

(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2005-200014

(P2005-200014A)

(43) 公開日 平成17年7月28日(2005.7.28)

(51) Int.Cl.⁷

B60T 8/58

F I

B60T 8/1755

Z

テーマコード (参考)

3D046

B60T 8/172

B

B60T 8/172

D

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L 外国語出願 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2005-33599 (P2005-33599)

(22) 出願日 平成17年1月14日 (2005.1.14)

(31) 優先権主張番号 0400426

(32) 優先日 平成16年1月16日 (2004.1.16)

(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 ミシュラン

フランス エフ-63000 クレルモン

フェラン リュー プレッシュ 23

(71) 出願人 599105403

ミシュラン ルシエルシュ エ テクニー

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 プレイウ 10

エ 12

最終頁に続く

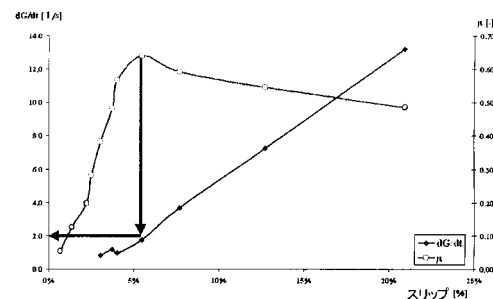
(54) 【発明の名称】 経時的に代表的なパラメータの変動を分析するアルゴリズムを用いて車両の安定性を制御するシステム

(57) 【要約】

【課題】 経時的に代表的なパラメータの変動を分析するアルゴリズムを用いて車両の安定性を制御するシステムを提供する。

【解決手段】 車両安定性制御システムは、タイヤに長手方向力を与える手段と、この手段の作動の度に次のようにして、即ち、 G_i の値を得ると、 G の変動を時間に関して計算し、前記変動が低閾値を超える限り、直接的な計算又は適当な回帰により係数 $A_{[wet/p]}$ を計算し、 $(G_i, A_{[wet/p]})$ の関数である変動曲線によって P の変動を時間に関してモデル化し、前記変動が高閾値を超えるとすぐに、 $A_{[wet/p]}$ の少なくとも最後の値を用いて標的スリップ G^{Cwet} を決定するよう計算する手段とを有する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

路上を走行するようになった車両のタイヤの機能の特性パラメータ Q が或る法則に従ってパラメータ P の関数として変化するようにした車両安定性制御システムであって、前記パラメータ P の最適値は、タイヤに加わる回転トルク、タイヤの操舵角、キャンバ角及びタイヤに加わる垂直力から成る群から選択された要素のうちの少なくとも 1 つに作用するようコントローラによって直接的又は間接的に課せられ、コントローラは、

- ・ P_i の値を得ると、 P の変動を時間に関して計算し、
- ・ 前記変動が低閾値を超える限り、直接的な計算又は適当な回帰により係数 $A_{[wet/p]}$ を計算し、 $(P_i, A_{[wet/p]})$ の関数である変動曲線によって P の変動を時間に関してモデル化し、
- ・ 前記変動が高閾値を超えるとすぐに、 $A_{[wet/p]}$ の少なくとも最後の値を用いて標的スリップ P^{Cwet} を決定する手段を有していることを特徴とする車両安定性制御システム。

【請求項 2】

パラメータ P は、タイヤに生じるスリップ G であり、特性パラメータ Q は、タイヤの摩擦係数 μ であり、システムは、長手方向力をタイヤに加える手段と、長手方向力を調節する手段と、長手方向力をタイヤに加える手段の各作動時に次のようなやり方で、即ち、

- ・ G_i の値を得ると、 G の変動を時間に関して計算し、
- ・ 前記変動が低閾値を超える限り、直接的な計算又は適当な回帰により係数 $A_{[wet/p]}$ を計算し、 $(G_i, A_{[wet/p]})$ の関数である変動曲線によって P の変動を時間に関してモデル化し、
- ・ 前記変動が高閾値を超えるとすぐに、 $A_{[wet/p]}$ の少なくとも最後の値を用いて標的スリップ G^{Cwet} を決定するようスリップパラメータ G^{Opt} を計算する手段とを有していることを特徴とする請求項 1 記載の車両安定性制御システム。

【請求項 3】

直線回帰を用い、係数 A_{wet} 及び B_{wet} を次のようにして、即ち、

$$\frac{dG}{dt} = A^{WET} \cdot G + B^{WET}$$

により計算し、従って、第 3 の標的スリップ G^{Cwet} を次のようにして、即ち、

$$G^{Cwet} = \frac{dG_{tgt} - B^{WET}}{A^{WET}}$$

により決定することを特徴とする請求項 2 記載の車両安定性制御システム。

【請求項 4】

“ dG_{tgt} ” を微調整パラメータとして用いることを特徴とする請求項 2 記載の車両安定性制御システム。

【請求項 5】

長手方向力を調節する手段は、制動制御に作用し、制動操作の開始時にその度ごとに指示される操作は、初期化される ($i = 0$) ことを特徴とする請求項 2 ~ 4 のうちいずれかに記載の車両安定性制御システム。

【請求項 6】

長手方向力を調節する手段は、車輪のところの駆動トルクに作用し、指示される操作は、所定のトルク閾値を超える駆動トルクに変動があるかどうかについての問合せの際にその度ごとに初期化される ($i = 0$) ことを特徴とする請求項 2 ~ 4 のうちいずれかに記載の車両安定性制御システム。

【請求項 7】

μ_i の変動曲線を G_i の関数として用いる全ての操作前に、 G_i の関数としての μ_i の変動が実質的に一定ではない限り第 1 の実際の対 (μ_i, G_i) を消去し、ゼロの摩擦係数と関連したスリップ G_0 を求めて対 ($0, G_0$) と消去されなかった対 (μ_i, G_i) が実質的に

一線をなすようにし、 $(0, G_0)$ から開始する曲線を用い、消去されなかった対 (μ_i, G_i) を結合して G_0 よりも大きな G_i の任意の値に関し G_i を $G_i - G_0$ で置き換えるようにすることにより前記曲線の開始の補正を行うことを特徴とする請求項 2 ~ 6 のうちいずれか一に記載の車両安定性制御システム。

【請求項 8】

時間に関するスリップの変動が所定の変動閾値よりも大きくなると、 μ_i の変動曲線を G_i の関数として用いる全ての操作の実施前に、時間に関するスリップの変動を前記所定の変動閾値を超えるようにするスリップに対応した μ_i の値を以下のような補正值、即ち、

$$\mu_i^{Corr} = \mu_i \cdot \left[\text{Max} \left(\frac{dG}{dt}; 1 \right) \right]^{-A_{Corr}} \quad 10$$

で置き換えることにより前記曲線の端の補正を実施し、上式において “Acorr” は、あらかじめ設定されたパラメータであることを特徴とする請求項 2 ~ 6 のうちいずれか一に記載の車両安定性制御システム。

