



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

(11) PI 0802619-0 B1



(22) Data do Depósito: 02/07/2008

(45) Data de Concessão: 28/04/2020

(54) Título: SISTEMAS E MÉTODOS DE CONTROLE DE VÔO PARA AERONAVES

(51) Int.Cl.: B64C 27/22.

(30) Prioridade Unionista: 22/08/2007 US 11/843,497.

(73) Titular(es): EMBRAER S.A..

(72) Inventor(es): CELSO FERRAZ DIAS; MARCELO BERTHOUD; NILSON LUIZ DAVID.

(86) Pedido PCT: PCT BR2008000191 de 02/07/2008

(87) Publicação PCT: WO 2009/023941 de 26/02/2009

(85) Data do Início da Fase Nacional: 28/10/2008

(57) Resumo: SISTEMAS E MÉTODOS DE CONTROLE DE VÔO PARA AERONAVES. Um sistema de controle de vôo para aeronaves é vantajosamente provido com uma barra de controle (50, 50') a qual é conectada por ranhuras a um conjunto de rolamento (70, 70') de forma a permitir movimentos rotacionais e longitudinais simultâneos e independentes da barra de controle (50, 50'), enquanto tais movimentos são isolados um do outro (por exemplo, para permitir interconexão operativa das superfícies de controle do elevador e do aileron da aeronave). Assim, a barra de controle (50, 50') se move nas direções longitudinal e rotacional em relação ao eixo longitudinal da barra de controle (50, 50') em resposta a entradas de comando de arfagem (pitch) e de rolagem (roll), respectivamente. O conjunto de rolamento (70, 70') rotativo é adaptado para conexão às superfícies de controle do aileron da aeronave. A barra de controle (50, 50') é operativamente encaixada por ranhuras ao conjunto de rolamento (70, 70') de forma a permitir movimentos longitudinais e rotacionais simultâneos e independentes da barra de controle (50, 50') em relação ao seu eixo longitudinal. Como tal, os movimentos longitudinais da barra de controle (50, 50') são isolados do membro de rolamento, mas os movimentos rotacionais da barra de controle (50, 50') são transferidos ao membro de rolamento provocando sua rotação e assim permitindo a operação (...).

"SISTEMAS E MÉTODOS DE CONTROLE DE VÔO PARA AERONAVES"

Os sistemas aqui descritos estão relacionados geralmente a sistemas e métodos de controle para aeronaves. Em formas de incorporação especialmente preferidas, são descritos sistemas de controle para aeronaves que permitem que as atitudes de arfagem (*pitch*) e de rolagem (*roll*) de uma aeronave em vôo sejam controladas em resposta às entradas de comando do piloto (ou do piloto automático).

Fundamentos da Invenção

É bem conhecido o fato que uma aeronave em vôo é comandada através de três eixos de controle, denominados eixos de arfagem (*pitch*), de rolagem (*roll*) e de guinada (*yaw*). As superfícies de controle na estrutura da aeronave são então comandadas pelo piloto (ou por um piloto-automático, se a aeronave tiver um equipado) para se moverem nas direções apropriadas para que as atitudes da aeronave possam ser controlavelmente ajustadas em relação a tais eixos de controle para dessa maneira permitir o controle sobre o caminho de vôo da aeronave. Numa aeronave convencional, o controle da aeronave relativo ao eixo de guinada é tipicamente efetuado através de pedais acionados pelos pés na cabine de pilotagem do avião, os quais quando manipulados pelos pés do piloto provocam uma deflexão do leme e, portanto uma guinada da aeronave na direção desejada. Assim, pressionar o pedal direito do leme faz com que a aeronave dê uma guinada para a direita enquanto pressionar o pedal esquerdo do leme faz com que a aeronave dê uma guinada para a esquerda.

O movimento da aeronave em relação aos eixos de arfagem e de rolagem é tipicamente efetuado através de um yoke ou volante de controle que é capaz de ser movido reciprocamente para frente e para trás em relação ao eixo longitudinal da aeronave, bem como ser girado para a direita ou para a esquerda. Especificamente, o movimento de um yoke ou volante de controle para frente e para trás executado pelo piloto irá fazer com que, em resposta, uma superfície de controle de elevação da aeronave seja defletida causando mudanças na arfagem para cima ou para baixo, respectivamente. A rotação do volante de controle executada

pelo piloto irá fazer com que, em resposta, os ailerons montados na asa sejam defletidos causando assim a rolagem da aeronave para a direita e para a esquerda. Portanto, com relação aos comandos de arfagem (*pitch*) e rolagem (*roll*), é necessário que os movimentos
5 sejam separados um do outro, mesmo que as entradas de comando do piloto sejam através de um elemento estrutural comum. Além do mais, uma vez que é necessário que um piloto proveja entradas de controle simultâneas para todos os três eixos de controle para manter uma atitude de vôo coordenada, o sistema de controle de
10 arfagem e rolagem deve ser capaz de executar movimentos pantográficos.

