



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

(11) PI 1004115-0 B1



(22) Data do Depósito: 29/10/2010

(45) Data de Concessão: 21/07/2020

(54) Título: ARQUITETURA PARA ACIONAR FREIOS DE AERONAVE PARA UMA AERONAVE

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

(30) Prioridade Unionista: 30/10/2009 FR 09 05215.

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

(72) Inventor(es): DAVID FRANK.

(57) Resumo: ARQUITETURA PARA ACIONAR FREIOS DE AERONAVE PARA UMA AERONAVE. A invenção diz respeito a uma arquitetura para acionar freios de aeronave para uma aeronave com pelo menos dois trens de aterrissagem, cada qual tendo um certo número de rodas (L1, L2, R1, R2), cada uma das rodas sendo equipada com freios, cada qual tendo um certo número de atuadores de frenagem eletromecânicos (1, 2, 3, 4,), a arquitetura incluindo controladores (EMACs) para distribuir sinais de potência aos atuadores em resposta a um comando de frenagem, as rodas em cada um dos trens de aterrissagem sendo agrupadas em um primeiro e segundo grupos complementares (L1, R1; L2, R2) de maneira tal que, para cada grupo de rodas, um primeiro grupo de atuadores (EMAC1/EMAC4/EMAC5/EMAC8) que controla esses atuadores apenas, e um segundo grupo complementar de atuadores (3, 4) é controlado por um outro controlador (EMAC2/EMAC3 /EMAC6/EMAC7) que controla somente esses atuadores.

“ARQUITETURA PARA ACIONAR FREIOS DE AERONAVE PARA UMA AERONAVE”

[0001] A invenção se refere a uma arquitetura para um sistema de frenagem eletromecânico.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

[0002] Arquiteturas de sistema de frenagem são conhecidas, em particular, pelo documento U.S. 6.296.325, que incluem uma pluralidade de controladores de freio (conhecidos como controladores atuadores eletromecânicos ou EMACs que são arranjados em pares para fornecer sinais de potência calibrados aos atuadores de frenagem eletromecânicos das duas rodas. Um dos EMACs fornece sinais de potência calibrados a um grupo de atuadores de uma roda e também a um grupo de atuadores de uma roda adjacente, o outro EMAC fornecendo sinais de potência calibrados aos demais atuadores para ambas as rodas, ambos EMACs sendo conectados em distintas fontes de alimentação de forma que a perda de um dos EMACs ou de uma das fontes de alimentação faça com que somente alguns dos atuadores em cada roda se percam, os demais atuadores continuando ser controlados pelo outro EMAC.

[0003] Nesse documento, os EMACs são considerados “redundantes”, mesmo que os atuadores sejam cada qual conectados a um único EMAC, de maneira tal que uma falha do EMAC necessariamente condena os atuadores conectados no EMAC problemático. Nenhum outro EMAC assume o controle daqueles atuadores no caso de o EMAC correspondente falhar. Falando no sentido exato, os EMACs, portanto, não são redundantes. No entanto, cada um deles fica arranjado para aumentar a força exercida pelos atuadores conectados no EMAC funcional no caso de falha do EMAC associado, compensando assim pelo menos parcialmente a perda do EMAC problemático e dos atuadores associados.

[0004] No entanto, com uma arquitetura como esta, a perda de qualquer um EMAC é crítica e impede que a aeronave saia, uma vez que a perda desse EMAC leva à perda dos atuadores associados carregados por um dos trens de aterrissagem, e a subsequente falha do EMAC pareado com ele e o acionamento

dos outros atuadores carregados pelo mesmo trem de aterrissagem levaria a uma perda total do freio em todos os atuadores desse trem de aterrissagem, que não é aceitável.

[0005] A figura 10 do componente U.S. 6.402.259 propõe uma arquitetura com EMACs que são genuinamente redundantes, que são associados em pares de forma que ambos deles controlem os atuadores de um trem de aterrissagem, de maneira tal que, mesmo se um EMAC falhar, o EMAC associado possa controlar todos os atuadores controlados pelo EMAC problemático.