【請求項 9】

“Acorr” は、約 0.2 に等しいことを特徴とする請求項 8 記載の車両安定性制御システム。

【請求項 10】

“Acorr” は、微調整パラメータとして用いられることを特徴とする請求項 8 記載の車両安定性制御システム。 20

【請求項 11】

パラメータ P は、タイヤのドリフトアングル δ であり、特性パラメータ Q は、タイヤのドリフトスラスト F_y であり、前記システムは、車両の運転手によりその運転手の制御手段で入力される指令及び経路コントローラにより送られる指令に従ってパラメータ “ ξ ” を制御する手段と、パラメータ “ ξ ” を調節する手段と、ドリフトアングルパラメータ “ ξ ” を入力する手段の作動の度ごとに、次のようにして、即ち、

- ・ δ_i の値を得ると、 δ の変動を時間に関して計算し、
- ・ 前記変動が低閾値を超える限り、直接的な計算又は適当な回帰により係数 $A_{[wet/p]}$ を計算し、 $(\delta_i, A_{[wet/p]})$ の関数である変動曲線によって P の変動を時間に関してモデル化し、
- ・ 前記変動が高閾値を超えるとすぐに、 $A_{[wet/p]}$ の少なくとも最後の値を用いて標的スリップ $\delta^{C_{wet}}$ を決定するようドリフトアングルパラメータ δ^{Opt} を計算する手段とを有していることを特徴とする請求項 1 記載の車両安定性制御システム。 30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、車両安定性制御システムに関する。特定の用途において、本発明は、急ブレーキを掛けた際に車輪のロックを防止することを目的とする “ABS” という用語で普及しているシステムに関する。より一般的に、本発明は、アクチュエータに自動的に作用することにより車両を安定した経路上に維持することを目的とする全てのシステム、例えば、車輪駆動又は制動トルクを求めるシステム、又は 1 以上の車輪の操舵を決定するシステム、或いはこれ又経路の制御に影響を持つことが知られているサスペンションに関するシステム（例えば、アクティブアンチロール）に関する。上述の特定の用途では、アクチュエータは、車輪に働くブレーキ又は駆動トルクを車輪に及ぼす装置である。 40

【背景技術】

【0002】

参考までに、タイヤの長手方向摩擦係数 μ は、長手方向力を加えられた垂直の力即ちタイヤに加えられた荷重で割り算した商であり（純粋な制動力の単純化された場合、当業者であれば、これをより一般適用する仕方を容易に分かる）、タイヤに生じるスリップ G 50

は、タイヤの速度と車両の速度の間にスリップが無い場合、即ち、タイヤが自由に転動している場合、 $G = 0\%$ であり、タイヤの回転がロックしている場合、 $G = 100\%$ である。典型的には、環境（地面の性状（アスファルト、コンクリート）、乾いているか又は濡れているか（水の高さ）、温度及びタイヤの摩耗のレベル）に応じて、スリップ G 及び地面の性状の関数としての μ の値は、ばらつきが非常に大きい場合がある（ μ_{max} は、氷の上では約 0.15 に等しく、乾いた地面の上では約 1.2 に等しい）。

【0003】

車両の制動は、トレッドが摩擦係数（これは又、密着係数と呼ばれる場合がある）の最大値に一致するスリップ G で機能するようにされた場合に一層有効であることが知られている。摩擦係数の最大値を μ_{max} と称する。しかしながら、平均的な運転手では、この条件を満足するよう制動を気にしないようにするということはできない。

10

このことが、摩擦係数の最大値に対応すると考えられる所定のスリップ標的を目的とするよう制動力を自動的に調節する車両安定性制御システムを開発した理由である。

【0004】

特に、2003年12月17日に公開された特許文献1は、本発明者の研究により発見が可能となった“Invariant”（不変量）と呼ばれる量を用いてスリップを調整する方法を提案しており、この量がこのように呼ばれる理由は、問題のタイヤが何であれ、又タイヤが転動している地面の密着性がどうであれ、実質的に一定だからである。

【0005】

【特許文献1】欧州特許出願公開第1371534号明細書

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

この方法により、実際の転動条件下において、タイヤの真の最大摩擦係数に実際に非常に近いスリップ標的を求めることが可能であるが、しかしながら、制動（又は、加速）の有効性を向上させる一層良好な標的を決定することが可能な場合が存在する。

本発明は、車両安定性制御システムにおいて制御が行われるパラメータについて理想的な標的を予測する“Wet”アルゴリズムと呼ばれるアルゴリズムを提案する。

【課題を解決するための手段】

【0007】

30

したがって、本発明は、一般的な形態において、路上を走行するようになった車両のタイヤの機能の特性パラメータ Q が或る法則に従ってパラメータ P の関数として変化するようにした車両安定性制御システムであって、前記パラメータ P の最適値は、タイヤに加わる回転トルク、タイヤの操舵角、キャンバ角及びタイヤに加わる垂直力から成る群から選択された要素のうちの少なくとも1つに作用するようコントローラによって直接的又は間接的に課せられ、コントローラは、

- ・ P_i の値を得ると、 P の変動を時間に関して計算し、

- ・ 前記変動が低閾値を超える限り、直接的な計算又は適当な回帰により係数 $A_{[wet/p]}$ を計算し、 $(P_i, A_{[wet/p]})$ の関数である変動曲線によって P の変動を時間に関してモデル化し、

40

- ・ 前記変動が高閾値を超えるとすぐに、 $A_{[wet/p]}$ の少なくとも最後の値を用いて標的スリップ P^{Cwet} を決定する手段を有していることを特徴とする車両安定性制御システムを提案する。

【0008】

求められる結果は、パラメータ Q の値をその時点における車両の状況において理想的であると選択された値に維持することにある。本明細書では、代表的には制動操作中又は車両のヨーイングに作用する操縦中、タイヤのスリップの制御への応用（第1の場合においてはABSと呼ばれている機能又は第2の場合ではESPという名称で知られている機能）についての詳細な説明が与えられる。最後に、車輪のところのトルクに作用するアクチュエータ以外のアクチュエータを用いて経路を制御することを目的とする用途について言

50

及する。

【 0 0 0 9 】

したがって、本発明は第 1 の応用例では、パラメータ P は、タイヤに生じるスリップ G であり、特性パラメータ Q は、タイヤの摩擦係数 μ であり、システムは、長手方向力をタイヤに加える手段と、長手方向力を調節する手段と、長手方向力をタイヤに加える手段の各作動時に次のようなやり方で、即ち、

