

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

(21) **PI0710398-0 A2**

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



(51) *Int.Cl.:*
B60K 23/04 2006.01

(54) Título: **MÉTODO DE OPERAÇÃO DE UMA MÁQUINA DE TRABALHO ARTICULADA, MÁQUINA DE TRABALHO ARTICULADA, E CONTROLADA ELETRÔNICO**

(30) Prioridade Unionista: 20/04/2006 US 11/408,018

(73) Titular(es): CATERPILLAR INC.

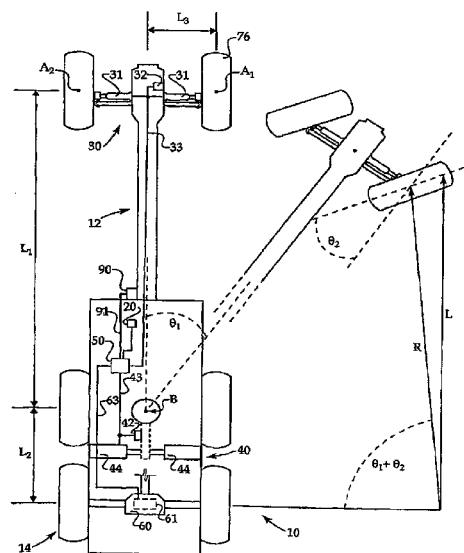
(72) Inventor(es): IMED GHARSALLI, PHILLIP A. NEWBERRY

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

(86) Pedido Internacional: PCT US2007006084 de 09/03/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/130213 de 15/11/2007

(57) Resumo: MÉTODO DE OPERAÇÃO DE UMA MÁQUINA DE TRABALHO ARTICULADA, MÁQUINA DE TRABALHO ARTICULADA, E CONTROLADOR ELETRÔNICO. Método de operação de uma máquina de trabalho articulada (10) inclui sensorear o ângulo de articulação e o ângulo de esterçamento de roda da máquina de trabalho (10) e controlar o estado de bloqueio do diferencial (60) em resposta ao raio de esterçamento da máquina de trabalho. Provê-se ademais uma máquina de trabalho articulada (10) incluindo uma unidade de chassi dianteira (12) com aparelho de esterçamento (30) e uma unidade de chassi traseira (14), e um aparelho de articulação (40) acoplado entre a unidade de chassi dianteira (12) e a unidade de chassi traseira (14). Ademais, provêem-se primeiro e segundo sensores (32, 42) operáveis para sensorear o ângulo de esterçamento de roda e o ângulo de articulação da máquina de trabalho (10), e um controlador eletrônico (50), configurados para seletivamente bloquear e desbloquear o diferencial (60) da unidade de chassi traseira (14) em resposta ao raio de esterçamento da máquina de trabalho (10).



"MÉTODO DE OPERAÇÃO DE UMA MÁQUINA DE TRABALHO ARTICULADA, MÁQUINA DE TRABALHO ARTICULADA, E CONTROLADOR ELETRÔNICO".

Campo da Invenção

- 5 A presente invenção se relaciona geralmente a métodos e aparelhos para controlar o estado de bloqueio de um diferencial de uma máquina de trabalho, em particular uma máquina de terraplanagem incluindo dispositivo de esterçamento de rodas.

10 Histórico da Invenção

- Muitas máquinas de trabalho operam em terrenos especialmente irregulares, onde a tração pode ser difícil. Máquinas de trabalho, tal como máquinas de terraplanagem, freqüentemente operam em terra solta, cascalho, etc., onde há tendência de uma ou mais rodas patinarem, enquanto a máquina avança sobre uma superfície. Quando a máquina de trabalho esterça, no entanto, é desejável que as rodas girem em velocidades diferentes, como convencionalmente. Mas, em condições de baixa tração, a diferenciação de rotação das rodas pode produzir o efeito desejável de prover potência motriz predominantemente ou somente às rodas girantes de um eixo, enquanto as outras rodas permanecem paradas.

- No passado, problemas de patinagem eram resolvidos por uma multiplicidade de meios. Um método de resolver problemas de patinagem de rodas era seletivamente aplicar um freio para frear a roda que patinasse para a potência motriz se dirigir para a roda oposta. Em uma estratégia, quando se detectasse a patinagem de uma roda de um eixo, o operador ou um controlador eletrônico seletivamente atuaria o freio na roda em questão para freá-la para permitir que a roda que estivesse patinando recuperasse alguma tração, dirigindo potência para a roda oposta. Embora o sistema de freio trabalhe bem em certas circunstâncias, tal sistema apresenta limitações. Uma destas limitações se relaciona ao calor gerado pela fricção do freio sobre componentes da roda, por fim,

transmitindo calor ao eixo. Por causa deste efeito, há limitações em quanto uma roda pode ser seletivamente freada até a temperatura exceder o valor tolerado pela máquina de trabalho. Ademais, a frenagem seletiva
5 obviamente provoca um desgaste e estrago adicional nos freios da máquina de trabalho.

Outra solução para o problema de patinagem de rodas é seletivamente bloquear o diferencial de um ou mais eixos de uma máquina de trabalho. Como discutido,
10 em operação normal, o diferencial permite que as rodas acopladas aos eixos girem em velocidades diferentes nas curvas, permitindo que as rodas girem independentemente enquanto a máquina de trabalho faz a curva. Ambos sistemas operados por operador ou computador, são
15 conhecidos, nos quais uma embreagem diferencial é engatada por um atuador para acoplar a rotação das rodas de um eixo. Acoplar rotacionalmente as rodas pode reduzir a patinagem das rodas e a resultante perda de tração, de maneira bem conhecida. Um problema inerente para
20 bloqueio de diferencial controlado por operador, assim como por sistemas controlados por computador, é o potencial de sobre-utilização e sub-utilização dos bloqueios. Em particular, os operadores freqüentemente se ocupam com uma pletora de preocupações e controles
25 durante a operação da máquina, e dão menos atenção ao bloqueio de diferencial. Assim, os diferenciais freqüentemente são bloqueados em situações onde estariam melhor desbloqueados, e vice-versa.

De outro lado, quando uma máquina de trabalho, com
30 diferencial desbloqueado, enfrenta más condições de piso, uma das rodas pode patinar significativamente antes de o operador decidir ativar o bloqueio de diferencial, ocasionando desgaste de rodas, pneus, e componentes de trem de força. Apesar do desgaste de máquina de
35 trabalho em virtude da sobre-utilização e sub-utilização do bloqueio de diferencial, os operadores obviamente são incapazes de focalizarem sua atenção a somente controlar

o diferencial. Conquanto, com certeza, isto seja desejável para conseguir um equilíbrio perfeito entre ocasionar um desgaste/estrago aos componentes e obter um certo nível de eficiência de operação, mesmo os melhores
5 operadores não são equipados/ capacitados para monitorar e controlar todos aspectos da operação de máquina, como seria necessário para atingir tal objetivo.

Várias estratégias de controle eletrônico foram desenvolvidas, para automatizar pelo menos parte do
10 controle com respeito ao estado de bloqueio de diferencial em uma máquina de trabalho, para permitir que o operador dê mais atenção a outras funções da máquina e tente reduzir os aspectos de sobre-utilização e sub-utilização. Uma destas estratégias é descrita na
15 Publicação de Pedido de Patente Nº 2003-237619 de Kenji, direcionada a um dispositivo de comutador de bloqueio de diferencial para uma máquina de trabalho que muda o estado de bloqueio de um diferencial com base no ângulo de articulação ou ângulo de esterçamento de roda
20 detectado. O desenvolvimento é descrito primariamente no contexto de uma máquina de terraplanagem com válvula hidráulica de controle de bloqueio de diferencial, aparentemente em conjunto com um bloqueio de diferencial pneumático/ hidráulico combinado. Embora Kenji descreva
25 uma solução que facilita um controle eletrônico para bloquear e desbloquear de diferencial, esta solução falha em considerar muitas condições de tensão de máquina estabelecidas, e muitos dos inconvenientes inerentes a uma estratégia de controle por operador ainda persistem.
30 O uso aparente de limites de esterçamento e articulação para bloquear e desbloquear o diferencial ademais somente algumas vezes provê um bloqueio e desbloqueio de diferencial apropriado, daí, prejudicando sua eficiência, qual eficiência resultando menor que ótimo, em particular
35 porque os limites, que levam em conta diferentes condições de operação, não variam.

