

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

(21) **PI 0713393-6 A2**

(22) Data de Depósito: 05/07/2007
(43) Data da Publicação: 17/04/2012
(RPI 2154)



(51) *Int.Cl.*:
B60T 8/17
B64C 25/46

(54) **Título:** CONTROLE DE FRENAGEM DE AERONAVE

(30) **Prioridade Unionista:** 05/07/2006 GB 0613286.4

(73) **Titular(es):** Meggitt Aerospace Limited

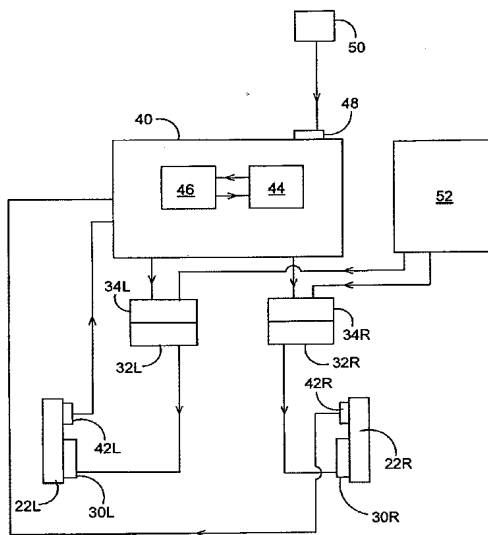
(72) **Inventor(es):** Michael F. Clothier

(74) **Procurador(es):** Orlando de Souza

(86) **Pedido Internacional:** PCT GB2007002513 de 05/07/2007

(87) **Publicação Internacional:** WO 2008/003971 de 10/01/2008

(57) **Resumo:** CONTROLE DE FRENAGEM DE AERONAVE. Um sistema de controle de frenagem de aeronave para um sistema de frenagem de aeronave que compreende pelo menos uma unidade de frenagem de primeiro lado (30L) para uma frenagem de uma respectiva roda (22L) posicionada em um primeiro lado de um eixo geométrico longitudinal de uma aeronave e pelo menos uma unidade de frenagem de segundo lado (30R) para a frenagem de uma respectiva roda (22R) posicionada em um segundo lado do referido eixo geométrico longitudinal, o referido sistema de controle de frenagem compreendendo uma unidade de controle de freio (40) operável para o processamento de respectivas medições de performance das unidades de frenagem (30L, 30R) e de acordo com os resultados de processo para a provisão de sinais de comando para controle das respectivas forças de frenagem aplicadas pelas referidas primeira e segunda unidades de frenagem (30 L, 30R) para redução de qualquer diferença entre uma força de frenagem de primeiro lado aplicada no primeiro lado do eixo geométrico longitudinal por pelo menos uma referida unidade de frenagem de primeiro lado (30L) e uma força de frenagem de segundo lado aplicada no referido segundo lado por pelo menos uma referida unidade de frenagem de segundo lado (30R).



CONTROLE DE FRENAGEM DE AERONAVECampo da Invenção

A invenção se refere a um controle de frenagem de aeronave e, particularmente, mas não exclusivamente para
5 controle da frenagem de ar para veículos aéreos não tripulados (UAVs).

Antecedentes da Invenção

Convencionalmente, os freios de aeronave são controlados por um piloto por meio de pedais de freio de pé
10 esquerdo e direito que provêem um controle independente dos freios nos lados esquerdo e direito da aeronave. Qualquer variação na performance geral de frenagem em cada lado da aeronave resultaria em a aeronave guinar para um lado da pista. Contudo, o piloto é capaz de usar os controles de
15 freio independentes para os lados esquerdo e direito da aeronave para compensação de qualquer variação como essa e para manter a aeronave estável e reta pela pista.

Para UAVs, o sistema de controle de freio precisa assumir o papel do piloto para manter a aeronave viajando
20 em uma linha reta durante uma frenagem. Um controlador simples atuando em todos os freios para a obtenção de um nível desejado de desaceleração de aeronave não levaria em consideração variações no torque gerado pelas unidades de freio nos lados esquerdo e direito da aeronave. Qualquer
25 variação no torque de frenagem entre os dois lados da aeronave resultará em a aeronave guinar para o lado da pista correspondente ao lado com o maior torque de freio.

Existem sistemas para o controle da pressão aplicada aos freios em resposta a sinais representativos do torque
30 de freio aplicado. Contudo, esses sistemas se baseiam em

sensores dispendiosos e o controle é difícil, dada a variação no torque que é vista com os materiais de atrito de carbono - carbono que são usados nos freios de aeronave modernos.

5 Sumário da Invenção

A invenção inclui um aparelho para o controle de um sistema de frenagem de aeronave que compreende pelo menos um meio de frenagem de primeiro lado para a frenagem de uma roda posicionada em um primeiro lado de um eixo geométrico longitudinal de uma aeronave e pelo menos um meio de frenagem de segundo lado para a frenagem de uma roda posicionada em um segundo lado do eixo geométrico longitudinal, o referido aparelho compreendendo um meio de controle para processamento de respectivas indicações de efeito de frenagem dos meios de frenagem e, em resposta ao resultado do referido processamento a emissão de sinais de controle para controle de forças de frenagem aplicadas pelos meios de frenagem, as referidas indicações do efeito de frenagem sendo determinadas com base na velocidade de roda da respectiva roda e em um valor de velocidade de aeronave obtido sem referência à velocidade de roda, cada indicação do efeito de frenagem compreendendo uma relação de patinagem de freio calculada usando-se a equação:

$$\text{relação de patinagem de freio} = \frac{\text{velocidade de aeronave} - \text{velocidade de roda}}{\text{velocidade de aeronave}}$$

os referidos sinais de controle sendo calculados para a equalização das referidas relações de patinagem de freio, para se fazer com que, desse modo, a força de frenagem aplicada em um referido primeiro lado do eixo geométrico

longitudinal por pelo menos um referido meio de frenagem de primeiro lado equilibre a força de frenagem aplicada no segundo lado do eixo geométrico longitudinal por pelo menos um referido meio de frenagem de segundo lado.

