



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

(11) PI 1004015-3 B1



(22) Data do Depósito: 27/10/2010

(45) Data de Concessão: 10/11/2020

(54) Título: ARQUITETURA DE SUPRIMENTO DE ENERGIA PARA ENERGIZAR FREIOS DE AERONAVE

(51) Int.Cl.: B64C 25/42; F16D 65/28; B60T 13/74.

(30) Prioridade Unionista: 30/10/2009 FR 09 05216.

(73) Titular(es): MESSIER-BUGATTI-DOWTY.

(72) Inventor(es): DAVID FRANK.

(57) Resumo: ARQUITETURA DE SUPRIMENTO DE ENERGIA PARA ENERGIZAR FREIOS DE AERONAVE. A invenção é relativa a uma arquitetura para energizar freios de aeronave para uma aeronave que tem no mínimo dois trens de aterrissagem, cada um tendo um certo número de rodas (L1, L2, R1, R2), cada uma das rodas sendo equipada com um freio que tem um certo número de atuadores de frenagem eletromecânicos (1, 2, 3, 4). A arquitetura tem no mínimo quatro unidades de suprimento de energia que energizam grupos de atuadores tomados de grupos complementares de rodas.

“ARQUITETURA DE SUPRIMENTO DE ENERGIA PARA ENERGIZAR FREIOS DE AERONAVE

[0001] A invenção é relativa a uma arquitetura de suprimento de energia para freios de aeronave equipados com atuadores eletromecânicos.

FUNDAMENTO TECNOLÓGICO DA INVENÇÃO

[0002] São conhecidas aeronaves as quais têm trens de aterrissagem inferiores com rodas que são equipadas com freios que têm atuadores eletromecânicos. Em geral os freios são energizados por unidades de suprimento de energia que distribuem energia para os atuadores. As unidades de suprimento de energia recebem energia a partir de no mínimo um barramento de suprimento de energia elétrica da aeronave, que serve para transportar a energia gerada por geradores de eletricidade que são acionados pelos jatos ou por uma unidade auxiliar de energia.

[0003] Fabricantes de aeronaves estão prestando atenção sempre crescente à disponibilidade de diversos itens de equipamento, em particular no sistema de frenagem. Diversos tipos de falhas relativas ao sistema de frenagem podem ser levados em consideração:

1) Uma falha que não impede a aeronave de ser operada e que não a impede de decolar, e para a qual uma segunda falha que ocorra em voo poderia ser sem consequência para a segurança do desempenho do sistema de frenagem;

2) Uma falha que não impede operação da aeronave e não a impede de decolar, porém para a qual uma segunda falha que ocorra em voo poderia conduzir a desempenho degradado (reduzido);

3) Uma falha que impede operação da aeronave, mas que pode ser reparada durante o tempo de preparação entre viagens da aeronave no aeroporto, possibilitando à aeronave partir em tempo ou com um atraso aceitável (tipicamente de alguns minutos);

4) Uma falha que impede a aeronave de partir, porém que pode ser reparada depois de um atraso considerável, porém não requer que vôo seja cancelado; e

5) Uma falha que impede a partida da aeronave e que poderia conduzir a

um atraso no reparo requerendo que o voo seja cancelado.

[0004] Somente falhas do primeiro tipo possibilitam à aeronave ser operada sem qualquer consequência de custo, com isto sendo possível que o equipamento em falha seja reparado durante a manutenção programada. Falhas do segundo tipo são por elas mesmas somente potencialmente limitantes, uma vez que é apenas no caso de uma segunda falha que o desempenho do sistema de frenagem é diminuído, conduzindo assim a linha aérea a limitar as margens operacionais da aeronave (em particular limitar o peso máximo da aeronave). Falhas do terceiro tipo não têm impacto operacional, porém são expressivas uma vez que elas requerem manutenção não programada.

[0005] Falhas dos quarto e quinto tipos dão origem a custos extra associados com identificar passageiros e possivelmente prejudicar a imagem da linha aérea.