Existem basicamente dois tipos de configurações de yoke ou volante de controle em uma aeronave convencional. O primeiro tipo (por exemplo, os chamados sistemas de coluna)
15 envolve uma coluna vertical que pode se movimentar para frente e para trás de forma a controlar o movimento de arfagem da aeronave. O yoke ou volante pode ser girado e é montado sobre a extremidade superior da coluna de modo a assim permitir os movimentos comandados de rolagem da aeronave para a direita e esquerda em
20 resposta ao giro do yoke ou volante para a direita e para a esquerda, respectivamente.

Um segundo tipo de configuração de volante de controle (por exemplo, os chamados sistemas axiais) envolve um yoke ou volante que é instalado em uma extremidade posterior de um
25 eixo de volante, o qual geralmente é alinhado axialmente em relação à aeronave. Conforme uma solução convencional, o eixo do volante é composto de um par de eixos telescópicos com o eixo externo possuindo uma seção transversal circular e o eixo interno possuindo uma seção transversal quadrada. O eixo externo é
30 rigidamente conectado ao volante na sua extremidade posterior e inclui na sua extremidade oposta um braço de manga instalado com rolamentos para descartar o movimento rotacional e ao invés permitir somente movimentos longitudinais a serem transmitidos ao sistema de controle do elevador. O eixo interno por outro lado é
35 suportado por rolamentos do eixo externo que assim permitem que o movimento rotacional do eixo externo seja transmitido aos quadrantes do controle do aileron.

Embora uma certa variedade de sistemas de controle de arfagem e rolagem já seja conhecida no estado da arte, alguns aperfeiçoamentos ainda são desejados. Por exemplo, seria especialmente desejável que um sistema de controle axial pudesse ser provido de tal maneira que os comandos de arfagem e rolagem fossem separados um do outro utilizando uma único eixo de controle conectado ao yoke ou volante. Uma tal configuração iria dessa forma reduzir a complexidade do sistema de controle e assim potencialmente levar a uma redução dos custos de manufatura e/ou manutenção. É por essa razão, no sentido de atender completamente tais necessidades, que a presente matéria foi desenvolvida.

Sumário da Invenção

Em geral, algumas formas de incorporação preferidas da matéria aqui apresentada incluirão uma barra de controle que é conectada por encaixe a um conjunto de rolamento de forma a permitir os movimentos longitudinal e rotacional simultâneos e independentes da barra de controle, ao mesmo tempo em que há isolação de tais movimentos, um do outro (por exemplo, para permitir a interconexão operativa das superfícies de controle do elevador e do aileron da aeronave).

De acordo com algumas formas de incorporação, um sistema de controle de vôo da aeronave é apresentado, o qual é composto de uma barra de controle e um rolamento giratório. A barra de controle é móvel nas direções longitudinal e rotacional em relação ao eixo longitudinal da barra de controle, em resposta às entradas de comando de arfagem e rolagem, respectivamente. O conjunto de rolamento giratório é adaptada para conexão às superfícies de controle do aileron da aeronave. A barra de controle é operacionalmente encaixada por ranhuras ao conjunto de rolamento de forma a permitir os movimentos longitudinais e rotacionais simultâneos e independentes da barra de controle em relação ao seu eixo longitudinal. Como tal, os movimentos longitudinais da barra de controle são isolados do membro de rolamento, mas os movimentos rotacionais da barra de controle são transferidos ao membro de rolamento provocando sua rotação e dessa maneira permitir a operação das superfícies de controle do aileron.

O conjunto de rolamento de acordo com algumas formas de incorporação terá um membro de rolamento externo em posição fixa e um membro de rolamento rotativo interno posicionado coaxialmente com o membro de rolamento externo. O membro de rolamento interno está operacionalmente acoplado ao membro de rolamento externo para permitir movimentos rotacionais do membro de rolamento interno em relação ao eixo longitudinal da barra de controle. Em tais formas de incorporação, a barra de controle é preferencialmente operacionalmente encaixada por ranhuras ao membro de rolamento giratório interno.