[0006] Entretanto, mais uma vez, a perda de um EMAC é crítica e impede a saída da aeronave, uma vez que qualquer falha subsequente do EMAC pareado com este levaria a uma perda total do freio em todos os atuadores carregados por um dos trens de aterrissagem, que da mesma maneira não é aceitável.

OBJETIVO DA INVENÇÃO

[0007] A invenção procura melhorar as arquiteturas de freio existentes a fim de reduzir as consequências de perda de um EMAC.

DESCRIÇÃO RESUMIDA DA INVENÇÃO

[0008] Para atingir este objetivo, a invenção fornece uma arquitetura para acionar freios de aeronave para uma aeronave que tem pelo menos dois trens de aterrissagem, cada qual tendo um certo número de rodas, cada uma das rodas sendo equipada com freios, cada qual tendo um certo número de atuadores de freio eletromecânicos, a arquitetura incluindo controladores (EMACs) para distribuir sinais de potência aos atuadores em resposta a uma solicitação de frenagem, as rodas em cada um dos trens de aterrissagem sendo agrupadas em primeiro e segundo grupos complementares de maneira tal que, para cada grupo de rodas, um primeiro grupo de atuadores é controlado por um controlador que controla aqueles atuadores somente, e um segundo grupo complementar de atuadores é controlado por um outro controlador que controla somente aqueles atuadores.

[0009] Assim, a perda de um EMAC afeta não mais que os atuadores controlados por esse EMAC, que pode ainda ser acionado pelo segundo EMAC. No caso de o segundo EMAC falhar, os atuadores correspondentes se perdem

completamente. Assim, na pior das hipóteses, falhas de dois EMACs leva a perda de freio de um dos grupos de rodas, mas não de todas as rodas do trem de aterrissagem, como nas arquiteturas da tecnologia anterior. Aqui, os EMACs não são redundantes, e a perda de um EMAC é preferivelmente compensada pelo EMAC pareado com ele que é programado para aumentar a força de frenagem do grupo de atuadores que ele controla.

DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS DESENHOS

[0010] A invenção pode ser mais bem entendida sob a luz da descrição seguinte da única figura, que mostra uma arquitetura de frenagem em uma modalidade particular da invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[0011] A invenção está descrita a seguir com referência a uma aeronave do tipo A320 ou B737, ou qualquer avião com quatro rodas com freio, com dois trens de aterrissagem principais, cada qual levando duas rodas com freio, respectivamente, referidas como L1 e L2 para as rodas carregadas pelo trem de aterrissagem principal esquerdo e R1 e R2 para as rodas carregadas pelo trem de aterrissagem principal direito. Fica claro que a invenção não está limitada a este tipo particular de aeronave, e a maneira na qual a invenção pode ser aplicada a outros tipos de aeronave é especificada no final da descrição.

[0012] Cada uma das rodas é equipada com um freio eletromecânico, aqui compreendendo quatro atuadores por freio (respectivamente, enumerados 1, 2, 3 e 4 para cada uma das rodas).

[0013] Nesta modalidade, a arquitetura tem quatro unidades de fonte de alimentação, respectivamente, referenciadas B1, B2, B3 e B4, que ficam arranjadas para receber energia elétrica de um dos barramentos de energia da aeronave. Especificamente, as unidades de fonte de alimentação B1 e B3 recebem energia de um primeiro barramento da fonte de alimentação AC1 (tipicamente, suprimindo corrente alternada (CA) a 115 volts (V)), e as unidades de fonte de alimentação B2 e B4 recebem energia de um segundo barramento da fonte de alimentação AC2 (com as mesmas características), independente do barramento da primeira fonte de

alimentação.

[0014] Além do mais, as quatro unidades de fonte de alimentação são conectadas a uma fonte de tensão de corrente contínua (CC) (as baterias da aeronave tipicamente fornecem 28 V CC).

[0015] As unidades de fonte de alimentação compreendem essencialmente conversores CA/CC para converter corrente alternada das fontes de alimentação em corrente contínua (tipicamente 270 V CC), e um conversor CC/CC para converter corrente contínua da bateria em corrente de potência CC. As unidades de fonte de alimentação também contêm chaves controladas para comutar as fontes de potência.