[0006] É, portanto, desejável organizar o sistema de frenagem de tal maneira que tanto quanto possível seja confiável e esteja sujeito somente a falhas do primeiro tipo. Um sistema de frenagem é assim desejado permanecer disponível e operacional a despeito do tipo de falha que afeta uma ou outra das peças de equipamento do sistema de frenagem.

[0007] Com relação a isto, os documentos US 6.296.325 e US 6.402.259 divulgam arquiteturas de sistemas de frenagem que incluem um certo número de unidades (EMACs) que energizam atuadores de freio equipados nas rodas de trens de aterrissagem principais, cada EMAC controlando um grupo de atuadores de freio para cada roda de um trem de aterrissagem. Nas arquiteturas propostas a falha de um EMAC é então muito preocupante, a menos que ela seja cuidada imediatamente. A aeronave pode ser operada com uma EMAC em falha. É suficiente ligar os atuadores que continuam a ser energizados para distribuir força de frenagem maior para garantir desempenho de frenagem. Contudo, se outro EMAC que controla a porção complementar dos atuadores equipados nas rodas de um dado trem de aterrissagem principal falhar, então a situação poderia se tornar totalmente assimétrica com todos os atuadores de freio das rodas carregados por aquele trem de aterrissagem sendo então incapaz de exercer qualquer ação de frenagem.

OBJETIVO DA INVENÇÃO

[0008] Um objetivo da invenção é propor uma arquitetura de suprimento de energia que preserve capacidade razoável de frenagem para a aeronave, mesmo no caso de uma falha de unidade de suprimento de energia, no caso de uma falha de fonte de energia da aeronave, e no caso de uma quebra de cabo de suprimento de energia.

BREVE SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[0009] Para alcançar esse objetivo, a invenção fornece uma arquitetura de suprimento de energia para energizar freios da aeronave para uma aeronave que tem no mínimo dois trens de aterrissagem, cada um tendo um certo número de rodas, cada uma das cordas sendo equipada com um freio que tem um certo número de atuadores de frenagem eletromecânicos, a arquitetura sendo caracterizada pelo fato de incluir no mínimo primeira, segunda, terceira e quarta unidades de suprimento de energia; as primeira e terceira unidades de suprimento de energia sendo energizadas por uma primeira fonte de suprimento de energia, a segunda e quarta unidades de suprimento de energia sendo energizadas por uma segunda fonte de suprimento de energia, as rodas em cada um dos trens de aterrissagem sendo agrupadas em primeiro e segundo grupos complementares e as unidades de suprimento de energia energizando grupos complementares de atuadores de frenagem em cada um dos grupos de rodas como a seguir:

a primeira unidade de suprimento de energia energiza um grupo de atuadores de cada uma das rodas do primeiro grupo de rodas do primeiro trem de aterrissagem e um grupo de atuadores de cada uma das rodas do primeiro grupo de rodas do segundo trem de aterrissagem;

a segunda unidade de suprimento de energia energiza um grupo complementar de atuadores de cada uma das rodas do primeiro grupo de rodas do primeiro trem de aterrissagem e um grupo de atuadores de cada uma das rodas do segundo grupo de rodas do segundo trem de aterrissagem;

a terceira unidade de suprimento de energia energiza um grupo de atuadores de cada uma das rodas do segundo grupo de rodas do primeiro trem de

aterrissagem e um grupo complementar de atuadores de cada uma das rodas do segundo grupo de rodas do segundo trem de aterrisagem; e

a quarta unidade de suprimento de energia energiza um grupo complementar de atuadores de cada uma das rodas do segundo grupo de rodas do primeiro trem de aterrisagem e um grupo complementar de atuadores de cada uma das rodas do primeiro grupo de rodas do segundo trem de aterrisagem.

[0010] Assim, a perda de uma das unidades de suprimento de energia conduz no máximo a uma perda de alguns dos atuadores de um dos grupos de rodas associado com aquela unidade de suprimento de energia. Uma vez que estes atuadores perdidos estão distribuídos sobre ambos os trens de aterrisagem, cada trem de aterrisagem tem um número suficiente de atuadores que podem ainda ser energizados para serem capazes de assegurar que a frenagem é simétrica.