Os acionadores de aileron podem ser conectados operacionalmente ao conjunto de rolamento de maneira a moverem um cabo de controle de aileron e dessa forma operarem as superfícies de controle do aileron da aeronave em resposta à rotação da barra de controle. Os acionadores de aileron podem estar, por exemplo, na forma de um quadrante de aileron que recebe o cabo de controle de aileron. Alternativamente, os acionadores de aileron podem estar na forma de alavancas angulares e hastes que distribuem o movimento da barra de controle até o cabo de controle de aileron.

A barra de controle pode ser operacionalmente encaixada por ranhuras ao conjunto de rolamento. Embora um único conjunto de rolamento possa ser empregado, é preferível que seja utilizado um par de conjuntos de rolamento espaçados axialmente de modo a prover estabilidade e assim evitar a elasticidade do conjunto inteiro. O conjunto ou conjuntos de rolamento pode estar na forma de qualquer dispositivo que sirva como um rolamento rotacional, por exemplo, mancais de qualquer tipo. Preferencialmente, cada conjunto de rolamento pode incluir um membro de rolamento externo em posição fixa e um membro de rolamento rotativo interno, coaxialmente posicionados com o membro de rolamento externo, em que a barra de controle é operacionalmente encaixada por ranhuras ao membro de rolamento interno rotativo, e onde os membros de rolamento externos em posição fixa ficam rigidamente interconectados um ao outro e a uma parte da estrutura da aeronave. Os membros de rolamento externos do par de conjuntos de rolamento podem ser rigidamente interconectados uns ao outros por meio de tirantes (hastes).

A barra de controle, com ranhuras de encaixe, pode vantajosamente incluir canaletas longitudinais circunferencialmente espaçadas com o conjunto de rolamento tendo rolamentos recebidos dentro das canaletas longitudinais, para
5 permitir os movimentos longitudinais relativos entre a barra de controle e o conjunto de rolamento. Tais canaletas longitudinais da barra de controle podem estar simetricamente e circunferencialmente espaçadas, uma em relação a outra. As canaletas longitudinais circunferencialmente espaçadas podem ter
10 qualquer formato geométrico conveniente para o propósito de permitir os movimentos longitudinais entre a barra de controle e o conjunto de rolamento.

De acordo com algumas formas de incorporação, o sistema de controle de vôo da aeronave pode compreender um engate articulado acoplado operacionalmente a uma extremidade da barra de
15 controle de maneira que os movimentos rotacionais da barra de controle ficam isolados do engate articulado, mas os movimentos longitudinais da barra de controle são transferidos para o engate articulado para a operação da área de uma superfície de controle
20 do elevador da aeronave.

Vantajosamente, um sistema de controle de vôo de uma aeronave pode ser provido compreendendo uma barra de controle a qual se move longitudinalmente e rotacionalmente em resposta à aplicação de entradas de comando de arfagem e rolagem,
25 respectivamente, um conjunto de tubo de torque do elevador capaz de conexão operativa com uma superfície de controle do elevador da aeronave, e um engate articulado conectando operacionalmente a barra de controle ao conjunto do tubo de torque do elevador. O engate articulado deverá compreender preferencialmente um membro
30 de rolamento rotativo para receber uma extremidade terminal de uma barra de controle para ali permitir movimentos rotacionais independentes entre ambos, e um garfo de controle com uma extremidade conectada ao membro de rolamento e com a extremidade oposta conectada ao conjunto do tubo de torque para permitir os
35 respectivos movimentos articulados do garfo de controle em relação ao membro de rolamento e ao conjunto do tubo de torque sobre os respectivos eixos da articulação perpendiculares à barra de

controle. As entradas de comando da rolagem para a barra de controle são dessa forma isoladas do tubo de torque, mas as entradas de comando de arfagem para a barra de controle são transferidos pelo engate articulado ao tubo de torque para
5 permitir a operação da superfície de controle do elevador. O conjunto do tubo de torque pode compreender um tubo de torque e uma alavanca angular, em que o garfo de controle é conectado à alavanca angular na sua dita extremidade oposta sobre um eixo da articulação perpendicular à barra de controle.