A presente especificação visa atender um ou mais dos

problemas ou inconvenientes estabelecidos acima.

Sumário da Invenção

Em um aspecto, a presente invenção descreve um método para operar uma máquina de trabalho articulada. O método
5 reduz as etapas de determinar valor indicativo do ângulo de articulação da máquina de trabalho e de outro valor indicativo do ângulo de esterçamento de roda da máquina de trabalho, distinta do ângulo de articulação. O método adicionalmente inclui as etapas de controlar o estado de
10 bloqueio de um diferencial de máquina de trabalho em função do raio de esterçamento da mesma.

Em outro aspecto, a presente invenção provê uma máquina de trabalho articulada. A máquina de trabalho articulada inclui uma unidade de chassi dianteira incluindo um
15 aparelho de esterçamento de roda operável para esterçar a máquina de trabalho e uma unidade de chassi traseira acoplada à unidade de chassi dianteira incluindo um diferencial blocante. A máquina de trabalho ademais inclui um aparelho de articulação acoplado entre a
20 unidade de chassi dianteira e a unidade de chassi traseira também operável para esterçar a máquina. A máquina de trabalho ademais inclui um controlador eletrônico configurado para controlar pelo menos um dentre bloqueio e desbloqueio de diferencial em resposta
25 ao raio de esterçamento da máquina de trabalho.

Em ainda outro aspecto, a presente invenção provê um controlador eletrônico configurado para controlar o estado de bloqueio de diferencial de uma máquina de trabalho articulada, comparando, pelo menos em parte,
30 o raio de esterçamento da máquina com um raio de esterçamento mínimo, determinado com base na indicação de tensão associada a pelo menos um parâmetro de operação de máquina de trabalho.

Descrição Resumida dos Desenhos

35 A figura 1 é uma vista lateral diagramática de uma máquina de terraplanagem, de acordo com uma configuração da presente invenção;

A figura 2 é uma vista de topo diagramática de uma máquina de terraplanagem ilustrando uma unidade de chassi dianteira da máquina de trabalho em duas diferentes orientações em relação à unidade de chassi traseira da máquina de trabalho;

A figura 3 é um processo de controle exemplar, de acordo com a presente invenção; e

A figura 4 é outro processo de controle exemplar, de acordo com a presente invenção.

10 Descrição Detalhada da Invenção

Referindo-se à figura 1, é mostrada uma máquina de trabalho 10 de acordo com uma configuração da invenção. A máquina de trabalho 10 é mostrada no contexto de uma máquina de terraplanagem tendo uma unidade de chassi 15 dianteira 12 e uma unidade de chassi traseira 14 e um conjunto de lâmina ajustável 80. A máquina de trabalho 10 pode incluir uma cabine de operador 16 incluindo vários controles para operar a máquina de trabalho 10, incluindo um dispositivo de esterçamento 18, tal como uma direção 20 ou manete (joystick). A máquina de trabalho 10 pode ser esterçada com a direção 30 acoplada às rodas dianteiras 76, que giram em torno dos eixos geométricos A1 e A2. A máquina de trabalho 10 pode ser adicionalmente esterçada ajustando um eixo geométrico de articulação B 25 através de um aparelho de articulação 40, por exemplo, incluindo pelo menos um atuador de articulação 44. O dispositivo de direção 18 pode ser operável para controlar o ângulo de esterçamento de roda com o aparelho 30, conquanto pode ser provido outro controle de 30 esterçamento para ajustar o ângulo de articulação entre a unidade de chassi dianteira 12 e a unidade de chassi traseira 14, por exemplo um pedal ou alavanca. A máquina de trabalho 10 pode incluir um eixo traseiro 64 tendo um primeiro jogo de rodas 72 e um segundo jogo de rodas 74. 35 O respectivo jogo de rodas pode ser montado em tandem de modo convencional, de modo que todas as quatro rodas sejam tracionadas por um único eixo motriz da máquina de

trabalho 10. Um diferencial blocante 60 configurado para seletivamente rotacionalmente acoplar as rodas traseiras 72 juntas é adicionalmente provido e tem o estado de bloqueio controlado como descrito. Embora a máquina de trabalho 10 tenha sido ilustrada no contexto de uma máquina de terraplanagem, aqueles habilitados na técnica deverão apreciar que os ensinamentos desta igualmente serão aplicáveis a outras máquinas de trabalho que tenham dois meios de esterçamento, como descrito.

Vários aspectos da operação de uma máquina de trabalho 10 podem ser controlados eletronicamente. Para isto, a máquina de trabalho 10 inclui um controlador eletrônico 50 em comunicação com o dispositivo de esterçamento 18 através da linha de comunicação 21. Um dispositivo para ação de operador 20, tal como botão, tecla, alavanca, ou pedal para controle de bloqueio de diferencial, por exemplo, pode ser arranjado na cabine 16 e eletronicamente conectado ao controlador eletrônico 50 por outra linha de comunicação 63. Embora se contemple que a máquina de trabalho 10 sempre inclua meios para controlar eletronicamente o estado de bloqueio do diferencial 60, em certos casos pode ser desejável que o operador use controle manual, em qual caso a máquina de trabalho 10 deve incluir um aparelho com este propósito.

O estado de bloqueio do diferencial 60 pode ser ajustado por um atuador de embreagem 61 configurado para bloquear e desbloquear o diferencial 60, pela ação de engatar ou desengatar uma embreagem (não mostrada). O atuador de embreagem 61 pode ser operado com uma válvula de controle eletro-hidráulica (não mostrada), por exemplo. Uma linha de comunicação 63 pode conectar o atuador 61 com um atuador de embreagem 61, com este propósito.

A máquina de trabalho 10 pode adicionalmente incluir uma variedade de sensores, incluindo um sensor de ângulo de esterçamento de roda 31, configurado para determinar o ângulo de esterçamento de roda da máquina 10 através do ângulo que as rodas dianteiras 76 formam com a porção da

unidade de chassi dianteira 12. O sensor 31 pode ser acoplado a um controlador eletrônico 50 pela linha de comunicação 33. Um sensor de velocidade em relação ao solo 42 pode ser acoplado ao aparelho de articulação 40 e
5 ao controlador eletrônico 50 por ainda outra linha de comunicação 43. A máquina de trabalho 10 também pode incluir uma transmissão 52 com pelo menos duas marchas a frente, e um sensor de marcha de transmissão 54 ligada ao controlador eletrônico 50 pela linha de comunicação
10 55. A máquina de trabalho 10 ademais pode incluir sensores de patinagem de roda 70 que são operáveis para detectar uma condição de patinagem de roda da máquina 10 e que são acoplados ao controlador eletrônico 50 pela linha de comunicação 71.

15 O dispositivo de esterçamento 18 pode ser acoplado a um controlador eletrônico 50 pela linha de comunicação 21. Contempla-se que as informações enviadas a partir do sensor de esterçamento de roda 32 e do sensor de ângulo de articulação 42 podem ser usadas pelo controlador
20 eletrônico 50 para determinar o raio de esterçamento da máquina de trabalho 10, como descrito; no entanto valores tomados por sensor a partir da direção ou manete (não mostrado) e de um dispositivo de controle de ângulo de articulação (também não mostrado), ao invés, também
25 poderiam ser usados. Também se contempla tomar diretamente o raio de esterçamento. Ademais, embora, em certas configurações se contempla calcular o raio de esterçamento, em outras também poderiam ser usados raios de esterçamento mapeados correspondentes ao ângulo de
30 direção e à posição de manete. A significância do raio de esterçamento no contexto da presente invenção será explicada na descrição que segue.