[0011] A falha não afeta a operação da aeronave, uma vez que a perda destes s atuadores é facilmente compensada fazendo com que os atuadores da porção complementar correspondente desenvolvam uma força de frenagem maior.

[0012] Uma falha subsequente de outra unidade de suprimento de energia pode ainda ser manipulada de maneira aceitável, isto é, a frenagem pode continuar a ser fornecida por ambos os trens de aterrisagem principais com um nível de assimetria que, no máximo, pode ainda ser compensado sem perda de desempenho de tal modo que a primeira falha seja uma falha do primeiro tipo.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[0013] A invenção pode ser mais bem entendida à luz da única figura que é um diagrama de uma arquitetura de frenagem da invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DAS FIGURAS

[0014] A invenção está descrita abaixo com referência a uma aeronave do tipo A-320® ou B-737® ou qualquer outro aeroplano que tenha quatro rodas freadas (aeroplano de negócios, aeroplano de transporte regional, ...) que tenha dois trens de aterrisagem principais, cada um tendo duas rodas freadas, dadas as respectivas referências L1 e L2 para as rodas carregadas pelo trem de aterrisagem principal esquerdo e R1 e R2 para as rodas carregadas pelo trem de aterrisagem principal

direito.

[0015] Cada uma das rodas é equipada com um freio eletromecânico, e neste exemplo ele compreender quatro atuadores por freio (dados os respectivos números 1, 2, 3 e 4 para cada uma das rodas).

[0016] A arquitetura compreende quatro unidades de suprimento de energia dadas as respectivas referências B1, B2, B3 e B4, que são arranjadas para receber energia elétrica a partir de um dos barramentos de energia da aeronave. Especificamente, as unidades de suprimento de energia B1 e B2 recebem energia a partir de um primeiro barramento de suprimento de energia AC1 (tipicamente fornecendo corrente alternada CA em 115 volts a 400 hertz), enquanto as unidades de suprimento de energia B3 e B4 recebem energia a partir de um segundo barramento de energia AC2 (que tem as mesmas características) que é independente do primeiro barramento de energia. As unidades de suprimento de energia podem ser alimentadas com CA não retificada ou com CA retificada.

[0017] Além disto, cada uma das quatro unidades de suprimento de energia é conectada a uma fonte de corrente contínua CC (por exemplo, as baterias da aeronave distribuindo tipicamente 28 volts CC).

[0018] As unidades de suprimento de energia energizam os atuadores de freio na seguinte configuração:

a unidade b1 energiza os atuadores 1 e 2 da roda L1 carregada pelo trem de aterrissagem principal esquerdo, e os atuadores 1 e 2 da roda R1 carregada pelo trem de aterrissagem principal direito;

a unidade B2 energiza os atuadores 3 e 4 da roda L1 carregada pelo trem de aterrissagem principal esquerdo e os atuadores 1 e 2 da roda R2 carregada pelo trem de aterrissagem principal direito;

a unidade B3 energiza os atuadores 1e 2 da roda L2 carregada pelo trem de aterrissagem principal esquerdo e 3 e 4 da roda R2 carregada pelo trem de aterrissagem principal direito; e

a unidade B4 energiza os atuadores 3 e 4 da roda L2 carregada pelo trem de aterrissagem principal esquerdo e os atuadores 3 e 4 da roda R1 carregada pelo

trem de aterrissagem principal direito.

[0019] Esta configuração apresenta as vantagens mostradas pela tabela abaixo, que mostra a incidência de uma falha de qualquer uma das unidades de suprimento de energia na capacidade de frenagem do aeroplano:

Unidade em falha	B1	B2	B3	B4
Atuadores em operação em L1	3,4	1,2	1,2,3,4	1,2,3,4
Atuadores em operação em L2	1,2,3,4	1,2,3,4	3,4	1,2
Atuadores em operação em R2	1,2,3,4	3,4	1,2	1,2,3,4
Atuadores em operação em R1	3,4	1,2,3,4	1,2,3,4	1,2

[0020] Assim é visto que a falha de qualquer uma das unidades de suprimento de energia faz com que dois atuadores sejam perdidos em uma das rodas de um dos trens de aterrissagem e dois atuadores sejam perdidos em uma das rodas do outro trem de aterrissagem, de tal maneira que cada um dos trens de aterrissagem continua a ter seis atuadores de frenagem que podem ser energizados. Assim permanece possível realizar frenagem que seja completamente simétrica.

