

República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0710408-1 A2**

(22) Data de Depósito: 03/05/2007
(43) Data da Publicação: 09/08/2011
(RPI 2118)



(51) *Int.Cl.:*
B60W 30/02 2006.01
G05D 1/08 2006.01

(54) Título: **MÉTODO PARA CONTROLAR ESTABILIDADE DE UM VEÍCULO**

(30) Prioridade Unionista: 03/05/2006 US 60/797,165

(73) Titular(es): Eaton Corporation

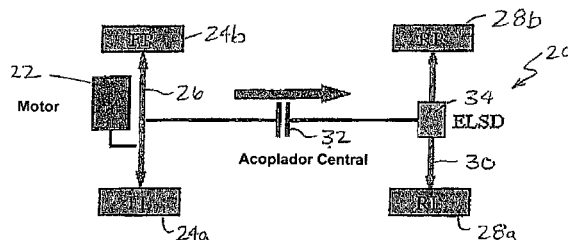
(72) Inventor(es): Damrongrit Piyabongkarn, Jae Y. Lew, Qinghui Yuan

(74) Procurador(es): Antonio Mauricio Pedras Arnaud

(86) Pedido Internacional: PCT IB2007001146 de 03/05/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/125409 de 08/11/2007

(57) Resumo: MÉTODO PARA CONTROLAR ESTABILIDADE DE UM VEÍCULO. O método para controlar estabilidade de um veículo inclui as etapas de determinar uma taxa de transferência lateral preditiva de um veículo, avaliar fatores de desempenho do veículo em um período de tempo, e controlar a operação do veículo com base nesta taxa de transferência lateral preditiva.





"MÉTODO PARA CONTROLAR ESTABILIDADE DE UM VEÍCULO".

Histórico da Invenção

Acidentes com capotamento de veículos apresentam a taxa de fatalidade mais alta dentre os acidentes sem colisão.

5 Para evitar o capotamento de veículo, tem sido usado um índice de capotamento chamado "Taxa de Transferência de Carga Lateral" LTR (de "Lateral Load Transfer Ratio") para detectar uma propensão a capotamento. Tipicamente, a LTR é estimada a partir de informações de veículo

10 tomadas em instantes determinados. Por analogia, é como tomar uma fotografia instantânea de um sistema dinâmico e usar esta informação (congelada no tempo) para determinar o risco de capotamento. Se o limite de LTR for estabelecido em um valor baixo, pode ocorrer um alarme ou

15 acionamento prematuro para o sistema em operação normal, ao invés, se o limite for estabelecido em um valor alto, pode ficar muito tarde para prover uma ação eficaz contra o capotamento. A determinação do limite de LRT é difícil devido a mudanças dinâmicas na operação do veículo ou

20 variações inesperadas que não podem ser capturadas usando LTR estática.

Sumário da Invenção

A presente invenção se relaciona a um método para controlar a estabilidade de um veículo que inclui

25 as etapas de determinar uma taxa de transferência de carga lateral preditiva do veículo, avaliar fatores de desempenho de veículo em um período de tempo, e controlar a operação do veículo com base na taxa de transferência lateral preditiva. Em uma configuração da invenção,

30 a taxa de transferência lateral preditiva pode ser usada para detectar a propensão de capotamento de um veículo, antes mesmo de o veículo entrar em uma condição de capotamento. Com esta capacidade de previsão, a operação de um sistema de alarme de capotamento de veículo pode

35 ser melhorada para dar ao condutor um alarme avançado de evitação de capotamento. Ademais, um sistema de evitação de capotamento inclui um dispositivo divisor de torque,

tal como um diferencial de deslizamento eletronicamente limitado, que atua para o evitar capotamento do veículo.

Descrição Resumida dos Desenhos

5 A figura 1 é uma ilustração esquemática de um veículo exemplar com tração nas quatro rodas que emprega um sistema de controle de estabilidade veicular, de acordo com uma configuração da presente invenção;

A figura 2 é uma ilustração esquemática de um sistema de controle de estabilidade veicular, de acordo com uma
10 configuração da presente invenção;

A figura 3 é um modelo da dinâmica do veículo durante operação lateral; e

A figura 4 é um modelo da dinâmica do veículo durante capotamento de veículo.