A presente invenção adicionalmente provê um método de operação de uma máquina de trabalho articulada, tal como
35 uma máquina de trabalho 10. O método pode incluir determinar um valor indicativo de ângulo de articulação da máquina de trabalho 10, por exemplo, por um sensor de

ângulo de articulação 42. Aqui, o termo "valor indicativo" se refere a uma medição direta da quantidade ou característica visada, assim como medições indiretas, por exemplo, de uma quantidade ou característica diferente relacionada à quantidade ou característica visada. O método pode adicionalmente incluir determinar outro valor indicativo de um ângulo de esterçamento de roda da máquina de trabalho 10, diferente do ângulo de articulação, por exemplo, pelo sensor de esterçamento de roda 32. Os valores indicativos de ângulo de esterçamento de roda e ângulo articulação são descritos como sendo separados para enfatizar que os ângulos de esterçamento e articulação instantâneos são características operacionais diferentes da máquina de trabalho 10.

O método adicionalmente pode incluir controlar o estado de bloqueio do diferencial 60 em resposta ao raio de esterçamento. Contempla-se que a máquina de trabalho 10 pode, mas não precisa, operar em um estado de diferencial bloqueado *default*. O controle de bloqueio/ desbloqueio de diferencial 60 pode ser efetuado com base no raio de esterçamento da máquina de trabalho 10, como descrito. Como mencionado, o raio de esterçamento pode ser calculado pelo controlador eletrônico 50 em tempo real utilizando informações a partir dos sensores 32 e 42, por exemplo. Referindo-se à figura 2, é mostrada uma máquina de trabalho 10 nas primeira e segunda orientações em reta e em curva ditadas por ambos, ângulo de esterçamento de roda e ângulo de articulação. Também na figura 2, certos valores úteis para calcular raio de esterçamento com base nos ângulos de articulação e esterçamento de direção θ_1 e θ_2 , respectivamente, onde diversas dimensões de comprimento da máquina de trabalho 10 são conhecidas. Na figura 2, L1 e L2 representam o comprimento da linha de centro aproximada da máquina 10 (não mostrada) ao centro da roda dianteira direita, onde R é o raio de esterçamento a ser determinado e L um comprimento a ser determinado, geralmente paralelo

à linha de centro longitudinal da máquina 10 entre os eixos dianteiro e traseiro nos pontos mais próximos, com a máquina de trabalho na orientação em curva.

O cálculo de R pode ser feito dividindo L por $\sin(\theta_1 + \theta_2)$,
 5 quando o quociente deste termo for igual ao raio de esterçamento R. L é determinado pelo seu relacionamento com L1, L2 e L3 pela equação $L = L_2 + L_1 \cos(\theta_1) - L_3 \sin(\theta_1)$. Por conseguinte, quando os ângulos de esterçamento e articulação são conhecidos, o raio de esterçamento pode
 10 ser prontamente calculado. O cálculo do raio de esterçamento R é aplicável, com o método presentemente descrito, a despeito de a máquina de trabalho 10 virar por ambos esterçamento e articulação ou por apenas um destes. A seguir, mesmo quando a máquina de trabalho 10
 15 opera em modo "caranguejo", esterçamento e articulação que são colocados diferentemente - um em ângulo positivo, e outro em ângulo negativo, por exemplo, o cálculo acima determina o raio de esterçamento, que, por sua vez, é usado para controlar o estado de bloqueio da máquina de
 20 trabalho 10, como descrito. Deve ser apreciado por aqueles habilitados na técnica que, conquanto o cálculo do raio de esterçamento proporcione um parâmetro elegante e relativamente preciso para determinar bloqueio e desbloqueio de diferencial, alternativamente também pode
 25 ser usada uma estimativa. Similarmente, em certas configurações, o raio de esterçamento não precisa ser calculado, mas, ao invés, incorporado em um mapa multidimensional com as coordenadas do ângulo de esterçamento e ângulo de articulação referentes ao raio
 30 de esterçamento.

O método da presente invenção pode adicionalmente incluir a etapa de determinar um raio de esterçamento mínimo para um estado de diferencial bloqueado. A etapa de controlar o estado bloqueado de diferencial 60 também pode
 35 compreender comandar desbloquear o diferencial 60 com o controlador eletrônico 50 em resposta a um raio de esterçamento efetivo menor ou igual ao raio de

esterçamento mínimo determinado. Em outras palavras, quando o operador faz uma curva com a máquina 10 com diferencial 60 bloqueado, o controlador eletrônico 50 pode comandar o desbloqueio do diferencial 60, se e
5 quando o raio de esterçamento fica igual ou menor que o raio de esterçamento mínimo. Similarmente, em certas configurações, o controlador eletrônico 50 pode comandar o rebloqueio do diferencial 60, em qual caso o raio de esterçamento volta para um valor maior que o raio de
10 esterçamento mínimo, quando o operador volta a máquina de trabalho 10 para perto de um percurso em linha reta. Quando o raio de esterçamento mínimo varia com base em condições operacionais, como tipicamente acontece, a velocidade em relação ao solo, que pode ser
15 determinada, por exemplo, por informações transmitidas para o controlador eletrônico 50 a partir do sensor de velocidade 90, pode ser incorporada na determinação de raio de esterçamento mínimo. Geralmente, quanto maior a velocidade em relação ao solo maior será o raio de
20 esterçamento mínimo, no qual será aplicado um estado de diferencial bloqueado. Virar uma máquina de trabalho 10 com diferencial bloqueado em velocidades relativamente altas pode induzir esforços e desgastes relativamente mais acentuados a vários componentes em um dado raio de
25 esterçamento, que em velocidades relativamente mais baixas no mesmo raio de esterçamento. Assim, em uma configuração, um controlador eletrônico 50 pode receber uma informação de velocidade e então determinar um raio de esterçamento mínimo em resposta à mesma. Em uma
30 configuração, uma velocidade máxima pode ser determinada na qual nunca será permitido o bloqueio de diferencial, a despeito do raio de esterçamento. Uma marcha de transmissão máxima, na qual o diferencial é bloqueado, também pode ser usada, por exemplo, por valores
35 sensoreados pelo sensor 54 e enviados ao controlador eletrônico 50. Outro parâmetro operacional que pode afetar o raio de

esterçamento mínimo para uma condição de diferencial bloqueado pode ser uma condição de estabilidade a capotamento da máquina 10. A estabilidade a capotamento pode ser determinada com base na inclinação e orientação da máquina de trabalho 10 com respeito à inclinação, velocidade em relação ao solo e ângulos de articulação e esterçamento, por exemplo. Ao invés, ou em adição, o uso de somente velocidade em relação ao solo para determinar um raio de esterçamento mínimo, o fator de operação visado pode ser a tendência de capotar a máquina 10. Para velocidades relativamente mais altas ou para graus de inclinação maiores, a estabilidade a capotamento tende a ser relativamente mais baixa para um dado ângulo de articulação e ângulo de esterçamento de roda. Por exemplo, quando um operador conduz a máquina de trabalho 10 ao longo de uma superfície inclinada em uma velocidade relativamente alta e tenta fazer uma curva ascendente relativamente apertada, em tese, a máquina pode virar. Em velocidades relativamente mais baixas e em inclinações relativamente menos acentuadas, a estabilidade a capotamento pode ser relativamente maior para um dado ângulo de articulação e ângulo de esterçamento de roda. Então, o raio de esterçamento mínimo pode variar com base na estabilidade a capotamento em um dado momento, geralmente relacionado a propriedades de massa de máquinas de trabalho individuais. A estabilidade a capotamento pode ser determinada, em tempo real, por exemplo, tomando a proporção de peso e quaisquer outras cargas na máquina 10 suportada por cada roda. Quando as rodas esquerda ou direita, por exemplo, suportam uma proporção de peso da máquina 10 maior que aquela considerada apropriada, pode implicar em uma indesejada condição de estabilidade a capotamento. A determinação em tempo real similar pode ser feita tomando a velocidade em relação ao solo, os ângulos de esterçamento e articulação, e então calculando a relativa probabilidade de capotamento.

