



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 1008237-9 B1



(22) Data do Depósito: 31/05/2010

(45) Data de Concessão: 24/09/2019

(54) Título: MÓDULO PARA DETERMINAR VALORES DE PONTO DE AJUSTE DE VELOCIDADE PARA SISTEMAS DE CONTROLE DE UM VEÍCULO

(51) Int.Cl.: B60K 31/00; B60W 30/14; B60W 40/06; F16H 59/14; G01C 21/32.

(30) Prioridade Unionista: 10/06/2009 SE 0950437-4.

(73) Titular(es): SCANIA CV AB.

(72) Inventor(es): OSKAR JOHANSSON; JÖRGEN HANSSON; HENRIK PETTERSSON; FREDRIK SWARTLING.

(86) Pedido PCT: PCT SE2010050592 de 31/05/2010

(87) Publicação PCT: WO 2010/144029 de 16/12/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 29/11/2011

(57) Resumo: MÓDULO PARA DETERMINAR VALORES DE PONTO DE AJUSTE DE VELOCIDADE PARA SISTEMAS DE CONTROLE DE UM VEÍCULO Módulo para determinar valores de ponto de ajuste de velocidade V_{ret} para sistemas de controle de um veículo, compreendendo uma unidade de entrada adaptada para receber, por exemplo, pelo motorista do veículo, uma velocidade de referência V_{set} que é a velocidade desejada pelo motorista para o veículo. O módulo compreende - uma unidade de horizonte adaptada para determinar um horizonte por meio de dados de posição recebidos e dados de mapa de um itinerário constituído de segmentos de rota com pelo menos uma característica para cada segmento; - uma unidade de processador adaptada para calcular V_{ret} ao longo do horizonte de acordo com regras pertencentes às categorias nas quais os segmentos dentro do horizonte são colocados, de modo que V_{ret} esteja dentro de uma faixa delimitada por V_{min} e V_{max} , em que V_{min} menor igual a V_{se} menor igual a V_{max} . A unidade de processador é adicionalmente adaptada para determinar um sinal de controle com parâmetros de controle para a unidade de controle de mudança de marcha automática do veículo, com base em um ou mais valores específicos do veículo e um valor de ponto (...).

"MÓDULO PARA DETERMINAR VALORES DE PONTO DE AJUSTE DE VELOCIDADE PARA SISTEMAS DE CONTROLE DE UM VEÍCULO"

Campo da Invenção

A presente invenção relaciona-se a um módulo para determinar valores de ponto de
5 ajuste para sistemas de controle em um veículo de acordo com a introdução da reivindicação independente.

Antecedentes da invenção

Muitos veículos, hoje em dia, são equipados com um piloto automático para tornar
mais fácil para um motorista a condução do veículo. A velocidade desejada pode então ser
10 definida pelo motorista, por exemplo, por meio de um dispositivo de controle no console do volante, e um sistema de piloto automático no veículo atua consequentemente sobre um sistema de controle de modo que ele acelere e freie o veículo com o objetivo de manter a velocidade desejada. Se o veículo estiver equipado com um sistema de mudança de câmbio automático, as marchas do veículo são trocadas de modo que o veículo possa manter a
15 velocidade desejada.

Quando se utiliza o piloto automático em terreno montanhoso, o sistema de piloto automático tentará manter uma velocidade determinada nas subidas. O resultado disso, entre outras coisas, é que o veículo acelera no topo de uma subida e possivelmente em uma descida logo em seguida, tornando necessário frear para evitar ultrapassar a velocidade
20 determinada; esta forma de operação do veículo é pouco econômica em termos de utilização do combustível.

Variando-se a velocidade do veículo em terrenos montanhosos, é possível economizar combustível se comparado ao piloto automático convencional. Isso pode ser feito de diversas formas, por exemplo, por meio de cálculos da condição atual do veículo
25 (como no sistema Scania Ecocruise®). Caso seja calculada uma subida, o sistema acelera então o veículo subida acima. Chegando ao final da subida, o sistema é programado para evitar a aceleração até que o gradiente tenha se nivelado no topo, contanto que a velocidade do veículo não caia abaixo de um certo nível. O ato de diminuir a velocidade no final de uma subida torna possível recuperar velocidade em uma descida subsequente sem
30 usar o motor para acelerar. Quando o veículo se aproxima do final de uma descida, o sistema empenha-se em usar energia cinética como impulso para a próxima subida a uma velocidade maior do que em um piloto automático comum. O sistema fornecerá facilmente aceleração no fim da descida de modo a manter o momento do veículo. Em terrenos ondulados, isso significa que o veículo inicia a próxima subida a uma velocidade maior do
35 que a normal. O ato de evitar a aceleração desnecessária e usar a energia cinética do veículo torna possível economizar combustível.

Se a topografia a frente for informada ao veículo por meio de dados de mapa e

GPS, tal sistema pode se tornar mais robusto e pode também alterar a velocidade do veículo com antecedência.

Existem sistemas que incorporam a topografia à frente nos cálculos para a velocidade do veículo fazendo otimizações em tempo real da velocidade do veículo ao longo de um itinerário. Isso pode resultar em uma carga computacional pesadíssima sobre o hardware em um sistema em tempo real em um veículo, uma vez que tais sistemas geralmente possuem recursos limitados em termos de memória e potência do processador. Mesmo o ato de realizar cálculos comuns e simulações online ao longo do perfil de rota conhecida, pode representar uma carga computacional pesada. Se, por exemplo, a precisão ou resolução dos vetores horizontais para calcular inclinações de estradas for grande demais, envolve-se ainda potência computacional desnecessária.

Uma forma de poupar a potência computacional do veículo é mencionada no pedido de patente US publicado 2008/0188996, que se refere a um sistema de auxílio ao motorista no qual uma série de sensores fornece fatores de tráfego relacionados e cria hipóteses que estão logicamente relacionadas umas as outras. Contudo, o sistema não está relacionado a piloto automático dos veículos.

Um dos objetivos da presente invenção é propor um sistema avançado para determinar valores de ponto de ajuste para controlar sistemas em um veículo que, em particular, reduz a quantidade de potência computacional necessária quando valores de ponto de ajuste para sistemas de controle de veículo precisam ser regulados.

Um aspecto adicional é que os sistemas de câmbio automáticos tradicionais somente podem tomar decisões sobre qual é a melhor marcha para a situação atual com base no que se conhece no momento. A velocidade atual do motor e a carga do motor são normalmente variáveis fundamentais para selecionar a marcha correta.