- ・ G_i の値を得ると、G の変動を時間に関して計算し、
- ・ 前記変動が低閾値を超える限り、直接的な計算又は適当な回帰により係数 $A_{[wet/p]}$ を計算し、 $(G_i, A_{[wet/p]})$ の関数である変動曲線によって P の変動を時間に関してモデル化し、
- ・ 前記変動が高閾値を超えるとすぐに、 $A_{[wet/p]}$ の少なくとも最後の値を用いて標的スリップ G^{wet} を決定するようスリップパラメータ G^{opt} を計算する手段とを有していることを特徴とする車両安定性制御システムを提案する。

10

【 0 0 1 0 】

本発明の選択の応用は、タイヤを摩擦係数が最大のレベルで機能させる目的で制動時における車輪のスリップを制御することにある。この場合における以下の説明全体は、制動制御装置に作用する長手方向の力を調節する装置に関する。この場合、それにもかかわらずもう一度指示されるべきこととして、上述の操作は、以下に詳細に説明するように、制動操作の開始のその度ごとに初期化される ($i = 0$)。しかしながら、本発明を加速時における車輪のスリップの制御に応用することが決定された場合、長手方向力を調節する装置は、車輪のところの駆動トルクに作用し、所定のトルク閾値よりも大きな駆動トルクの変動があるかどうかについての問合せの度に指示される操作は、初期化される ($i = 0$)。

20

【 0 0 1 1 】

また、本発明の説明において、密着特性の処理が行われるトレッドが空気圧タイヤ又は非空気圧弾性ソリッドタイヤ、或いはトラックのものであるかどうかはそれほど重要ではないということは注目されるべきである。「トレッド」、「タイヤ」又は「空気圧タイヤ」、「ソリッドタイヤ」、「弾性タイヤ」、「トラック」又は「車輪」は、均等なものとして解釈されなければならない。また、各スリップ G_i についての摩擦係数の値 μ_i の決定は、直接測定により又は他の測定値又は他の量、例えば地面の平面における力及び垂直加重の推定値からの推定によって行うことができるということは注目されるべきである。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 2 】

このアルゴリズムは、その名称が示すように、濡れた地面（事実上、密着性の低い全ての地面）上の標的を計算するよう特に設計されている。これは、この種の地面では、車輪が非常に迅速にロックし、曲線 $\mu(G)$ の最大値を超えたことを知覚するのが遅すぎる危険があるからである。

このアルゴリズムの原理は、スリップの導関数の変化を時間の関数として検討することから成っている。過度に迅速な変化、即ち、事実上スリップの過度に急な変化が認められると、システムはもはや安定ではないと推定できる。というのは、最大密着性に対応したスリップを超え又はまさに超えようとしているからである。

40

【 0 0 1 3 】

上記アルゴリズムは好ましくは、スリップ値が 4 % を超えた状態でのみ用いられる。有利には、上記低閾値は、毎秒約 1 0 0 % であり、第 2 の高い閾値は、毎秒約 3 0 0 % である。

このアルゴリズムの単純な用途は、直線回帰式を用い、これは、係数 A_{wet} 及び B_{wet} を次のようにして計算することを意味している。

$$\frac{dG}{dt} = A^{WET} \cdot G + B^{WET}$$

50

したがって、第3の標的スリップ $G^{C_{wet}}$ は次のようにして定められる。

$$G^{C_{wet}} = \frac{dG_tgt - B^{WET}}{A^{WET}}$$

パラメータ “ dG__tgt ” について毎秒 200 % の実験値が図1に示すように良好な結果を与えたが、実際には、このパラメータを β 及び Invariant パラメータに関してちょうど述べたように、車両安定性制御システムの実際の機能について微調整ボタンとして恣意的に用いることが可能である。

【0014】

制動操作のまさに開始時に得られる低スリップ及び摩擦係数の値に対する幾つかの補正が提案される。制動の開始時、曲線 $\mu(G)$ は奇妙な挙動を示す場合のあることが判明した。アルゴリズムのこの第1の部分の目的は、この挙動を補正することにある。図2及び図3において、濡れた地面上では、曲線 $\mu(G)$ の最下部は直線には見えず、ゼロ μ の場合、スリップが存在しないことが分かる。これは恐らくは、測定したスリップの値の誤差によるものである。これは、地面上のトレッドの接触における物理的現象を表わしていないことは明らかである。これは、標的スリップ計算アルゴリズムにとって厄介な問題であり、かかるアルゴリズムは、曲線 $\mu(G)$ の勾配の検討に基づいている。当然のことながら、これは、自動車に搭載して用いられ、この情報を入力する完全な技術的手段に対する依存性が非常に高い。その結果、これに関連して分かることは、この問題を取り扱う場合に適応するのが有用であるが、本発明を限定するものではない簡単な示唆である。より一般的に、摩擦係数の変動曲線の最下部の形状をこれが非常に信用し難い傾向を持つ場合スリップの関数として厳然と補正することが有用である。

【0015】

したがって、データの処理の第1の部分は、スリップの値を計算することから成り、この値に基づいて、標的スリップ又は最適スリップを高信頼度で計算するためのデータを用いることが可能になる。このスリップを G_0 と呼ぶことにする。図2は、このスリップ G_0 が、約3%に等しいことを示している。曲線 $\mu(G)$ のより信用性の高い傾向は、 G_0 を曲線の漸増部分の実質的に直線部分にリンクさせることにより得られる。

【0016】

その結果、車両安定性制御システムは好ましくは、 μ_i の変動曲線を G_i の関数として用いる全ての操作前に、 G_i の関数としての μ_i の変動が実質的に一定ではない限り第1の実際の対 (μ_i, G_i) を消去し、ゼロの摩擦係数と関連したスリップ G_0 を求めて（これは、当然のことながら本発明を限定するものではない）対 $(0, G_0)$ と消去されなかった対 (μ_i, G_i) が実質的に一線をなすようにし、 $(0, G_0)$ から開始する曲線を用い、消去されなかった対 (μ_i, G_i) を結合して G_0 よりも大きな G_i の任意の値に関し G_i を $G_i - G_0$ で置き換えるようにすることにより上記曲線の開始の補正を行う。

【0017】

このため、例えば、以下のステップを有するアルゴリズムを用いる。

- ・ 0.01未満の摩擦係数と関連したスリップの値全てを系統的に消去し、
- ・ μ 及び G の回帰、好ましくは図2又は図3により例示された曲線の最下部の傾向と関連のある指数関数的回帰を時間の関数として連続的に計算する。

$$\mu = e^{A^\mu \cdot (t - T^{Start}) + B^\mu}, G = e^{A^G \cdot (t - T^{Start}) + B^G}$$

求めた値は、推定又は測定摩擦係数が0.1よりも大きい場合又はスリップが4%を超える場合、実際のことを表わしていると考えられることができる。

【0018】

図3は、時間の関数として摩擦係数、時間の関数としてスリップについてそれぞれ求めた値を与える曲線から G_0 を決定する方法を示している。 μ の曲線上の回帰が或る特定の値、例えば0.05に等しい（ゼロのX軸の値と0.05に等しいY軸の値との間の水平