10 Uma outra forma de incorporação vantajosa provida para um sistema de controle de arfagem e rolagem de uma aeronave compreende uma barra de controle ranhurada que se move rotacionalmente e longitudinalmente em resposta à aplicação de
15 entradas de comando de rolagem e arfagem, respectivamente, e um conjunto de rolamento operacionalmente conectado por ranhuras à barra de controle. O conjunto de rolamento pode ter um membro de rolamento externo em posição fixa e um membro de rolamento interno capaz de se conectar com as superfícies de controle do aileron da aeronave. O membro de rolamento interno é acoplado
20 operacionalmente ao membro de rolamento externo para permitir movimentos rotacionais relativos sobre o eixo longitudinal da barra de controle, em resposta a entradas de comando de rolagem.. A barra de controle é operacionalmente encaixada por ranhuras ao membro de rolamento interno de modo a permitir movimentos
25 independentes simultâneos longitudinais e rotacionais da barra de controle em relação ao seu eixo longitudinal, de maneira que os movimentos longitudinais da barra de controle ficam isolados do membro de rolamento interno, mas os movimentos rotacionais da barra de controle são transferidos para o membro de rolamento
30 interno, o que em resposta causa a rotação do membro de rolamento interno em relação ao membro de rolamento externo. É provido um tubo de torque do elevador tendo uma alavanca angular, o tubo de torque do elevador sendo capaz de conexão operacional com uma superfície de controle do elevador da aeronave. Um engate
35 articulado conecta operacionalmente a barra de controle à alavanca angular do tubo de torque do elevador. O engate articulado compreende um membro de rolamento para receber uma extremidade

terminal da barra de controle para ali permitir movimentos rotacionais independentes, e um garfo de controle conectado por uma extremidade ao membro de rolamento e com a extremidade oposta conectada à alavanca angular para permitir os respectivos
5 movimentos articulados do garfo de controle em relação ao membro de rolamento e à alavanca angular, sobre os eixos da articulação perpendiculares à barra de controle. Assim sendo, as entradas de comando de rolagem para a barra de controle são isoladas do tubo de torque, mas as entradas de comando de arfagem para a barra de
10 controle são transferidas pelo engate articulado ao tubo de torque.

Uma aeronave pode, então, ser dotada de qualquer uma das formas de incorporação de sistemas de controle de vôo de aeronaves aqui descritas.

15 De acordo com outros aspectos, um método para prover movimentos longitudinais e rotacionais independentes e simultâneos de uma barra de controle da aeronave em resposta à entradas de comandos de rolagem e arfagem é aqui apresentado. O método compreende o estabelecimento de uma conexão ranhurada
20 operativa entre a barra de controle e um conjunto de rolamento tendo um membro de rolamento externo em posição fixa e um membro de rolamento interno rotativo conectado operacionalmente às superfícies de controle do aileron da aeronave, permitindo movimentos independentes e simultâneos, longitudinais e
25 rotacionais, da barra de controle em relação ao seu eixo longitudinal de maneira que os movimentos longitudinais da barra de controle ficam isolados do membro de rolamento interno em resposta às entradas de comando de arfagem, mas os movimentos rotacionais da barra de controle são transferidos para o membro de
30 rolamento interno em resposta às entradas de comando de rolagem, causando assim a rotação do membro de rolamento interno em relação ao membro de rolamento externo. Uma conexão operacional também é estabelecida entre a barra de controle e um engate articulado conectado a um conjunto de tubo de torque do elevador associado
35 operacionalmente com uma superfície de controle do elevador da aeronave, de modo que as entradas de comando de rolagem para a barra de controle ficam isoladas do conjunto de tubo de torque,

mas as entradas de comando de arfagem para a barra de controle são transferidas pelo engate articulado para o conjunto de tubo de torque.

De acordo com algumas formas de incorporação, o método pode incluir prover uma conexão ranhurada entre a barra de controle e o membro de rolamento interno rotativo através da utilização de rolamentos longitudinais. A barra de controle é vantajosamente dotada de canaletas longitudinais para receber os rolamentos longitudinais. Em algumas formas de incorporação, uma canaleta na forma de circunferência é provida entre os membros de rolamento interno e externo, posicionamento os rolamentos na canaleta em forma de circunferência.

Estes e outros aspectos e vantagens virão a ser mais aparentes após cuidadosa consideração da seguinte descrição detalhada das formas de incorporação exemplificativas preferenciais.

Breve Descrição dos Desenhos Acompanhantes

Serão feitas a seguir referencias aos desenhos anexos, onde os numerais de referência utilizados nas várias figuras indicam os mesmos elementos estruturais, e onde:

A figura 1 representa uma vista em perspectiva frontal (do piloto), olhando-se para frente em relação ao avião (não representado), de um sistema de controle de arfagem (*pitch*) e rolagem (*roll*) de acordo com uma forma de incorporação preferencial;

A figura 2 representa uma vista em perspectiva traseira do sistema de controle de arfagem e rolagem da figura 1, mas olhando-se na direção da traseira do avião (não representado);

A figura 3 é uma vista em perspectiva de um conjunto de rolamento empregado no sistema das figuras 1 e 2;

A figura 4 é uma vista em seção transversal, em perspectiva ampliada, de um conjunto de rolamento representado na figura 3;

A figura 5 é uma vista em perspectiva traseira de um conjunto de engate de controle de arfagem empregado no sistema das figuras 1 e 2; e

A figura 6 é uma vista em perspectiva da seção transversal do conjunto de engate de controle de arfagem mostrado na figura 5.