5 A invenção também inclui um método para controle dos freios em uma aeronave tendo pelo menos uma unidade de frenagem de primeiro lado para a frenagem de uma respectiva roda posicionada em um primeiro lado de um eixo geométrico longitudinal de uma aeronave e pelo menos uma unidade de
10 frenagem de segundo lado para frenagem de uma respectiva roda posicionada em um segundo lado do eixo geométrico longitudinal, o referido método compreendendo o processamento de respectivas medições de performance das unidades de frenagem, as quais são calculadas usando-se uma
15 velocidade de rotação de roda para a respectiva roda e uma indicação de velocidade de aeronave obtida sem referência à velocidade de roda, as respectivas medições de performance sendo uma relação de patinagem que é calculada usando-se a equação:

20 **relação**

$$\text{de patinagem de freio} = \frac{\text{velocidade de aeronave} - \text{velocidade de roda}}{\text{velocidade de aeronave}}$$

e, de acordo com uma saída de processamento, a emissão de sinais de comando para controle das respectivas forças de
25 frenagem aplicadas pelas unidades de frenagem calculadas para equalização das referidas relações de patinagem de freio, para a obtenção, desse modo, de um equilíbrio de força entre as forças de frenagem aplicadas no primeiro lado do eixo geométrico longitudinal por pelo menos uma
30 unidade de frenagem de primeiro lado e a força aplicada no

segundo lado do eixo geométrico longitudinal por pelo menos uma unidade de frenagem de segundo lado.

Será entendido que a invenção pode ser implementada por meio de um software ou de um portador de dados
5 carregado em um sistema de controle de frenagem de aeronave existente, ou pela substituição de um chip ou de um outro circuito de sistema em um sistema de controle de frenagem de aeronave existente e, assim, é possível fazer um upgrade nos sistemas de controle de frenagem existentes para a
10 provisão da funcionalidade de equilíbrio da invenção.

Também será entendido que a invenção pode ser implementada fazendo-se um upgrade de um sistema de controle que tenha uma função de controle de sistema múltiplo além do controle dos freios de uma aeronave.

15 Será apreciado que, embora particularmente aplicável a UAVs, a invenção também pode ser usada no controle dos freios de uma aeronave pilotada durante pousos realizados sob o controle de um sistema de autofreio ou controladas diretamente pelo piloto.

20 Também será entendido que a invenção provê o equilíbrio das forças de frenagem aplicadas em cada lado do eixo geométrico longitudinal de aeronave para se evitar ou pelo menos reduzir qualquer desequilíbrio de força de frenagem que fizesse com que a aeronave guinasse na direção
25 do lado ao qual uma força de frenagem mais alta é aplicada.

Em modalidades nas quais a invenção é aplicada para o controle de freios de uma aeronave tendo múltiplas rodas em cada lado, um controle de equilíbrio de força entre os dois lados é provido e o sistema de controle também pode
30 controlar o equilíbrio de força entre os freios individuais

dos conjuntos de freio em cada lado, de modo que nenhum freio em um conjunto seja sobrecarregado, se comparado com os outros freios no conjunto.

Breve Descrição dos Desenhos

5 De modo que a invenção possa ser bem entendida, algumas modalidades da mesma, as quais são dadas a título de exemplo apenas, serão descritas, agora, com referência aos desenhos, nos quais:

10 a Figura 1 mostra o lado inferior de um veículo aéreo não pilotado (UAV);

a Figura 2 é uma representação diagramática de um sistema de controle de frenagem de aeronave e o sistema de freio do UAV mostrado na Figura 1; e

15 a Figura 3 é uma representação diagramática de um sistema de controle de frenagem de aeronave e de um sistema de freio para uma aeronave tendo múltiplas rodas freadas em cada lado do eixo geométrico longitudinal da aeronave.

Descrição Detalhada da Modalidade

20 Com referência à Figura 1, um veículo aéreo não pilotado (UAV) 10 compreende uma fuselagem 12 que tem um eixo geométrico longitudinal 14. Uma unidade propulsora 16 é montada na traseira da fuselagem 12. Um par de asas 18 se projeta a partir da seção média da fuselagem 12 e um par de aletas de plano de cauda 20 é provido adjacente à
25 extremidade traseira da fuselagem.

As asas 18 portam respectivas rodas 22L, 22R suportadas em pernas 24L, 24R. Uma roda adicional 26 é provida em direção à traseira da fuselagem 12. Cada roda 22L, 22R tem uma unidade de frenagem associada (não
30 mostrada na Figura 1) para a frenagem do UAV 10 em um pouso

e durante manobras em terra. A roda 26 não é freada.

A Figura 2 mostra o sistema de freio do UAV 10 em combinação com um sistema de controle de frenagem de aeronave para controle do sistema de freio. O sistema de freio compreende respectivas unidades de frenagem 30L, 30R associadas às rodas 22L, 22R. As unidades de frenagem 30L, 30R preferencialmente são unidades de carbono - carbono, mas podem ser qualquer tipo de freio adequado para uso em uma aeronave. As unidades de frenagem 30L, 30R são atuadas por respectivos atuadores de freio 32L, 32R sob o controle de respectivos controladores de freio 34L, 34R. Os atuadores de freio 32L, 32R podem ser de qualquer tipo convencional. Por exemplo, os atuadores de freio 32L, 32R podem compreender bombas hidráulicas e válvulas para atuação das aletas de plano de cauda 20 por meio de uma pressão hidráulica controlada ou servomotores elétricos para atuação das unidades de frenagem 30L, 30R eletricamente. Os atuadores para freios de aeronave serão familiares para aqueles versados na técnica e, portanto, não serão descritos em maiores detalhes aqui.

O sistema de freio de aeronave é controlado por meio de um sistema de controle de frenagem de aeronave compreendendo uma unidade de controle de freio 40 e respectivos sensores de velocidade de roda 42L, 42R. Os sensores de velocidade de roda 42L, 42R provêm sinais indicativos da velocidade de rotação das rodas 22L, 22R. Os sinais a partir dos sensores de velocidade de roda 42L, 42R são alimentados para a unidade de controle de freio 40. A unidade de controle de freio 40 pode incluir quaisquer dispositivos de condicionamento de sinal necessários para a

colocação dos sinais a partir dos sensores de velocidade de roda 42L, 42R em uma condição que permita que os sinais sejam processados por um processador 44 que faz parte da unidade de controle de freio 40. Por exemplo, a unidade de controle de freio 40 pode incluir conversores de analógico para digital (A/D), meios de amplificação e/ou meios de filtração para condicionamento dos sinais a partir dos sensores. Os sensores de velocidade de roda 42L, 42R podem ser qualquer sensor adequado conhecido na técnica.

A unidade de controle de freio 40 também compreende uma unidade de memória 46 compreendendo uma memória de acesso randômico (RAM) e uma memória apenas de leitura (ROM). A ROM é usada para o armazenamento de um programa para operação do sistema de controle de frenagem de aeronave e quaisquer dados de consulta que poderiam ser usados pelo programa de operação.