線分及び点線による曲線を参照されたい) 時間の値を求める。 G_0 の値は、この時点におけるスリップの曲線上の回帰の値であろう(先に得た点とスリップ G_0 の値を与える連続線中の曲線上の1点との間の垂直線分を参照されたい)。

【0019】

したがって、 μ_i の変動曲線を G_i の関数として用いる全ての操作前に、 G_i の関数としての μ_i の変動が実質的に一定ではない限り第1の実際の対 (μ_i, G_i) を消去し、ゼロの摩擦係数と関連したスリップ G_0 を求めて対 ($0, G_0$) と消去されなかった対 (μ_i, G_i) が実質的に一線をなすようにし、($0, G_0$) から開始する曲線を用い、消去されなかった対 (μ_i, G_i) を結合することにより上記曲線の開始の補正を行う。次に、用いる全てのアルゴリズムにおいて、 G_0 よりも大きな G_i の任意の値に関し、 G_i を $G_i - G_0$ で置き換える。 10

【0020】

今に至るまで、 μ の値を計算し又は推定したと仮定されていた。しかしながら、或る特定の場合、摩擦係数を得る(各車両の特定の特性に関係のある制動圧力に基づいて推定されるそれ自体の制動力及び車輪の速度から)方法は、満足のいく結果を与えない(計算された曲線 $\mu(G)$ は、余りに平坦すぎ又は連続的に上昇する)。これは現実的ではないということが知られている。この問題を解決するため、計算した μ の数値補正を導入するのがよい。この補正は、時間の関数としてスリップの変化率に基づいている。これは、もし車輪の速度(及びかくしてスリップ)が迅速に増速した場合、曲線 $\mu(G)$ の非安定性ゾーンを含むからである。したがって、曲線 $\mu(G)$ が減少する必要がある、これは、以下 20

$$\mu_i^{Corr} = \mu_i^{acquired} \cdot \left[\text{Max} \left(\frac{dG}{dt}; 1 \right) \right]^{-A_{Corr}}$$

上式において、“Acorr”は、微調整係数であり、各アルゴリズムに特有な場合がある。例えば、良好な実際の値は、“Average”アルゴリズムについて0.2であることが判明した。図4は、この補正を示している。この補正により、曲線 $\mu(G)$ は、物理的現実性に従って一層確実に形を再び取り、それによりアルゴリズムが信頼性の高い標的を生じさせることができる。

【0021】

もし μ_{max} の値がそれ自体この補正により修正されていれば、用いられる全てのアルゴリズムは、その値ではなく曲線の形状に基づくことは注目されるべきである。読者は、“Invariant”アルゴリズムにより関連の摩擦係数の正確な値を計算しないでスリップ標的を計算することができるという事実がもたらされる上述の特許出願公開明細書も又参照されたく、後者は、車両の車輪のスリップ制御の正確な機能にとって不必要である。 30

【0022】

上述の特許出願公開明細書において、例えばドリフトスラストの飽和に近い動作領域中の空気圧タイヤ又は弾性ソリッドタイヤにより生じたドリフトスラストの分析への“Invariant”アルゴリズムの他の応用の可能性が示された。これは、これら物理的現象の変動法則における類似性のためである。同様に、本発明は、車両安定性制御システムにおけるスリップの制御より広い用途を有する。この主題を落着させるため、本発明は横方向力(これは、「ドリフトスラスト」とも呼ばれる)が最大の空気圧タイヤのドリフトアングル δ の値を予測することを目的とする車両安定性制御システムにも適用されるということを単に引用する(理解されるように、この補足事項は限定的ではない)。 40

【0023】

この場合、パラメータPは、タイヤのドリフトアングル δ であり、特性パラメータQは、タイヤのドリフトスラスト F^{det} である。これは、ドリフトスラスト F^{det} の所定の値でタイヤの機能を維持することができるようにするため又は運転手に警告することができるようにするため、タイヤがその最大値に達し、従って車両が方向転換できるようにするその主要な機能にもはや満足しない時点を予測する場合である。所定の標的値でのタイヤの 50

機能を維持するため、車両の速度を減少させる予防的介入を実施し、場合によっては自動的に実施することが可能である。その目的は、危険な運転状況を回避することにある（もし車両が運転手の望み通りに走行していなければ、その結果事故が起こる場合がある）。したがって、これらの行為を故意に実施するため、種々のアルゴリズムによって与えられる幾つかの標的値相互間の選択を行うことも又有用である。

【 0 0 2 4 】

この場合、本発明は、車両の運転手によりその運転手の制御手段で入力される指令及び経路コントローラにより送られる指令に従ってパラメータ“ ξ ”を制御する手段と、パラメータ“ ξ ”を調節する手段と、パラメータ“ ξ ”を入力する手段を作動させたときにはいつでも、次のようにして、即ち、

10

- ・ δ_i の値を得ると、 δ の変動を時間に関して計算し、
- ・ 前記変動が低閾値を超える限り、直接的な計算又は適当な回帰により係数 $A_{[wet/p]}$ を計算し、 $(\delta_i, A_{[wet/p]})$ の関数である変動曲線によって P の変動を時間に関してモデル化し、
- ・ 前記変動が高閾値を超えるとすぐに、 $A_{[wet/p]}$ の少なくとも最後の値を用いて標的スリップ $\delta^{C_{wet}}$ を決定するようドリフトアングルパラメータ δ^{opt} を計算する手段とを有するシステムに関する。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 5 】