Em um veículo moderno, o motor, a caixa de câmbio, o retardador (se o veículo estiver equipado com ele) e os freios são controlados por meios de uma unidade de controle de câmbio automático, por exemplo, Scania Opticruise®. A unidade de controle de câmbio automático funciona como uma ligação eletrônica entre duas ou mais dessas funções, dando ao motorista maior comodidade para controlá-las. Por exemplo, a velocidade do motor e a caixa de câmbio são adaptados antes de o sistema alterar uma ou mais níveis para cima ou para baixo. A troca de marcha torna-se suave e rápida, aumentando a economia de combustível e protegendo o sistema de direção.

Como o itinerário não é conhecido nos sistemas tradicionais, às vezes ocorrem mudanças de marcha desnecessárias, por exemplo, no fim de uma subida quando se torna necessário reduzir a marcha antes do topo, apesar do fato de que a escolha intuitiva de um motorista seria continuar na mesma marcha. A redução de marcha tardia é geralmente seguida de um aumento de marcha, pois a resistência ao deslocamento do veículo diminui

no topo. Tais mudanças de marcha geram perdas de combustível desnecessárias comparadas a uma situação em que se poderia evitar a redução de marcha.

Existem também outros casos onde é vantagem realizar a mudança de marcha antes de uma subida no intuito de já estar na marcha certa no começo da subida, porque, entre outras coisas, a mudança de marcha será menos incômoda se ela ocorrer antes da subida, quando há menos carga sobre o motor e menos velocidade será perdida durante a mudança de marcha. Estar na marcha certa significa ter margem de torque suficiente para se manter subindo por mais tempo.

O documento US 5,832,400 descreve um sistema que, por meio do GPS e de dados de mapa, alimenta e prevê o gradiente e a carga do motor, entre outras, pelo uso de informação sobre a topografia e a posição geográfica do veículo.

O documento WO 03/041988 relaciona-se com o controle de mudança de marcha em um veículo motorizado. Isso é efetuado, entre outras coisas, definindo-se uma configuração de mudança de marcha com seleção de câmbio automático calculada por um tempo maior adiante, usando as informações de posição instantâneas obtidas por meios de GPS e posições futuras dadas por informações de um mapa eletrônico.

Um objetivo adicional da presente invenção é propor o controle aperfeiçoado do sistema de mudança automática de marcha em um veículo que resulte, entre outras coisas, na operação mais ideal em terreno montanhoso com relação ao consumo de combustível e ao desgaste do sistema de transmissão e que, ao mesmo tempo seja confortável para o motorista.

Sumário da Invenção

Os objetivos descritos acima são obtidos pela presente invenção de acordo com a reivindicação independente.

Concretizações preferidas são descritas nas reivindicações dependentes.

O fato de que a topografia é conhecida pode ser usado para estimar a carga futura do motor. A velocidade teórica no piloto automático é também usada em conjunto com a estimativa de carga do motor para estimar a velocidade futura do motor.

O módulo, de acordo com a presente invenção, simula um modelo de resistência de operação interna da topografia adiante à velocidade v_{ref} que o piloto automático irá solicitar. Isso é usado para calcular uma estimativa de torque necessário e velocidade do motor desejada ao longo do horizonte futuro que são requeridas para manter a velocidade v_{ref} .

De acordo com uma concretização da presente invenção, o sistema de controle fornece três parâmetros de controle diferentes para o sistema de seleção de câmbio automático:

1. Um sinalizador indicando que sistema de câmbio automático deveria, de preferência, não aumentar a marcha.

2. Um limite de velocidade desejado para reduzir a marcha.

3. Se o veículo estiver subindo uma colina classificada como “subida íngreme”, isto é, com torque de motor insuficiente para manter a velocidade, os seguintes são enviados:

- Gradiente e distância média a partir do ponto em que o sistema considera que o
5 veículo estará apto a manter sua velocidade.

- Velocidade do motor desejada no ponto em que o sistema considera que o veículo
estará apto a manter sua velocidade.

Uma das vantagens da presente invenção é que o veículo possui uma seleção de
câmbio automático que pode com mais segurança selecionar a marcha certa, com isso,
10 aumentando a economia de combustível e desempenho. O sistema também tenta pré
selecionar a marcha correta com tanta precisão quanto um motorista ativo competente.

Outra vantagem é que, em uma subida, o sistema pode permitir uma mudança de
marcha posterior, ou evitar completamente a redução de marcha, depois de ter incorporado
informações sobre uma velocidade inferior do motor para redução de marcha e tê-la
15 ponderado em conjunção com limitações físicas devido à velocidade baixa do motor e a
outras regulagens.

É também possível prevenir mudanças de marcha desnecessárias que poderiam
ser desencadeadas por alterações no valor do ponto de ajuste de velocidade, e, portanto, na
carga.

20 Em certos declives, quando se deseja realizar a descida, o ato de engatar uma
marcha maior com antecedência pode resultar em um torque de arrasto. Em descidas
íngremes, pode ser vantajoso engatar uma marcha inferior com antecedência no intuito de
ganhar maior potência de frenagem do motor.

De acordo com a presente invenção, o sistema de câmbio automático é provido de
25 informações sobre, entre outras coisas, outros limites de velocidade, à distância até o topo
da montanha e o gradiente médio, com isso aumentando a economia de combustível e as
características de operação.

Usando o módulo, de acordo com a invenção, torna-se possível minimizar a
quantidade de combustível necessária durante a viagem do veículo levando-se em conta
30 informações acerca do itinerário. Dados de mapa, por exemplo, na forma de um banco de
dados a bordo do veículo com informação de altitude e um sistema de posição, por exemplo,
GPS, fornecem informações sobre a topografia da estrada ao longo do itinerário. Sistemas
de controle, em particular a unidade de controle de câmbio automático, são em seguida
providos com valores de ponto de ajuste e parâmetros de controle e regula o veículo de
35 acordo com eles.

Breve descrição dos desenhos em anexo

A Figura 1 descreve o contexto funcional do modo de regulagem no veículo de

acordo com uma concretização da invenção.

A Figura 2 descreve um fluxograma para as etapas que o módulo é adaptado para realizar de acordo com uma concretização da invenção.

5 A Figura 3 ilustra o comprimento do horizonte de um sistema de controle em relação ao comprimento do itinerário para o veículo.

A Figura 4 ilustra as várias velocidades previstas e as categorias de segmentos que são continuamente atualizadas quando adiciona-se novos segmentos ao horizonte.

Descrição detalhada das modalidades preferidas da invenção

A invenção é descrita abaixo em detalhes com referência aos desenhos em anexo.

