65R15 measured in a load and speed condition.

The method for controlling the functioning of a tyre proposed by the invention, whether for a measurement or an application on a vehicle, enables in particular automatic control of the slip G so as to maintain it at predetermined optimum value G^{Opt} . The said predetermined slip G^{Opt} is chosen, more particularly and in a non-limiting manner, such that the predetermined value of the coefficient of friction corresponds substantially to the value μ_{max} . In this case, it is customary to name this particular optimum value G_{max} .

It is found that the position of the maximum for this tyre varies depending on the ground. In addition, sometimes there is no unity. For the same maximum level attained, it is possible to have two corresponding slips. Nevertheless, there exists an Invariant "Invt" shared by these curves.

By applying the equation for determining the Invariant to the case of the analysis of the coefficient of friction as a function of the slip, the Invariant is calculated in particular as follows:

$$\text{Invt} = \frac{\frac{\mu}{G}(G_{max})}{\frac{\mu}{G}(p \cdot G_{max})}, \text{ with } p \text{ having a positive value less than 1.}$$

As far as p is concerned, just as explained above, its value is preferably between 0.25 and 0.75, for example it is 0.5, the reader being referred to the general presentation above as regards the consequences of the choice of the value of p .

The following is thus obtained:

$$\frac{\frac{\mu}{G}(G = G_{\max})}{\frac{\mu}{G}(G = G_{\max}/2)} \approx 0.58$$

An Invariant "Invt" has been introduced by processing the data at a first value of a parameter X , for example the slip G , corresponding to the maximum of another parameter Y , for example the coefficient of friction μ_{\max} , and at a second value corresponding to 50% of the first value, for example 50% of the aforementioned slip. It has been seen that the choice of processing at 50% is arbitrary and that, if processing is performed at 25% or at 75% of the slip corresponding to the coefficient of friction μ_{\max} , an Invariant may also be obtained. This choice is therefore part of the experimental phase particular to each specific application.

It is then advisable to determine the slope α_i . This is done by direct calculation $\alpha_i = \mu_i/G_i$ or a suitable regression is used, for example a linear regression as follows:

$$\Sigma_{GG} = \sum G_j^2, \Sigma_{G\mu} = \sum G_j \cdot \mu_j, \alpha_i = \frac{\Sigma_{G\mu}}{\Sigma_{GG}}$$

Or two particular coefficients A_p , A and B , are calculated by the following linear regression, applied to "n" measured or estimated points:

$$A^{\text{Lin}} = \frac{n \cdot \sum G \cdot \alpha - \sum G \cdot \sum \alpha}{n \cdot \sum G^2 - (\sum G)^2}, B^{\text{Lin}} = \frac{\sum \alpha \cdot \sum G^2 - \sum G \cdot \alpha \cdot \sum G}{n \cdot \sum G^2 - (\sum G)^2}$$

Next, where a linear regression is being used, G^{Opt} is calculated as follows:

$$G^{\text{Opt}} = -\frac{B^{\text{Lin}}}{A^{\text{Lin}}} \cdot \frac{1 - \text{Invt}}{1 - p \cdot \text{Invt}},$$

$$\text{with } \alpha = A^{\text{Lin}} \cdot G + B^{\text{Lin}}$$

If necessary, it is possible to carry on as far as the determination of the value of μ corresponding to G^{Opt} , as follows, where μ^{coeff_lin} is an experimentally adjusted coefficient:

$$\mu = \mu^{Coeff_lin} \cdot G^{Opt} \cdot (A^{Lin} \cdot G^{Opt} + B^{Lin})$$

The following table, determined with a linear approach for the secant, illustrates the calculation of the maximum slip from actual measurements on the same MICHELIN XH1 195/65-15 tyre tested on various grounds at an inflation pressure of 2 bars:

#Ground	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Actual G^{max}	10%	11%	11%	13%	13%	13%	12%	13%	9%	9%	15%	15%
Actual μ^{max}	0.41	0.78	0.79	1.06	1.05	0.75	0.72	0.48	0.49	0.48	1.17	1.13
Measured A^{Lin}	-64	-109	-105	-108	-110	-76	-77	-60	-81	-127	-97	-88
Measured B^{Lin}	11	19	18	22	22	15	15	11	13	16	22	20
Predicted G_{max}	10%	11%	11%	12%	12%	13%	12%	12%	10%	8%	14%	14%
Predicted μ_{max}	0.41	0.75	0.76	1.03	1.03	0.73	0.71	0.48	0.48	0.48	1.16	1.12

Or else, two particular coefficients A_p , A and B , are calculated by the following exponential regression:

$$A^{Exp} = \frac{n \cdot \sum G \cdot \ln(\alpha) - \sum G \cdot \sum \ln(\alpha)}{n \cdot \sum G^2 - (\sum G)^2},$$

$$B^{Exp} = \frac{\sum \ln(\alpha) \cdot \sum G^2 - \sum G \cdot \ln(\alpha) \cdot \sum G}{n \cdot \sum G^2 - (\sum G)^2}$$

Next, where an exponential regression is being used, G^{Opt} is calculated as follows:

$$G^{Opt} = \frac{\ln(Inv_t)}{p \cdot A^{Exp}}, \text{ with } \alpha = e^{A^{Exp} \cdot G + B^{Exp}}$$

If necessary, it is possible to carry on as far as the determination of μ_{\max} , as follows, where $\mu^{\text{coeff_exp}}$ is an experimentally adjusted coefficient:

$$\mu_{\max} = \mu^{\text{Coeff_exp}} \cdot G^{\text{Opt}} \cdot e^{A^{\text{Exp}} \cdot G^{\text{Opt}} + B^{\text{Exp}}}$$

This principle may be applied to determine the maximum grip for any type of tyre and for any type of ground, which proves to be very advantageous for industrial tyre tests.

The proposed method is self-adaptive and very robust since only the variation of the coefficient of friction is dealt with and not its absolute value. It has been found that the sensitivity to noise is very low.

The intrinsic nature of the above method applied to the longitudinal grip of a tyre as a function of its slip means that it is very particularly suited to conducting tyre tests, and even more so to constructing simulations. In particular, it is most especially suited to the modelling of the grip of a tyre in a vehicle brake system.