A estabilidade a capotamento também pode ser determinada com base no relacionamento conhecido entre o ângulo de articulação, o ângulo de esterçamento de roda, a inclinação e a velocidade em relação ao solo, por exemplo. Neste caso, um mapa de raios de esterçamento mínimos pode incluir uma coordenada de estabilidade a capotamento associada à velocidade em relação ao solo sensoreada, inclinação, e ângulos de articulação e esterçamento. Assim, ao invés de calcular a estabilidade a capotamento em tempo real, o controlador eletrônico 50 pode utilizar informações de sensor para determinar a estabilidade a capotamento através de um mapa, e então a partir daí determinar o raio de esterçamento mínimo. Tal mapa pode ser desenvolvido por dados experimentais, modelagem, ou ambos para uma certa classe de máquinas, por exemplo. Em uma configuração, o mapa pode ser preenchido através de uma série de testes para determinar a estabilidade a capotamento para diferentes condições de operação. Por exemplo, uma série de testes poderia ser conduzida em uma máquina de terraplanagem em várias velocidades, em várias inclinações, e executando uma série de curvas com ângulos de articulação e esterçamento ajustados em diferentes valores. As combinações dos vários fatores de operação que determinam a probabilidade de a máquina de trabalho tombar, então podem ser gravadas e usadas para preencher o mapa. Uma simulação por computador de condições variadas e seus efeitos sobre a estabilidade a capotamento, também pode ser efetuada, ao invés ou em adição a usar dados empíricos.

O raio de esterçamento mínimo pode adicionalmente ser determinado com base no indício de tensão na máquina de trabalho 10. Como usado aqui, o termo "indício de tensão" se refere a qualquer quantidade mensurável ou observável que possa direta ou indiretamente causar ou influenciar a máquina de trabalho 10 ou uma porção desta a experimentar tensões mecânicas ou desgastes indesejados. A determinação de indício de tensão deve ser entendida

em determinar que há condições onde a máquina 10 possivelmente experimenta um nível inaceitável de tensão, esforço, ou desgaste. Esta determinação pode ser feita tomando certos parâmetros de operação que indicam
5 as condições de tensão de máquina 10 como descrito. A presente invenção, por conseguinte, deve permitir, de modo amplo, que o raio de esterçamento mínimo para máquina de trabalho 10 seja determinado com base na extensão em que partes selecionadas da máquina sejam
10 tensionadas durante operação ou tipos específicos de tensão ou desgaste que ela experimenta. Deve ser apreciado que tipos específicos de tensão, esforço, desgaste etc. de interesse dependem do tipo e especificação de uma particular máquina, assim como
15 do ambiente de trabalho.

Descobriu-se que máquinas de terraplanagem, por exemplo, devido a seu projeto e uso podem ser relativamente mais prováveis que outros tipos de máquinas de trabalho de experimentar significativa tensão nos chassi e aparelhos
20 de articulação, que coletivamente são chamados de tensão. O uso de uma unidade de chassi dianteira relativamente mais longa em uma máquina de terraplanagem pode resultar que aquela porção da máquina seja submetida a forças substanciais durante operação, em particular quando a
25 máquina é articulada. Em adição, o comprimento significativo da unidade dianteiro pode adicionalmente resultar em tensões relativamente maiores que são transmitidas a outros componentes, quando a unidade de chassi dianteira mais longa atua como um braço de
30 alavanca relativamente grande. Quando a máquina de terraplanagem é articulada e virada com o diferencial bloqueado, as tensões resultantes, em alguns casos, podem ser suficientes para romper ou deformar a unidade de chassi dianteira, o aparelho de articulação, ou outros
35 componentes. Outros tipos de máquinas provavelmente implicam em diferentes considerações de tensão, relacionadas a girar um diferencial bloqueado.

Deve ser apreciado que a determinação em tempo real de indício de tensão da máquina de trabalho 10, tal como tensão, pode ser usada para determinar o raio de esterçamento mínimo, por exemplo, tomando parâmetros de

5 operação de certas condições de tensão da máquina 10 em operação. Com este propósito, a máquina de trabalho 10 pode ser equipada com um ou mais extensômetros (strain gages) (não mostrados) configurados para tomar tensões relativas em componentes selecionados da unidade

10 de chassi dianteira 12, unidade de chassi traseira 14, ou aparelho de articulação 40 durante operação. Se durante uma curva, a tensão tomada em partes da máquina for excessiva, o diferencial 60 será desbloqueado ou impedido de bloquear.

15 Contempla-se, no entanto, que para determinar o tempo real de tensão usando a estratégia de implementação prática pode utilizar indício de tensão e parâmetros de operação para um mapa de raio de esterçamento mínimo. Então o mapa de raio de esterçamento mínimo referenciado

20 por controlador eletrônico 50 pode incluir uma coordenada de tensão para um dado jogo de condições de operação que foi, empiricamente ou por simulação, associada a um dado jogo de condições de operação. Um ou mais parâmetros de operação, associados às condições de tensão particular,

25 podem ser tomados durante a operação para alertar o controlador eletrônico 50, por exemplo, por um mapa, que o raio de esterçamento mínimo deve ser estabelecido em um certo valor particular. Similarmente à estabilidade a capotamento, o nível de tensão pode depender de vários

30 fatores, tais como velocidade em relação ao solo, ângulos de esterçamento e articulação, ou outros fatores. Tensões no trem de força pode representar outra área de interesse que afeta o raio de esterçamento mínimo. O método presentemente descrito inclui sensorear um

35 parâmetro de operação indicativo de tensão no trem de força na máquina de trabalho 10. Em uma configuração, o parâmetro de operação indicativo de tensão no trem de

força pode incluir um parâmetro de operação indicativo de torque em pelo menos uma porção do trem de força da máquina 10. Um valor tomado indicativo de torque pode ser usado para determinar o raio de esterçamento mínimo, por exemplo, um valor inserido no controlador eletrônico a partir de um sensor de torque operativamente acoplado a uma porção do trem de força. Certas tensões no trem de força da máquina 10 são inerentes em qualquer operação. No entanto, quando a máquina 10 vira, podem ocorrer tensões relativamente altas no trem de força, incluindo semi-eixos, eixos árvores, diferencial, e engrenagens, com diferencial 60 bloqueado, em comparação com aquele não-bloqueado. Com este propósito, a máquina de trabalho 10 pode incluir um sensor de torque (não mostrado) acoplado ao seu eixo de entrada ou saída de transmissão ou a outra porção do trem de força. As condições de tensão de trem de força podem ser determinadas em tempo real e de novo se contempla que o uso de valores mapeados de raios de esterçamento mínimos correspondentes a certos parâmetros de operação associados a tensões no trem de força pode prover uma estratégia de implementação prática. Os níveis relativos de tensão no trem de força em certas condições podem ser determinados empiricamente em máquinas de teste ou em simulação, e então usados para preencher um mapa. Tensões no trem de força, por sua vez, variam com base no raio de esterçamento da máquina 10. Então, para manter as tensões no trem de força em limites razoáveis, o raio de esterçamento mínimo para um estado de diferencial bloqueado pode ser relativamente maior, e relativamente menos onde as tensões no trem de força são relativamente altas e relativamente mais baixos, onde as tensões de trem de força são relativamente mais baixas. A marcha de transmissão também pode afetar as tensões no trem de força e, portanto, um parâmetro de operação a ser sensoreado, que é indicativo da tensão no trem de força e associado ao torque no trem de força, pode ser a marcha

de transmissão.