[0016] Como explicado com mais detalhes a seguir, a provisão de acordo com a invenção de uma pluralidade de unidades de fonte de alimentação (diferente do arranjo mostrado na figura 10 do documento U.S. 6.402.259 no qual somente uma unidade de fonte de alimentação ou “conversor de potência” é provida) possibilita melhorar a disponibilidade da arquitetura da invenção.

[0017] Cada uma das unidades de fonte de alimentação B1...B4 é conectada em dois controladores, referidos a seguir como EMACs, selecionados de oito controladores disponíveis. Os EMACs servem para calibrar a energia distribuída pelas unidades de fonte de alimentação para distribuir um sinal de tensão trifásica aos atuadores em resposta a um sinal de frenagem gerado por um computador de frenagem. Para isso, os EMACs compreendem dispositivos de calibração controlados na forma de um inversor com sistema eletrônico de controle para os motores dos atuadores associados.

[0018] O arranjo do dispositivo conversor em unidades de fonte de alimentação que são separadas dos EMACs adequados contendo o dispositivo de calibração controlado apresenta diversas vantagens. Ele é vantajoso por poder colocar as baterias adjacentes às unidades de fonte de alimentação, uma vez que a conversão de 28 V CC em 270 V CC a uma potência de diversos quilowatts leva a uma amperagem muito alta e assim a um cabo de grande seção entre a bateria e o dispositivo conversor, tornando-o assim apropriado para limitar o comprimento do

cabo. As unidades de fonte de alimentação são portanto preferivelmente localizadas nas proximidades das baterias, que são normalmente localizadas na frente da aeronave. Além disso, é vantajoso colocar o dispositivo de calibração o mais próximo possível dos atuadores a fim de minimizar os comprimentos dos cabos (três cabos por motor e pelo menos quatro cabos para o sensor de posição angular associado) que transportam energia para os atuadores e corrente ao longo do trem de aterrissagem. Arranjando-se esses dois dispositivos em duas unidades separadas, é possível assim que ambos esses objetivos sejam satisfeitos.

[0019] Os EMACs são, respectivamente, enumerados 1 a 8 e cada EMAC controla somente dois atuadores de um dado freio (ou de uma dada roda, que significa o mesmo) e, neste exemplo, o arranjo é o seguinte:

- EMAC 1 controla os atuadores 1 e 2 da roda L1 carregada pelo trem de aterrissagem principal esquerdo;
- EMAC 2 controla os atuadores 3 e 4 da roda L1 carregada pelo trem de aterrissagem principal esquerdo;
- EMAC 3 controla os atuadores 1 e 2 da roda L2 carregada pelo trem de aterrissagem principal esquerdo;
- EMAC 4 controla os atuadores 3 e 4 da roda L2 carregada pelo trem de aterrissagem principal esquerdo;
- EMAC 5 controla os atuadores 1 e 2 da roda R2 carregada pelo trem de aterrissagem principal direito;
- EMAC 6 controla os atuadores 3 e 4 da roda R2 carregada pelo trem de aterrissagem principal direito;
- EMAC 7 controla os atuadores 1 e 2 da roda R1 carregada pelo trem de aterrissagem principal direito; e
- EMAC 8 controla os atuadores 3 e 4 da roda R1 carregada pelo trem de aterrissagem principal direito.

[0020] Assim, e diferente das arquiteturas da tecnologia anterior, os EMACs aqui controlam somente uma porção dos atuadores de apenas uma roda. Os EMACs portanto não são redundantes no significado usual do termo.

[0021] As unidades de fonte de alimentação acionam os atuadores de freio no seguinte arranjo:

- a unidade B1 aciona o EMAC 1 e o EMAC 8;
- a unidade B2 aciona o EMAC 2 e o EMAC 5;
- a unidade B3 aciona o EMAC 4 e o EMAC 6; e
- a unidade B4 aciona o EMAC 3 e o EMAC 7.

[0022] Esta disposição apresenta as vantagens expostas na tabela a seguir que mostra a incidência de uma falha em qualquer uma das unidades de fonte de alimentação na capacidade de frenagem da aeronave.