10 As informações sobre o itinerário do veículo podem ser usadas para regular sua velocidade de ponto de ajuste v_{ref} para o piloto automático no veículo antecipadamente no intuito de economizar combustível, aumentar a segurança e o conforto. Outros pontos de ajuste para outros sistemas de controle podem também ser regulados. A topografia afeta consideravelmente o controle, em particular, do sistema de direção de veículos pesados,
15 uma vez que é necessário muito mais torque na subida do que na descida e tornar possível subir algumas colinas sem trocar de marcha.

O veículo é provido de um sistema de posição e informações de mapa, e os dados de posição do sistema de posicionamento e dados de topografia das informações de mapa são usados para construir um horizonte que ilustra a natureza do itinerário. Na descrição da
20 presente invenção, o GPS (Sistema Global de Posicionamento) é indicado para determinar os dados de posição para o veículo, mas deveria ser apreciado que outros tipos de sistemas de posicionamento regional ou global são também concebíveis para fornecer ao veículo dados de posição, por exemplo, sistemas que usam um receptor de rádio para determinar a posição do veículo. O veículo pode também usar sensores para escanear os arredores e,
25 com isso, determinar sua posição.

A Figura 1 ilustra como uma unidade incorpora informações de mapa e GPS acerca do itinerário. O itinerário é exemplificado abaixo como uma rota única para o veículo, mas deve-se apreciar que vários itinerários concebíveis são incorporados, como informações via mapas e GPS ou outros sistemas de posicionamento. O motorista pode também registrar o
30 ponto de partida e o ponto de destino da viagem pretendida, caso este em que a unidade usa os dados de mapa, etc. para calcular uma rota adequada. O itinerário ou, se houver duas ou mais alternativas possíveis, os itinerários são enviados bit a bit por meio de uma CAN (Rede de Área de Controlador), um sistema de barramento serial adaptado especialmente para veículos, a um módulo para regulação dos valores de pontos de
35 definição, módulo este que pode estar separado ou fazer parte dos sistemas que irão usar os valores de pontos de ajuste para regulação. Como alternativa, a unidade com mapas e um sistema de posicionamento pode ser também parte de um sistema que usa os valores de

pontos de ajuste para regulagem. No módulo de regulagem, os bits são combinados em uma unidade de horizonte para formar um horizonte e são processados pela unidade de processador para criar um horizonte interno pelo qual o sistema de controle pode regular. Se houver dois ou mais itinerários alternativos, uma série de horizontes internos são criados para as várias alternativas. O sistema de controle pode ser qualquer um dos vários sistemas de controle no veículo, por exemplo, o piloto automático, o sistema de controle da caixa de câmbio ou algum outro sistema de controle. Um horizonte é geralmente formado para cada sistema de controle, uma vez que os sistemas de controle regulam por parâmetros diferentes. O horizonte é então continuamente suplementado por novos bits de uma unidade com GPS e dados de mapas para manter o comprimento desejado do horizonte. O horizonte é, assim, atualizado continuamente quando o veículo está em movimento.

A CAN é, assim, um sistema de barramento serial especialmente desenvolvido para uso em veículos. O barramento de dados CAN torna possível a troca de dados digitais entre sensores, componentes de regulagem, atuadores, dispositivos de controle, etc. e assegura que dois ou mais dispositivos de controle possam ter acesso aos sinais de um dado sensor no intuito de usá-los para controlar os componentes conectados a eles.

A presente invenção relaciona-se com um módulo para determinar valores de ponto de ajuste para um sistema de controle do veículo, em particular para determinar um sinal de controle com parâmetros de controle para o sistema de controle de mudança de câmbio automático do veículo, módulo este que é esquematicamente ilustrado na Figura 1.

Em termos gerais, os parâmetros de controle definem como fazer com que o sistema de mudança de câmbio automático selecione a marcha correta antes de uma subida iminente, entre outras coisas para prevenir uma troca de marcha desnecessária próxima ao fim da subida.

A invenção, como ilustrada esquematicamente na Figura 1, sendo assim, relaciona-se a um módulo para determinar a velocidade dos valores de ponto de ajuste v_{ref} para os sistemas de controle de um veículo, compreendendo uma unidade de entrada adaptada para inserção, por exemplo, pelo motorista do veículo, de uma velocidade de referência v_{set} que é a velocidade desejada pelo motorista para o veículo.

O módulo compreende:

- uma unidade de horizonte adaptada para determinar um horizonte por meio de dados da posição recebidos e de dados de mapa de um itinerário feito de segmentos de rota com pelo menos uma característica para cada segmento;

- uma unidade de processador para calcular v_{ref} ao longo do horizonte de acordo com as regras que pertencem às categorias em que segmentos dentro do horizonte são postos, de modo que v_{ref} esteja dentro de uma faixa ligada pelo v_{min} e v_{max} , onde $v_{min} \leq v_{set} \leq v_{max}$.

A unidade de processador é adicionalmente adaptada para determinar um sinal de controle com parâmetros de controle para a unidade de controle de mudança de câmbio automático do veículo, baseado em um ou mais valores específicos ao veículo e valores de ponto de ajuste de velocidade calculada v_{ref} ao longo do horizonte futuro.

- 5 Os valores específicos ao veículo são determinados pela relação de transmissão atual, peso atual do veículo, a curva de torque máxima do motor, fricção mecânica e/ou resistência ao deslocamento do veículo na velocidade atual.

De acordo com uma concretização, a unidade de processador é adaptada para calcular a carga do motor e a velocidade do motor ao longo do horizonte futuro com base nos valores específicos ao veículo, e para valores calculados para carga do motor e/ou velocidade do motor, sendo depois usado para determinar o referido um ou mais parâmetros de controle.

Quando a carga do motor foi calculada com base nos referidos valores específicos ao veículo ao longo do horizonte, a velocidade do motor pode também ser estimada e a unidade de processador pode, ainda, fornecer à unidade de controle de mudança de marcha automática os dados de entrada, via os parâmetros de controle, exigidos para o controle ideal do sistema de mudança automática de marcha ao longo de todo o horizonte. Os parâmetros de controle compreendem, de preferência, de acordo com uma concretização, um ou mais dos seguintes:

- 20 - os limites de velocidade do motor para mudança de marcha,
- distância até o topo da subida,
- gradiente médio da subida.

Para permitir que a unidade de processador realize isso, ela é provida de uma unidade de memória em que as relações entre a carga do motor, a velocidade do motor e os limites de velocidade específicos do veículo para aumento e redução da marcha são armazenados. Essas relações podem ser armazenadas na forma de uma ou mais tabelas ou em forma de matriz. Uma alternativa é para as informações serem obtidas de uma outra unidade.