A unidade de controle de freio 40 tem uma porta de entrada 48 para o recebimento de um sinal de dados de velocidade de aeronave gerados independentemente a partir de uma fonte de dados de velocidade 50. O sinal normalmente será um sinal de referência inercial (IRS). Contudo, os dados de velocidade de aeronave podem ser providos por outros sistemas usados sozinhos, ou em combinação com o IRS. Um desses sistemas é o Sistema de Posicionamento Global (GPS).

O sistema de controle de frenagem de aeronave também compreende um sistema de autofreio 52 que nesta modalidade é uma unidade separada. Será entendido que a unidade de controle de freio 40 pode ser uma unidade independente operando em conjunto com um sistema de autofreio em

separado 52, conforme mostrado, ou pode ser integrada em uma unidade única que proveja uma funcionalidade de autofreio. De modo similar, o sistema de controle de frenagem de aeronave pode compreender um sistema de controle antipatinagem provido como uma unidade separada ou integral com a unidade de controle de freio 40 e/ou a unidade de sistema de autofreio. Os sistemas de controle de autofreio e antipatinagem serão familiares para aqueles versados na técnica e, assim, não serão descritos em maiores detalhes aqui.

Em uso, a unidade de controle de freio 40 recebe o sinal de dados de velocidade a partir da fonte de dados de velocidade 50. Quando o UAV 10 está no terreno e rolando, os respectivos sinais de velocidade de roda indicativos da velocidade de rotação das rodas 22L, 22R são transmitidos para a unidade de controle de freio 40 pelos sensores de velocidade de roda 42L, 42R.

O processador 44 processa os sinais de velocidade de roda recebidos para o cálculo de um raio individual para cada roda 30L, 30R. O raio de roda é calculado pela divisão da velocidade da aeronave (conforme indicado pelo sinal de velocidade de dados de aeronave) pela velocidade de roda. A velocidade de roda é em radianos / segundo (rad/s) e a velocidade da aeronave será em metros / segundo (m/s) ou nós, e o resultado da divisão é um raio calculado para a roda para um único instante no tempo. Será apreciado que a unidade de controle de freio 40 pode incluir um circuito de condicionamento para escalonamento dos respectivos sinais para se torná-los compatíveis para o processo de divisão, ou o processador pode aplicar uma rotina de escalonamento

como uma parte do processo de divisão.

É preferido que os raios de roda sejam recalculados continuamente enquanto a aeronave estiver rolando pelo uso de uma técnica de média de rolamento que compreende a
5 realização de um cálculo simples a cada laço de software, por exemplo, conforme se segue:

- i) a velocidade da aeronave é dividida pela velocidade de roda e o resultado é armazenado;
- ii) o valor armazenado é colocado em um registrador de 8
10 bits e movido para a direita a cada laço de software;
- iii) o conteúdo do registrador é somado e o resultado dividido por 8 para a provisão de um raio de roda médio.

15 Este processo efetivamente gera um raio calculado independente para cada roda 30L, 30R em um processo contínuo usando-se uma técnica de cálculo de média de rolamento.

No ponto de "Freios Ativos" instigado pelo sistema de
20 autofreio 52, o raio calculado para cada roda é congelado e o sistema de autofreio 52 emite comandos para os controladores de freio 34L, 34R para fazer com que eles apliquem uma força de frenagem igual a cada lado do UAV 10. O sistema de autofreio 52 ajusta a força de frenagem
25 aplicada total para a obtenção da taxa de desaceleração selecionada.

O "raio de roda congelado" é usado pelo processador 44 para o cálculo de uma medição de performance (valor de efeito de frenagem) para cada unidade de freio 30L, 30R na
30 forma de uma relação de patinagem para cada roda 22L, 22R.

A relação de patinagem é determinada usando-se a equação:
relação

$$\text{de patinagem de freio} = \frac{\text{velocidade de aeronave} - \text{velocidade de roda}}{\text{velocidade de aeronave}}$$

5 onde a velocidade de roda é o produto da velocidade de rotação de roda e do raio de roda congelado (isto é, a velocidade de rotação de roda conforme representada pelos sinais do sensor de velocidade de roda é multiplicada pelo raio de roda congelado).

10 Durante um funcionamento de frenagem, a relação de patinagem instantânea para cada roda 22L, 22R é repetidamente calculada pelo processador 44 usando um laço de software de repetição. O processador 44 compara as relações de patinagem calculadas para as rodas 22L, 22R
 15 para determinar que diferença há entre elas. O processador 44 envia sinais de comando para os controladores de freio 34L, 34R para a redução ou o aumento da força de frenagem efetiva aplicada pelas unidades de freio 32L, 32R de acordo com a diferença entre as respectivas relações de patinagem.
 20 Os sinais de comando causam uma mudança na força de frenagem aplicada às unidades de freio 30L, 30R que é calculada para direcionamento das relações de patinagem em direção a uma média dos dois últimos valores calculados. A unidade de controle de freio 40, portanto, ajusta
 25 continuamente o ganho dos controladores de freio 34L, 34R para se tentar e obter uma igualdade das relações de patinagem para as duas unidades de freio 30L, 30R. Ao se fazer isso, a força de frenagem atuando sobre cada lado do UAV 10 é equalizada, para se manter o UAV passando em uma
 30 linha durante uma frenagem.

Será apreciado que o uso da equação de relação de patinagem proporciona um número que é independente da velocidade real do UAV e, assim, torna mais fácil realizar um equilíbrio de força de frenagem. Se um equilíbrio de

5 velocidade de roda tiver sido empregado, ao invés de um equilíbrio de patinagem, então, o sinal de diferença seria em nós ou m/s, o que seria muito mais difícil de controlar. Isto é porque um ganho variável com base em uma velocidade de UAV real precisaria ser usado para avaliação do ganho

10 proporcional, integral e diferencial, conforme a velocidade da aeronave se reduzisse durante uma frenagem. Esta dificuldade pode ser ilustrada considerando-se um exemplo de um UAV desacelerando. A uma velocidade de UAV de 100 nós (185,2 km/h), uma variação entre as rodas de 2 nós (3,704

15 km/h) equivaleria a uma variação de relação de patinagem de 2%. Contudo, quando o UAV tivesse sido desacelerado para 10 nós (18,52 km/h), uma variação de roda de 2 nós (3,704 km/h) equivaleria a uma relação de patinagem de 20%.

Para uma operação segura do UAV 10 durante um pouso,

20 uma frenagem de taxiamento à alta velocidade e durante uma decolagem rejeitada, é essencial equalizar a relação de patinagem para cada roda 22L, 22R durante uma frenagem, para se manter o UAV em uma linha reta. Será apreciado que o sistema de controle de frenagem de aeronave permite a

25 operação segura dos freios em UAVs ao prover mesmo uma frenagem dos lados esquerdo e direito do UAV, mesmo quando houver uma variação no coeficiente de atrito gerado pelo material de atrito nos dois lados.