15 Descrição Detalhada

Referindo-se a desenhos não-limitantes para a invenção, a figura 1 esquematicamente ilustra um veículo exemplar com tração nas quatro rodas 20, incluindo um motor colocado lateralmente 22. O motor 22 é acoplado a um par
20 de rodas dianteiras 24a e 24b através de um eixo dianteiro ou transeixo 26 e a um par de rodas traseiras 28a e 28b através de um eixo traseiro 30. O eixo dianteiro 26 é primariamente e diretamente movido pelo motor 22. O eixo traseiro 30 é movido indiretamente pela
25 unidade de transferência de potência (não mostrada) e por um aparelho de acoplamento central ou acoplador 32. O transeixo traseiro 30 é mecanicamente acoplado ao eixo dianteiro 26 através de um ou mais eixos motrizes. Um diferencial de deslizamento limitado eletronicamente
30 ELSD (Eletronically Limited Slip Diferencial) 34 opcionalmente pode ser usado para dividir o torque do eixo motriz traseiro para rodas traseiras 28a e 28b. O acoplador 32 e ELSD 34 são dispositivos bem conhecidos na técnica, e podem ser controlados por um sistema de
35 controle 58 (mostrado na figura 2), tal como uma unidade de controle eletrônico ECU (Eletronic Control Unit) ou outro controlador. Deve ser apreciado que o veículo não

se limita à configuração mostrada nos desenhos, sendo possível outras configurações, incluindo sem limitação, configurações com tração em duas rodas.

Como mostrado na figura 2, o sistema de controle 58 pode
 5 incluir uma unidade de controle 60, tal como uma ECU com microprocessador incluindo um dispositivo de memória para armazenar um ou mais mapas contendo informações com respeito ao desempenho do veículo, e pelo menos um sensor 62 para medir fatores de desempenho de veículo, tal como
 10 sem limitação: um sensor de guinada; um sensor de velocidade de roda; um sensor de aceleração lateral; e/ou um sensor de ângulo de esterçamento. A unidade de controle provê um sinal de controle ao acoplador central 32 e/ou ELSD 34 para controlar engate/ desengate dos
 15 dispositivos para distribuir torque entre rodas e eixos. A unidade de controle 60 também controla a operação de um dispositivo de alerta de capotamento 64, tal como, por exemplo, um dispositivo de alarme audível ou visual instalado no painel do veículo para alertar o condutor do
 20 veículo para ele evitar o capotamento do veículo.

Referindo-se às figuras 3 e 4, o LTR pode ser determinado a partir de modelos não-lineares, como segue:

$$LTR := \frac{F_{zL} - F_{zR}}{F_{zL} + F_{zR}} \quad (1)$$

Levando em conta a dinâmica lateral do veículo:

$$m\dot{v} = F_{yrl} + F_{yrr} + (F_{xfl} + F_{xfr})\sin\delta + (F_{yfl} + F_{yfr})\cos\delta - mru + mg\sin\phi_r \\ - mh\sin\phi_v r^2 - mh\dot{\phi}_v^2 \sin\phi_v + mh\cos\phi_v \ddot{\phi}_v$$

ou

$$m\dot{v} + mru - mg\sin\phi_r + mh\sin\phi_v r^2 + mh\dot{\phi}_v^2 \sin\phi_v - mh\cos\phi_v \ddot{\phi}_v = mA_y \\ = F_{yrl} + F_{yrr} + (F_{xfl} + F_{xfr})\sin\delta + (F_{yfl} + F_{yfr})\cos\delta = \sum F_y \quad (2)$$

25 onde, m é a massa do veículo, v a velocidade lateral, r a razão de guinada, u a velocidade longitudinal, g a aceleração da gravidade, A_y a aceleração lateral do veículo, e h a altura do centro de gravidade relativa ao ponto de rotação do veículo, como na figura 4.

30 Levando em conta a dinâmica de capotamento do veículo:

$$(I_{xx} + mh^2 \sin^2 \phi_v)(\ddot{\phi}_v - \ddot{\phi}_r) = (F_{zL} - F_{zR}) \cdot \frac{T}{2} + \sum F_y \cdot h_R + (m\dot{v} + mru) \cdot h \cos \phi_v + mg \cdot h \sin \phi_v \cos \phi_r - mg \cdot h \cos \phi_v \sin \phi_r + [(I_{yy} - I_{zz}) - mh^2] r^2 \cdot \sin(\dot{\phi}_v - \dot{\phi}_r) \cos(\dot{\phi}_v - \dot{\phi}_r) \quad (3)$$

Levando em conta a dinâmica vertical do veículo:

$$m\ddot{z} = m(\ddot{\phi}_v^2 h \cos \phi_v + \ddot{\phi}_v h \sin \phi_v) = (F_{zL} + F_{zR}) - mg \cos \phi_r \quad (4)$$

onde, (*) é a aceleração vertical do veículo.