In the tyre industry, the invention may be applied to the testing or measuring of tyres. One aspect of the invention is therefore a method for testing a tyre in terms of slip comprising the following steps:

- Causing the tyre to roll on a selected ground (it may be a road, a test track, a test machine having a flat track or comprising a wheel),
- Applying a predetermined load F_{Z1} to the tyre,
- Applying a predetermined slip to the tyre (acting on the relative speed between the tyre and the ground), such that the tyre remains below the grip limit,
- Measuring or estimating the longitudinal stresses F_{X1} of the tyre,
- Calculating a value of the coefficient of friction $\mu_1 = F_{X1}/F_{Z1}$,
- Repeating the previous steps for calculating at least one other value "i" of the coefficient of friction μ_i for at least one other pair "i" of stresses F_{X1}/F_{Z1} and measuring the associated slip G_i ,
- Determining for each of the calculated values of the coefficient of friction the slope α_i of the straight line passing through the origin and through (G_i, μ_i) ,

- Calculating coefficients A_p by direct calculation or by an appropriate regression from a sufficient number of pairs with (α_i, G_i) so as to model a variation curve $\alpha_i=f(G_i, A_p)$,
- Calculating an optimum slip enabling a predetermined value of the coefficient of friction G^{Opt} to be attained, by using a predetermined Invariant "Invt".

Of course, as the reader will have appreciated, the Invariant may be chosen by experimentally refining the test method. It may be advantageous, for example for choosing a first value of the Invariant during refinement, to determine the Invariant as follows:

$$\text{Invt} = \frac{\frac{\mu}{G}(G_{max})}{\frac{\mu}{G}(p.G_{max})}, \text{ with } p \text{ having a positive value less than 1.}$$

In a manner similar to that explained above, two particular coefficients A_p , the coefficients A and B, may be calculated by a regression chosen from the group consisting of a linear regression and an exponential regression.

Once again, a value of between 0.25 and 0.75, typically 0.5, may be adopted as the value of p.

Example 2: determination of the optimum slip on braking or under a driving force

It is known that while a vehicle brake system is efficient, it is however optimised for a limited number of tyres, chosen by the manufacturer, and that it does not adapt to the tyres actually fitted on the vehicle. In particular, it does not adapt to winter tyres, which, as is known, moreover, behave radically differently, in particular the grip and the slip at force F_x on the given ground. Consequently, the efficiency of a vehicle brake system could be improved if it could automatically adapt to the tyres actually used on the vehicle.

The invention therefore extends to a system for controlling the stability of a vehicle, including means for imparting a slip to a tyre intended to roll on the ground, means for modulating said slip (acting on the speed of the wheel), and comprising a controller using at least the parameter slip G^{Opt} corresponding to a predetermined value of the coefficient of friction μ , the said controller including means for calculating the said parameter(s) as follows:

- on each activation of the means for imparting a slip to the tyre, for at least two different levels "i" of the slip G_i on condition that there is no loss of grip, determining the values of the coefficient of friction μ_i ,
- Determining the slope α_i of the straight line passing through the origin and through (G_i, μ_i) ,
- Calculating coefficients A_p by direct calculation or by an appropriate regression, in particular a regression chosen from the group consisting of a linear regression and an exponential regression, from a sufficient number of pairs with (α_i, G_i) so as to model a variation curve $\alpha_i=f(G_i, A_p)$,
- Calculating the optimum slip G^{Opt} by using a predetermined Invariant "Invt",
- Acting on the means for imparting a longitudinal force to the tyre so as to maintain the slip at its optimum value G^{Opt} .

Of course, in the case of a vehicle with an internal combustion engine of a design which is common at present, the means for imparting a slip to the tyre are essentially the brakes in a braking situation and are essentially the engine management system under a driving force. A person skilled in the art will have no difficulty in adapting the present invention to other vehicle designs, for example electric vehicles.

Here again, we desire to stress on an aspect already mentioned: the invention as described hereabove does not preclude that the controller of the system be loaded by, in addition to the means described here, other programs embodying other slip control strategies, which may be more desirable in certain circumstances, e. g. in view of estimated or measured values of (G_i, μ_i) upon any particular activation of means to impart a slip to the tyre.

In particular, a good approach for determining the Invariant is as follows:

$$\text{Invt} = \frac{\frac{\mu}{G}(G_{\max})}{\frac{\mu}{G}(p.G_{\max})}, \text{ more particularly again with } p \text{ having a value between } 0.25 \text{ and } 0.75, \text{ typically } 0.5.$$

In a particular embodiment of the invention, the device for modulating the slip acts on the brake control. In another embodiment of the invention, the device for modulating the slip acts on the driving torque at the wheels.

It is proposed to create a new algorithm, particularly useful for a vehicle brake system, which enables the position of the coefficient of friction μ_{\max} to be determined on the basis of the Invariant "Invt" presented above. As a reminder, such a system carries out an estimation of the coefficient of friction μ_{\max} , then chooses an optimum slip by virtue of a reference curve. It is proposed to replace these steps by what follows.

The implementation of this principle requires a few modifications in an ABS controller:

- It is preferable for the calculation frequency to be above 40 Hz.
- It is advisable preferably to regulate the triggering of the ABS so as to have the time to acquire a sufficiently large number of points for the calculation of the target to be reliable (representative).
- It proves to be advantageous to eliminate the measurement points at a slip which is too low (corresponding for example to a slip less than 1%).
- In order to obtain a very good accuracy on the slip G, it is advantageous to acquire the speed of the vehicle with a specific means and not through wheel speed data processing (GPS, ground observation, ...)

With the new algorithm proposed above, the efficiency of the vehicle brake system will be very good over the entire range of tyres usable realistically on a vehicle.

The new algorithm developed enables the system to adapt to any type of tyre automatically without requiring, a priori, any additional sensor and any measurement in

the tread of a tyre. Moreover, this algorithm obviates the need for a fine adjustment for a type of tyre chosen for a given vehicle.

As specified above, the method makes it possible to obtain results not only with measured values but also with estimated values. Information on the actual (and not estimated) forces F_x , F_y and F_z could make it possible to have a more precise target and/or to do plausibility checks and thus to improve the reliability of the vehicle brake system.