Quando o veículo está em uma subida íngreme ou próximo dela, a distância para a transição de uma subida íngreme para alguma outra categoria de segmento, isto é, o ponto onde o veículo passa de um déficit de torque para um excedente de torque, é enviado. A velocidade desejada simulada pelo módulo do veículo interno, ou uma velocidade do motor correspondendo à marcha atual no ponto anteriormente dito, é também enviado.

Quando ocorrem aumentos de velocidade temporários acima da velocidade definida adotada pelo motorista, por exemplo, um aumento de velocidade antes de uma subida íngreme, envia-se um sinalizador que impede o aumento da marcha. O gradiente médio fornecido para o sistema de mudança de câmbio automático é calculado como um valor

médio do gradiente de todos os segmentos constituintes do tipo de subida íngreme.

De acordo com uma concretização, o sinal de controle fornecido para a unidade de controle de mudança de marcha automática compreende um ou mais dos seguintes parâmetros:

- 5 - limite de velocidade do motor menor para reduzir a marcha;
- sinalizador indicando se um aumento de marcha deve ocorrer;
- gradiente de um segmento atual e uma distância restante até um segmento classificado como "subida suave" se o veículo está em um segmento classificado como "subida íngreme";
- 10 - velocidade desejada na transição para "subida suave" se o veículo está em um segmento classificado como "subida íngreme".

A unidade de controle de mudança de câmbio automático, posteriormente regula o sistema de mudança de câmbio automático entre outras coisas de acordo com os parâmetros de controle.

- 15 Os valores de ponto de ajuste v_{ref} para o sistema de controle em um veículo podem, assim, ser permitidos para variar entre as duas velocidades v_{min} e v_{max} anteriormente ditas. Quando o módulo de regulação prevê um horizonte interno para a velocidade do veículo, a velocidade do veículo pode então variar dentro daquela faixa.

- 20 O resultado é um módulo que pode ser usado em um veículo para regular valores de ajuste de uma forma eficaz em termos computacionais, e o módulo pode ser parte de um sistema de controle ao qual ele se destina para regular pontos de ajuste, ou seja um módulo autossuficiente separado de um sistema de controle.

- 25 A faixa v_{min} e v_{max} é, de preferência, ajustada manualmente por um motorista pela unidade de entrada referida. Por exemplo, os limites da faixa podem ser ajustados por meio de um ou mais botões em um volante ou em um painel de instrumentos.

A Figura 2 é um fluxograma que ilustra esquematicamente as etapas do método em que o módulo é adaptado para realizar. Neste contexto, um pedido de patente relacionado depositado ao mesmo tempo também é mencionado.

- 30 Uma primeira etapa A) determina um horizonte baseado na dados de posição e dados de mapa de um itinerário feito por segmentos de rota com pelo menos uma característica para cada segmento. Quando o veículo está em movimento, o módulo de horizonte coloca os bits juntos para formar um horizonte do itinerário, sendo o comprimento do horizonte tipicamente da ordem de 1 a 2 km. A unidade de horizonte acompanha a localização em que o veículo está e aumenta continuamente o horizonte de modo que o comprimento do horizonte seja mantido constante. Quando o ponto de destino da viagem está dentro do comprimento do horizonte, o horizonte de preferência não é mais aumentado, uma vez que viajar para além do ponto de destino não é relevante.
- 35

O horizonte é constituído de segmentos de rota que possuem uma ou mais características pertencentes a eles. O horizonte é aqui ilustrado na forma de matriz em que cada coluna contém uma característica para um segmento. Uma matriz cobrindo 80m à frente de um itinerário pode assumir a seguinte forma:

$$\begin{bmatrix} dx, & \% \\ 20, & 0.2 \\ 20, & 0.1 \\ 20, & -0.1 \\ 20, & -0.3 \end{bmatrix}$$

5

onde a primeira coluna é o comprimento de cada segmento em metros (dx) e a segunda coluna é o gradiente em % de cada segmento. A matriz deve ser considerada como cobrindo 20 metros à frente da posição atual do veículo, o gradiente é 0,2% seguindo de 20 metros com um gradiente de 0,1% e assim por diante. Os valores para segmentos e gradientes não necessitam ser expresso em valores relativos, mas podem, ao contrário, ser expressos em valores absolutos. A matriz é de preferência formada por vetores, mas em vez disso, pode ter uma estrutura de ponteiros na forma de pacotes de dados ou similar. Existem várias outras características concebíveis, por exemplo, raio de curvatura, sinais de tráfico, vários obstáculos etc.

10

15

Após a etapa A), segmentos dentro do horizonte são postos em várias categorias na etapa B) na qual os valores limite são calculados por pelo menos uma característica de segmento de acordo com um ou mais valores específicos ao veículo, em que os valores servem de limites para designar segmentos a categorias diferentes. No exemplo onde as características dos segmentos são gradientes, os valores limiares são calculados pelos seus gradientes. Os valores limiares para a característica relacionada são calculados, de acordo com uma concretização da invenção, por um ou mais valores específicos ao veículo, por exemplo, razão de transmissão atual, peso atual do veículo, a curva de torque máxima do motor, fricção mecânica e/ou resistência de deslocamento do veículo na velocidade atual. Um modelo interno do veículo para o sistema de controle é usado para estimar a resistência do veículo à velocidade atual. A razão de transmissão e o torque máximo são grandezas conhecidas no sistema de controle do veículo, e o peso do veículo é estimado on-line.

20

25

A seguir, são apresentados exemplos de cinco categorias diferentes nas quais segmentos podem ser colocados quando o gradiente dos segmentos é usado para tomar decisões acerca do controle do veículo:

30

Estrada plana:

Segmento com gradiente $0 \pm$ uma tolerância.

Subida íngreme: Segmento com um gradiente íngreme demais para o veículo manter a velocidade na marcha atual.

Subida suave: Segmento com gradiente entre a tolerância e o valor limiar para subida íngreme.

Descida íngreme: Segmento com um gradiente de descida tão íngreme que o veículo é acelerado pelo gradiente.

- 5 *Descida suave:* Segmento com um gradiente para baixo entre a tolerância negativa e o valor limiar para descida íngreme.