Descrição Detalhada da Matéria Ilustrada

5 As figuras 1 e 2 anexas mostram uma forma de incorporação presentemente preferida de um sistema de controle de arfagem e rolagem CS incluindo os subsistemas de controle do piloto e do co-piloto 10, 10'. Nesta consideração, com o propósito de esclarecer e abreviar, exceto quando é necessário esclarecer
10 quaisquer diferenças estruturais/funcionais entre os subsistemas 10, 10', somente os componentes individuais associados com o subsistema de controle do piloto 10 serão a seguir descritos em detalhes. Contudo, os componentes individuais associados com o subsistema do co-piloto 10' são representados nos desenhos das
15 figuras com os mesmos numerais de referência daqueles do subsistema 10 com uma notação do tipo ('). Além disso, os componentes individuais associados com o subsistema 10' serão indicados entre parênteses na descrição textual acompanhante imediatamente adjacente aos componentes do subsistema de controle
20 do piloto 10, ao qual eles correspondem. Será obviamente compreendido que os subsistemas 10, 10' do piloto e do co-piloto estão subordinados um ao outro de forma que a operação de um irá igualmente induzir o outro a operar.

O subsistema 10 (10') é geralmente composto por
25 um volante (yoke) de controle 32 (32'), uma barra de controle ranhurada 50 (50') em peça única, um conjunto de rolamento 70 (70') e um engate articulado 90 (90'). O volante de controle 30 (30') pode ser qualquer estrutura de volante 32 (32') convencional para permitir que um piloto (co-piloto) manipule o mesmo,
30 aplicando forças rotacionais e/ou axiais (empurrar/puxar). O volante de controle 32 (32') representado nas figuras 1 e 2 anexas é geralmente aquele apresentado no pedido de patente co-pendente US 29/271.590, de propriedade comum, depositado em 23 de janeiro de 2007. Outras formas de yokes ou volantes de controle podem, é
35 claro, ser previstas e empregadas já que o formato particular dos yokes ou volantes de controle não é crítico para o funcionamento apropriado do sistema aqui descrito. De modo convencional,

portanto, o yoke ou volante de controle 32 (32') pode prover por exemplo uma plataforma para chaves 34 (34') de aviônicos remotos e uma chave de comunicação (por exemplo, PTT, Pressione-Para-Falar) 36 (36').

5 O yoke ou volante de controle 32 (32') está rigidamente acoplado à extremidade posterior da barra ranhurada 50 (50'), enquanto a extremidade anterior da barra ranhurada 50 (50') está acoplada operacionalmente ao conjunto de engate articulado 90 (90'). Entre suas extremidades posterior e anterior, a barra
10 ranhurada 50 (50') está acoplada operacionalmente ao conjunto de rolamento 70 (70'). Como será descrito abaixo em maiores detalhes, o conjunto de rolamento 70 (70') permite que movimentos de torção ou giro aplicados ao yoke ou volante 32 (32') sejam transmitidos via barra 50 (50') ao quadrante principal do aileron 60 (60')
15 fixado à barra 50 (50'). O quadrante do aileron 60 (60') está por sua vez acoplado operacionalmente ao quadrante escravo do aileron 62 por meio de polias 64 e cabos de controle 66. Dessa maneira, o quadrante escravo do aileron 62 está conectado aos ailerons individuais montados na asa por meio de cabeamentos de controle
20 adequados (não mostrados). Assim, o movimento de torção (giro) do yoke ou volante de controle 32 (32') irá, em resposta, girar o quadrante escravo do aileron 62 que por sua vez fará defletir os ailerons (não mostrado) fazendo com que o avião role para a direita e para a esquerda (isto é, em resposta às entradas de
25 comando suficientes para girar o yoke ou volante 32 (32') na direção direita ou esquerda).