Será entendido que em tempos durante um trabalho de

30 taxiamento à baixa velocidade, poderia ser necessário usar

os freios para virar o UAV. Quando os freios estão sendo usados para se virar o UAV, a relação de patinagem pode ser ajustada para desacelerar a roda no lado em torno do qual a aeronave está para ser virada mais do que a roda no outro
5 lado.

O sistema de freio de aeronave mostrado na Figura 2 é para um UAV que tem apenas uma roda 22L, 22R em cada perna 24L, 24R. A Figura 3 ilustra um sistema de freio de aeronave e um sistema de controle de frenagem de aeronave
10 operando sob princípios similares, mas para uma aeronave que tenha mais de uma roda em cada perna.

A Figura 3 mostra um sistema de controle de frenagem de aeronave e um sistema de freio de aeronave para uma aeronave que tem quatro rodas 100 suportadas a partir de
15 uma perna (não mostrada) que é afixada à asa de lado esquerdo de uma aeronave (não mostrada). O sistema de freio compreende uma unidade de freio individual 102 para cada roda 100 com respectivos atuadores 104 para aplicação de uma força de frenagem às unidades de frenagem e respectivos
20 controladores de freio 106 para os atuadores.

O sistema de controle de frenagem de aeronave compreende uma unidade de controle de freio 108 que inclui um processador 110, uma unidade de memória (RAM e ROM) 112, um módulo de porta de entrada 114, um módulo de porta de
25 saída 116 e respectivos sensores de velocidade de roda 118 para a detecção das velocidades individuais das rodas 100. Os sensores de velocidade de roda 118 são conectados ao módulo de porta de entrada 114 para a transmissão de sinais indicativos da velocidade de rotação da roda para a unidade
30 de controle de freio 108 para processamento pelo

processador 110. A unidade de controle de freio 108 também pode incluir qualquer equipamento de condicionamento de sinal adequado requerido para condicionamento dos sinais para se torná-los adequados para processamento pelo
5 processador 110. Os controladores de freio 106 são conectados ao módulo de porta de saída 116 para o recebimento de sinais de comando a partir da unidade de controle de freio 108.

A unidade de controle de freio 108 pode ser uma
10 unidade independente que opere em conjunto com outros elementos de sistema de controle de frenagem, tal como um sistema de autofreio e/ou um sistema antipatinagem, ou pode ser integrada em uma unidade única que proveja uma funcionalidade de autofreio e/ou antipatinagem.

15 Uma fonte de dados 120 para suprimento de sinais de dados indicativos da velocidade de uma aeronave é conectada ao módulo de porta de entrada 114. Os sinais de dados podem ser sinais de IRS ou de GPS ou uma combinação de ambos, ou qualquer outro sinal adequado representando a velocidade da
20 aeronave independentemente da velocidade de roda.

Para facilidade de representação, a Figura 3 mostra a unidade de controle de freio 108 em combinação com o equipamento associado às rodas esquerdas 100 de uma aeronave. Será apreciado que, embora não mostrado em
25 detalhes, há um conjunto correspondente de equipamento 122 para as rodas do lado direito da aeronave. O equipamento no lado direito é conectado ao módulo de porta de entrada 114 e ao módulo de porta de saída 116 da unidade de controle de freio 108 e operado da mesma forma que o equipamento no
30 lado esquerdo.

Em uso, o sistema de autofreio 124 é regulado para uma taxa de desaceleração mínima ou média (selecionar a taxa máxima invariavelmente reduzirá a atividade de correção antipatinagem que suprimirá a operação de equilíbrio). A

5 unidade de controle de freio 108 opera para determinar um raio de roda para cada roda 100 em ambos os lados da aeronave, usando a técnica de cálculo de média de rolamento da mesma forma que a unidade de controle de freio 40. No ponto de "Freios Ativados", comandos são emitidos para os

10 controladores de freio 106 em cada lado da aeronave, para aplicação de uma força de frenagem igual a cada lado da aeronave. O sistema de autofreio 124 ajusta a força de frenagem aplicada total para a obtenção da taxa de desaceleração selecionada.

15 A partir do momento em que os freios são ativados, a unidade de controle de freio 108 determina um valor de efeito de frenagem na forma de uma relação de patinagem para cada roda 100, da mesma forma que a unidade de controle de freio 40. Assim, para cada lado da aeronave,

20 quatro relações de patinagem são calculadas. As relações para cada lado são somadas e divididas por quatro para a produção de uma relação de patinagem média para cada lado da aeronave. As duas relações de patinagem médias então são somadas e divididas por dois para a produção de uma relação

25 de patinagem alvo. Esta relação de patinagem alvo é o valor requerido para a desaceleração da aeronave na taxa requerida. A unidade de controle de freio 108 emite comandos para os controladores de freio 106 em cada lado da aeronave para aumento da força de frenagem em uma perna e

30 redução da força de frenagem na outra perna para

direcionamento das respectivas relações de patinagem médias em direção à relação alvo. Isto assegura que a aeronave atinja a taxa de desaceleração requerida enquanto se mantém um movimento em linha reta. As relações de patinagem individuais para cada roda 100 em uma perna, então, são processadas de uma forma similar para a produção de sinais de comando que ajustam a força de frenagem em cada roda para manutenção da média para as quatro, enquanto se equilibra a distribuição de energia entre as unidades de freio 102 igualmente. A unidade de controle de freio 108 assim usa a técnica de equilíbrio de relação de patinagem para primeiramente equilibrar a força de frenagem através do eixo geométrico longitudinal da aeronave, usando as relações de patinagem médias para os dois conjuntos de roda e, então, equilibra a força de frenagem aplicada às unidades de freio individuais 102 em cada conjunto de roda, de modo que a carga de frenagem seja uniformemente distribuída dentre as unidades de freio. Assim, por exemplo, no fim de um laço de software, a unidade de controle de freio 108 pode emitir comandos que fazem com que a força de frenagem aplicada por uma unidade de freio 102 seja reduzida enquanto as forças aplicadas pelas outras três unidades de freio 102 na perna são variadamente aumentadas para a obtenção da força média requerida.