O método pode adicionalmente incluir determinar condição de patinagem de roda da máquina 10, e comandar o bloqueio de diferencial 60 em resposta a uma determinada patinagem de roda. Assim, a máquina de trabalho 10 pode usar sensores de patinagem 70 para determinar que a roda está patinando, comparando a velocidade rotacional sensoreada com a velocidade esperada para uma dada velocidade em relação ao solo, por exemplo. Comandar o bloqueio de diferencial 60 em resposta à condição de patinagem também pode incluir comandar o bloqueio, a menos se houver condição de bloqueio não-adequada. Em outras palavras, se houver uma condição de bloqueio não adequada, tal como condição de tensão, de estabilidade a capotamento, ou outras condições, tal como um raio de esterçamento menor que o raio de esterçamento mínimo, então o bloqueio de diferencial 60 pode ser inibido. Como estabelecido, a máquina de trabalho 10 pode ter um modo manual, onde o operador seletivamente comande bloqueio e desbloqueio de diferencial 60, por exemplo, através de um sinal de controle a partir do dispositivo de operador 20. O controlador eletrônico 50, no entanto, pode ser configurado para cancelar o sinal de controle do operador, frente a uma condição de bloqueio não-adequada. O controlador eletrônico 50 pode ser configurado, por exemplo, por um algoritmo de controle para controlar pelo menos um dentre bloqueio e desbloqueio de diferencial, em resposta ao raio de esterçamento da máquina de trabalho 10. Assim, o controlador eletrônico 50 pode incluir um meio legível por computador, tal como RAM, ROM, etc., onde é gravado um algoritmo de controle de estado de bloqueio de diferencial. Em algumas configurações, um hardware dedicado pode realizar parte do controle de bloqueio de diferencial, ao invés de somente por software. O controlador eletrônico 50 pode ademais ser configurado para determinar indício de tensão da máquina 10. Como descrito, a determinação de indício

de tensão não supõe que o controlador eletrônico 50 determine o indício em tempo real. Em outras palavras, o indício de tensão pode ser determinado em um mapa, onde as condições de tensão de relacionamento conhecido para
 5 certos parâmetros de operação podem ser determinadas. Ademais, o controlador eletrônico 50 pode ser configurado de modo a gerar um sinal de controle de desbloqueio para o diferencial 60, onde um raio de esterçamento é menor ou igual ao raio de esterçamento mínimo, que
 10 também é determinável pelo controlador eletrônico 50. Assim, o controlador eletrônico 50 pode comparar o raio de esterçamento determinado com o raio de esterçamento mínimo para um dado jogo de condições de operação.

Aplicação Industrial

15 Virar a máquina de trabalho 10, tipicamente é conseguido pela atuação do operador sobre o dispositivo de esterçamento 18 e aparelho de articulação 40. Quando o dispositivo de esterçamento 18 é ajustado, o controlador eletrônico 50 deve enviar um sinal de
 20 controle ao aparelho de esterçamento 30, como atuador 31, de modo que cilindros hidráulicos movimentem as rodas 76 apropriadamente em seus respectivos eixos A1 e A2. O operador pode simultaneamente atuar um dispositivo de controle para ajustar o ângulo de articulação da máquina
 25 de trabalho 10 de modo que atuadores 44 - por exemplo, cilindros hidráulicos, movimentem apropriadamente para a posição a unidade de chassi dianteira 12 em um certo ângulo em torno do eixo B em relação à unidade de chassi traseira 14.

30 Como descrito, o diferencial 60 pode ser normalmente inclinado em direção a um estado bloqueado, mas, ao invés, também pode ter um estado desbloqueado *default*. No modo de controle de bloqueio de diferencial automatizado, enquanto o operador vira a máquina 10,
 35 sensores de velocidade 90 podem transmitir um sinal de velocidade ao controlador eletrônico 50. O sensor de ângulo de esterçamento de roda 32 e o sensor de ângulo de

articulação 42 tipicamente se comunicam com o controlador eletrônico 50. O controlador eletrônico 50, assim, pode determinar ou estimar o raio de esterçamento efetivo da máquina de trabalho 10 em tempo real. Em resposta

5 aos valores inseridos a partir de vários sensores como descrito, o controlador eletrônico 50 pode determinar um raio de esterçamento mínimo para um estado de diferencial bloqueado da máquina 10. Este componente permite que o raio de esterçamento resulte das condições de operação,

10 pelo menos em certas configurações. Se o raio de esterçamento determinado for igual ou menor que o raio de esterçamento mínimo, o controlador eletrônico 50 gera um sinal de desbloqueio de diferencial para o atuador 61 desbloquear o diferencial 60. Se, subsequente,mente,

15 o operador voltar a máquina 10 para uma condição onde o raio de esterçamento efetivo é maior que o raio de esterçamento mínimo, o controlador eletrônico 50 gera um sinal de controle de bloqueio de diferencial 61 para fazer o diferencial 60 voltar para o estado bloqueado.

20 Alternativamente, o rebloqueio do diferencial 60 pode ser feito somente em comando manual. A máquina 10 em modo manual de controle de bloqueio de diferencial, o controlador eletrônico 50 pode realizar muitas das mesmas operações, no entanto, pode cancelar a tentativa

25 de o operador bloquear o diferencial 60, se houver uma condição não-adequada de bloqueio, como descrito.

Na figura 3, um processo de controle 100 exemplar para controlar o estado bloqueado do diferencial 60 é mostrado. O processo de controle 100 tipicamente deve

30 começar em START 110 e pode seguir para ETAPA 120, onde a máquina de trabalho 10 inicia a curva. Da ETAPA 120, o processo pode seguir para ETAPA 130, onde o controlador eletrônico 50 pode determinar se o diferencial está bloqueado. Se não estiver, na ETAPA 130, o processo pode

35 seguir para a ETAPA 200 FIM, mas se, ao invés, estiver, na ETAPA 130 o processo pode seguir para ETAPA 140, onde o controlador eletrônico 50 provê o raio de esterçamento

mínimo, como descrito. A determinação na ETAPA 140 pode incluir pelo menos um mapa 145, como descrito.

Da ETAPA 140, o processo pode seguir para a ETAPA 150, onde o controlador eletrônico 50 pode determinar o ângulo de articulação da máquina de trabalho 10 com o sensor 42. Da ETAPA 150, o processo pode seguir para a ETAPA 160, onde o controlador eletrônico 50 pode tomar o ângulo de esterçamento de roda da máquina de trabalho 10 com o sensor 32. Da ETAPA 160, o processo pode seguir para ETAPA 170, onde o controlador eletrônico 50 pode determinar o raio de esterçamento da máquina de trabalho 10. Da ETAPA 170, o processo pode seguir para a ETAPA 180, onde o controlador eletrônico 50 pode comparar o raio de esterçamento com o raio de esterçamento mínimo. Em particular, na ETAPA 180, o controlador eletrônico 50 pode verificar se o raio de esterçamento determinado é menor ou igual ao raio de esterçamento mínimo. Se na ETAPA 180, o raio de esterçamento determinado for menor ou igual ao raio de esterçamento mínimo, o processo pode seguir para a ETAPA 190, onde o controlador eletrônico 50 pode emitir um sinal de controle para desbloquear o diferencial 60, e então terminar em FIM 200. Se, contudo, na ETAPA 180, o raio de esterçamento determinado não for menor que o raio de esterçamento limite, o processo pode voltar para a ETAPA 140, onde o controlador eletrônico 50 pode novamente determinar o raio de esterçamento mínimo.