[0021] Segue um exame das consequências de outra das unidades falhar. Nas tabelas abaixo estão listados quais atuadores continuam a ser energizados para uma das unidades em falha (marcada no cabeçalho da tabela) e para outra das unidades em falha em sucessão.

Unidade B1 em falha	B2	B3	B4
Atuadores em operação em L1	---	3,4	3,4
Atuadores em operação em L2	1,2,3,4	3,4	1,2
Atuadores em operação em R2	3,4	1,2	1,2,3,4
Atuadores em operação em R1	3,4	3,4	---
Unidade B2 em falha	B1	B3	B4
Atuadores em operação em L1	---	1,2	1,2
Atuadores em operação em L2	1,2,3,4	3,4	1,2
Atuadores em operação em R2	3,4	----	3,4
Atuadores em operação em R1	3,4	1,2, 3,4	1,2
Unidade B3 em falha	B1	B2	B4
Atuadores em operação em L1	3,4	1,2	1,2,3,4

Atuadores em operação em L2	3,4	3,4	---
Atuadores em operação em R2	1,2	===	1,2
Atuadores em operação em R1	3,4	1,2,3,4	1,2
Unidade B4 em falha	B1	B2	B3
Atuadores em operação em L1	3,4	1,2	1,2,3,4
Atuadores em operação em L2	1,2	1,2	---
Atuadores em operação em R2	1,2,3,4	3,4	1,2
Atuadores em operação em R1	---	1,2	1,2

[0022] Assim pode ser visto que a perda de duas unidades de suprimento de energia sempre deixa quatro atuadores energizados em cada um dos trens de aterrissagem. Dependendo das circunstâncias que podem envolver dois atuadores por roda ou quatro atuadores na mesma roda, a outra roda então não mais tendo atuadores que podem ser energizados. Assim, duas falhas não provocam uma perda total de frenagem em mais do que uma roda. Na prática permanece possível frear com no mínimo três rodas.

[0023] Não obstante, permanece possível que a frenagem seja realizada de maneira simétrica. Como com uma única falha, permanece possível compensar, no mínimo em parte, a perda de atuadores não energizados requerendo que os atuadores restantes que são energizados distribuam força de frenagem extra.

[0024] Além disto, a perda de um dos barramentos de energia AC1 ou AC2 limita a energia disponível para energizar as unidades consideradas (respectivamente B1 e B3 ou B2 e B4) à energia disponível a partir da fonte de energia CC. Não obstante, não provoca uma perda de toda a capacidade de frenagem dos atuadores conectados das unidades de suprimento de energia em questão. Em particular, as unidades são vantajosamente energizadas por uma fonte de energia auxiliar tal como a fonte de energia CC, ou uma bateria.

[0025] Deveria ser observado que cada uma das unidades de suprimento de energia tem no mínimo duas saídas distintas, uma para cada um dos pares de atuadores que ela energiza. Assim, a perda de uma conexão elétrica entre uma unidade e os atuadores em questão conduz à perda de somente dois atuadores e não de todos os atuadores energizados pela unidade.

[0026] Deveria ser entendido que na figura as conexões de energia estão mostradas de maneira diagramática como se estendendo diretamente entre as unidades de suprimento de energia e os atuadores. Onde apropriado, e admitindo que elas não sejam incorporadas nas unidades de suprimento de energia, é possível interpor uma unidade de controle de atuador entre a unidade de suprimento de energia e cada par de atuadores em cada uma das rodas onde tal unidade de controle de atuador (equivalente aos EMACs do documento mencionado acima) conforma a energia que ele recebe a partir das unidades de suprimento de energia de modo a distribuir energia em maneira calibrada para os dois atuadores conectados à unidade de controle em resposta a um ponto de ajustamento de frenagem gerado por um computador de frenagem.