Será apreciado que a facilidade de equilibrar a carga de frenagem assumida pelas unidades de freio individuais 102 é vantajosa em termos de melhoria da vida total da unidade de freio pela equalização do desgaste de freio e pela redução da probabilidade de falhas de unidade de freio. É provável que isto seja valioso para sistemas de

freio que compreendem unidades de freio que têm superfícies de atrito de carbono - carbono. Isto é porque as unidades de carbono - carbono tendem a prover forças de frenagem mais não uniformes do que freios de aço. Isto pode ser
5 entendido por uma referência a um exemplo extremo no qual em cada lado da aeronave uma unidade de freio de carbono - carbono de um conjunto de quatro provê uma força de frenagem suficiente para a obtenção da taxa de desaceleração requerida. Isto resulta em uma unidade
10 absorver uma quantidade enorme de energia cinética, a qual, por projeto, deve ser compartilhada igualmente entre as quatro unidades de freio. Pelo uso da técnica de equilíbrio descrita, esta desigualdade pode ser pelo menos reduzida.

Como uma alternativa para a determinação de uma
15 relação de patinagem média para cada lado da aeronave, a unidade de controle de freio 108 poderia determinar uma relação de patinagem média para a aeronave ao somar as relações de patinagem individuais para todas as rodas 100 e, então, dividindo por oito. Neste caso, a unidade de
20 controle de freio 108 emitiria comandos para os controladores de freio individuais 106 que ajustariam o ganho dos controladores para ajuste da força de frenagem individual aplicada por meio de cada unidade de freio 102 para a média. No presente, o método descrito previamente de
25 determinação de uma média dos dois valores é preferido, já que um equilíbrio das unidades de freio individuais em relação a uma média da aeronave é considerado mais difícil de implementar.

Cada um dos métodos de controle de frenagem descritos
30 em relação às Figuras 2 e 3 aplica as técnicas de

equilíbrio na frenagem sob o controle de um sistema de autofreio. As técnicas podem ser igualmente aplicadas a UAVs e aeronaves pilotadas. As técnicas também podem prover benefícios se empregadas durante um pouso controlado por piloto (isto é, no qual o piloto controla a força de frenagem aplicada usando pedais de freio ao invés de usar um autofreio). Pelo equilíbrio automático da energia absorvida pelas unidades de freio, o trabalho requerido do piloto para equilibrar a força de frenagem aplicada aos dois lados da aeronave não é necessária, ou é reduzida pelo menos.

Será entendido que tendo os raios de roda calculados pelo controlador de freio, é possível obter um controle muito mais acurado do sistema de freio da aeronave. Se um valor fixo armazenado fosse usado, os resultados obtidos seriam menos acurados, uma vez que, durante o uso, os diâmetros das rodas podem mudar devido a mudanças na pressão do pneu, a desgastes e mudanças na temperatura.

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho para o controle de um sistema de frenagem de aeronave, caracterizado pelo fato de compreender pelo menos um meio de frenagem de primeiro lado para a frenagem de uma roda posicionada em um primeiro lado de um eixo geométrico longitudinal de uma aeronave e pelo menos um meio de frenagem de segundo lado para frenagem de uma roda posicionada em um segundo lado do eixo geométrico longitudinal, o referido aparelho compreendendo um meio de controle para processamento de respectivas indicações de efeito de frenagem do meio de frenagem e, em resposta ao resultado do referido processamento a emissão de sinais de controle para controle de forças de frenagem sendo determinadas com base na velocidade de roda da respectiva roda e um valor de velocidade de aeronave obtida sem referência a uma velocidade de roda, cada indicação de efeito de frenagem compreendendo uma relação de patinagem de freio calculada usando-se a equação:

$$\text{relação de patinagem de freio} = \frac{\text{velocidade de aeronave} - \text{velocidade de roda}}{\text{velocidade de aeronave}}$$

os referidos sinais de controle sendo calculados para a equalização das referidas relações de patinagem de freio, para se fazer com que, desse modo, a força de frenagem aplicada em um referido primeiro lado do eixo geométrico longitudinal por pelo menos um referido meio de frenagem de primeiro lado equilibre a força de frenagem aplicada no segundo lado do eixo geométrico longitudinal por pelo menos um referido meio de frenagem de segundo lado.

2. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1,

caracterizado pelo fato de o referido meio de controle ser operável para o processamento de respectivas relações de patinagem de uma pluralidade de meios de frenagem de primeiro lado para a determinação de um valor de relação de patinagem média de primeiro lado, para o processamento de respectivas relações de patinagem de uma pluralidade de meios de frenagem de segundo lado para a determinação de um valor de relação de patinagem média de segundo lado e para processamento dos valores médios de relação de patinagem para a determinação de um valor de relação de patinagem alvo que é uma média dos referidos valores médios de relação de patinagem, os referidos sinais de controle sendo calculados para fazerem com que o referido meio de frenagem de primeiro lado proveja um valor de relação de patinagem médio de primeiro lado pelo menos substancialmente igual ao referido valor de relação de patinagem alvo e o referido meio de frenagem de segundo lado proveja um segundo valor de relação de patinagem médio de segundo lado pelo menos substancialmente igual ao referido valor de relação de patinagem alvo.

3. Aparelho, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de o referido meio de controle ser operável para comparar as relações de patinagem do referido meio de frenagem de primeiro lado com o referido valor de relação de patinagem alvo e prover respectivos sinais de comando para se fazer com que as respectivas forças de frenagem aplicadas pelo referido meio de frenagem de primeiro lado sejam ajustadas em direção ao referido valor de relação de patinagem alvo enquanto se mantém um valor de relação de patinagem média de primeiro lado pelo menos

substancialmente igual ao referido valor de relação de patinagem alvo, e para comparar as respectivas relações de patinagem do referido meio de frenagem de segundo lado com o referido valor de relação de patinagem alvo e prover
5 respectivos sinais de controle para se fazer com que as respectivas forças de frenagem aplicada pelo referido meio de frenagem de segundo lado sejam ajustadas em direção ao valor de relação de patinagem alvo enquanto se mantém um valor de relação de patinagem médio de segundo lado pelo
10 menos substancialmente igual ao referido valor de relação de patinagem alvo.

4. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o referido meio de controle determinar um valor de relação de patinagem alvo que é uma
15 média das respectivas relações de patinagem dos meios de frenagem de primeiro e segundo lados e os referidos sinais de controle serem para se fazer com que cada referido meio de frenagem aplique uma força de frenagem que proveja uma relação de patinagem correspondente à referida relação de
20 patinagem alvo.

5. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3 ou 4, caracterizado pelo fato de a referida velocidade de roda ser determinada pela multiplicação de um valor detectado de velocidade de roda
25 por um valor de raio de roda.

6. Aparelho, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de o referido valor de raio de roda ser um respectivo valor calculado para cada roda.

7. Aparelho, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de o meio de controle calcular o
30

referido valor de raio de roda pela divisão de um valor de velocidade de aeronave por um referido valor detectado de velocidade de rotação de roda para a respectiva roda.