O conjunto de rolamento 70 (70') também permite que a barra ranhurada 50 (50') seja movida axialmente dentro dele em resposta às forças dirigidas axialmente (isto é, forças de
30 empurrar/puxar) exercidas sobre o yoke ou volante 32 (32'). Tais forças dirigidas axialmente são por sua vez transferidas pela barra 50 (50') ao engate articulado 90 (90') e dessa forma para a alavanca angular 92 (92') acoplada à extremidade do tubo de torque do elevador 100. As forças dirigidas axialmente transferidas via
35 engate articulado 90 (90') à alavanca angular 92 (92') irão assim fazer com que o tubo de torque 100 gire sobre seu eixo e dessa forma fazem girar os quadrantes do elevador 102, 104. A rotação

dos quadrantes de elevador 102, 104 irá, dessa maneira, operar o cabo de controle do elevador conectado à superfície de controle do elevador (não representada) via polias 108 alterando a arfagem da aeronave e assim fazendo-a descer (isto é, em resposta ao yoke ou volante 32 (32') sendo empurrado) ou subir (isto é, em resposta ao yoke ou volante 32 (32') sendo puxado).

As figuras 3 e 4 anexas demonstram em grande detalhamento o conjunto de rolamento 70' que está situado operacionalmente no lado do co-piloto do sistema de controle CS. Será entendido que o conjunto de rolamento 70 situado operacionalmente no lado do piloto do sistema de controle CS é estruturalmente idêntico. Como tal, as partes componentes individuais do conjunto de rolamento 70 são as mesmas partes componentes individuais do conjunto de rolamento 70' conforme demonstrado na figura 3 e 4, portanto elas não serão descritas separadamente.

O conjunto de rolamento 70' inclui blocos de rolamento 72', 74' posicionados à frente e atrás (em relação ao eixo da aeronave), compreendendo membros de rolamento externo e interno posicionados coaxialmente 72-1', 72-2' e 74-1', 74-2', respectivamente. Os membros de rolamento externos 72-1', 74-1' incluem respectivas flanges de montagem 72-3' e 74-3'. Os membros de rolamento externos 72-1', 74-1' são acoplados juntos como uma unidade por meio de hastes tirantes 76, sendo interconectados entre as flanges de montagem 72-3', 74-3'. As hastes tirantes 76 também podem acoplar rigidamente os membros de rolamento externos 72-1', 74-1' a uma parte da estrutura da aeronave (não mostrado). Portanto, as flanges de montagem 72-3', 74-3' e conseqüentemente os membros de rolamento externos 72-1', 74-1', ficam fixados em posições imóveis em relação à estrutura da aeronave e assim seguram o conjunto de rolamento 70'.

Os conjuntos de rolamento externos 72-1', 74-1' são coaxialmente dispostos sobre os conjuntos de rolamento internos 72-2' e 74-2', e coletivamente definem um par de canaletas de rolamento circunferenciais 78 onde um anel circular de rolamentos 80 está posicionado. O quadrante do aileron 60' está rigidamente fixado à face dianteira do membro de rolamento interno

72-2' perpendicular ao prolongamento do eixo alongado da barra de controle 50' por meio de parafusos 110. Dessa maneira, o movimento rotacional dos membros de rolamento internos 72-2', 74-2' em relação aos membros de rolamento externos 72-1', 74-1' irá, em resposta, fazer com que o quadrante do aileron 60' gire sobre o eixo da barra de controle 50' (flecha Aa na figura 4) e assim mover o cabo de controle do aileron 66 ocasionando a deflexão dos ailerons da aeronave, como já descrito previamente.

A barra de controle 50' inclui canaletas paralelas circunferencialmente espaçadas 52 estendendo-se ao longo da direção relativa ao seu eixo longitudinal. Mais preferivelmente, as canaletas 52 estão simetricamente separadas umas das outras em torno da circunferência da barra de controle 50' de forma a prover uma carga de rolamento simétrica. Nesta consideração, os membros de rolamento internos 72-2', 74-2' portam os respectivos rolamentos axiais 82' recebidos nas respectivas canaletas 52' da barra de controle 50'. Estes rolamentos 82' permitem movimentos axiais recíprocos (flecha Ab na figura 4) da barra de controle 50' em relação aos membros de rolamento internos 72-2', 74-2', e conseqüentemente relativos ao quadrante do aileron 60', em resposta a uma força de empurrar/puxar aplicada ao yoke ou volante 32', para assim operar a superfície de controle do elevador da aeronave (não mostrado). Os rolamentos axiais 82' irão também transferir o movimento de rotação da barra de controle 50' para os membros de rolamento internos 72-2', 74-2' em resposta ao movimento de torção (giro) aplicado ao yoke ou volante 32' provocando assim sua rotação e conseqüentemente rotação do quadrante do aileron 60'. Como tal, o conjunto de rolamento 70' serve para permitir movimentos separados, mas simultâneos, axiais e de rotação da barra de controle 50' que por sua vez permite a operação separada, mas simultânea, das superfícies de controle do elevador e do aileron da aeronave viabilizando ajustes de rolagem e arfagem da aeronave, em vôo.