【 図 1 】 “Wet” アルゴリズムを示す図である。

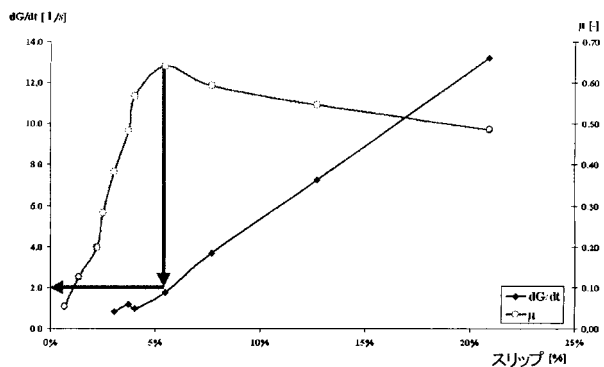
20

【 図 2 】 測定値又は推定値の最初の取得の特定の処理を示す図である。

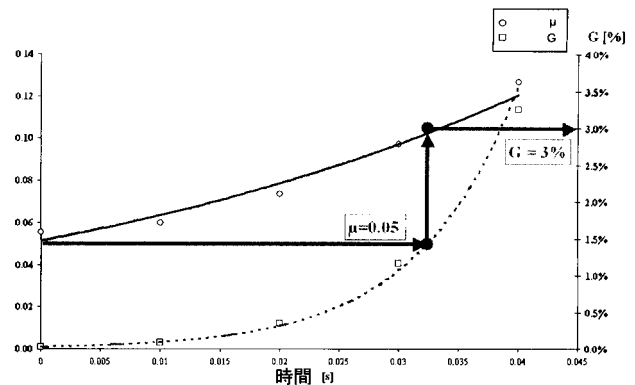
【 図 3 】 上記特定の処理を詳細に示す図である。

【 図 4 】 測定値又は推定値の取得の別の特定の処理を示す図。

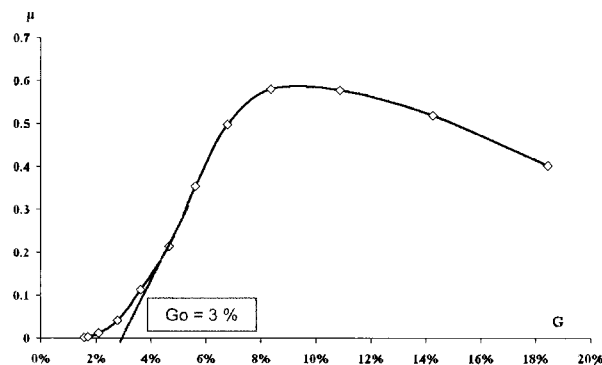
【 図 1 】



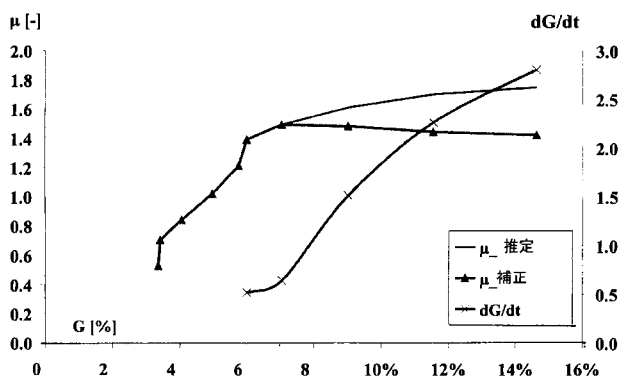
【 図 3 】



【 図 2 】



【 図 4 】



フロントページの続き

(71)出願人 500010761

ロベルト・ボッシュ・ゲゼルシャフト・ミット・ベシュレンクター・ハフトゥング

Robert Bosch GmbH

ドイツ デー - 7 0 8 3 9 ゲルリングェン - シラーヘーヘ ロベルト - ボッシュ - プラツ 1

Robert - Bosch - Platz 1 D - 7 0 8 3 9 Gerlingen - Schil
lerhoehe

(74)代理人 100082005

弁理士 熊倉 禎男

(74)代理人 100067013

弁理士 大塚 文昭

(74)代理人 100065189

弁理士 穴戸 嘉一

(74)代理人 100082821

弁理士 村社 厚夫

(74)代理人 100088694

弁理士 弟子丸 健

(74)代理人 100103609

弁理士 井野 砂里

(72)発明者 ニコラス ファンゴー

フランス 6 3 4 0 0 シャマリエール アヴェニュー テルマール 2 8

(72)発明者 ジョルジュ レヴィー

東京都千代田区富士見 1 - 6 - 1 富士見ビルディング ミシュランリサーチアジア株式会社内

Fターム(参考) 3D046 BB21 HH16 HH36 HH46 HH52 JJ01 JJ06 KK11

【 外国語明細書 】

Title: System for controlling the stability of a vehicle using an algorithm analysing the variation in a representative parameter over time.

FIELD OF THE INVENTION

The present invention relates to vehicle stability control systems. In a particular application, the invention relates to systems aimed at preventing the locking of the wheels during hard braking, popularised by the term "ABS". More generally, the invention concerns all systems aimed at maintaining the vehicle on a stable path by acting automatically on actuators such as those determining a wheel driving or braking torque, or those determining the steering of one or more wheels, or even those concerning the suspension, where it is known that this also has an effect on the control of the path (for example active antiroll). In the particular application mentioned above, the actuators are the brakes on a wheel or the device imposing a driving torque on a wheel.

PRIOR ART

For information, the longitudinal coefficient of friction μ of the tyre is the quotient of the longitudinal force divided by the vertical force applied, that is to say the load applied on the tyre (in the simplified case of a pure braking force, and a person skilled in the art will easily know how to apply this more generally); the slip G on the tyre is $G = 0\%$ when there is no slip between the speed of the tyre and the speed of the vehicle, that is to say if the tyre is rolling freely, and $G = 100\%$ if the tyre is locked rotationally. Typically, according to the environment (the nature of the ground (asphalt, concrete), dry or wet (height of water), temperature and level of wear on the tyre), the value of μ as a function of the slip G and the nature of the ground may vary enormously ($\mu_{\max}$ equals approximately 0.15 on ice and approximately 1.2 on dry ground).

It is known that the braking of the vehicle will be all the more effective when it is managed to make the tread function at a slip G corresponding to the maximum value of the coefficient of friction (sometimes also referred to as the coefficient of adherence). The maximum value of the coefficient of friction is termed $\mu_{\max}$. However, the average driver is not capable of tuning out the braking so as to satisfy this condition.

- 2 -

This is why vehicle stability control systems have been developed, automatically modulating the braking force so as to aim at a predetermined slip target, deemed to correspond to the maximum of the coefficient of friction.

In particular, patent application EP 1371534 published on 17 December 2003 proposes a method of regulating the slip using a quantity called the "Invariant", which the research of the inventors made possible to discover, this quantity being called like this because it is substantially constant whatever the tyre in question and whatever the adhesion of the ground on which the tyre is rolling.

Though this method makes it possible to determine a slip target which is actually much closer to the real maximum coefficient of friction of the tyre under actual rolling conditions, there do however exist cases where it is possible to determine an even better target for improving the effectiveness of the braking (or of the acceleration).

BRIEF DESCRIPTION OF THE INVENTION

The invention proposes an algorithm referred to as the "Wet" algorithm for predicting an ideal target for a parameter which is controlled in a system controlling the stability of a vehicle.

In a general formulation, the invention proposes a vehicle stability control system in which a characteristic parameter Q of the functioning of a tyre of the vehicle intended to run on the ground varies as a function of a parameter P according to a particular law, an optimum value of the said parameter P being imposed by a controller directly or indirectly so as to act on at least one of the elements chosen from the group comprising the rotation torque applied to the tyre, the steering angle of the tyre, the camber angle of the tyre and the vertical force applied to the tyre, in which the controller comprises means for:

- as the values of P_i are acquired, calculating the variation in P with respect to time,

- 3 -

- as long as the said variation is above a low threshold, calculating coefficients $A_{[wet, p]}$ by direct calculation or by an appropriate regression so as to model the variation in P with respect to time by a variation curve which is a function of $(P_i, A_{[wet, p]})$,
- as soon as the said variation is above a high threshold, determining a target slip P^{Cwet} using at least the last values of $A_{[wet, p]}$.