De acordo com uma concretização da invenção, as características dos segmentos são seus comprimentos e gradientes, e classificar os segmentos nas categorias descritas acima envolve calcular valores limiares na forma de dois valores limiares de gradiente $l_{\min}$ e $l_{\max}$, onde $l_{\min}$ é o gradiente mínimo para o veículo ser acelerado pela descida íngreme, $l_{\max}$ é o gradiente máximo no qual o veículo pode manter a velocidade sem mudar de marcha na subida. Assim, o veículo pode ser regulado de acordo com o gradiente e o comprimento da estrada a frente de modo que ele possa ser operado de forma econômica em termos de combustível por meio de um piloto automático em terrenos ondulados. Em outra concretização, as características dos segmentos são seu comprimento e aceleração lateral, e os valores limiares são calculados na forma dos valores limiares de aceleração lateral que classificam os segmentos pela quantidade de aceleração lateral que eles causam. A velocidade do veículo pode, posteriormente, ser regulada de modo que ele possa ser dirigido de uma maneira adequada à economia de combustível e à segurança no trânsito com relação à curvatura da estrada, isto é, qualquer redução na velocidade antes de uma curva é, na medida do possível, afetada sem o uso dos freios.

Em uma próxima etapa C) do método, as características, neste caso o gradiente, de cada segmento são comparadas com os valores limiares calculados, e cada segmento é colocado em uma categoria pelos resultados das comparações.

- 25 Poderia haver no lugar disso ou como complemento, por exemplo, uma classificação similar pelo raio de curvatura da estrada, pela qual as curvas possam ser classificadas pelo nível de aceleração lateral elas causam.

Depois que cada segmento dentro do horizonte foi colocado em uma categoria, um horizonte interno para o sistema de controle pode ser construído com base na classificação dos elementos e do horizonte, compreendendo para cada segmento velocidades introdutórias v_i que o sistema de controle tem que obedecer. Um pedido de mudança de velocidade entre duas velocidades iniciais v_i é alterado linearmente no intuito de proporcionar valores de ponto de ajuste para o sistema de controle que efetua um gradual aumento ou redução da velocidade do veículo. A linearização de uma alteração de velocidade resulta no cálculo das alterações de velocidade graduais que necessita ser feito no intuito de obter a mudança de velocidade. Em outras palavras, a alteração linear que resulta em um aumento de velocidade linear. As velocidades introdutórias v_i , isto é, valores

de ponto de ajuste para os sistemas de controle do veículo são calculados em uma etapa D) de acordo com o método de acordo com a invenção, ao longo do horizonte de acordo com as regras pertencentes às categorias nas quais os segmentos dentro do horizonte são colocados. Todos os segmentos dentro do horizonte são percorridos continuamente, e à medida que novos segmentos são adicionados ao horizonte, as velocidades iniciais v_i são ajustadas neles conforme necessário dentro da faixa da velocidade de referência do veículo v_{set} . v_{set} é a velocidade de referência estabelecida pelo motorista e que se deseja manter pelos sistemas de controle do veículo dentro de uma faixa quando o veículo está em movimento. Como descrito anteriormente, a faixa é delimitada por duas velocidades v_{min} e v_{max} que podem ser ajustadas manualmente pelo motorista ou serem ajustadas automaticamente por cálculos de faixas adequadas, de preferência, calculadas no módulo de regulagem. O veículo é depois regulado em uma etapa E) de acordo com os valores de ponto de ajuste, o que, no exemplo descrito, significa que o piloto automático no veículo regula a velocidade do veículo de acordo com os valores de ponto de ajuste.

Os valores específicos ao veículo de razão de transmissão atual, peso atual do veículo, a curva de torque máxima do motor, fricção mecânica e/ou resistência do deslocamento do veículo na velocidade atual são, de preferência, determinados na unidade de processador. Os valores limiares podem, portanto, ser determinados com base na condição do veículo em determinado momento. Os sinais necessários para a determinação desses valores podem ser obtidos a partir da CAN ou podem ser detectados por sensores adequados.

De acordo com uma concretização, as características dos segmentos são seus comprimentos e gradiente e a unidade de processador é adaptada para calcular os valores limiares na forma valores limiares de gradiente l_{min} e l_{max} . Dessa forma, a velocidade do veículo pode ser regulada de acordo com a ondulação do itinerário no intuito de viajar no modo de economia de combustível.

De acordo com uma outra modalidade, as características dos segmentos são seus comprimentos e a aceleração lateral, e a unidade de processador é adaptada para calcular os valores limiares na forma valores limiares de aceleração lateral. Isso significa que a velocidade do veículo pode ser regulada de acordo com a curvatura da estrada à frente, e a velocidade do veículo pode ser pré regulada de modo que operações desnecessárias de frenagem e de aumento de velocidade serem minimizadas no intuito de economizar combustível.

A unidade de horizonte é preferencialmente adaptada para determinar o horizonte continuamente contanto que o horizonte não exceda um itinerário planejado para o veículo, e a unidade de processamento é adaptada para continuar a realizar as etapas para calcular

e atualizar os valores de ponto de ajuste para o sistema de controle para toda a extensão do horizonte interno. Em uma concretização, o horizonte é assim construído progressivamente aos poucos à medida que o veículo desloca-se ao longo do itinerário. Os valores de ponto de ajuste para o sistema de controle são calculados e atualizados continuamente, independente de se novos segmentos são ou não adicionados, uma vez que os valores de ponto de ajuste a serem calculados dependem também de como os valores específicos do veículo mudam ao longo do itinerário.

As várias regras para as categorias de segmentos, portanto, regulam como a velocidade inicial v_i para cada segmento deve ser ajustada. Se um segmento estiver na categoria “estrada plana”, nenhuma alteração ocorrerá na velocidade inicial v_i para o segmento. Para que a condução do veículo atinja tais requisitos de conforto, é necessário usar a equação de Torricelli abaixo para calcular a aceleração ou retardo constante que precisa ser aplicado ao veículo:

$$v_{slut}^2 = v_i^2 + 2 \cdot a \cdot s \quad (1)$$

em que v_i é a velocidade inicial no segmento, v_{slut} a velocidade do veículo no final do segmento, a é a aceleração/retardo constante e s o comprimento do segmento.

Se um segmento estiver na categoria “subida íngreme” ou “descida íngreme”, a velocidade final v_{slut} para o segmento é prevista solucionando-se a equação (2) a seguir:

$$v_{slut}^2 = (a \cdot v_i^2 + b) \cdot (e^{(2 \cdot a \cdot s / M)} - b) / a \quad (2)$$

em que

$$a = -C_d \cdot \rho \cdot A / 2 \quad (3)$$

$$b = F_{track} - F_{roll} - F_a \quad (4)$$

$$F_{track} = (T_{eng} \cdot i_{final} \cdot i_{gear} \cdot \mu_{gear}) / r_{wheel} \quad (5)$$

$$F_{roll} = flatCorr \cdot M \cdot g / 1000 \cdot (C_{rrisoF} + C_b \cdot (v_i - v_{iso}) + C_{af} \cdot (v_i^2 - v_{iso}^2)) \quad (6)$$

$$F_a = M \cdot g \cdot \sin(\arctan(\alpha)) \quad (7)$$

$$flatCorr = 1 / \sqrt{(1 + r_{wheel} / 2.70)} \quad (8)$$

em que C_d é o coeficiente de resistência ao ar, ρ é a densidade do ar, A é a maior área de seção transversal do veículo, F_{track} a força atuando a partir do torque do motor na direção de movimento do veículo, F_{roll} a força da resistência ao rolamento atuando sobre as rodas do veículo, calculada usando o modelo de resistência ao rolamento de Michelin, F_a a força atuando sobre o veículo por causa do gradiente α do segmento, T_{end} o torque do motor, i_{final} a marcha final do veículo, i_{gear} a relação de transmissão atual na caixa de câmbio, μ_{gear} a eficiência do sistema de câmbio, r_{wheel} o raio das rodas do veículo e M o peso do veículo.