Por conseguinte, levando em conta as equações (1) a (4), LTR pode ser expresso como se segue:

$$LTR = \frac{2}{T} \frac{[(I_{xx} + mh^2 \sin^2 \phi_v)(\ddot{\phi}_v - \ddot{\phi}_r) - mA_y \cdot h_R + mA_{y2} h \cos \phi_r - mg \cdot h \sin \phi_v \cos \phi_r + mg \cdot h \cos \phi_v \sin \phi_r - [(I_{yy} - I_{zz}) - mh^2] r^2 \cdot \sin(\dot{\phi}_v - \dot{\phi}_r) \cos(\dot{\phi}_v - \dot{\phi}_r)]}{m(\ddot{\phi}_v^2 h \cos \phi_v + \ddot{\phi}_v h \sin \phi_v) + mg \cos \phi_r} \quad (5)$$

- 5 onde, l_{xx} , l_{yy} , l_{zz} são respectivamente os momentos de inércia em torno dos eixos geométricos x, y, z, onde:

$$A_y = \dot{v} + ru - g \sin \phi_r + h \sin \phi_v r^2 + h \dot{\phi}_v^2 \sin \phi_v - h \cos \phi_v \ddot{\phi}_v, \text{ and } A_{y2} = \dot{v} + ru.$$

Para valores pequenos ϕ_v , ϕ_v' , ϕ_v'' , ϕ_r' , ϕ_r''

LTR pode ser expresso como:

$$LTR = \frac{2}{T} \cdot \frac{-mA_{y2} \cdot (h_R + h) + mg \cdot h_R \sin \phi_r + mg \cdot h \sin \phi_r}{mg} \quad (6)$$

ou

$$LTR = \frac{2}{T} \cdot \frac{-A_{y2} \cdot (h_R + h)}{g} + \frac{2}{T} \cdot (h_R + h) \sin \phi_r \quad (7)$$

- 10 Para um ϕ_r pequeno, LTR pode ser adicionalmente estimada:

$$LTR = \frac{2}{T} \cdot \frac{-A_{y_medio} \cdot h_{CG}}{g} \quad (8)$$

onde, A_{y_medio} é a aceleração lateral, que pode ser obtida com acelerômetro, e h_{CG} a altura do centro de gravidade total do veículo (CG).

- De acordo com uma configuração da presente invenção,
15 provê-se um método para determinar a LTR de um veículo incluindo um LTR preditivo (PLTR), avaliando fatores de desempenho de veículo ao longo de um período de tempo, em vez de em um ponto fixo no tempo. O método é previsto de modo a prover com precisão uma contagem regressiva
20 para o capotamento ou avaliar o desempenho do veículo antes do capotamento em uma ampla gama de condições. A derivação de PLTR é mostrada como segue:

$$PLTR_{t_0}(\Delta t) = LTR(t_0) + \dot{LTR}(t_0) \cdot \Delta t \quad (9)$$

$$PLTR_{t_0}(\Delta t) = \frac{2}{T} \cdot \frac{A_{y_meas}(t_0) \cdot h_{CG}}{g} + \frac{2}{T} \cdot \frac{h_{CG}}{g} \frac{d}{dt}(A_{y_meas}) \cdot \Delta t \quad (10)$$

onde $A_{y_m\acute{e}dia}$ é a aceleração lateral medida do veículo.

A equação (10) expressa PLTR em um instante t_0 previsto para um futuro horizonte de tempo Δt . O efeito do sinal na aceleração de lateral medida pode ser desprezada nesta derivação para propósito a prova de conceito. A aceleração lateral medida $A_{y_m\acute{e}dia}$ na equação (10) é tipicamente ruidosa e, por conseguinte, difícil de obter um valor liso após a derivação.

$$PLTR_{t_0}(\Delta t) = \frac{2}{T} \cdot \frac{A_{y_meas}(t_0) \cdot h_{CG}}{g} + \frac{2}{T} \cdot \frac{h_{CG}}{g} \left(\frac{1}{\tau_S + 1} \dot{A}_{y_meas} + \frac{\tau_S}{\tau_S + 1} \ddot{A}_{y_meas} \right) \cdot \Delta t \quad (11)$$

onde τ é uma constante de tempo.