O engate articulado 90 que é operacionalmente empregado no lado do piloto do sistema de controle CS é apresentado em maiores detalhes nas figuras 5 e 6 anexas. Será compreendido que o engate articulado 90' situado operativamente no

lado do co-piloto do sistema de controle CS é estruturalmente idêntico. Sendo assim, as partes componentes individuais do engate articulado 90' são as mesmas que as partes individuais componentes do engate articulado 90 conforme demonstrado nas figuras 5 e 6 e por essa razão não serão descritas separadamente.

Como pode ser observado nas figuras 5 e 6, o engate articulado 90 inclui um membro de rolamento 94 portando rolamentos 94-1 de modo a permitir a rotação da barra de controle 50 em torno do seu eixo. O membro de rolamento 94 é acoplado às flanges 95-1 de um bloco de suporte de rolamento 95 por meio de parafusos 95-2. Uma porca de fixação 54 é rosqueada na extremidade terminal da barra de controle 50 de maneira a cooperar com o espaçador 56 para unir da barra de controle 50 ao membro de rolamento 94, para permitir a rotação livre da barra de controle 50 sobre seu eixo longitudinal.

Uma peça protetora do nariz 112 é provida na extremidade terminal da barra de controle 50 e é unida rigidamente ao bloco de suporte de rolamento 95. A peça do nariz 112 serve para proteger a fiação elétrica (não mostrada), associada com as chaves 34, 36 montadas no yoke ou volante, e roteadas através de um furo axial dentro da barra de controle 50, das tensões da torção quando o yoke ou volante 32 (e conseqüentemente a barra de controle 50) gira para a direita e para a esquerda, e das tensões de dobramento quando o yoke ou volante 32 (e conseqüentemente a barra de controle 50) se move para frente e para trás.

Um garfo de controle 96 tendo um par de braços de garfo 96-1 unidos a um braço central 96-2 é provido para permitir um acoplamento articulado entre o bloco de rolamento 95 e a alavanca angular 92. Mais especificamente, um parafuso-eixo 96a acopla os braços de garfo 96-1 ao bloco de rolamento 95 para permitir a rotação relativa destes sobre o eixo longitudinal do parafuso-eixo 96a (flecha Ac na figura 5). Similarmente, um parafuso-eixo 96b acopla o braço central 96-2 a uma extremidade superior da alavanca angular 92 de forma a permitir a rotação relativa destes sobre o eixo longitudinal do parafuso eixo 96b (flecha Ad na figura 5). Como previamente observado, a barra de controle 50 é capaz de movimento rotacional independente sobre seu

eixo longitudinal em virtude da sua conexão via membro de rolamento 94, e portanto tal movimento rotacional é isolado das estruturas do engate 90. Contudo, as forças longitudinais aplicadas à barra de controle 50 (por exemplo, por meio de forças de empurrar/puxar induzidas pelo piloto aplicadas ao yoke ou volante 32) irão fazer com que a barra de controle 50 se mova reciprocamente ao longo de seu eixo longitudinal (flecha Ae na figura 5). Tal movimento longitudinal da barra de controle 50 será portanto transferido, via bloco de rolamento 95 e garfo de controle 96, para a alavanca angular 92 e assim comunicar o movimento rotacional ao tubo de torque do elevador 100 e dessa forma permitir que ajustes de arfagem (*pitch*) no voo sejam efetuados na superfície de controle do elevador da aeronave, conforme previamente descrito.

O sistema de controle CS aqui apresentado e descrito pretende ser empregado em aeronaves manejadas (pilotadas por humanos). Contudo, o sistema de controle CS pode ser empregado de maneira equivalente em veículos aéreos não manejados (UAVs - *unmanned aerial vehicles*) nos quais um controle por servo ou por piloto automático se comunica com os componentes do sistema de controle de modo a permitir sua operação em voo através de controle remoto.

Além disso, enquanto uma forma de incorporação presentemente preferencial foi descrita em conexão com o que está sendo atualmente considerado como a forma mais prática e preferida da invenção, deve ser compreendido que tal forma de incorporação apresentada não está limitada às reivindicações apensas. Assim sendo, as reivindicações anexas têm a intenção de abranger várias modificações e configurações equivalentes incluídas dentro do seu espírito e escopo.