Nos segmentos na categoria “subida íngreme”, a velocidade final v_{slut} é, em seguida, comparada com v_{min} , e se $v_{slut} < v_{min}$, então v_i precisa ser aumentada de modo que

$$v_i = \min(v_{max}, v_i + (v_{min} - v_{slut})) \quad (9)$$

caso contrário, nenhuma alteração em v_i ocorre, uma vez que v_{slut} satisfaz ao requisito de estar dentro da faixa para a velocidade de referência.

- 5 Nos segmentos na categoria “descida íngreme”, a velocidade final v_{slut} comparada com v_{max} , e se $v_{slut} > v_{max}$, então v_i precisa ser reduzido de modo que

$$v_i = \max(v_{min}, v_i - (v_{slut} - v_{max})) \quad (10)$$

caso contrário, nenhuma alteração em v_i ocorre, uma vez que v_{slut} satisfaz ao requisito de estar dentro da faixa para a velocidade de referência.

- 10 A equação de Torricelli (1) é novamente usada aqui para calcular se é possível atingir v_{slut} com a velocidade inicial v_i com o requisito de conforto, isto é, com uma aceleração/retardo constante máximo predeterminado. Se isso não for possível por causa do comprimento do segmento, v_i é reduzido ou aumentado de modo que o requisito de conforto, isto é, sem muita aceleração/retardo, possa ser mantido.

- 15 Nos segmentos na categoria “subida suave”, o valor de ponto de ajuste v_{ref} é permitido variar entre v_{min} e v_{set} quando um novo segmento é incorporado, isto é, $v_{min} \leq v_{ref} \leq v_{set}$. Se $v_{ref} > v_{min}$, nenhuma aceleração do veículo é efetuada. Se, no entanto, $v_{ref} < v_{min}$, então v_{ref} é aplicado a v_{min} , durante o segmento, ou se $v_{ref} > v_{set}$, então v_{ref} é modificado linearmente em direção a v_{set} por meio da equação (1). Nos segmentos na categoria “descida suave”, v_{ref} pode variar entre v_{set} e v_{max} quando um novo segmento é incorporado, 20 isto é, $v_{set} \leq v_{ref} \leq v_{max}$, e se $v_{ref} \leq v_{max}$, nenhum retardo do veículo é efetutado. Se, no entanto, $v_{ref} > v_{max}$, então v_{ref} é aplicado a v_{max} durante o segmento, ou se $v_{ref} < v_{set}$, então v_{ref} é modificado gradualmente em direção a v_{set} por meio da equação (1). As cinco categorias de segmentos acima podem ser simplificadas a três excluindo-se “subida suave” e “descida suave”. A categoria “estrada plana” irá então cobrir uma faixa maior delimitada pelos valores 25 limiares calculados l_{min} e l_{max} , isto é, de modo que o gradiente no segmento tenha de ser menor do que l_{min} se o gradiente for negativo ou maior do que l_{max} se o gradiente for positivo.

- Quando um segmento que vem após um segmento dentro do horizonte que está na categoria “subida suave” ou “descida suave” efetua uma alteração nas velocidades de entrada para os segmentos nessas categorias, isso pode significar que as velocidades de 30 entrada, e, portanto, as velocidades de ponto de ajuste para o sistema de controle são corrigidas e se tornam maiores ou menores do que indicado pelas regras acima para as categorias “subida suave” ou “descida suave”. Isso, portanto, se aplica quando as velocidades de entrada para os segmentos são corrigidas para levar em conta os segmentos subsequentes.

- 35 Todas as alterações de velocidade solicitadas são, portanto, alteradas linearmente

por meio da equação de Torricelli (1), de modo que ocorram com o requisito de conforto. Assim, é uma regra geral não elevar a velocidade de ponto de ajuste v_{ref} em uma subida, uma vez que qualquer possível aumento de velocidade de v_{ref} precisa acontecer antes de a subida começar, se o veículo for conduzido de maneira econômica. Pela mesma razão, a

5 velocidade de ponto de ajuste V_{ref} não deve ser diminuída em um declive, uma vez que qualquer possível redução de velocidade de v_{ref} precisa acontecer antes do deslocamento na descida.

Mediante a transposição contínua por todos os segmentos dentro do horizonte, é possível determinar um horizonte interno que fornece valores iniciais previstos v_i para cada

10 segmento. De acordo com uma concretização, a etapa A) é realizada continuamente, contanto que o horizonte não exceda um itinerário planejado para o veículo, e as etapas B) a E) são realizadas continuamente por toda a extensão do horizonte. O horizonte é atualizado preferencialmente aos poucos, e, de acordo com uma concretização, não tem a mesma continuidade em sua atualização que as etapas B) e E). O horizonte interno é

15 atualizado continuamente à medida que novos segmentos são adicionados ao horizonte, por exemplo, de duas a três vezes por segundo. A passagem contínua pelos segmentos dentro do horizonte envolve calcular continuamente os valores iniciais v_i para cada segmento, e calcular um valor de entrada v_i pode envolver ter de alterar valores iniciais tanto para frente quanto para trás no horizonte interno. Quando, por exemplo, uma velocidade prevista em

20 um segmento está fora de uma faixa definida, é desejável corrigir a velocidade nos segmentos precedentes.