- 10 A aceleração lateral medida pode ser adicionalmente estimada a partir de uma relação com o ângulo de esterçamento usando modelo linear,

$$\frac{\dot{A}_y}{\delta_w} = TF_{Model}(s) \quad (12)$$

- onde TF_{Model} é uma função de transferência linear do ângulo de esterçamento e a aceleração lateral com base no em modelo linear e δ_w é o ângulo de esterçamento de roda eficientemente estercado. Usando este filtro com base em modelo, o ruído a partir da derivação da aceleração lateral pode ser filtrado usando um filtro passa-baixo. Ademais, a informação de entrada de entendimento por condutor desempenha um importante papel na previsão do índice de capotamento devido ao atraso do sistema de esterçamento.

Por conseguinte, o PLTR é provido como segue:

$$PLTR_{t_0}(\Delta t) = \frac{2}{T} \cdot \frac{A_{y_meas}(t_0) \cdot h_{CG}}{g} + \frac{2}{T} \cdot \frac{h_{CG}}{g} \left(\frac{s}{\tau_S + 1} A_{y_meas}(t_0) + \frac{\tau_S}{\tau_S + 1} TF_{model}(s) \cdot s \frac{1}{\tau_{sw} s + 1} \cdot \frac{1}{SR} \delta_d(t_0) \right) \cdot \Delta t \quad (13)$$

onde

$$\frac{\delta_w}{\delta_d} = \frac{1}{SR} \cdot \frac{1}{\tau_{sw} s + 1}, \delta_d$$

- 25 é o ângulo de esterçamento de roda pelo condutor, τ_{sw} é uma constante de primeira ordem de esterçamento e SR a razão de esterçamento.

Um filtro

$$\frac{s}{\tau s + 1}$$

pode ser usado na aceleração lateral medida e um filtro,

$$\frac{\tau s^2}{(\tau s + 1)(\tau_{sw} s + 1)} \cdot TF_{model}(s),$$

pode ser usado no ângulo de esterçamento pelo condutor. O Δt selecionado precisa ser suficientemente longo para

5 cobrir o tempo de resposta de evitação a capotamento. Diferentemente de métodos mais convencionais para determinar LTR, o novo método para determinar PLTR pode ser usado pelo sistema de controle 58 para controlar um dispositivo divisor de torque (i.e. acoplador 32 e

10 ELSD 34) para melhorar a estabilidade do veículo e evitar capotamento. Na configuração mostrada nas figuras 1 e 2, por exemplo, o PLTR pode ser usado pela unidade de controle 60 para determinar quando e em que extensão engatar os dispositivos de divisores de torque para

15 aumentar o amortecimento a guinada do veículo e evitar capotamento. Por exemplo, e sem limitação, a unidade de controle 60 pode ser configurada de modo que o acoplador central 32 e/ou ELSD 34 seja operado sempre que o PLTR exceda um valor limite ou a taxa de mudança do PLTR

20 exceda uma pré-determinada taxa limite. A PLTR também pode ser usada para controlar a operação de dispositivo de alarme de capotamento 64 para alertar o operador para ele impedir o capotamento. Também deve ser apreciado que o uso de PLTR para controlar operação do dispositivo

25 divisor de torque ou dispositivo de alarme de capotamento não se limita a isto, e o PLTR pode ser usado para controlar outros sistemas, tal como sistema de freio, direção hidráulica, para evitar o capotamento do veículo. A presente invenção foi descrita em detalhes na

30 especificação acima, e se acredita que várias alterações e modificações da invenção se tornarão aparentes àqueles habilitados na técnica a partir de uma leitura minuciosa

que permita um pleno entendimento desta especificação. Contudo, pretende-se que tais alterações e modificações estejam incluídas na invenção, desde abarcadas no escopo das reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