Example 3: analysis of the functioning of a tyre in terms of drift, lateral force F_y developed (also called drift thrust)

Another application is explained below. It involves characterising the lateral force F_y as a function of the drift angle δ of the tyre (angle between the projection on the ground of the plane of the wheel and the vector velocity of the tyre on the ground). An optimum drift angle δ^{Opt} , for instance the drift angle at which the tyre develops the maximum lateral force F_y may be predetermined, and the lateral force F_{ymax} may be predetermined. The maximum lateral force is critical for example for the equilibrium of a vehicle on cornering. This is why the tests of a tyre in this functioning configuration are a preferred application of the invention. In this case, for example, the invention enables the implementation of a method for controlling the functioning of a tyre including a phase for predicting the value of the drift angle δ of a tyre where the lateral force is maximal and the production of a warning signal when the drift angle δ is close to δ^{Opt} , or a method in which the drift angle δ is automatically controlled so as to maintain it at δ^{Opt} , or else a method in which, in the event of the occurrence of the warning signal, the drift angle δ is reduced.

The relationship between the lateral force F_y and the drift δ is of the same type as for μ and G in the previous section. Consequently, it is possible for example to determine the Invariant as follows:

$$\text{Invt} = \frac{\frac{F}{\delta}(\delta^{\text{Opt}})}{\frac{F}{\delta}(p \cdot \delta^{\text{Opt}})}.$$

As far as p is concerned, just as explained above, its value is preferably between 0.25 and 0.75, for example it is 0.5, the reader being referred to the general presentation above as regards the consequences of the choice of the value of p . In this precise case, the magnitude "Invt" is notably higher. 0.8 has been obtained while retaining a minimum drift-angle threshold of 2° , in order to avoid values of too low a drift which interferes with the determination of the secant.

Figure 3 is a curve of the variation of the drift thrust with respect to the drift angle and the variation at the same drift angle of the secant passing through the origin and the point of the previous curve at the same drift angle. For a Michelin Primacy 235/55R17 tyre loaded at 5000 newton, without camber, the maximum drift angle estimated by the method is 5.5° , and the maximum estimated drift thrust is 5935 newton.

It is advisable next to determine the slope α_i . This is done by direct calculation $\alpha_i = F_i / \delta$ or a suitable regression is used, for example a linear regression as follows:

$$\Sigma_{\delta\delta} = \sum \delta_j^2, \Sigma_{\delta F} = \sum \delta_j \cdot F_j, \alpha_i = \frac{\Sigma_{\delta F}}{\Sigma_{\delta\delta}}$$

Or two particular coefficients A_p , A and B , are calculated by the following linear regression, applied at "n" measured or estimated points:

$$A^{\text{Lin}} = \frac{n \cdot \sum \delta \cdot \alpha - \sum \delta \cdot \sum \alpha}{n \cdot \sum \delta^2 - (\sum \delta)^2}, B^{\text{Lin}} = \frac{\sum \alpha \cdot \sum \delta^2 - \sum \delta \cdot \alpha \cdot \sum \delta}{n \cdot \sum \delta^2 - (\sum \delta)^2}$$

Next, where a linear regression is being used, δ^{Opt} is calculated as follows:

$$\delta^{\text{Opt}} = -\frac{B^{\text{Lin}}}{A^{\text{Lin}}} \cdot \frac{1 - \text{Invt}}{1 - p \cdot \text{Invt}},$$

$$\text{with } \alpha = A^{\text{Lin}} \cdot \delta + B^{\text{Lin}}$$

By applying the algorithm, it is predetermined that the lateral force (F_y) will attain its maximum at a drift angle δ of about 6° . This information is valuable since it is then known that the tyre no longer has much potential for transverse thrust before it starts to slip (saturation of the transverse thrusts, which may prevent a vehicle from turning).

If necessary, it is possible to carry on as far as the determination of the value of F corresponding to δ^{Opt} , as follows, where $F^{\text{coeff_lin}}$ is an experimentally adjusted coefficient:

$$F_{\max} = F^{\text{Coeff_lin}} \cdot \delta^{\text{Opt}} \cdot (A^{\text{Lin}} \cdot \delta^{\text{Opt}} + B^{\text{Lin}})$$

Or else, two particular coefficients A_p , the coefficients A and B , are calculated by the following exponential regression, applied at "n" measured or estimated points:

$$A^{\text{Exp}} = \frac{n \cdot \sum \delta \cdot \ln(\alpha) - \sum \delta \cdot \sum \ln(\alpha)}{n \cdot \sum \delta^2 - (\sum \delta)^2},$$

$$B^{\text{Exp}} = \frac{\sum \ln(\alpha) \cdot \sum \delta^2 - \sum \delta \cdot \ln(\alpha) \cdot \sum \delta}{n \cdot \sum \delta^2 - (\sum \delta)^2}$$

Next, where an exponential regression is being used, δ^{Opt} is calculated as follows:

$$\delta^{\text{Opt}} = \frac{\ln(\text{Invt})}{p \cdot A^{\text{Exp}}}, \text{ with } \alpha = e^{A^{\text{Exp}} \cdot \delta + B^{\text{Exp}}}$$

If necessary, it is possible to carry on as far as the determination of F_{target} as follows, where $F^{\text{coeff_exp}}$ is an experimentally adjusted coefficient:

$$F_{\max} = F^{\text{Coeff_exp}} \cdot \delta^{\text{Opt}} \cdot e^{A^{\text{Exp}} \cdot \delta^{\text{Opt}} + B^{\text{Exp}}}$$

Example 3a: use for measuring or testing tyres

In the tyre industry, the invention may be applied to the testing or measuring of tyres. Another aspect of the invention is therefore a method for testing a tyre in terms of drift comprising the following steps:

- Causing the tyre to roll on the ground,

- Applying a predetermined load F_{Z1} to the tyre,
- Applying a predetermined drift angle δ_i to the tyre, such that the tyre remains below the grip limit, and measuring or estimating the drift thrust F_i corresponding to said drift angle δ_i ;
- Repeating the previous steps for calculating at least one other pair "i" of values (δ_i, F_i) ;
- Determining the corresponding values of the slope α_i of the straight line passing through the origin and through (δ_i, F_i) ;
- Calculating coefficients A_p by direct calculation or by an appropriate regression from a sufficient number of pairs (α_i, δ_i) so as to model a variation curve $\alpha_i = f(\delta_i, A_p)$;
- Calculating a value of the drift angle δ^{Opt} by using a predetermined Invariant "Invt".