[0027] Preferivelmente cada atuador é dimensionado de modo a ser capaz de desenvolver, no mínimo ocasionalmente, uma força de frenagem que seja equivalente à força desenvolvida por dois atuadores de um freio para o qual todos os atuadores estão energizados quando de frenagem, de modo a trazer a roda correspondente a seu limite de travamento enquanto aterrissando em uma pista seca.

[0028] Para tal frenagem a força máxima desenvolvida por um atuador de um freio que tem todos os seus atuadores energizados é da ordem de 66% da força nominal. É, portanto, apropriado dimensionar os atuadores de modo que eles sejam capazes de ocasionalmente distribuir uma força que seja igual a 132% da força nominal.

[0029] Assim, com somente dois atuadores fora dos quatro é possível na roda considerada desenvolver uma força de frenagem que é igual a $132/2 = 66\%$ da força de frenagem nominal, que corresponde à força desenvolvida por um freio com todos os seus atuadores energizados, desde que a roda se torne travada ao aterrissar em uma pista seca. Como resultado é possível assegurar desempenho de frenagem nominal em uma pista seca.

[0030] A invenção não está limitada à descrição acima porém, ao contrário, cobre qualquer variante que venha dentro do âmbito definido pelas reivindicações.

[0031] Em particular, embora no exemplo mostrado as rodas sejam equipadas com freios que têm números iguais de atuadores, com os atuadores sendo distribuídos em um primeiro grupo de atuadores (atuadores 1 e 2) energizados por uma das unidades de um conjunto complementar de atuadores (atuadores 3 e 4) energizados pela outra unidade, e com os grupos tendo número igual de atuadores, é possível distribuir mais genericamente os atuadores em dois grupos, mesmo se o número de atuadores for ímpar. Sob tais circunstâncias é vantajoso definir para cada roda dois grupos de atuadores que diferem por não mais do que um atuador.

[0032] Embora a invenção seja descrita com referência a uma aeronave que tem dois trens de aterrissagem principais, cada um tendo duas rodas freadas, a invenção pode imediatamente ser generalizada para uma aeronave que tem dois trens de aterrissagem principais, cada um tendo mais do que duas rodas freadas, por exemplo quatro ou seis. É suficiente definir em cada um dos trens de aterrissagem os dois grupos de rodas, por exemplo, cada grupo de rodas compreende as rodas carregadas em um dado lado do trem de aterrissagem. Em cada um dos grupos de rodas e assim de freios como definido desta maneira, um primeiro grupo de atuadores é energizar do por uma das unidades e um segundo grupo complementar é energizado por outra unidade no arranjo da invenção. A invenção pode também ser analisada para aeronaves que têm mais do que dois trens de aterrissagem principais. Por exemplo, se a aeronave tem dois trens de aterrissagem principais sob suas asas e um trem de aterrissagem central principal com rodas freadas (como é o caso para o A340®-600), é suficiente alocar as rodas carregadas pelo trem de aterrissagem principal central a um ou outro dos grupos de rodas formado pelas rodas dos trens de aterrissagem principais sobre as asas.

[0033] Por extensão, e para utilizar o mesmo vocabulário como o das reivindicações, é possível se referir a um dado grupo de rodas mesmo se um grupo compreenda somente uma roda no exemplo em questão.

REIVINDICAÇÕES

1. Arquitetura de suprimento de energia para energizar freios de aeronave para uma aeronave que tem no mínimo dois trens de aterrissagem, cada um tendo um certo número de rodas (L1, L2; R1, R2), cada uma das rodas sendo equipada com um freio que tem um certo número de atuadores de frenagem eletromecânicos (1, 2, 3, 4), a arquitetura sendo caracterizada pelo fato de incluir no mínimo primeira, segunda, terceira e quarta unidades de suprimento de energia, a primeira e terceira unidades de suprimento de energia (B1,B3) sendo energizadas por uma primeira fonte de suprimento de energia (AC1), a segunda e quarta unidades de suprimento de energia (B2,B4) sendo energizadas por uma segunda fonte de suprimento de energia (AC 2), as rodas em cada um dos trens de aterrissagem sendo agrupadas em primeiro e segundo grupos complementares (L1,R1,L2,R2) e as unidades de suprimento de energia energizando grupos complementares de atuadores de frenagem em cada um dos grupos de rodas como a seguir:

a primeira unidade de suprimento de energia (B1) energiza um grupo de atuadores (1,2) do primeiro grupo de rodas (L1) do primeiro trem de aterrissagem, e um grupo de atuadores (1,2) do primeiro grupo de rodas (R1) do segundo trem de aterrissagem;

a segunda unidade de suprimento de energia (B2) energiza um grupo complementar de atuadores (3,4) do primeiro grupo de rodas (L1) do primeiro trem de aterrissagem, e um grupo de atuadores (1,2) do segundo grupo de rodas (R2) do segundo trem de aterrissagem;

a terceira unidade de suprimento de energia (B3) energiza um grupo de atuadores (1,2) do segundo grupo de rodas (L2) do primeiro trem de aterrissagem, e um grupo complementar de atuadores (3,4) do segundo grupo de rodas (R2) do segundo trem de aterrissagem; e

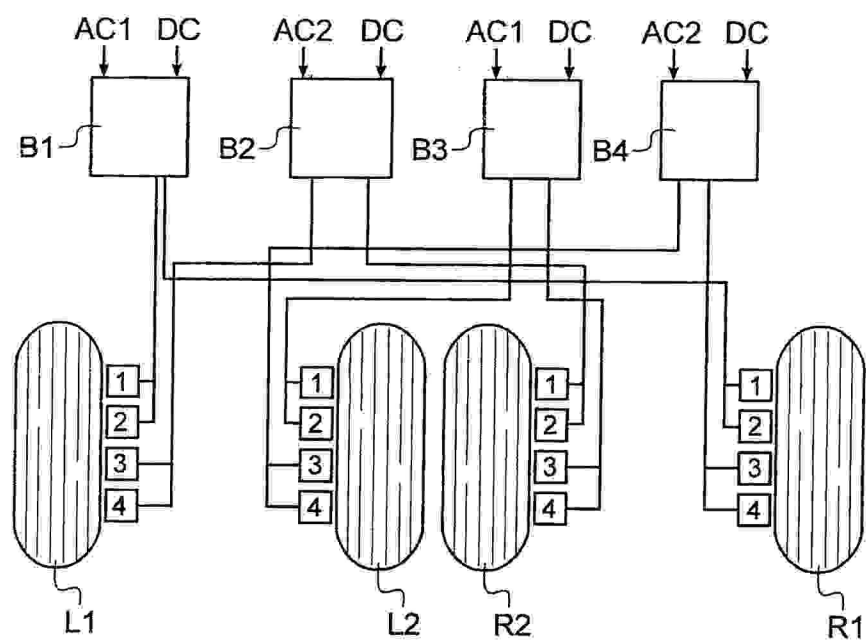
a quarta unidade de suprimento de energia (B4) energiza um grupo complementar de atuadores (3,4) do segundo grupo de rodas (L2) do primeiro trem de aterrissagem e um grupo complementar de atuadores (3,4) do primeiro grupo de rodas (R1) do segundo trem de aterrissagem.

2. Arquitetura de suprimento de energia de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de ser adaptada para uma aeronave que tem exatamente dois trens de aterrissagem principais, cada um dotado de duas rodas freadas (L1, L2, R1, R2) de tal modo que em cada trem de aterrissagem cada grupo de rodas é constituído por uma das rodas carregadas pelo trem de aterrissagem.

3. Arquitetura de suprimento de energia de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de cada grupo de atuadores de um dado grupo de rodas terem um número de atuadores igual ao número de atuadores do grupo complementar de atuadores, ou que diferem dele por não mais do que um.

4. Arquitetura de suprimento de energia de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de cada um dos dois grupos de atuadores energizados por uma dada unidade ser energizado por meio de um cabo distinto.

5. Arquitetura de suprimento de energia de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de cada atuador ser dimensionado para desenvolver no mínimo ocasionalmente uma força de frenagem equivalente à força desenvolvida pelos dois atuadores de um freio no qual todos os atuadores são energizados durante frenagem tomando a roda correspondente para o seu limite de frenagem durante uma aterrissagem em uma pista seca.



FIGURA