- 1- Método para controlar estabilidade de um veículo, caracterizado pelo fato de compreender as etapas de determinar uma taxa de transferência lateral preditiva de um veículo, avaliar fatores de desempenho do veículo em um período de tempo, e controlar a operação do veículo com base na taxa de transferência lateral preditiva.
- 2- Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o veículo incluir um dispositivo divisor de torque para controlar a distribuição de torque entre um par de rodas ou eixos de um veículo, e de a etapa de controlar a operação do veículo incluir engatar o dispositivo divisor de torque para controlar a distribuição de torque entre o par de rodas ou eixos do veículo.
- 3- Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o veículo incluir um dispositivo de alarme de capotamento, e de a etapa de controlar a operação do veículo incluir operar o dispositivo de alarme de capotamento para alertar o condutor do veículo a impedir o capotamento do veículo.
- 4- Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a etapa de determinar a taxa de transferência lateral preditiva incluir estimar a aceleração lateral do veículo a partir de uma relação com um ângulo de esterçamento usando um modelo linear:

$$\frac{\dot{A}_y}{\dot{\delta}_w} = TF_{Model}(s),$$

onde $TF_{model}(s)$ é uma função de transferência linear do ângulo de esterçamento e aceleração lateral com base no modelo linear, e δ_w o ângulo de esterçamento médio efetivo.

- 5- Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a etapa de determinar incluir determinar a taxa de transferência lateral preditiva como segue:

$$PLTR_{t_0}(\Delta t) = \frac{2}{T} \cdot \frac{A_{y_meas}(t_0) \cdot h_{CG}}{g} + \frac{2}{T} \cdot \frac{h_{CG}}{g} \left(\frac{s}{\tau s + 1} A_{y_meas}(t_0) + \frac{\tau s}{\tau s + 1} TF_{model}(s) \cdot s \frac{1}{\tau_{sw}s + 1} \cdot \frac{1}{SR} \delta_d(t_0) \right) \cdot \Delta t$$

onde Δt é o horizonte de tempo futuro

$$\frac{\delta_w}{\delta_d} = \frac{1}{SR} \cdot \frac{1}{\tau_{sw}s + 1}, \quad \delta_d$$

o ângulo de esterçamento do veículo, τ_{sw} a constante de tempo de primeira ordem de esterçamento, e SR a taxa de esterçamento.

- 5 6- Método, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de adicionalmente incluir a etapa de usar um filtro,

$$\frac{s}{\tau s + 1}$$

na aceleração lateral medida e usar um filtro,

$$\frac{\tau s^2}{(\tau s + 1)(\tau_{sw}s + 1)} \cdot TF_{model}(s),$$

no ângulo de esterçamento de roda do condutor.

- 10 7- Método, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de o veículo incluir um sistema de controle, e de a etapa de determinar incluir selecionar um horizonte futuro de tempo Δt , que no mínimo deve ser tão longo quanto o tempo de resposta do sistema
- 15 de evitação de capotamento de veículo.