Likewise, the Invariant may be chosen by experimentally refining the test method. It may be advantageous, for example for choosing a first value of the Invariant during refinement, to determine the Invariant as follows:

$$\text{Invt} = \frac{\frac{F}{\delta}(\delta^{Opt})}{\frac{F}{\delta}(p \cdot \delta^{Opt})}, \text{ with } p \text{ having a positive value less than 1.}$$

In a manner similar to that described above, the two particular coefficients A_p , the coefficients A and B, may be calculated by a regression chosen from the group consisting of a linear regression and an exponential regression.

Once again, a value of between 0.25 and 0.75, typically 0.5, may be adopted as the value of p.

Example 3b: determination of the maximum possible drift of a vehicle on a bend

In an application of the invention to the stability of a vehicle equipped with tyres, the method for controlling the functioning of a tyre proposed by the invention, including a phase for predicting the value of the drift angle δ of a tyre (the drift angle δ is the angle between the projection on the ground of the plane of the wheel and the vector velocity of the vehicle on the ground) where the lateral force is maximal, enables a warning to be given to the driver if too close an approach is made to the maximum potential of the tyre in terms of drift thrust, or, in a more advanced version integrated in a system for automatically controlling the stability of a vehicle, in the event of the occurrence of the warning signal, the vehicle speed is limited or reduced automatically.

The invention may also be applied to an active vehicle (having an with active steering on the rear and/or the front axle, or an active control of the body roll or any system acting on the lateral equilibrium of the vehicle, thus acting on the lateral thrust imposed on the tyres), that is to say capable of reacting also according to commands coming from a system for automatically controlling the lateral stability of a vehicle.

In this regard, the invention thus extends to a system for controlling the stability of a vehicle having at least one tyre intended to roll on the ground, the vehicle being equipped with a system for controlling a selected parameter (hereunder called parameter « λ »), depending on the technology used on the vehicle (for instance said parameter « λ » is the steering of the rear and front wheels for an active steering, or said parameter « λ » is the body roll for an active anti-roll, or the parameter « λ » is the braking force for a stability control through braking actuators ...) depending on the commands imparted by the vehicle driver to his control means and depending on the commands delivered by a path controller aimed at maintaining the functioning of the tyre at a predetermined target value of the drift thrust F_{target} , that is to say having a direct or indirect consequence on the drift angle of the tyres in each axle, the path controller using at least one optimum value δ^{Opt} of the drift angle corresponding to the maximum value of the drift thrust F_{target} , the said controlling including means for performing the following operations (operating on each axle –the share not being the same in the front and in the rear axle–, distinguishing the left and right tyres, are desirable, but the principle is exposed hereunder for only one tyre, the skilled person being able to process for all the tyres):

- on each activation of the parameter « λ » control, for at least two different levels “i” of the tyre drift angle, recording various values of F_{Yi} , and the associated drift angle δ_i ,
- Determining the slope α_i of the straight line passing through the origin and through (δ_i, F_{Yi}) ,
- Calculating coefficients A_p by direct calculation or by an appropriate regression, in particular a regression chosen from the group consisting of a linear regression and an exponential regression, from a sufficient number of pairs with (α_i, δ_i) so as to model a variation curve $\alpha_i=f(\delta_i, A_p)$,
- Calculating the optimum value δ^{Opt} of the tyre drift angle associated with the maximum value of the drift thrust F_{target} by using a predetermined Invariant "Invt";
- Producing a warning signal when the drift angle δ is close to δ^{Opt} .

As already explained above, the optimum drift angle value δ^{Opt} is calculated by the modelling formula (above-mentioned variation curve) resulting from the choice of direct calculation or regression. In particular, a good approach for determining the Invariant is as follows:

$$\text{Invt} = \frac{\frac{F}{\delta}(\delta^{Opt})}{\frac{F}{\delta}(p.\delta^{Opt})}, \text{ more particularly again with } p \text{ having a value which is between } 0.25 \text{ and } 0.75, \text{ typically } 0.5.$$

In a particular embodiment of this aspect of the invention, in the event of the occurrence of a warning signal, the system for controlling a selected parameter is acted upon so as to maintain the drift angle δ at the optimum value δ^{Opt} . In another embodiment of this aspect, in the event of the occurrence of a warning signal, the vehicle speed is limited or reduced.

It should be emphasised, and this is important, that the aspects concerning the utilisation of the coefficient of friction as a function of the slip, and the utilisation of the drift thrust as a function of the drift angle, are not mutually exclusive, quite the contrary. Notably, it

is advantageous for a system for automatically controlling the path of a vehicle to utilise these two aspects simultaneously. Thus, one aspect of the invention relates to a method for automatically controlling the functioning of a tyre in a given configuration, aimed at maintaining the said functioning of a tyre at a predetermined value of the coefficient of friction μ , comprising the following steps:

- Determining estimations or measurements (G_i , μ_i) for a plurality of pairs "i" of values;
- Calculating an estimation of the optimum slip of the tyre G^{Opt} as a function of the intrinsic physical characteristics of the said tyre and the existing actual functioning configuration;
- Automatically controlling the configuration as a function of the difference between $G_{instantaneous}$ and G^{Opt} .

Example 4 (tensile tests on metal test pieces)

As another application case, mention may be made of the analysis of the extension of a test piece subjected to tensile stress as a function of the elongation (so as to avoid violent rupture of the piece by stopping the test just before rupture). In this case, the parameter X is the elongation; the maximum elongation is estimated from the measurements of the force and elongation at the start of the stressing, and the test is stopped at a chosen elongation close to but below the maximum elongation. In addition, the maximum possible force may be estimated.