Com referência à figura 4, é mostrado outro processo de controle exemplar, de acordo com a presente invenção. O processo de controle 210 é exemplar de um modo de controle de bloqueio de diferencial manual, onde o controlador eletrônico pode cancelar a tentativa de o operador bloquear diferencial 60 em certas situações. O processo de controle 210 pode começar em START 220 e em seguida pode seguir para a ETAPA 230, onde o controlador eletrônico 50 pode receber um sinal de controle de bloqueio de diferencial, por exemplo,

um sinal de controle a partir do dispositivo de operador
20 para bloquear o diferencial 60. Da ETAPA 230, o
processo pode seguir para a ETAPA 240, onde o controlador
eletrônico 50 pode determinar uma velocidade em relação
5 ao solo da máquina 10 a partir de um sensor de velocidade
90. Da ETAPA 240, o processo pode seguir para a ETAPA
250, onde o controlador eletrônico pode verificar se
a velocidade em relação ao solo determinada é maior que
um valor limite. Se for, o processo termina em FIM 330
10 sem bloquear o diferencial 60, mas se, ao invés, na ETAPA
250, a velocidade não for maior que o valor limite,
o processo pode seguir para a ETAPA 260, onde
o controlador eletrônico 50 pode determinar a marcha da
máquina 10. Da ETAPA 260, o processo pode seguir para
15 a ETAPA 270, onde o controlador eletrônico 50 pode
verificar se a marcha determinada é maior que a marcha
mais baixa. Se for, então o processo termina em FIM 330,
sem bloquear o diferencial 60, mas, contudo, se não for,
o processo pode seguir para a ETAPA 280.
20 Na ETAPA 280, o controlador eletrônico 50 pode determinar
o ângulo de esterçamento de roda da máquina 10,
por exemplo, por informações a partir do sensor de ângulo
de esterçamento de roda. Da ETAPA 280, o processo pode
seguir para a ETAPA 290, onde o controlador eletrônico 50
25 pode determinar o ângulo de articulação da máquina 10,
por exemplo pelo sensor de articulação 42. Da ETAPA 290,
o processo pode seguir para a ETAPA 300, onde
o controlador eletrônico 50 pode determinar o raio de
esterçamento da máquina de trabalho. Da ETAPA 300,
30 o processo pode seguir para a ETAPA 310, onde
o controlador eletrônico 50 pode verificar se o raio de
esterçamento é menor ou igual ao raio de esterçamento
mínimo. Se, na ETAPA 310, o raio de esterçamento resultar
menor ou igual que o raio de esterçamento mínimo,
35 o processo pode seguir para a ETAPA 320, onde
o controlador eletrônico 50 pode enviar um sinal de
controle ao diferencial 60 e ajustar o atuador 61 para

bloquear diferencial 60. Da ETAPA 320, o processo pode seguir para FIM 330.

A presente invenção assim provê um método e aparelho de controle de bloqueio de diferencial, que utiliza o raio de esterçamento para determinar a conveniência de bloquear o diferencial. Assim, o raio de esterçamento pode ser usado para determinar se o diferencial 60 deve ser bloqueado, ou se uma tentativa de o operador bloquear o diferencial 60 deve ser cancelada em certos casos. O uso de raio de esterçamento provê uma solução mais elegante que soluções anteriores, tal como a solução proposta por Kenji, por uma série de razões. Na maior parte das vezes, o raio de esterçamento será mais proximamente associado a várias tensões na máquina que apenas ao ângulo de esterçamento de roda ou articulação. Por exemplo, quando um simples ângulo limite de esterçamento e ângulo limite de articulação for usado, o bloqueio de diferencial pode ser efetuado em situações inadequadas e ao contrário ser impedido em situações onde seria mais adequado o diferencial bloqueado. Ademais, o raio de esterçamento é aplicável a todos modos suprimindo o requisito, em algumas soluções anteriores, que devem ser consideradas diferenças de direção de articulação e ângulo de esterçamento de roda. Conseqüentemente, a implementação de um método e sistema de controle de bloqueio de diferencial de acordo com a invenção confere uma maior eficiência de operação em relação a soluções anteriores. Uma maior eficiência, no entanto, que não terá um resultado indesejado de tensão, desgaste, etc. indevido sobre a máquina, na medida que esta reconhece fatores desconhecidos com base na adequação/ inadequação de diferentes condições de bloqueio/ desbloqueio de diferencial.

A especificação foi descrita com um propósito meramente ilustrativo, que não deve ser tomada em nenhum sentido como limitante para o escopo da invenção. Portanto, aqueles habilitados na técnica devem apreciar que várias

modificações poderão ser feitas às configurações presentemente descritas, sem fugir de seu espírito e escopo. Assim, conquanto a invenção tenha sido discutida no contexto de uma máquina de terraplanagem, nem por isto se limita a esta. Outros aspectos e vantagens serão aparentes através de um exame minucioso dos desenhos e figuras e reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1- Método de operação de uma máquina de trabalho articulada, caracterizado pelo fato de compreender as etapas de:

- 5 - determinar um valor indicativo de um ângulo de articulação da máquina de trabalho (10);
- determinar outro valor indicativo de um ângulo de esterçamento de roda da máquina de trabalho (10) diferente do ângulo de articulação; e
10 - controlar um estado de bloqueio de um diferencial (60) da máquina de trabalho (10) em função de seu raio de esterçamento;

2- Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de adicionalmente compreender um
15 raio de esterçamento mínimo para o estado de diferencial bloqueado, sendo que a etapa de controlar o estado de bloqueio do diferencial (60) compreende comandar o desbloqueio do diferencial (60) em resposta ao raio de esterçamento, menor ou igual ao raio de esterçamento
20 mínimo.

3- Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de adicionalmente compreender a etapa de determinar uma condição de estabilidade a capotamento da máquina de trabalho (10) com base, pelo
25 menos em parte, na velocidade em relação ao solo sensoreada na articulação detectada e no ângulo de esterçamento de roda sensoreado, sendo que a etapa de determinar o raio de esterçamento mínimo para o estado de diferencial bloqueado inclui determinar o raio de
30 esterçamento mínimo com base, pelo menos em parte, na condição de estabilidade a capotamento determinada.

4- Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de adicionalmente compreender a etapa de determinar um indício de tensão na máquina de
35 trabalho (10), sendo que a etapa de determinar o raio de esterçamento mínimo para o estado de diferencial bloqueado inclui determinar um raio de esterçamento

mínimo com base, pelo menos em parte, no indício de tensão determinado.

5- Método, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de a etapa de determinar o indício de tensão na máquina de trabalho (10) compreender a etapa de sensorear pelo menos um parâmetro de operação indicativo de uma condição de tensão da máquina de trabalho (10) incluindo sensorear um parâmetro de operação indicativo de torque em pelo menos uma porção do trem de força da máquina de trabalho (10).

6- Método, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de a etapa de sensorear pelo menos um parâmetro de operação indicativo de uma condição de tensão da máquina de trabalho (10) incluir sensorear pelo menos um parâmetro de operação indicativo de tensão de chassi da máquina de trabalho (10).

7- Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de adicionalmente compreender as etapas de:

- determinar uma condição de patinagem de roda da máquina de trabalho (10), sendo que a etapa de controlar o estado de bloqueio do diferencial (60) compreende comandar o bloqueio do diferencial (60) em resposta a uma determinada condição de patinagem de roda, a menos que ocorra uma condição de bloqueio não-adequada; e

- receber um sinal de controle de bloqueio de diferencial solicitado por operador, sendo que a etapa de controlar o estado de bloqueio do diferencial compreende cancelar o sinal de controle, se houver uma condição não-adequada de bloqueio incluindo pelo menos uma condição dentre condição de tensão, uma condição de tensão de trem de força, uma condição de raio de esterçamento, e uma condição de estabilidade a capotamento.