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

[0023] Pode-se ver então que uma falha de qualquer uma das unidades de fonte de alimentação faz com que dois atuadores se percam em uma das rodas em um dos trens de aterrissagem e dois atuadores em uma das rodas do outro trem de aterrissagem, de maneira tal que, em cada trem de aterrissagem, seis atuadores de frenagem permanecem ativados. Assim continua sendo possível realizar uma frenagem que é completamente simétrica.

[0024] É fácil compensar uma falha pelo menos em parte chamando os atuadores que continuam ser acionados para distribuir força de frenagem adicional.

[0025] Segue-se uma explicação das consequências de uma falha adicional de uma das unidades. Nas tabelas a seguir, é examinado em sucessão quais atuadores permanecem ativados no caso de uma das unidades falhar (especificada no cabeçalho da tabela), seguido por uma falha em uma outra unidade.

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

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

Unidade B1 problemática	B1	B2	B4
Atuadores funcionado em L1	3,4	1,2	1,2,3,4
Atuadores funcionado em L2	3,4	3,4	-
Atuadores funcionado em R2	1,2	-	1,2
Atuadores funcionado em R1	3,4	1,2,3,4	1,2

Unidade B1 problemática	B1	B2	B3
Atuadores funcionado em L1	3,4	1,2	1,2,3,4
Atuadores funcionado em L2	1,2	3,4	1,2
Atuadores funcionado em R2	1,2,3,4	3,4	1,2
Atuadores funcionado em R1	-	1,2	1,2

[0026] Assim, pode-se ver que a perda de duas unidades de fonte de alimentação sempre leva a quatro atuadores que podem ser acionados em cada um dos trens de aterrissagem. Dependendo das circunstâncias, pode haver dois atuadores por roda ou quatro atuadores em uma das rodas, a outra roda então não mais tendo nenhum atuador acionado.

[0027] No entanto, frenagem simétrica continua sendo impossível. Como com uma única falha, continua impossível pelo menos em parte compensar a perda dos

atuadores não acionados, chamando aqueles atuadores que continuam ser acionados para distribuir força de frenagem adicional. Isto naturalmente só é válido se as quantidades extras de força a ser aplicada não excederem os níveis de frenagem que estão no limite de aderência da pista. Em tais circunstâncias, a frenagem torna-se ligeiramente assimétrica, que pode exigir uma pequena quantidade de compensação por meio do leme ou direção do trem principal.

[0028] Além do mais, a perda de um dos barramentos da fonte de alimentação AC1 ou AC2 limita a potência disponível para acionar as unidades concernentes (respectivamente, B1, B3 ou B2, B4) à energia que está disponível pela fonte de alimentação CC. No entanto, isto não faz com que os atuadores conectados nas unidades de fonte de alimentação concernentes percam toda capacidade de frenagem. Em particular, se as baterias da aeronave forem dimensionadas de maneira a poder distribuir pelo menos 50 % da força de frenagem nominal, então a perda de um dos barramentos da fonte de alimentação depois de uma partida da aeronave em uma condição de baixo regime de emergência (por exemplo, com um dos EMACs com problemas, ou com uma das unidades de fonte de alimentação com problema) não tem nenhum impacto na distância crítica de frenagem, uma vez que é sempre possível frear com 25 % da força nominal nas rodas em questão, que representa substancialmente a força que pode ser desenvolvida em uma pista molhada, isto é, a força que define a distância crítica.

[0029] Deve-se observar que cada uma das unidades de fonte de alimentação tem duas saídas distintas, uma para cada EMAC. Assim, a perda de uma conexão elétrica entre uma unidade e um EMAC leva à perda de somente dois atuadores, e não todos os quatro atuadores acionados pela unidade.

[0030] Finalmente, a perda de um dos EMACs leva a não mais que a perda de dois dos atuadores, a perda de um segundo EMAC levando à perda de quatro atuadores, que, na pior das hipóteses, levaria à perda total de frenagem em uma roda.