CLAIMS

1. Automatic control method for a phenomenon of which a parameter Y varies as a function of a parameter X according to a course exhibiting a rise, an extremum and a fall, in which the value of the parameter X is automatically controlled to maintain the value of a parameter Y at an optimum value, comprising the following steps:
 - Determining estimations or measurements (X_i, Y_i) for at least one pair "i" of values;
 - Determining the corresponding values of the slope α_i of the straight line passing through the origin and through (X_i, Y_i);
 - Calculating coefficients A_p by direct calculation or by a regression from a sufficient number of pairs with (α_i, X_i) so as to model a variation curve $\alpha_i=f(X_i, A_p)$;
 - Calculating a target value X_{max} by using a predetermined Invariant "Invt".
2. Automatic control method according to Claim 1, in which the value of the parameter X is automatically controlled so as to maintain the value thereof at X_{max} .
3. Automatic control method according to Claim 1, in which the Invariant is determined as follows:

$$\text{Invt} = \frac{\frac{Y}{X}(X_{max})}{\frac{Y}{X}(p.X_{max})}, \text{ with } p \text{ having a positive value less than 1.}$$

4. Automatic control method according to Claim 3, in which the value of p is between 0.25 and 0.75.
5. Automatic control method according to Claim 4, in which p is 0.5.
6. Automatic control method according to Claim 1, in which the slope α_i is determined by direct calculation $\alpha_i=Y_i/X_i$.

7. Automatic control method according to Claim 1, in which the slope α_i is determined by carrying out a suitable regression.

8. Automatic control method according to Claim 1, in which a linear regression is carried out: $\Sigma_{XX} = \sum X_j^2$, $\Sigma_{XY} = \sum X_j \cdot Y_j$, $\alpha_i = \frac{\Sigma_{XY}}{\Sigma_{XX}}$

9. Automatic control method according to Claim 1, in which two particular coefficients A_p , the coefficients A and B, are calculated by the following linear regression, applied to "n" measured or estimated points:

$$A^{Lin} = \frac{n \cdot \sum X \cdot \alpha - \sum X \cdot \sum \alpha}{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2}, B^{Lin} = \frac{\sum \alpha \cdot \sum X^2 - \sum X \cdot \alpha \cdot \sum X}{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

10. Automatic control method according to Claim 1, in which the two particular coefficients A_p , the coefficients A and B, are calculated by the following exponential regression, applied to "n" measured or estimated points:

$$A^{Exp} = \frac{n \cdot \sum X \cdot \ln(\alpha) - \sum X \cdot \sum \ln(\alpha)}{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2},$$

$$B^{Exp} = \frac{\sum \ln(\alpha) \cdot \sum X^2 - \sum X \cdot \ln(\alpha) \cdot \sum X}{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

11. Automatic control method according to Claim 9, in which X_{max} is calculated as follows:

$$X_{max} = -\frac{B^{Lin}}{A^{Lin}} \cdot \frac{1 - Inv t}{1 - p \cdot Inv t},$$

$$\text{with } \alpha = A^{Lin} \cdot X + B^{Lin}$$

12. Automatic control method according to Claim 10, in which X_{max} is calculated as follows:

$$X_{max} = \frac{\ln(Inv t)}{p \cdot A^{Exp}}, \text{ with } \alpha = e^{A^{Exp} \cdot X + B^{Exp}}$$

13. Automatic control method according to Claim 9, in which in addition Y_{\max} is determined as follows, where $Y^{\text{coeff_lin}}$ is an experimentally adjusted coefficient:

$$Y_{\max} = Y^{\text{Coeff_lin}} \cdot X_{\max} \cdot (A^{\text{Lin}} \cdot X_{\max} + B^{\text{Lin}})$$

14. Automatic control method according to Claim 10, in which in addition Y_{\max} is determined as follows, where $Y^{\text{coeff_exp}}$ is an experimentally adjusted coefficient:

$$Y_{\max} = Y^{\text{Coeff_exp}} \cdot X_{\max} \cdot e^{A^{\text{Exp}} \cdot X_{\max} + B^{\text{Exp}}}$$

15. Ground contact system in which a characteristic parameter Q of the functioning of a tyre on a vehicle in movement varies as a function of a parameter P according to a course exhibiting a rise, an extremum and a fall, the value of the said parameter P being imposed by a controller, acting on at least one of the elements chosen from the group comprising the torque applied to the tyre, the steer angle of the tyre, the camber angle of the tyre and the vertical force applied on the tyre, in order to maintain the value of a parameter Q at a chosen value, in which the controller includes means for:

- Determining estimations or measurements (P_i, Q_i) for at least one pair "i" of values;
- Determining the corresponding values of the slope β_i of the straight line passing through the origin and through (P_i, Q_i) ;
- Calculating coefficients A_p by direct calculation or by a regression from a sufficient number of pairs with (β_i, P_i) so as to model a variation curve $\beta_i=f(P_i, A_p)$;
- Calculating a target value P^{Target} by using a predetermined Invariant "Invt"
- Changing into "active" mode when the absolute value of the difference between $P^{\text{Instantaneous}}$ and P^{Target} is more than a predetermined threshold.

16. Method for controlling the functioning of a tyre in terms of slip, comprising the following steps:

- Determining estimations or measurements (G_i, μ_i) for at least one pair "i" of values;

- Determining the corresponding values of the slope α_i of the straight line passing through the origin and through (G_i, μ_i) ;
 - Calculating coefficients A_p by direct calculation or by a regression from a sufficient number of pairs with (α_i, G_i) so as to model a variation curve $\alpha_i=f(G_i, A_p)$.
17. Method for controlling the functioning of a tyre in terms of slip according to Claim 16, in which an estimation of an optimum slip G^{Opt} is made by using a predetermined Invariant "Invt".
18. Method for controlling the functioning of a tyre in terms of slip according to Claim 17, in which the slip G is automatically controlled so as to maintain it at G^{Opt} .
19. Method for controlling the functioning of a tyre in terms of slip according to Claim 17, in which the value of "Invt" is substantially 0.58.
20. Method for controlling the functioning of a tyre in terms of slip according to Claim 17, in which the Invariant is determined as follows:
- $$\text{Invt} = \frac{\frac{\mu}{G}(G_{max})}{\frac{\mu}{G}(p.G_{max})}, \text{ with } p \text{ having a positive value less than 1.}$$
21. Method for controlling the functioning of a tyre in terms of slip according to Claim 20, in which the value of p is between 0.25 and 0.75.
22. Method for controlling the functioning of a tyre in terms of slip according to Claim 21, in which p is 0.5.
23. Method for controlling the functioning of a tyre in terms of slip according to Claim 17, in which the slope α_i is determined by direct calculation $\alpha_i=\mu_i/G_i$.