A Figura 3 representa o horizonte interno em relação ao itinerário. O horizonte interno move-se continuamente para frente, como indicado pelo horizonte interno pontilhado movido para frente. A Figura 4 representa um exemplo de um horizonte interno no qual os

25 vários segmentos são colocados em uma categoria. No *diagrama*, "LR" significa "estrada plana", "GU" significa "subida suave", "SU" significa "subida íngreme", "SD" significa "descida íngreme" e "GD" significa "descida suave". A velocidade é inicialmente v_0 , e se esta não for v_{set} , os valores de ponto de ajuste são alterados linearmente de v_0 para v_{set} com aceitação de conforto de acordo com a equação de Torricelli (1), uma vez que a categoria é "estrada plana". O próximo segmento é uma "subida suave" e nenhuma alteração de v_{ref} ocorre

30 contanto que $v_{min} \leq v_{ref} \leq v_{set}$, uma vez que nenhuma aceleração precisa ser aplicada neste segmento. O próximo segmento é uma "subida íngreme", de modo que a velocidade final v_3 para ela seja prevista por meio da fórmula (2), de modo que v_2 tenha de ser aumentada se $v_3 < v_{min}$ de acordo com a fórmula (9). O próximo segmento é "estrada plana", portanto, v_{ref} é

35 alterado em direção a v_{set} com limitação do requisito de conforto a partir da equação de Torricelli (1). Em seguida, vem um segmento que é uma "descida íngreme", de modo que a velocidade final v_5 seja prevista por meio da fórmula (2) e v_4 tenha de ser diminuída se $v_5 >$

$v_{\max}$ de acordo com a fórmula (10). Assim que uma velocidade para trás no horizonte interno é alterada, as velocidades restantes para trás no horizonte interno são ajustadas de modo a satisfazer à velocidade ainda mais para frente. Em cada alteração de velocidade que tem de ser efetuada, o método de acordo com a invenção calcula, por meio da equação de Torricelli

5 (1), se é possível atingir a alteração de velocidade com o requisito de conforto. Se não, a velocidade de entrada para o segmento é ajustada de modo que o requisito de conforto possa ser mantido.

A presente invenção não se restringe às concretizações descritas acima. Várias alternativas, modificações e equivalentes podem ser usados. As concretizações acima,

10 portanto, não limitam o âmbito da invenção que é definido pelas reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. Módulo para determinar valores de ponto de ajuste de velocidade v_{ref} para sistemas de controle de um veículo, compreendendo uma unidade de entrada adaptada para receber, por exemplo, pelo motorista do veículo, uma velocidade de referência v_{set} que é a velocidade desejada pelo motorista para o veículo, o módulo compreendendo:

- uma unidade de horizonte adaptada para determinar um horizonte por meio de dados de posição recebidos e dados de mapa de um itinerário constituído de segmentos de rota com pelo menos uma característica para cada segmento;

- uma unidade de processador adaptada para calcular v_{ref} ao longo do horizonte de acordo com regras pertencentes a categorias nas quais os segmentos dentro do horizonte são colocados, de modo que v_{ref} esteja dentro de uma faixa delimitada por v_{min} e v_{max} , em que $v_{min} \leq v_{set} \leq v_{max}$;

CARACTERIZADO pelo fato de que

a unidade de processador é adicionalmente adaptada para determinar um sinal de controle com parâmetros de controle para a unidade de controle de mudança de marcha automática do veículo, com base em um ou mais valores específicos do veículo e um valor de ponto de ajuste de velocidade calculado v_{ref} ao longo do horizonte futuro.

2. Módulo, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a unidade de processador é adaptada para calcular a carga do motor e a velocidade do motor ao longo do horizonte futuro com base em um ou mais valores específicos do veículo, e a referida carga do motor calculada e/ou velocidade do motor calculada sendo usada para determinar o referido um ou mais parâmetros de controle.

3. Módulo, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os parâmetros de controle compreendem um ou mais dentre os seguintes:

- os limites de velocidade do motor para mudança de marcha,
- distância ao topo da subida,
- gradiente médio da subida.

4. Módulo, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os parâmetros de controle compreendem um ou mais dentre os seguintes:

- um limite de velocidade inferior do motor para redução de marcha;
- um sinalizador indicando que um aumento de marcha não deve ocorrer;
- o gradiente do segmento atual e a distância restante até um segmento classificado como “subida suave” se o veículo estiver em um segmento classificado como “subida íngreme”;

- velocidade desejada na transição para a “subida suave” se o veículo estiver em um segmento classificado como “subida íngreme”.

5. Módulo, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a

unidade de processador é adaptada para: calcular valores limiares para a referida pelo menos uma característica dos segmentos de acordo com o referido um ou mais valores específicos do veículo, valores limiares estes que servem de limiares para designar segmentos a categorias diferentes; comparar pelo menos uma característica de cada
5 segmento com os valores limiares calculados e colocar cada segmento em uma categoria de acordo com os resultados das comparações.

6. Módulo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os referidos valores específicos do veículo são determinados pela relação de transmissão atual, pelo peso atual do veículo, pela curva de
10 torque máxima do motor, pela fricção mecânica e/ou pela resistência de deslocamento do veículo na velocidade atual.

7. Módulo, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as características dos segmentos são seu comprimento e gradientes, e a unidade de processador é adaptada para calcular os valores limiares na forma de valores limiares de
15 gradiente l_{min} e l_{max} .

8. Módulo, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as características dos segmentos são seu comprimento e gradientes, e a unidade de processador é adaptada para calcular os valores limiares na forma de valores limiares de aceleração lateral.

20 9. Módulo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os dados de posição são determinados pelo uso de GPS.

10. Módulo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a unidade de horizonte é adaptada para determinar o
25 horizonte continuamente, contanto que o horizonte não exceda um itinerário planejado para o veículo, e pelo fato de que a unidade de processador é adaptada para realizar continuamente as etapas para calcular e atualizar os valores de ponto de ajuste para o sistema de controle por toda a extensão do horizonte.