[0031] Preferivelmente, cada atuador é dimensionado de forma a poder, pelo menos ocasionalmente, desenvolver uma força de frenagem equivalente à

desenvolvida por dois atuadores de um freio no qual todos os atuadores estão sendo acionados durante a frenagem a um nível que leva a roda correspondente até o limite de travamento da roda durante aterrissagem em uma pista seca.

[0032] Para tal frenagem, a força máxima desenvolvida por um atuador de um freio com todos seus atuadores acionados é da ordem de 66 % da força nominal (que, por definição, é a força de frenagem que precisa ser gerada por um atuador durante uma decolagem abortada com peso máximo). Portanto, é apropriado dimensionar os atuadores de forma que eles possam ocasionalmente distribuir uma força que é igual a 132 % da força nominal.

[0033] Assim, com apenas dois dos quatro atuadores, é possível na roda em questão 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 seus atuadores acionados antes do travamento da roda que ocorre durante aterrissagem em uma pista seca.

[0034] A invenção não está limitada à descrição apresentada, mas, ao contrário, cobre qualquer variante que se enquadre no âmbito definido pelas reivindicações.

[0035] Em particular, embora no exemplo mostrado as rodas estejam equipadas com freios que têm um número par de atuadores, com os atuadores sendo arranjados em um primeiro grupo de atuadores (atuadores 1, 2) que é acionado por uma das unidades e um segundo grupo complementar de atuadores (atuadores 3, 4) que é acionado por uma outra unidade, com os grupos tendo números iguais de atuadores em dois grupos, mesmo se o número de atuadores for ímpar. Em tais circunstâncias, é vantajoso que cada roda defina dois grupos de atuadores que diferem não mais que um atuador.

[0036] Embora a invenção esteja descrita com referência a uma aeronave com dois trens de aterrissagem, cada qual com duas rodas com freio, a invenção pode ser generalizada imediatamente para uma aeronave com dois trens de aterrissagem principais, cada qual carregando mais de duas rodas com freio, por exemplo, quatro ou seis. Basta definir para cada um dos trens de aterrissagem dois grupos de rodas (por exemplo, cada grupo de rodas compreende as rodas carregadas em um dado

lado do trem de aterrissagem). Para cada um dos grupos de rodas (e assim de freios) definidos desta maneira, um primeiro grupo de atuadores é acionado por uma das unidades e um segundo grupo complementar é acionado por uma outra unidade no arranjo da invenção. A invenção também generaliza a aeronave com mais de dois trens de aterrissagem principais. Por exemplo, se a aeronave tiver dois trens de aterrissagem de asa principais e um trem de aterrissagem principal central, todos com rodas com freio (como aplica-se ao A340-600), base alocar as rodas carregadas pelo trem de aterrissagem principal central a um ou ao outro dos grupos de rodas formados pelas rodas dos trens de aterrissagem principais das asas.

[0037] Por extensão, e para usar vocabulário comum nas reivindicações, a expressão “grupo de rodas” é usada mesmo quando, como no exemplo descrito, o grupo tiver apenas uma roda.

REIVINDICAÇÕES

1. Arquitetura para acionar freios de aeronave para uma aeronave com pelo menos dois trens de aterrissagem, cada qual tendo um certo número de rodas (L1, L2, R1, R2), cada uma das rodas sendo equipada com freios, cada qual tendo um certo número de atuadores de frenagem eletromecânicos (1, 2, 3, 4), a arquitetura incluindo controladores (EMACs) para distribuir sinais de potência aos atuadores em resposta a um comando de frenagem, caracterizada pelo fato de que as rodas em cada um dos trens de aterrissagem sendo agrupadas em primeiro e segundo grupos complementares (L1, R1; L2, R2) de maneira tal que, para cada grupo de rodas, um primeiro grupo de atuadores (1,2) é controlado por um controlador (EMAC1/EMAC4/EMAC5/ EMAC8) que controla esses atuadores apenas, e um segundo grupo complementar de atuadores (3, 4) é controlado por um outro controlador (EMAC2/EMAC3/EMAC6/EMAC7) que controla somente esses atuadores.