24. Method for controlling the functioning of a tyre in terms of slip according to Claim 17, in which the slope α_i is determined by carrying out a suitable regression.
25. Method for controlling the functioning of a tyre in terms of slip according to Claim 17, in which a linear regression is carried out:

$$\Sigma_{GG} = \sum G_j^2, \Sigma_{G\mu} = \sum G_j \cdot \mu_j, \alpha_i = \frac{\Sigma_{G\mu}}{\Sigma_{GG}}$$

26. Method for controlling the functioning of a tyre in terms of slip according to Claim 17, in which the two particular coefficients A_p , the coefficients A and B, are calculated by the following linear regression, applied to "n" measured or estimated points:

$$A^{Lin} = \frac{n \cdot \sum G \cdot \alpha - \sum G \cdot \sum \alpha}{n \cdot \sum G^2 - (\sum G)^2}, B^{Lin} = \frac{\sum \alpha \cdot \sum G^2 - \sum G \cdot \alpha \cdot \sum G}{n \cdot \sum G^2 - (\sum G)^2}$$

27. Method for controlling the functioning of a tyre in terms of slip according to Claim 17, in which the two particular coefficients A_p , the coefficients A and B, are calculated by the following exponential regression, applied to "n" measured or estimated points:

$$A^{Exp} = \frac{n \cdot \sum G \cdot \ln(\alpha) - \sum G \cdot \sum \ln(\alpha)}{n \cdot \sum G^2 - (\sum G)^2},$$

$$B^{Exp} = \frac{\sum \ln(\alpha) \cdot \sum G^2 - \sum G \cdot \ln(\alpha) \cdot \sum G}{n \cdot \sum G^2 - (\sum G)^2}$$

28. Method for controlling the functioning of a tyre in terms of slip according to Claim 26, in which G^{Opt} is calculated as follows:

$$G^{Opt} = -\frac{B^{Lin}}{A^{Lin}} \cdot \frac{1 - Invt}{1 - p \cdot Invt},$$

with $\alpha = A^{Lin} \cdot G + B^{Lin}$

29. Method for controlling the functioning of a tyre in terms of slip according to Claim 27, in which G^{Opt} is calculated as follows:

$$G^{Opt} = \frac{\ln(Inv)}{p \cdot A^{Exp}}, \text{ with } \alpha = e^{A^{Exp} \cdot G^{Opt} + B^{Exp}}$$

30. Method for controlling the functioning of a tyre in terms of slip according to Claim 26, in which in addition the value of μ corresponding to G^{Opt} is determined as follows:

$$\mu = \mu^{\text{Coeff_lin}} \cdot G^{Opt} \cdot (A^{\text{Lin}} \cdot G^{Opt} + B^{\text{Lin}})$$

31. Method for controlling the functioning of a tyre in terms of slip according to Claim 27, in which in addition μ_{max} is determined as follows:

$$\mu_{max} = \mu^{\text{Coeff_exp}} \cdot G^{Opt} \cdot e^{A^{Exp} \cdot G^{Opt} + B^{Exp}}$$

32. Method for controlling the functioning of a tyre, including a phase for predicting the value of the drift angle δ of a tyre where the lateral force is maximal, comprising the following steps:

- Determining estimations (δ_i, F_i) for at least one pair "i" of values;
- Determining the corresponding values of the slope α_i of the straight line passing through the origin and through (δ_i, F_i) ;
- Calculating coefficients A_p by direct calculation or by a regression from a sufficient number of pairs with (α_i, δ_i) so as to model a variation curve $\alpha_i = f(\delta_i, A_p)$.

33. Method for controlling the functioning of a tyre according to Claim 32, including in addition the following steps:

- Calculating a value of the drift angle δ^{Opt} by using a predetermined Invariant "Inv";
- Producing a warning signal when the drift angle δ is close to δ^{Opt} .

34. Method for controlling the functioning of a tyre according to Claim 33, in which a selected parameter is automatically controlled so as to maintain it at δ^{Opt} .

35. Method for controlling the functioning of a tyre according to Claim 33, in which, in the event of the occurrence of the warning signal, a selected parameter is automatically controlled so as to reduce the drift angle δ .

36. Method for controlling the functioning of a tyre according to Claim 33, in which the Invariant is determined as follows:

$$\text{Invt} = \frac{\frac{F}{\delta}(\delta^{\text{Opt}})}{\frac{F}{\delta}(p \cdot \delta^{\text{Opt}})}, \text{ with } p \text{ having a positive value less than 1.}$$

37. Method for controlling the functioning of a tyre according to Claim 36, in which the value of p is between 0.25 and 0.75.

38. Method for controlling the functioning of a tyre according to Claim 37, in which p is 0.5.

39. Method for controlling the functioning of a tyre according to Claim 33, in which the slope α_i is determined by direct calculation $\alpha_i = F_i / \delta_i$.

40. Method for automatically controlling the drift angle δ of a tyre according to Claim 33, in which the slope α_i is determined by carrying out a suitable regression.