8- Máquina de trabalho articulada, caracterizada pelo fato de compreender:

- uma unidade de chassi dianteira (12) incluindo um aparelho de esterçamento de roda (30) operável para

esterçar a máquina de trabalho (10);

- uma unidade de chassi traseira (14) acoplada à unidade de chassi dianteira (12) e incluindo um diferencial blocante (60);

5 - um aparelho de articulação (40) engatado entre a unidade de chassi dianteira (12) e a unidade de chassi traseira (14), e operável para esterçar a máquina de trabalho (10); e

- um controlador eletrônico (50) configurado para
10 controlar pelo menos um dentre bloquear e desbloquear o diferencial (60) em resposta ao raio de esterçamento da máquina de trabalho (10).

9- Máquina, de acordo com a reivindicação 8, caracterizada pelo fato de:

15 - o citado controlador eletrônico (50) ser configurado para determinar o indício de tensão na citada máquina de trabalho (10) e determinar o raio de esterçamento mínimo com base, pelo menos em parte neste indício, sendo que o citado controlador eletrônico (50) adicionalmente
20 é configurado para gerar um sinal de controle de desbloqueio de diferencial para o citado diferencial (60), onde o raio de esterçamento determinado é menor ou igual ao raio de esterçamento mínimo;

- o citado controlador eletrônico (50) ser ainda
25 configurado para determinar o raio de esterçamento mínimo, pelo menos em parte, através de um mapa, onde uma primeira coordenada é associada a um parâmetro de operação da citada máquina de trabalho (10), uma segunda coordenada é associada a pelo menos uma condição de
30 tensão da citada máquina de trabalho (10), e uma terceira coordenada é associada ao raio de esterçamento mínimo da citada máquina de trabalho (10); e

a citada máquina de trabalho (10) adicionalmente compreender:

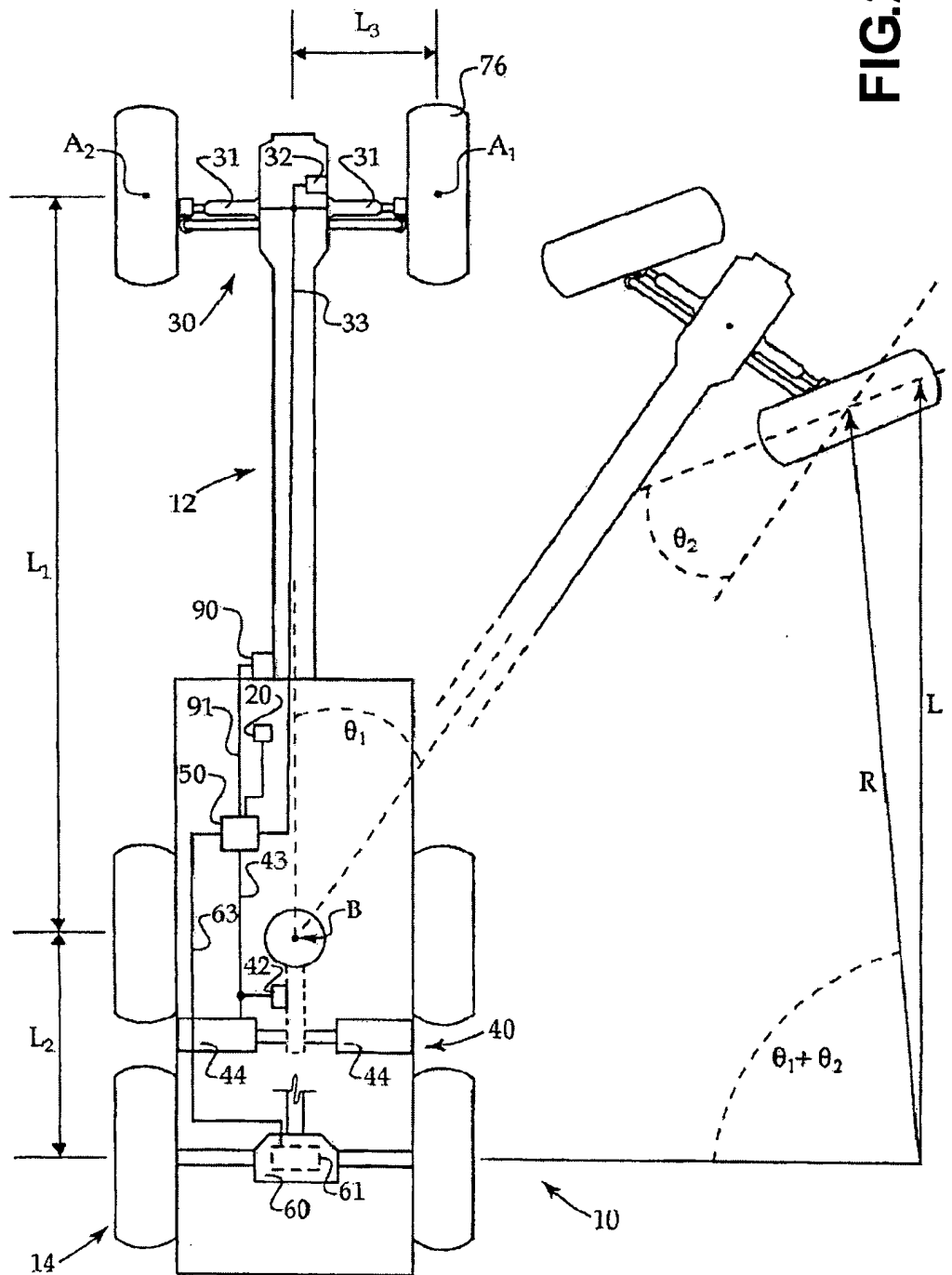
35 - um sensor de esterçamento de roda (32) e um sensor de articulação (42) conectados ao citado controlador eletrônico (50) e configurados para sensorear o ângulo de

esterçamento de roda e o ângulo de articulação da citada máquina de trabalho (10); e

- um sensor de velocidade em relação ao solo (90) e um sensor de marcha de transmissão (54), cada um deles
5 conectado ao citado controlador eletrônico (50);
sendo que o citado controlador eletrônico (50) é configurado para determinar um raio de esterçamento da citada máquina de trabalho (10) através de informações enviadas a partir dos citados sensores de esterçamento e
10 articulação (32, 42) e configurados para determinar o citado indício de tensão na citada máquina de trabalho (10), pelo menos em parte, através dos dados enviados a partir do citado sensor de esterçamento de roda (32), do citado sensor de articulação (42), do citado sensor de
15 velocidade em relação ao solo (90), e do citado sensor de marcha de transmissão (54).

10- Controlador eletrônico, caracterizado pelo fato de ser configurado para controlar o estado de bloqueio de um diferencial (60) em uma máquina de trabalho articulada
20 (10) em resposta à comparação do raio de esterçamento da máquina de trabalho (10) com o raio de esterçamento mínimo, com base, pelo menos em parte, no indício de tensão associado a pelo menos um parâmetro de operação da máquina de trabalho (10).