The result sought is to maintain the value of a parameter Q at a value chosen as being ideal in the situation of the vehicle at the time. In the present document, a detailed description is given of an application to the control of the slip of a tyre, typically during a braking manoeuvre or during a manoeuvre acting on the yawing of a vehicle (a function known by the term ABS in the first case or a function known by the name ESP in the second case). Finally, an application is mentioned aimed at controlling the path using actuators other than those acting on the torque at the wheels.

In a first application, the invention therefore proposes a vehicle stability control system in which the parameter P is the slip G on the tyre and the characteristic parameter Q is the coefficient of friction μ of the tyre, the system comprising means for imparting a longitudinal force to the tyre, means of modulating the longitudinal force and means for calculating the slip parameter G^{Opt} at each activation of the means for imparting a longitudinal force to the tyre in the following manner:

- as the values of G_i are acquired, calculating the variation in G with respect to time,
- as long as the said variation is above a low threshold, calculating coefficients $A_{[wet, p]}$ by direct calculation or by an appropriate regression so as to model the variation in G with respect to time by a variation curve which is a function of $(G_i, A_{[wet, p]})$,
- as soon as the said variation is above a high threshold, determining a target slip G^{Cwet} using at least the last values of $A_{[wet, p]}$.

The application of choice of the present invention lies in the control of the slipping of a wheel in braking, for the purpose of making the tyre function at the level where the coefficient of friction is at a maximum. The entire following description in this case concerns a device for modulating the longitudinal force which acts on the braking control. It should be indicated

- 4 -

once and for all that, in this case, the operations indicated above, and in more detail below, are initialised ($i=0$) at each start of a braking manoeuvre. However, if it is decided to apply the present invention to the control of the slipping of a wheel in acceleration, the device modulating the longitudinal force acts on the driving torque at the wheels and the operations indicated at each request for a variation in the driving torque greater than a predetermined torque threshold are initialised ($i=0$).

It should also be noted that, in the context of the present invention, it is of little importance whether the tread whose adhesion characteristic is processed is that of a pneumatic tyre or a non-pneumatic elastic solid tyre or a track. The terms "tread", "tyre" or "pneumatic tyre", "solid tyre", "elastic tyre", "track" or even "wheel" must be interpreted as equivalent. It should also be noted that the determination of the values of the coefficient of friction μ_i for each slip G_i may be carried out by direct measurement or by estimation from other measurements or from the estimation of other quantities such as the force in the plane of the ground and the vertical load.

BRIEF DESCRIPTION OF THE FIGURES

The following figures show:

Figure 1 illustrates the Wet algorithm;

Figure 2 illustrates a particular processing of the first acquisitions of measurements or estimations;

Figure 3 illustrates the said particular processing in more detail;

Figure 4 illustrates another particular processing of the acquisitions of measurements or estimations.

DESCRIPTION OF THE BEST EMBODIMENT OF THE INVENTION

- 5 -

As its name indicates, this algorithm is particularly designed for calculating a target on wet ground (in fact all grounds of low adhesion). This is because, on this type of ground, the wheel locks very quickly and there is a risk of perceiving too late that the maximum of the curve $\mu(G)$ has been exceeded.

The principle of this algorithm consists of studying the change in the derivative of the slip as a function of time. If an excessively rapid change is noted, that is to say in fact an excessively rapid change in the slip, it can be presumed that the system is no longer stable since the slip corresponding to the maximum adhesion has been or is about to be exceeded.

The said algorithm is preferably used only with slip values above 4%. Advantageously, the said low threshold is around 100% per second and the second high threshold is around 300% per second.

A simple application of this algorithm uses a linear regression, which means that coefficients A_{wet} and B_{wet} are calculated in the following manner:

- $$\frac{dG}{dt} = A^{WET} \cdot G + B^{WET}$$

and the third target slip G^{Cwet} is therefore determined as follows:

- $$G^{Cwet} = \frac{dG_{tgt} - B^{WET}}{A^{WET}}.$$

Although an experimental value of 200% per second for the parameter “dG_tgt” has given good results as shown in Figure 7, it is possible in practice to use this parameter arbitrarily as a fine-tuning button for the practical functioning of the vehicle stability control system, just as mentioned with regard to the β and Invariant parameters.

A few corrections are proposed below to the low slip and coefficient of friction values obtained at the very start of a braking manoeuvre. At the start of braking, it has been found that the curve $\mu(G)$ can have a strange behaviour. The purpose of this first part of the algorithm is to correct this behaviour. In Figures 2 and 3, it can be seen that, on wet ground,

- 6 -

the foot of the curve $\mu(G)$ does not seem to be linear and that, for a zero μ , the slip is not. This is probably due to errors in the value of the slip measured. This is obviously not representative of the physical phenomena in the contact of the tread on the ground. This is a nuisance for the target slip calculation algorithms, which are based on the study of the slope of the curve $\mu(G)$. Naturally, this is very dependent on the concrete technological means used on the vehicle for acquiring this information. Consequently, the indications supplied in this context are simple suggestions which it is useful to apply if dealing with this problem, but which are not limiting. More generally, it is useful to correct authoritatively the shape of the foot of the variation curve of the coefficient of friction as a function of the slip if it has a very implausible trend.

The first part of the processing of the data will therefore consist of calculating the value of the slip from which it is possible to use the data for reliably calculating a target slip or the optimum slip. Let this slip be called G_0 . Figure 2 shows that this slip G_0 is equal to approximately 3%. A more plausible trend of the curve $\mu(G)$ is obtained by linking G_0 to the substantially linear part of the increasing part of the curve.

Consequently the vehicle stability control system is preferably such that, before all the operations using the curve of variation of μ_i as a function of G_i , a correction is carried out of the start of the said curve by eliminating the first real pairs (μ_i, G_i) as long as the variation in μ_i as a function of G_i is not substantially constant and seeking the slip G_0 associated with a zero coefficient of friction (this is of course not limiting) such that the pair $(0, G_0)$ and the non-eliminated pairs (μ_i, G_i) are substantially aligned, and using a curve starting from $(0, G_0)$ and joining the non-eliminated pairs (μ_i, G_i) , so that, for any value of G_i greater than G_0 , G_i is replaced by $G_i - G_0$.

For this, for example, an algorithm is used which comprises the following steps:

- systematically eliminating all the values of the slip associated with a coefficient of friction of less than 0.01;

- 7 -

- continuously calculating regressions of μ and G as a function of time, preferably exponential regressions having regard to the trend of the foot of the curve in the example illustrated by means of Figure 2 and Figure 3:

$$\mu = e^{A^\mu \cdot (t - T^{Start}) + B^\mu}, G = e^{A^G \cdot (t - T^{Start}) + B^G}$$

It can be considered that the acquired values represent reality when the estimated or measured coefficient of friction is greater than 0.1 or when the slip exceeds 4%.