41. Method for controlling the functioning of a tyre according to Claim 33, in which a linear regression is carried out:

$$\Sigma_{\delta\delta} = \sum \delta_j^2, \Sigma_{\delta F} = \sum \delta_j \cdot F_j, \alpha_i = \frac{\Sigma_{\delta F}}{\Sigma_{\delta\delta}}$$

42. Method for controlling the functioning of a tyre according to Claim 33, in which the two particular coefficients A_p , the coefficients A and B , are calculated by the following linear regression, applied to "n" measured or estimated points:

$$A^{\text{Lin}} = \frac{n \cdot \sum \delta \cdot \alpha - \sum \delta \cdot \sum \alpha}{n \cdot \sum \delta^2 - (\sum \delta)^2}, B^{\text{Lin}} = \frac{\sum \alpha \cdot \sum \delta^2 - \sum \delta \cdot \alpha \cdot \sum \delta}{n \cdot \sum \delta^2 - (\sum \delta)^2}$$

43. Method for controlling the functioning of a tyre according to Claim 33, in which the two particular coefficients A_p , the coefficients A and B, are calculated by the following exponential regression:

$$A^{\text{Exp}} = \frac{n \cdot \sum \delta \cdot \ln(\alpha) - \sum \delta \cdot \sum \ln(\alpha)}{n \cdot \sum \delta^2 - (\sum \delta)^2},$$

$$B^{\text{Exp}} = \frac{\sum \ln(\alpha) \cdot \sum \delta^2 - \sum \delta \cdot \ln(\alpha) \cdot \sum \delta}{n \cdot \sum \delta^2 - (\sum \delta)^2}$$

44. Method for controlling the functioning of a tyre according to Claim 42, in which δ^{Opt} is calculated as follows:

$$\delta^{\text{Opt}} = -\frac{B^{\text{Lin}}}{A^{\text{Lin}}} \cdot \frac{1 - \text{Invt}}{1 - p \cdot \text{Invt}},$$

$$\text{with } \alpha = A^{\text{Lin}} \cdot \delta + B^{\text{Lin}}$$

45. Method for controlling the functioning of a tyre according to Claim 43, in which δ^{Opt} is calculated as follows:

$$\delta^{\text{Opt}} = \frac{\ln(\text{Invt})}{p \cdot A^{\text{Exp}}}, \text{ with } \alpha = e^{A^{\text{Exp}} \cdot \delta + B^{\text{Exp}}}$$

46. Method for controlling the functioning of a tyre according to Claim 42, in which in addition F_{target} is determined as follows:

$$F^{\text{Target}} = F^{\text{Coeff_lin}} \cdot \delta^{\text{Opt}} \cdot (A^{\text{Lin}} \cdot \delta^{\text{Opt}} + B^{\text{Lin}})$$

47. Method for controlling the functioning of a tyre according to Claim 43, in which in addition F_{target} is determined as follows:

$$F^{\text{Target}} = F^{\text{Coeff_exp}} \cdot \delta^{\text{Opt}} \cdot e^{A^{\text{Exp}} \cdot \delta^{\text{Opt}} + B^{\text{Exp}}}$$

48. Method for testing a tyre in terms of slip comprising the following steps:

- Causing the tyre to roll on a selected ground,
- Applying a predetermined load F_{Z1} to the tyre,
- Applying a predetermined slip to the tyre,

- Measuring or estimating the longitudinal force F_{X1} of the tyre,
- Calculating a value of the coefficient of friction $\mu_1 = F_{X1}/F_{Z1}$,
- Repeating the previous steps for calculating at least one other value "i" of the coefficient of friction μ_i for at least one other pair "i" of stresses F_{Xi}/F_{Zi} and measuring the associated slip G_i ,
- Determining for each of the calculated values of the coefficient of friction the slope α_i of the straight line passing through the origin and through (G_i, μ_i) ,
- Calculating coefficients A_p by direct calculation or by an appropriate regression from a sufficient number of pairs with (α_i, G_i) so as to model a variation curve $\alpha_i = f(G_i, A_p)$,
- Calculating an optimum slip enabling a predetermined value of the coefficient of friction G^{Opt} to be attained, by using a predetermined Invariant "Invt".

49. Test method according to Claim 48, in which the Invariant is determined as follows:

$$\text{Invt} = \frac{\frac{\mu}{G}(G_{\max})}{\frac{\mu}{G}(p.G_{\max})}, \text{ with } p \text{ having a positive value less than 1.}$$

50. Method for testing a tyre in terms of drift comprising the following steps:

- Causing the tyre to roll on the ground,
- Applying a predetermined load F_{Z1} to the tyre,
- Applying a predetermined drift angle δ_i to the tyre, such that the tyre remains below the grip limit, and measuring or estimating the drift thrust F_i corresponding to said drift angle δ_i
- Repeating the previous steps for calculating at least one other pair "i" of values (δ_i, F_i) ;
- Determining the corresponding values of the slope α_i of the straight line passing through the origin and through (δ_i, F_i) ;

- Calculating coefficients A_p by direct calculation or by an appropriate regression from a sufficient number of pairs (α_i, δ_i) so as to model a variation curve $\alpha_i = f(\delta_i, A_p)$;
- Calculating a value of the drift angle δ^{Opt} by using a predetermined Invariant "Invt".

51. Test method according to Claim 50, in which the Invariant is determined as follows:

$$\text{Invt} = \frac{\frac{F}{\delta}(\delta^{Opt})}{\frac{F}{\delta}(p \cdot \delta^{Opt})}, \text{ with } p \text{ having a positive value less than 1.}$$

52. Test method according to one of Claims 48 to 51, in which the coefficients A_p are calculated by a regression chosen from the group consisting of a linear regression and an exponential regression.

53. Test method according to one of Claims 48 and 50, for automatically controlling the drift angle δ of a tyre according to Claim 35, in which the value of p is between 0.25 and 0.75.

54. Test method according to one of Claims 49 and 51, for automatically controlling the drift angle δ of a tyre according to Claim 36, in which p is 0.5.

55. Use of the Invariant "Invt" as adjustment variable in the refinement of a method according to any one of Claims 1 to 14 and 17 to 54.

56. Method for automatically controlling the functioning of a tyre in a given configuration, aimed at maintaining the said functioning of a tyre at a predetermined value of the coefficient of friction μ , comprising the following steps:

- Determining estimations or measurements (G_i, μ_i) for a plurality of pairs "i" of values;

- Calculating an estimation of the optimum slip of the tyre G^{Opt} as a function of the intrinsic physical characteristics of the said tyre and the existing actual functioning configuration;
- Automatically controlling the configuration as a function of the difference between $G_{instantaneous}$ and G^{Opt} .