8. Aparelho, de acordo com a reivindicação 7,
5 caracterizado pelo fato de o referido meio de controle calcular o referido valor de raio de roda pela divisão de valores de velocidade de aeronave sucessivos pelos valores detectados correspondentes de velocidade de rotação de roda para a respectiva roda para a obtenção de valores de raio
10 de roda instantâneos sucessivos e calculando a média de valores de raio de roda instantâneos sucessivos.

9. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ou 8, caracterizado pelo fato de ainda compreender um meio de sensor de velocidade
15 para a detecção da velocidade de rotação de roda das rodas e a detecção de respectivos sinais indicativos das velocidades de roda do referido meio de controle.

10. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ou 9, caracterizado
20 pelo fato de o referido meio de controle ser operável para instigar uma frenagem no pouso e prover sinais para se fazer com que o referido meio de frenagem aplique forças de frenagem que causem uma taxa requerida de desaceleração das rodas.

25 11. Aparelho, de acordo com qualquer uma das Reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ou 10, caracterizado pelo fato de ainda compreender respectivos meios de controle de freio para pelo menos um referido meio de frenagem de primeiro lado e pelo menos um referido meio
30 de frenagem de segundo lado, os meios de controle emitindo

os referidos sinais de controle para os meios de controle de freio.

12. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 ou 11,
5 caracterizado pelo fato de o referido meio de controle ser um meio de controle de sistemas de aeronave para controle de sistemas de aeronave adicionais aos meios de frenagem.

13. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ou 12,
10 caracterizado pelo fato de cada um dos referidos meios de frenagem compreender superfícies de atrito de carbono - carbono.

14. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 ou 13,
15 caracterizado pelo fato de ainda compreender um sistema de autofreio para a provisão de sinais de comando para controle da taxa de desaceleração do veículo durante uma frenagem.

15. Aeronave, caracterizada pelo fato de ser adaptada
20 com um aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 ou 14.

16. Aeronave, de acordo com a Reivindicação 15,
caracterizada pelo fato de ser um veículo aéreo não
25 pilotado.

17. Método de controle de freios em uma aeronave que tem pelo menos uma unidade de frenagem de primeiro lado para a frenagem de uma respectiva roda posicionada em um primeiro lado de um eixo geométrico longitudinal de uma
30 aeronave e pelo menos uma unidade de frenagem de segundo

lado para a frenagem de uma respectiva roda posicionada em um segundo lado do eixo geométrico longitudinal, o referido método caracterizado pelo fato de compreender o processamento de respectivas medições de performance das unidades de frenagem, as quais são calculadas usando-se uma velocidade de rotação de roda para a respectiva roda e uma indicação de velocidade de aeronave obtida sem referência à velocidade de roda, as respectivas medições de performance sendo uma relação de patinagem que é calculada usando-se a equação:

$$\text{relação de patinagem de freio} = \frac{\text{velocidade de aeronave} - \text{velocidade de roda}}{\text{velocidade de aeronave}}$$

e, de acordo com uma saída de processamento, a emissão de sinais de comando para controle das respectivas forças de frenagem aplicadas pelas unidades de frenagem calculadas para equalização das referidas relações de patinagem de freio, para a obtenção, desse modo, de um equilíbrio de força entre as forças de frenagem aplicadas no primeiro lado do eixo geométrico longitudinal por pelo menos uma unidade de frenagem de primeiro lado e a força aplicada no segundo lado do eixo geométrico longitudinal por pelo menos uma unidade de frenagem de segundo lado.

19. Método, de acordo com a Reivindicação 18, caracterizado pelo fato de ainda compreender a comparação das respectivas relações de patinagem das referidas unidades de frenagem de primeiro lado com o referido valor de relação de patinagem alvo e a emissão de respectivos sinais de comando para se fazer com que as respectivas forças de frenagem aplicadas pelas referidas unidades de

frenagem de primeiro lado tendam em direção ao referido valor de relação de patinagem alvo, enquanto se mantém um valor de relação de patinagem médio de primeiro lado pelo menos substancialmente igual ao referido valor de relação de patinagem alvo, e a comparação das respectivas relações de patinagem das referidas unidades de frenagem de segundo lado com o referido valor de relação de patinagem alvo e a emissão de respectivos sinais de comando para se fazer com que as respectivas forças de frenagem aplicadas pelas referidas unidades de frenagem de segundo lado tendam em direção ao referido valor de relação de patinagem alvo, enquanto se mantém um valor de relação de patinagem médio de segundo lado pelo menos substancialmente igual ao referido valor de relação de patinagem alvo.

20. Método, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de compreender a determinação de um valor médio das relações de patinagem das unidades de frenagem de primeiro lado e de segundo lado, os referidos sinais de comando sendo dispostos para fazerem com que as respectivas forças de frenagem aplicadas pelas unidades de frenagem tendam em direção ao referido valor médio.

21. Método, de acordo com a reivindicação 20, caracterizado pelo fato de compreender a comparação do referido valor médio com um valor de performance de frenagem requerido correspondente a uma força de frenagem requerida para a provisão de uma desaceleração requerida para a aeronave, os referidos comandos sendo dispostos para fazerem com que as respectivas forças de frenagem pelas unidades de frenagem sejam ajustadas de modo que o referido valor médio pelo menos substancialmente equivalha ao valor

de performance de frenagem requerido.

22. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 17, 18, 19, 20 ou 21, caracterizado pelo fato de a referida velocidade de roda ser calculada pela
5 multiplicação de um valor detectado de velocidade de rotação de roda por um valor de raio de roda.

23. Método, de acordo com a reivindicação 22, caracterizado pelo fato de o referido valor de raio de roda ser um valor calculado para a respectiva roda.

10 24. Método, de acordo com a reivindicação 23, caracterizado pelo fato de o referido valor de raio de roda ser calculado pela divisão de uma indicação de velocidade de aeronave por um valor detectado da velocidade de rotação da respectiva roda.

15 25. Método, de acordo com a reivindicação 24, caracterizado pelo fato de o valor de raio de roda ser calculado pela divisão de indicações sucessivas de velocidade de aeronave pelos valores detectados correspondente de velocidade de rotação da respectiva roda
20 para a obtenção de valores de raio de roda instantâneos sucessivos e para a obtenção de uma média dos referidos valores de raio de roda instantâneos.

26. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 ou 25,
25 caracterizado pelo fato de a aeronave ser um veículo aéreo não tripulado.

27. Produto de programa de computador, caracterizado pelo fato de compreender uma ou mais porções de software de programa de computador que em um ambiente de execução são
30 operáveis para a implementação de um ou mais processos das

reivindicações 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 ou 26.

28. Meio de armazenamento de dados, caracterizado pelo fato de ter pelo menos uma das referidas porções de software de computador da reivindicação 26 armazenada ali.