Figure 3 illustrates the way of determining G_0 from curves giving the values acquired respectively for the coefficient of friction as a function of time and for the slip as a function of time. The value of the time for which the regression of the curve of μ is equal to a certain value, for example 0.05 (see the horizontal segment between a zero X-axis value and a Y-axis value equal to 0.05 and the dotted-line curve), is sought. The value of G_0 will be the value of the regression on the curve of the slip at this moment (see the vertical segment between the point previously obtained and a point on the curve in a continuous line, giving the value of the slip G_0).

Therefore, before all the operations using the curve of variation of μ_i as a function of G_i , a correction is carried out of the start of the said curve by eliminating the first real pairs (μ_i, G_i) as long as the variation in μ_i as a function of G_i is not substantially constant and finding the slip G_0 associated with a zero coefficient of friction such that the pair $(0, G_0)$ and the non-eliminated pairs (μ_i, G_i) are substantially aligned, and using a curve starting from $(0, G_0)$ and joining the non-eliminated pairs (μ_i, G_i) . Next, in all the algorithms used, for any value of G_i greater than G_0 , G_i is replaced by $G_i - G_0$.

Up till now it has been assumed that values of μ have been calculated or estimated. However, in certain cases, the method of obtaining the coefficient of friction (from the braking force itself estimated on the basis of the braking pressure having regard to the particular characteristics of each vehicle and from the speed of the wheel) does not give a satisfactory result (the curve $\mu(G)$ calculated is too flat or continuously ascending). It is known that this

- 8 -

is not realistic. To correct this problem, a numerical correction of the μ calculated can be introduced. This correction is based on the rate of change of the slip as a function of time. This is because, if the speed of the wheel (and therefore the slip) takes off quickly, it is because the unstable zone of the curve $\mu(G)$ is involved. Therefore the curve $\mu(G)$ should decrease, which is taken advantage of as follows:

$$\mu_i^{Corr} = \mu_i^{acquired} \cdot \left[\text{Max} \left(\frac{dG}{dt}; 1 \right) \right]^{-ACorr}$$

where "Acorr" is a fine-tuning coefficient and can be specific to each algorithm. For example, a good practical value has proved to be 0.2 for the "Average" algorithm. Figure 4 illustrates this correction. By virtue of this correction, the curve $\mu(G)$ regains a shape certainly more in accordance with physical reality, which enables the algorithms to produce reliable targets.

It should be noted that, if the value of μ_{max} is in itself modified by this correction, all the algorithms used are based on the shape of the curve rather than its values. The reader is also referred to the aforementioned patent application where the fact is brought out that the "Invariant" algorithm makes it possible to calculate a slip target without even calculating the exact value of the associated coefficient of friction, the latter being unnecessary to the correct functioning of the slip control of a vehicle wheel.

In the aforementioned patent application, the possibility of other applications of the "Invariant" algorithm was demonstrated, for example to the analysis of the drift thrust developed by a pneumatic tyre or elastic solid tyre in an operating zone close to the saturation of the drift thrust. It is because of the similarity in the variation laws of these physical phenomena. In the same way, the present invention has broader applications than the control of slip in a vehicle stability control system. In order to close the subject, let us simply cite (without even this addition being limiting, as will have been understood) that the invention also applies to a vehicle stability control system aimed at predicting the value of the drift angle δ of a pneumatic tyre where the lateral force (also referred to as the "drift thrust") is at a maximum.

- 9 -

In this case, the parameter P is the drift angle δ of the tyre and the characteristic parameter Q is the drift thrust F^{det} of the tyre. It is a case of predicting when the tyre will reach its maximum and therefore will no longer be capable of meeting its prime function, which is to enable the vehicle to turn, in order to be able to maintain the functioning of the tyre at a predetermined value of the drift thrust F^{det} , or to warn the driver. To maintain the functioning of the tyre at a predetermined target value, it is possible to carry out, possibly automatically, preventive interventions for reducing the speed of the vehicle in order to avoid critical driving situations (if the vehicle is not running as the driver wishes, an accident may result therefrom). In order to carry out these actions advisedly, it is therefore also useful to make a selection between several target values given by various algorithms.

In this case, the invention concerns a vehicle stability control system in which the parameter P is the drift angle δ of the tyre and the characteristic parameter Q is the drift thrust F^{det} of the tyre, the system comprising means for controlling a parameter " ξ " according to instructions entered by the driver of the vehicle on his control means and according to instructions delivered by a path controller, means of modulating the parameter " ξ " and means for calculating the angle of drift parameter δ^{Opt} whenever means are activated for entering the parameter " ξ " in the following manner:

- as the values of δ_i are acquired, calculating the variation in δ with respect to time,
- as long as the said variation is above a low threshold, calculating coefficients $A_{[\text{wet}, p]}$ by direct calculation or by an appropriate regression so as to model the variation in P with respect to time by a variation curve which is a function of $(\delta_i, A_{[\text{wet}, p]})$,
- as soon as the said variation is above a high threshold, determining a target slip δ^{Cwet} using at least the last values of $A_{[\text{wet}, p]}$.

CLAIMS

1. Vehicle stability control system in which a characteristic parameter Q of the functioning of a tyre of the vehicle intended to run on the ground varies as a function of a parameter P according to a certain law, an optimum value of the said parameter P being imposed by a controller directly or indirectly so as to act on at least one of the elements chosen from the group comprising the rotation torque applied to the tyre, the steering angle of the tyre, the camber angle of the tyre and the vertical force applied to the tyre, in which the controller comprises means for:
 - as the values of P_i are acquired, calculating the variation in P with respect to time,
 - as long as the said variation is above a low threshold, calculating coefficients $A_{[wet, p]}$ by direct calculation or by an appropriate regression so as to model the variation in P with respect to time by a variation curve which is a function of $(P_i, A_{[wet, p]})$,
 - as soon as the said variation is above a high threshold, determining a target slip P^{Cwet} using at least the last values of $A_{[wet, p]}$.

2. Vehicle stability control system according to Claim 1, in which the parameter P is the slip G on the tyre and the characteristic parameter Q is the coefficient of friction μ of the tyre, the system comprising means for imparting a longitudinal force to the tyre, means of modulating the longitudinal force and means for calculating the slip parameter G^{Opt} at each activation of the means for imparting a longitudinal force to the tyre in the following manner:
 - as the values of G_i are acquired, calculating the variation in G with respect to time,
 - as long as the said variation is above a low threshold, calculating coefficients $A_{[wet, p]}$ by direct calculation or by an appropriate regression so as to model the variation in G with respect to time by a variation curve which is a function of $(G_i, A_{[wet, p]})$,
 - as soon as the said variation is above a high threshold, determining a target slip G^{Cwet} using at least the last values of $A_{[wet, p]}$.