1/2

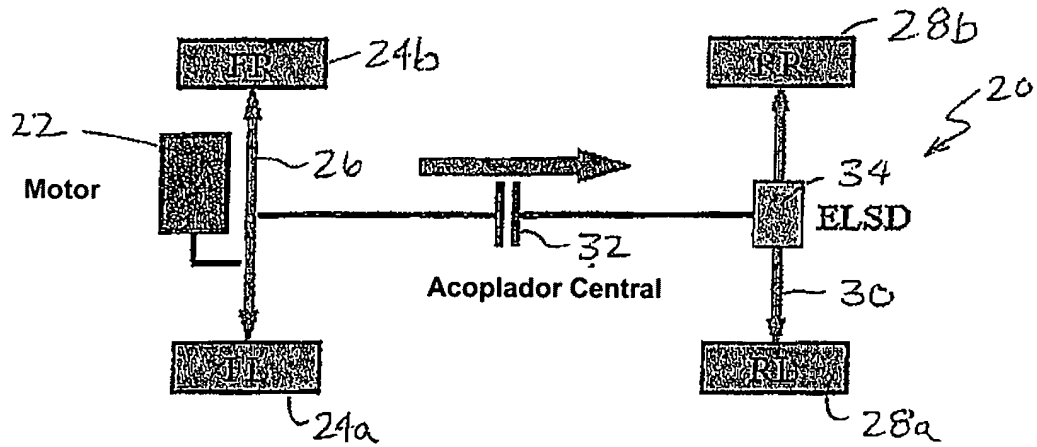


FIG.1

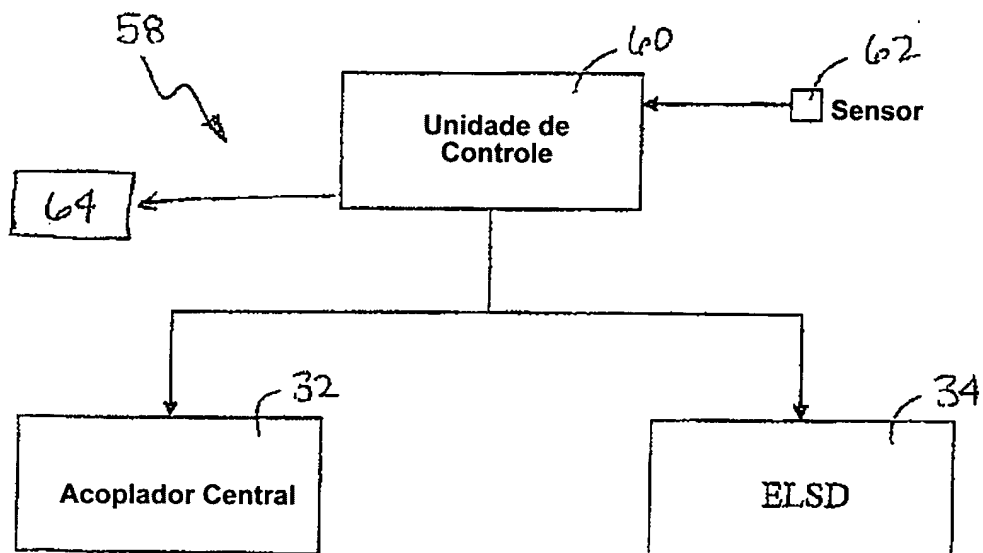


FIG.2

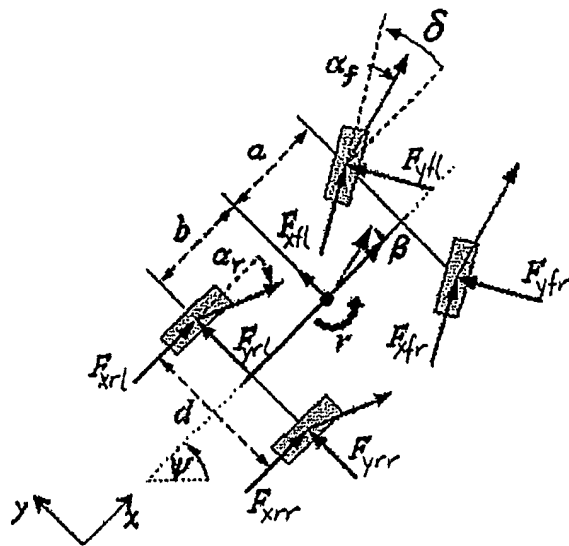


FIG.3

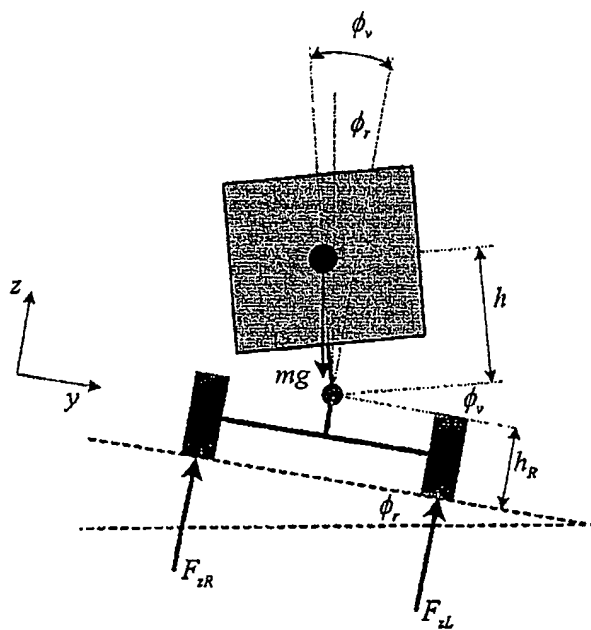


FIG.4

RESUMO

"MÉTODO PARA CONTROLAR ESTABILIDADE DE UM VEÍCULO".

O método para controlar estabilidade de um veículo inclui as etapas de determinar uma taxa de transferência lateral preditiva de um veículo, avaliar fatores de desempenho do
5 veículo em um período de tempo, e controlar a operação do veículo com base nesta taxa de transferência lateral preditiva.