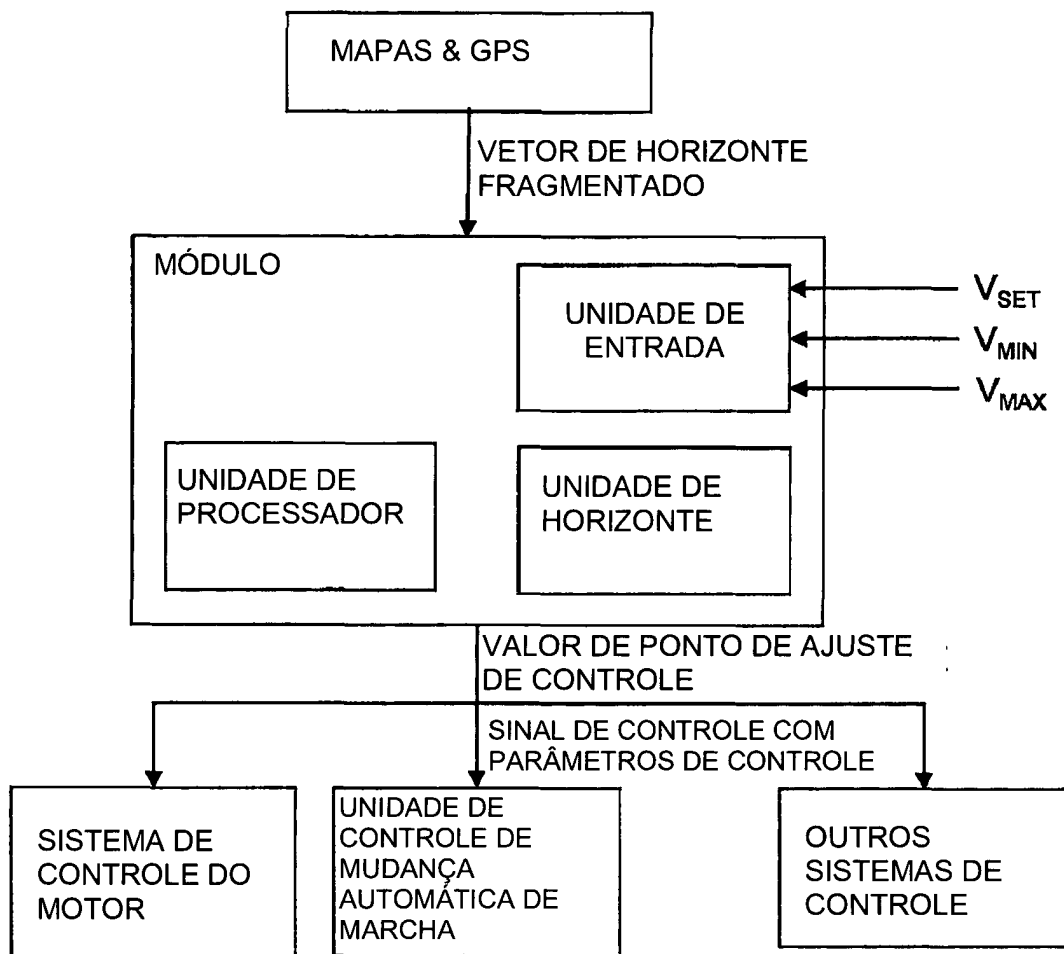


FIG. 1

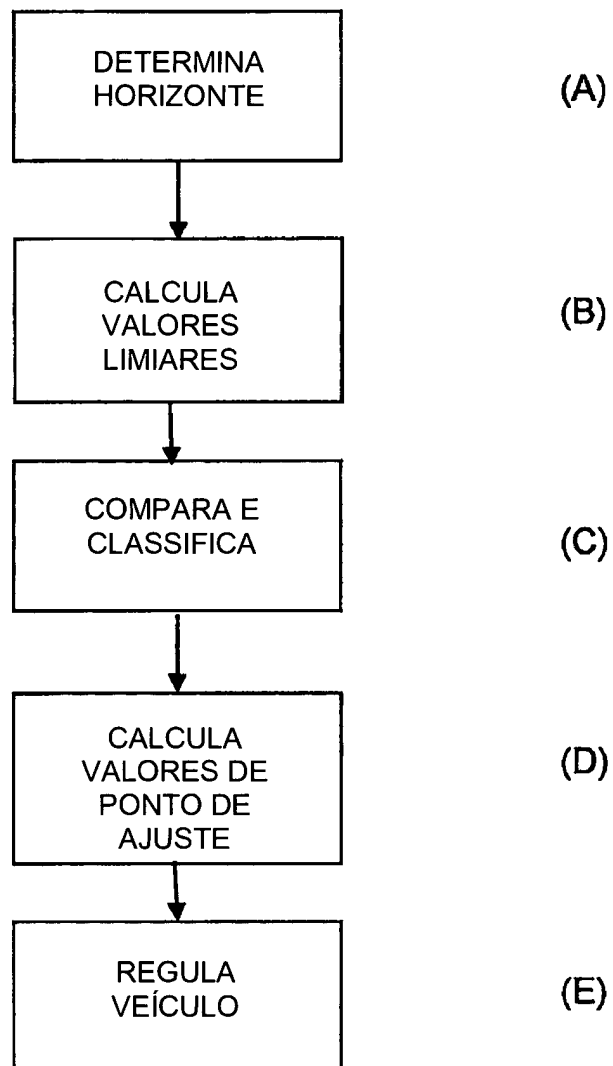


FIG. 2

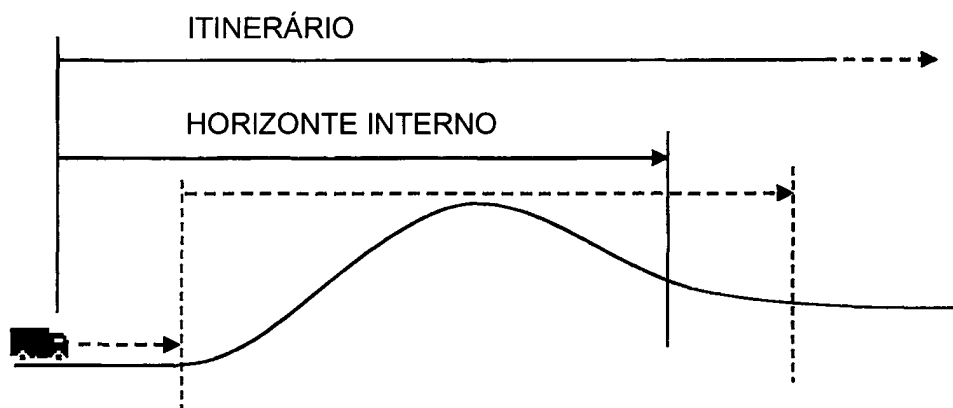


FIG. 3

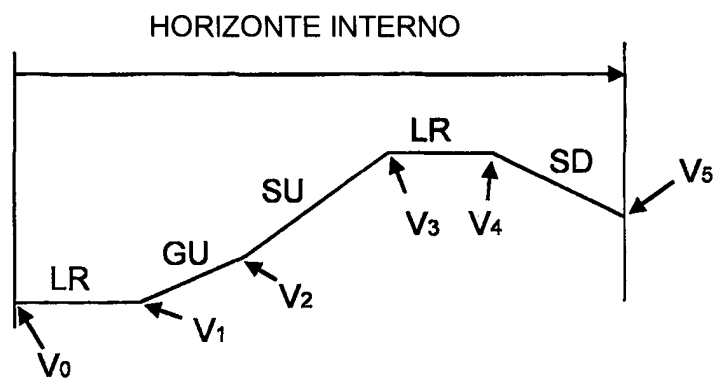


FIG. 4