3. Vehicle stability control system according to Claim 2, in which a linear regression is used and the coefficients A_{wet} and B_{wet} are calculated in the following manner:

2

- $\frac{dG}{dt} = A^{WET} \cdot G + B^{WET}$

and the third target slip G^{Cwet} is therefore determined as follows:

- $G^{Cwet} = \frac{dG_tgt - B^{WET}}{A^{WET}}.$

4. Vehicle stability control system according to Claim 2, in which “dG_tgt” is used as a fine-tuning parameter.
5. Vehicle stability control system according to one of Claims 2 to 4 in which the device for modulating the longitudinal force acts on the braking control and the operations indicated at each start of a braking manoeuvre are initialised (i=0).
6. Vehicle stability control system according to one of Claims 2 to 4, in which the device modulating the longitudinal force acts on the driving torque at the wheels and the operations indicated are initialised (i=0) at each request for a variation in the driving torque above a predetermined torque threshold.
7. Vehicle stability control system according to one of Claims 2 to 6, in which, before all the operations using the curve of variation of μ_i as a function of G_i , a correction of the start of the said curve is carried out by eliminating the first real pairs (μ_i, G_i) as long as the variation in μ_i as a function of G_i is not substantially constant and by seeking the slip G_0 associated with a zero coefficient of friction such that the pair $(0, G_0)$ and the non-eliminated pairs (μ_i, G_i) are substantially aligned, and using a curve starting from $(0, G_0)$ and joining the non-eliminated pairs (μ_i, G_i) , so that, for any value of G_i greater than G_0 , G_i is replaced by $G_i - G_0$.
8. Vehicle stability control system according to one of Claims 2 to 6, in which, when the variation in the slip with respect to time becomes greater than a predetermined variation threshold, a correction to the end of the said curve is carried out, before all the operations using the curve of variation of μ_i as a function of G_i , by replacing the values of μ_i

3

corresponding to slips bringing the variation in the slip with respect to time beyond the said predetermined variation threshold, by corrected values as follows:

$$\mu_i^{Corr} = \mu_i \cdot \left[\text{Max} \left(\frac{dG}{dt}; 1 \right) \right]^{-ACorr} \quad \text{where "Acorr" is a preset parameter.}$$

9. Vehicle stability control system according to Claim 8, in which "Acorr" is equal to approximately 0.2.
10. Vehicle stability control system according to Claim 8, in which "Acorr" is used as a fine-tuning parameter.
11. Vehicle stability control system according to Claim 1, in which the parameter P is the drift angle δ of the tyre and the characteristic parameter Q is the drift thrust F^{det} of the tyre, the system comprising means for controlling a parameter "ξ" according to instructions entered by the driver of the vehicle on his control means and according to instructions delivered by a path controller, means of modulating the parameter "ξ" and means for calculating the drift angle parameter δ^{Opt} at each activation of the means for entering the parameter "ξ" in the following manner:
 - as the values of δ_i are acquired, calculating the variation in δ with respect to time,
 - as long as the said variation is above a low threshold, calculating coefficients $A_{[wet, p]}$ by direct calculation or by an appropriate regression so as to model the variation in P with respect to time by a variation curve which is a function of $(\delta_i, A_{[wet, p]})$,
 - as soon as the said variation is above a high threshold, determining a target slip δ^{Cwet} using at least the last values of $A_{[wet, p]}$.

ABSTRACT

Vehicle stability control system, the system comprising means for imparting a longitudinal force on the tyre and means for calculating the slip parameter G^{Opt} at each activation of the means for imparting a longitudinal force on the tyre in the following manner: as the values of G_i are acquired, calculating the variation in G with respect to time, as long as the said variation is above a low threshold, calculating coefficients $A_{[wet, p]}$ by direct calculation or by an appropriate regression so as to model the variation in G with respect to time by a variation curve which is a function of $(G_i, A_{[wet, p]})$, as soon as the said variation is greater than a high threshold, determining a target slip G^{Cwet} using at least the last values of $A_{[wet, p]}$.

Fig. 1

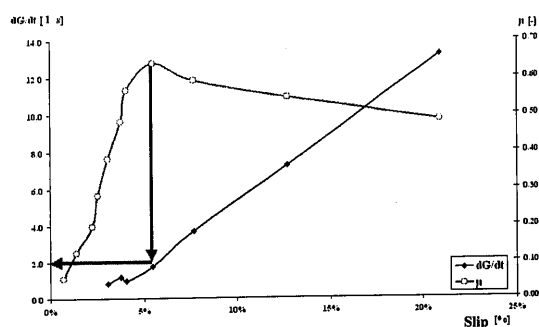


Figure 1

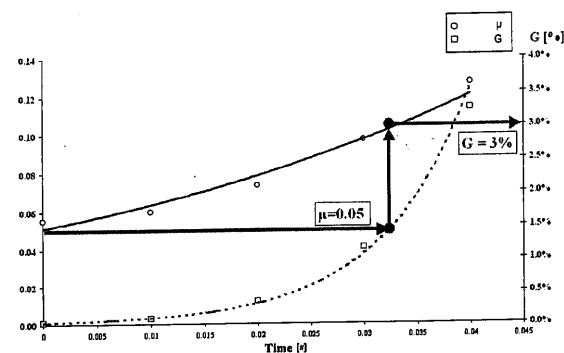


Figure 3

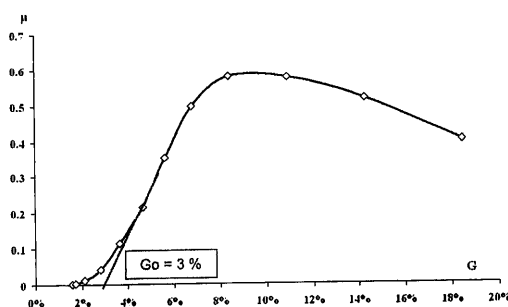


Figure 2

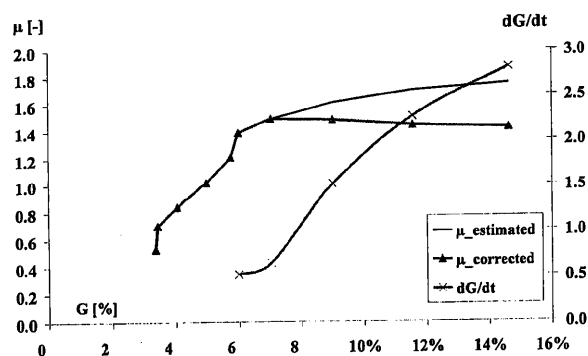


Figure 4