ABSTRACT

Automatic control method for a phenomenon of which a parameter Y varies as a function of a parameter X according to a course exhibiting a rise, an extremum and a fall, in which the value of the parameter X is automatically controlled to maintain the value of a parameter Y at an optimum value, comprising the following steps:

- Determining estimations or measurements (X_i, Y_i) for at least one pair of values;
- Determining the corresponding values of the slope α_i of the straight line passing through the origin and through (X_i, Y_i) ;
- Calculating coefficients A_p by direct calculation or by a regression from a sufficient number of pairs with (α_i, X_i) so as to model a variation curve $\alpha_i = f(X_i, A_p)$;
- Calculating a target value X^{Target} by using a predetermined Invariant "Invt".

Application to tests and the functioning of the tyre on a vehicle, for example for controlling the grip on braking, with Y being the coefficient of friction and X being the slip of the tyre under torque.

Fig. 1

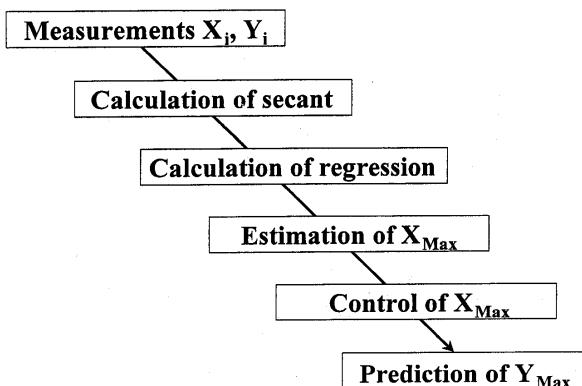


Fig. 1

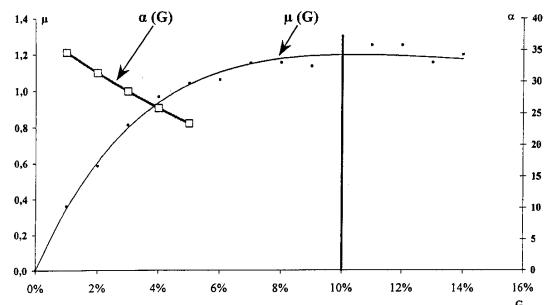


Fig. 2

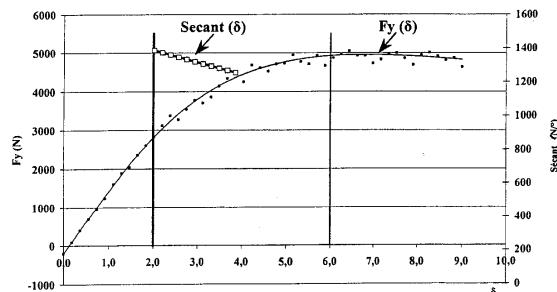


Fig. 3

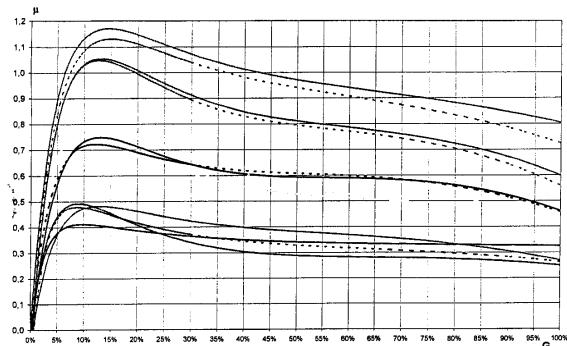


Fig. 4

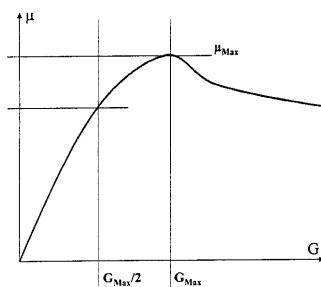


Fig. 6

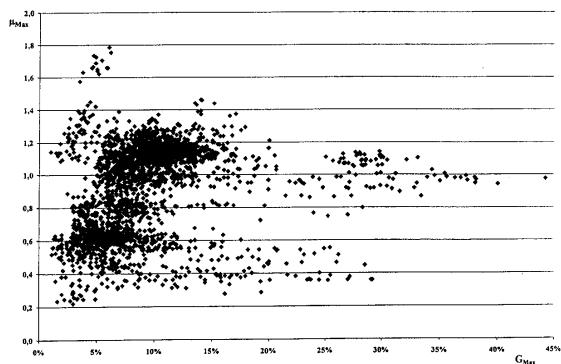


Fig. 5

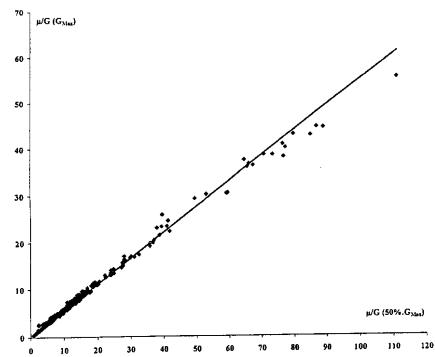


Fig. 7

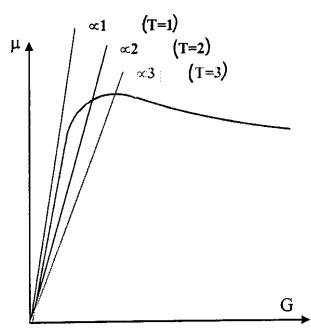


Fig. 8

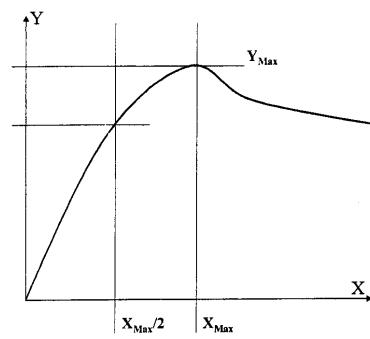


Fig. 10

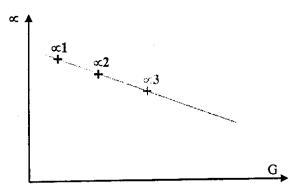


Fig. 9

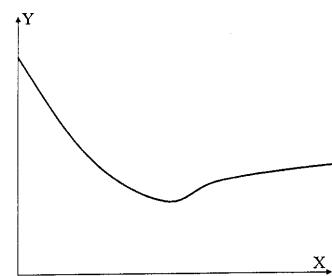


Fig. 11