5 29. Dispositivo de microcomputador, caracterizado pelo fato de ser provido com um meio de armazenamento de dados conforme reivindicado na reivindicação 28.

30. Sistema de controle de frenagem de aeronave, caracterizado pelo fato de ser substancialmente conforme
10 descrito aqui com referência à Figura 2 ou à Figura 3 dos desenhos.

31. Aeronave, caracterizada pelo fato de ser substancialmente conforme descrito aqui com referência às Figuras 1 e 2 dos desenhos.

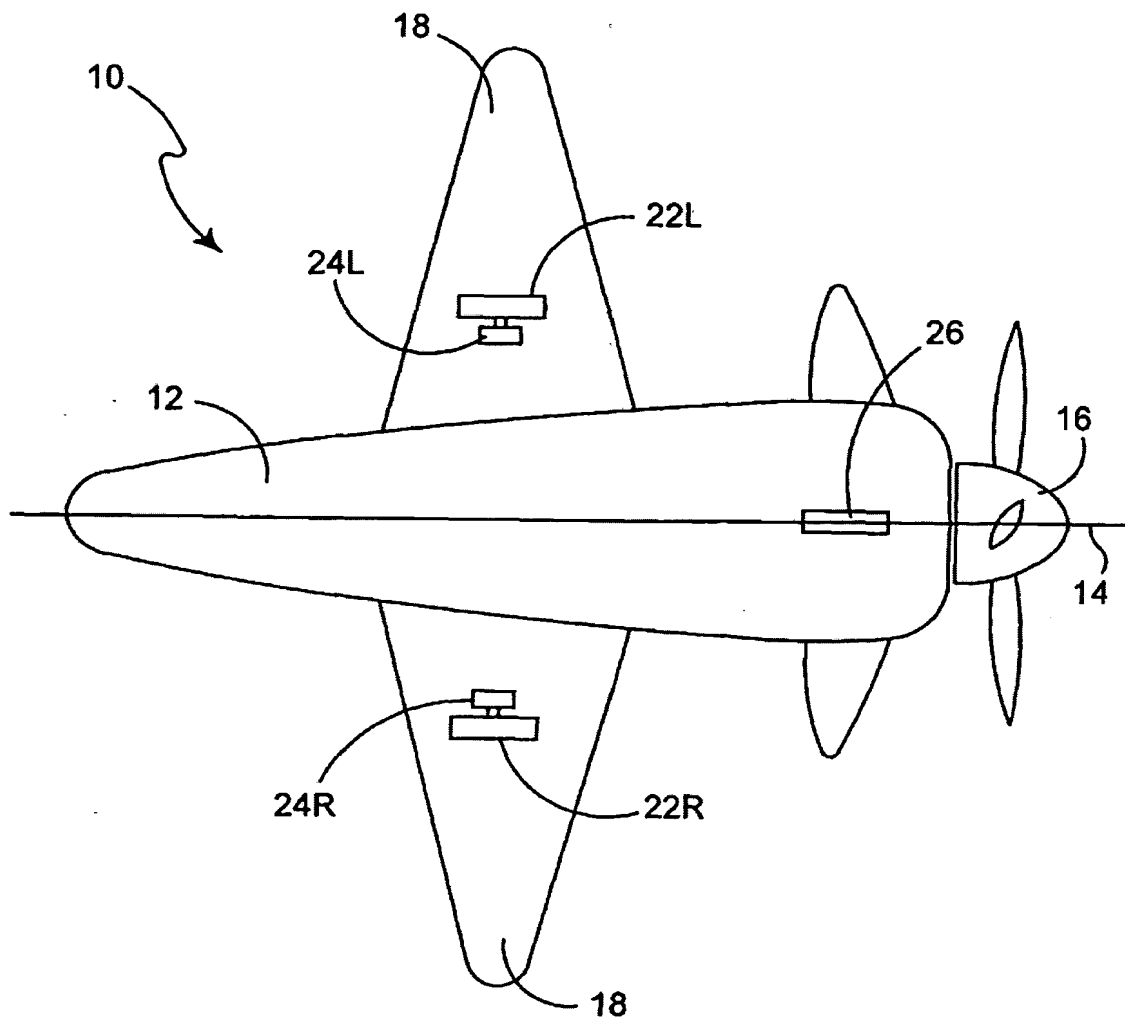


FIGURA 1

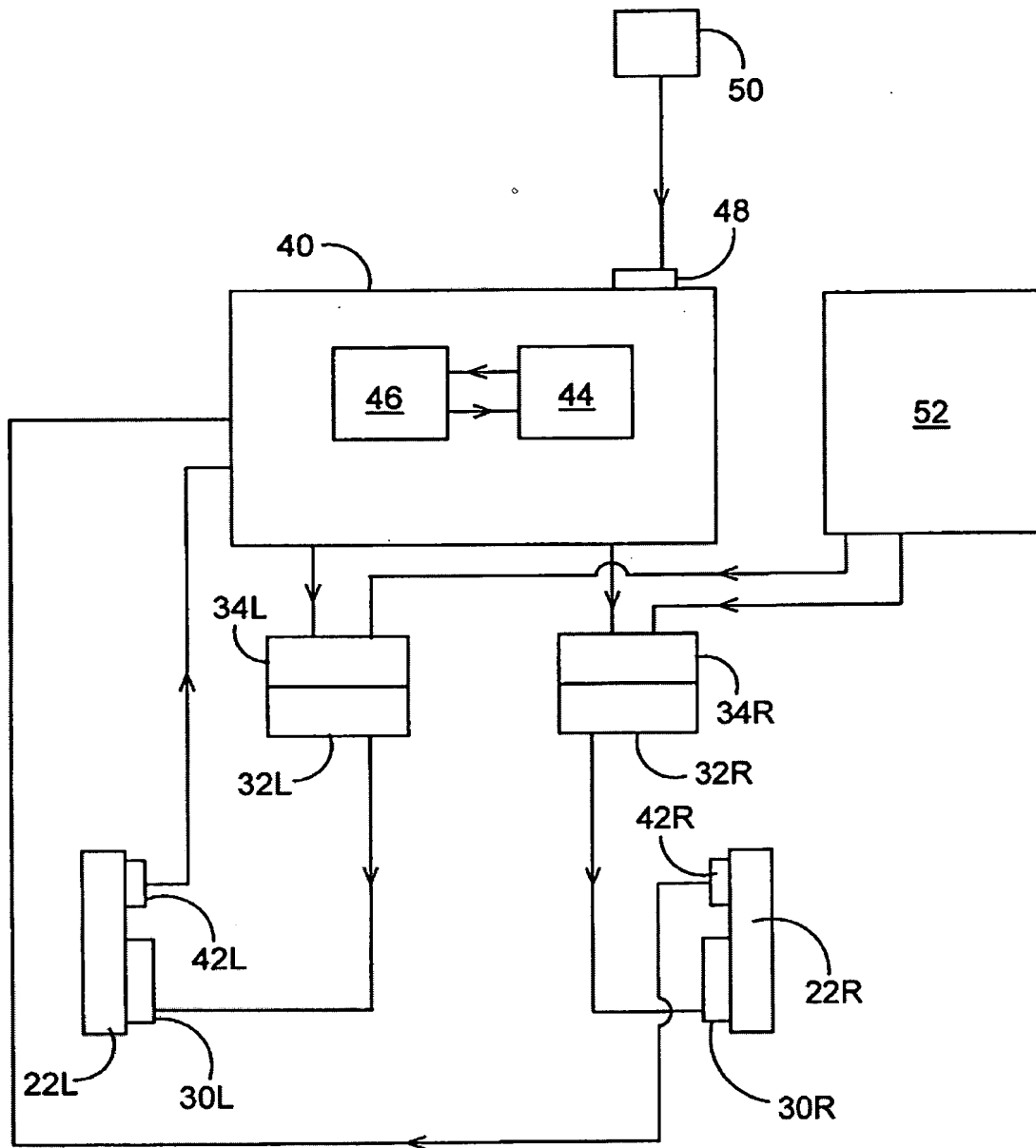


FIGURE 2

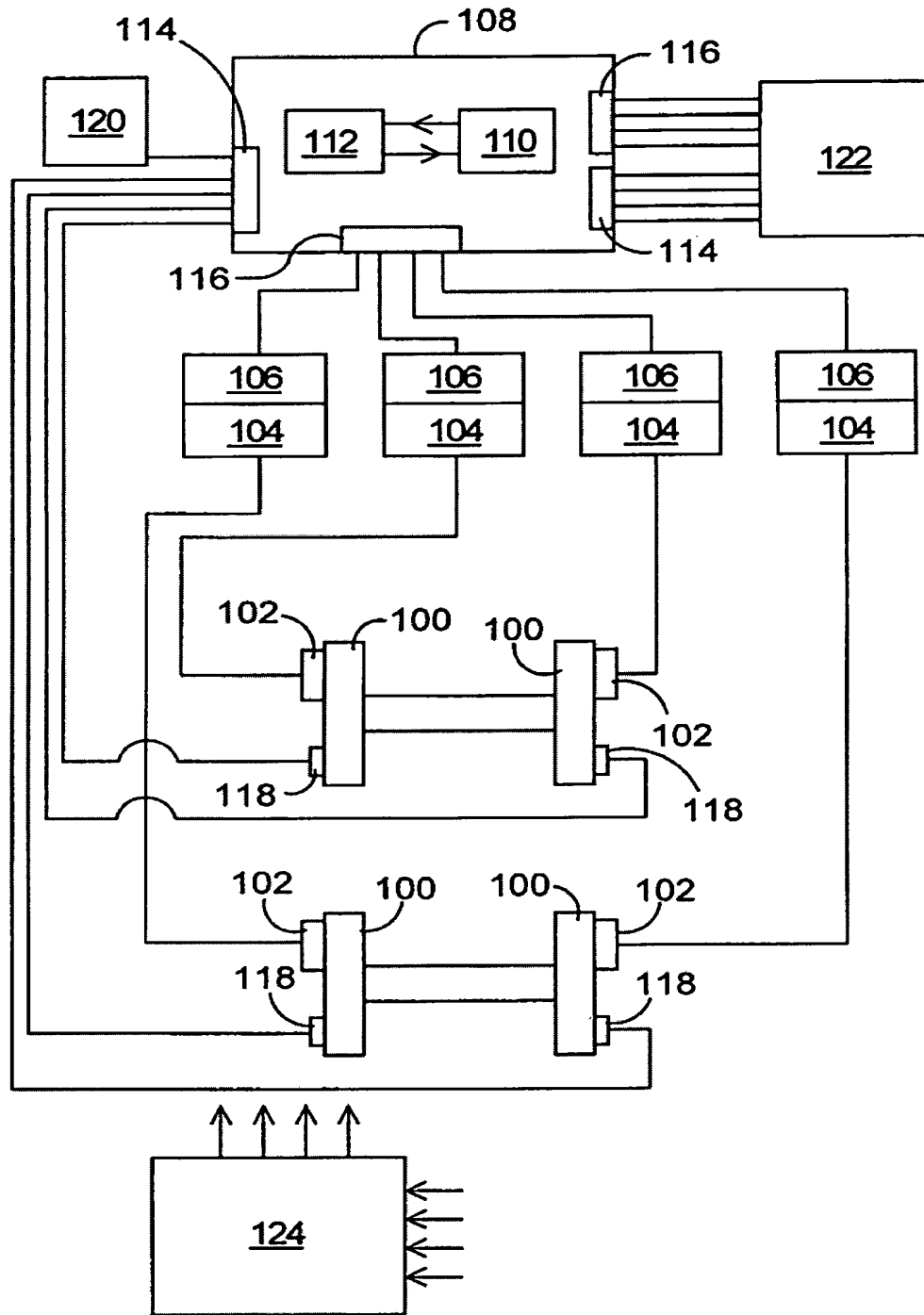


FIGURE 3

RESUMO**CONTROLE DE FRENAGEM DE AERONAVE**

Um sistema de controle de frenagem de aeronave para um sistema de frenagem de aeronave que compreende pelo menos
5 uma unidade de frenagem de primeiro lado (30L) para uma frenagem de uma respectiva roda (22L) posicionada em um primeiro lado de um eixo geométrico longitudinal de uma aeronave e pelo menos uma unidade de frenagem de segundo lado (30R) para a frenagem de uma respectiva roda (22R)
10 posicionada em um segundo lado do referido eixo geométrico longitudinal, o referido sistema de controle de frenagem compreendendo uma unidade de controle de freio (40) operável para o processamento de respectivas medições de performance das unidades de frenagem (30L, 30R) e de acordo
15 com os resultados de processo para a provisão de sinais de comando para controle das respectivas forças de frenagem aplicadas pelas referidas primeira e segunda unidades de frenagem (30 L, 30R) para redução de qualquer diferença entre uma força de frenagem de primeiro lado aplicada no
20 primeiro lado do eixo geométrico longitudinal por pelo menos uma referida unidade de frenagem de primeiro lado (30L) e uma força de frenagem de segundo lado aplicada no referido segundo lado por pelo menos uma referida unidade de frenagem de segundo lado (30R).