FIG.2



3/4

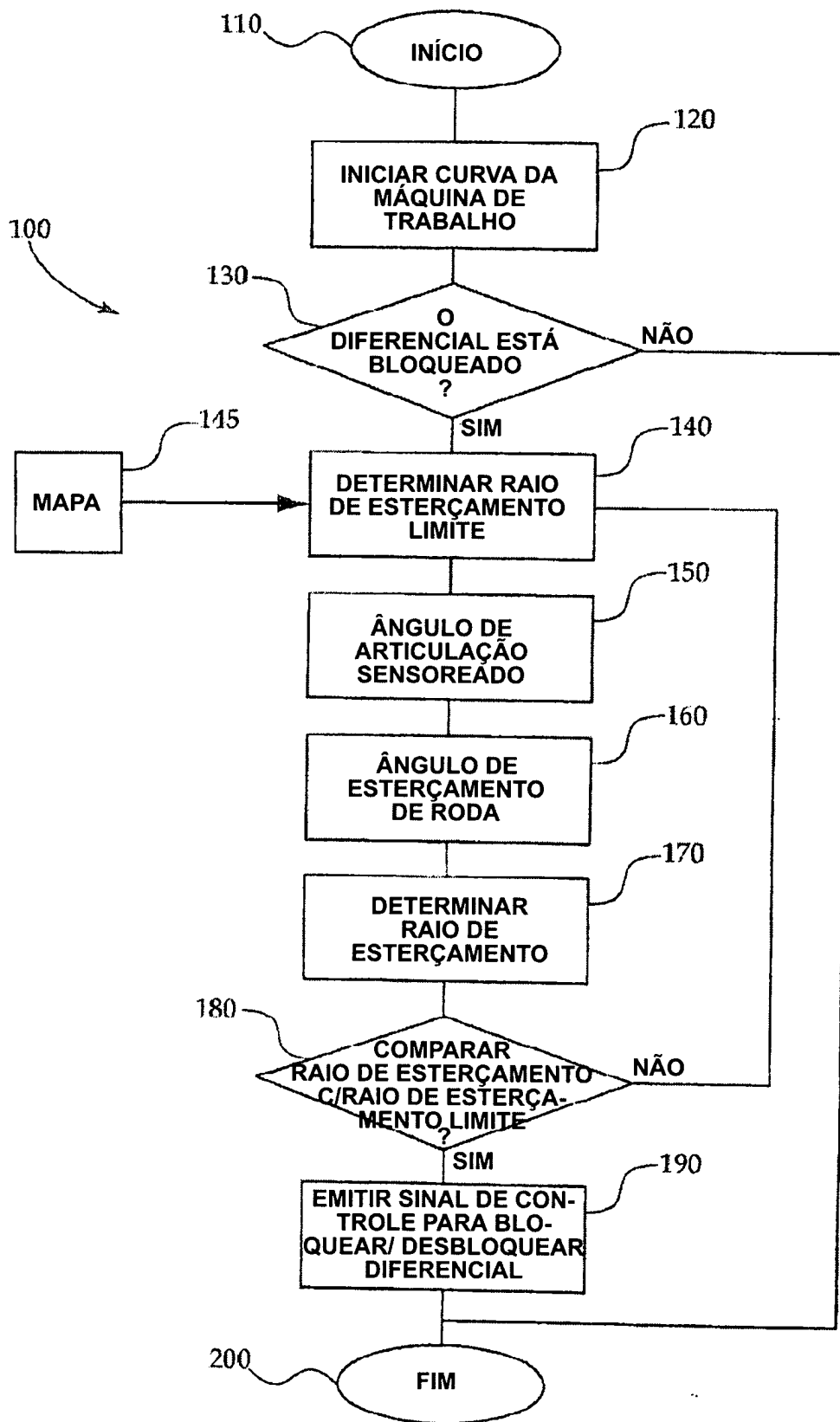
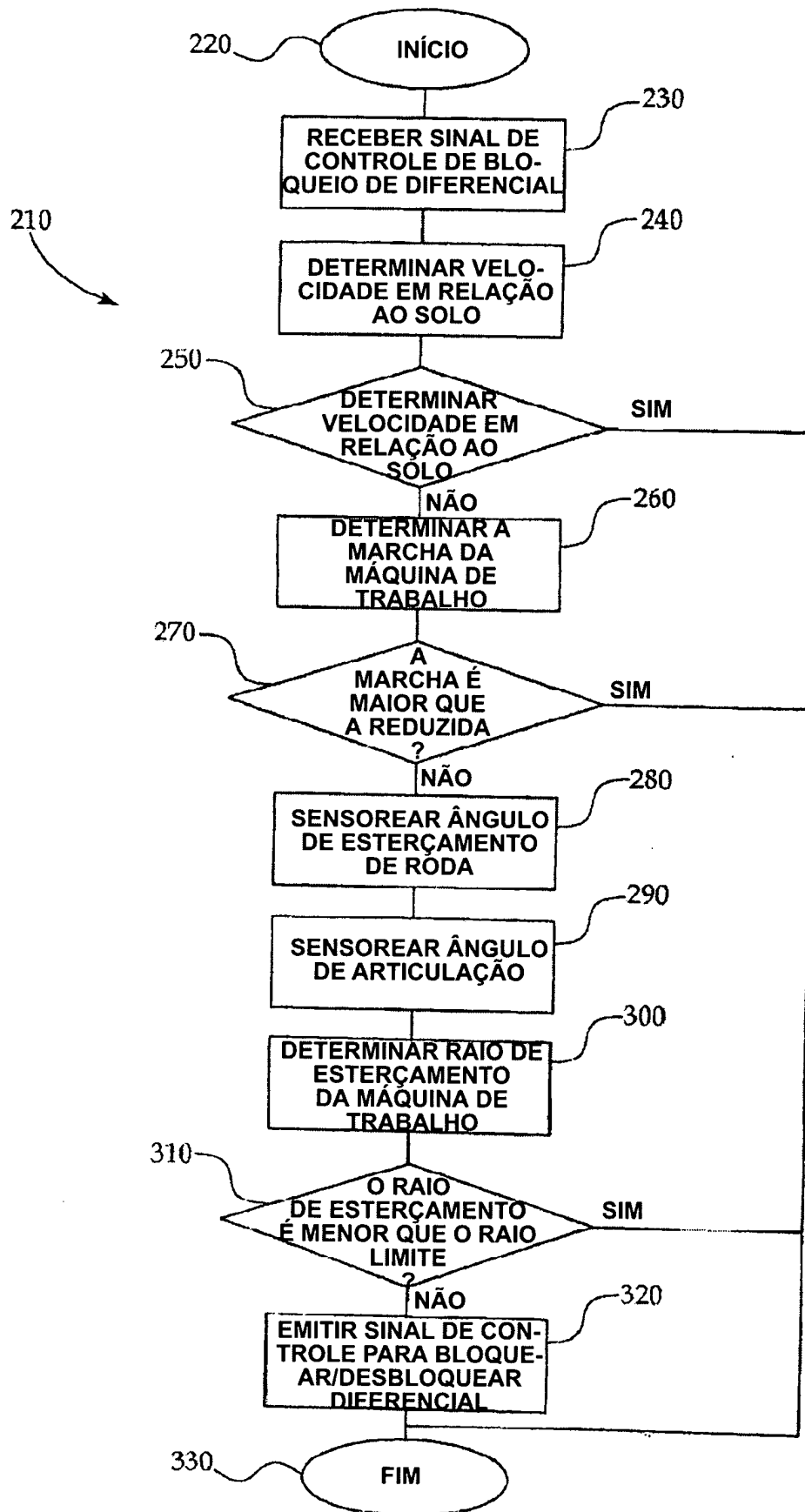


FIG.3

FIG.4



RESUMO

"MÉTODO DE OPERAÇÃO DE UMA MÁQUINA DE TRABALHO ARTICULADA, MÁQUINA DE TRABALHO ARTICULADA, E CONTROLADOR ELETRÔNICO".

- 5 Método de operação de uma máquina de trabalho articulada (10) inclui sensorear o ângulo de articulação e o ângulo de esterçamento de roda da máquina de trabalho (10) e controlar o estado de bloqueio do diferencial (60) em resposta ao raio de esterçamento da máquina de
- 10 trabalho. Provê-se ademais uma máquina de trabalho articulada (10) incluindo uma unidade de chassi dianteira (12) com aparelho de esterçamento (30) e uma unidade de chassi traseira (14), e um aparelho de articulação (40) acoplado entre a unidade de chassi dianteira (12) e a
- 15 unidade de chassi traseira (14). Ademais, provêem-se primeiro e segundo sensores (32, 42) operáveis para sensorear o ângulo de esterçamento de roda e o ângulo de articulação da máquina de trabalho (10), e um controlador eletrônico (50), configurados para seletivamente bloquear
- 20 e desbloquear o diferencial (60) da unidade de chassi traseira (14) em resposta ao raio de esterçamento da máquina de trabalho (10).