2. Arquitetura de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que os dois controladores (EMAC1/EMAC2; EMAC3/EMAC4; EMAC5/EMAC6; EMAC7/EMAC8) que controlam os atuadores de um dado grupo de rodas são acionados por distintas fontes de alimentação (AC1/AC2).

3. Arquitetura de acordo com a reivindicação 2, caracterizada pelo fato de que tem unidades de fonte de alimentação (B1... B4) para acionar os controladores (EMACs) a partir das fontes de alimentação (AC1/AC2) da aeronave, cada uma das unidades de fonte de alimentação acionando dois controladores.

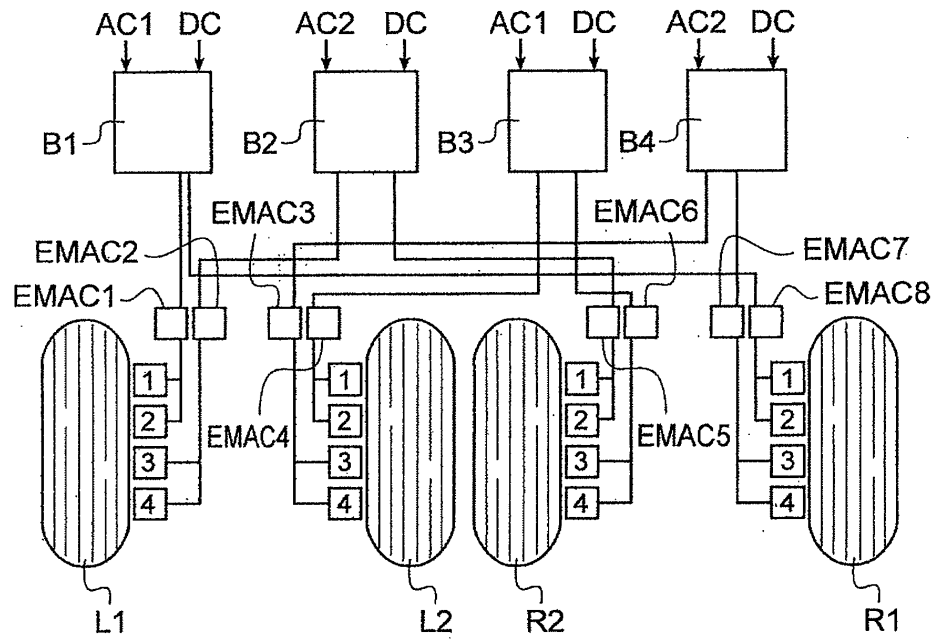
4. Arquitetura de acordo com a reivindicação 3, caracterizada pelo fato de que as unidades de fonte de alimentação acionam os controladores da seguinte maneira:

- a primeira unidade (B1) aciona o controlador (EMAC1) que controla um grupo de atuadores (1, 2) do primeiro grupo de rodas (L1) do primeiro trem de aterrissagem, e o controlador (EMAC8) que controla um grupo de atuadores (1, 2) do primeiro grupo de rodas (R1) do segundo trem de aterrissagem;
- a segunda unidade (B2) aciona o controlador (EMAC2) que controla um

grupo complementar de atuadores (3, 4) do primeiro grupo de rodas do primeiro trem de aterrissagem, e o controlador (EMAC5) que controla um grupo de atuadores (1, 2) do segundo grupo de rodas (R2) do segundo trem de aterrissagem;

- a terceira unidade (B3) aciona o controlador (EMAC4) que controla um grupo de atuadores (1, 2) do segundo grupo de rodas (L2) do primeiro trem de aterrissagem, e o controlador (EMAC6) que controla um grupo complementar de atuadores (3, 4) do primeiro grupo de rodas (L1) do segundo trem de aterrissagem; e

- uma quarta unidade (B4) aciona o controlador (EMAC3) que controla um grupo complementar de atuadores (3, 4) do segundo grupo de rodas (L2) do primeiro trem de aterrissagem, e o controlador (EMAC7) que controla um grupo complementar de atuadores (3, 4) do primeiro grupo de rodas (R1) do segundo trem de aterrissagem.



FIGURA