REIVINDICAÇÕES

1. SISTEMA DE CONTROLE DE VÔO PARA AERONAVES, compreendendo:

uma barra de controle (50, 50') que se move nas direções longitudinal e rotacional em relação a um eixo longitudinal da barra de controle (50, 50') em resposta a entradas de comando de arfagem (pitch) e rolagem (roll), respectivamente, e

um conjunto de rolamento (70, 70') operacionalmente conectado por ranhuras à barra de controle (50, 50') tendo um membro de rolamento externo (72-1', 74-1') em posição fixa e um membro de rolamento interno (72-2', 74-2') capaz de se conectar a uma superfície de controle do aileron, em que

o membro de rolamento interno (72-2', 74-2') é acoplado operativamente ao membro de rolamento externo (72-1', 74-1') para permitir movimentos relativos de rotação sobre o eixo longitudinal da barra de controle (50, 50') em resposta a entradas de comando de rolagem, e onde

a barra de controle (50, 50') está operacionalmente encaixada por ranhuras ao membro de rolamento interno (72-2', 74-2') de forma a permitir movimentos longitudinais e rotacionais independentes e simultâneos da barra de controle (50, 50') em relação ao seu eixo longitudinal, de tal maneira que os movimentos longitudinais da barra de controle (50, 50') ficam isolados do membro de rolamento interno (72-2', 74-2'), mas os movimentos rotacionais da barra de controle (50, 50') são transferidos ao membro de rolamento interno (72-2', 74-2') provocando, em resposta, a rotação do membro de rolamento interno (72-2', 74-2') em relação ao membro de rolamento externo (72-1', 74-1'); o sistema sendo **caracterizado pelo fato de** compreender, ainda:

um tubo de torque (100) do elevador tendo uma alavanca angular (92, 92'), o tubo de torque (100) do elevador sendo capaz de conexão operativa a uma superfície de controle do elevador da aeronave, e

um engate articulado (90, 90') conectando operativamente a barra de controle (50, 50') à alavanca angular (92, 92') do tubo de torque (100) do elevador, em que o engate articulado (90, 90') compreende:

um membro de rolamento (94) para receber uma extremidade terminal da barra de controle (50, 50') para permitir movimentos rotacionais independentes; e

um garfo de controle (96) conectado a uma extremidade do membro de rolamento (94) e conectado em uma extremidade oposta à alavanca angular (92, 92') para permitir os respectivos movimentos articulados do garfo de controle (96) em relação ao membro de rolamento (94) e à alavanca angular (92, 92') sobre os respectivos eixos de articulação perpendiculares à barra de controle (50, 50'), onde

as entradas de comando de rolagem na barra de controle (50, 50') são isoladas do tubo de torque (100), mas as entradas de comando de arfagem na barra de controle (50, 50') são transferidas pelo engate articulado (90, 90') ao tubo de torque (100).

2. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizados pelo fato de que a barra de controle (50, 50') é operacionalmente encaixada por ranhuras aos membros de rolamento internos (72-2', 74-2'), e em que os membros de rolamento externos (72-1', 74-1') são rigidamente interconectados uns com os outros e a uma parte da estrutura da aeronave.

3. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 2, caracterizados pelo fato de que os membros de rolamento externos (72-1', 74-1') do par de conjuntos de rolamento (70, 70') estão interconectados uns com os outros por meio de hastes tirantes (76).

4. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizados pelo fato de que os movimentos longitudinais da barra de controle (50, 50') são transferidos por um suporte de rolamento (95) e garfo de controle (96) à alavanca angular (92, 92') transmitindo movimento rotacional para o tubo de torque (100).

5. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizados pelo fato de que a barra de controle (50, 50') transfere forças axiais à alavanca angular (92, 92') pelo engate articulado (90, 90') e rotaciona o tubo de torque (100) sobre seu eixo pivotando quadrantes de elevação (102, 104).

6. MÉTODO DE CONTROLE DE VÔO PARA AERONAVES, provendo movimentos longitudinais e rotacionais simultâneos e independentes de uma barra de controle (50, 50') da aeronave em resposta a entradas de comando de arfagem e rolagem, o método compreendendo:

(a) o estabelecimento de uma conexão operativa por ranhuras, entre a barra de controle (50, 50') e um conjunto de rolamento (70, 70') tendo um membro de rolamento externo (72-1', 74-1') em posição fixa e um membro de rolamento interno (72-2', 74'-2') rotativo conectado operativamente às superfícies de controle do aileron da aeronave, a qual permite movimentos longitudinais e rotacionais simultâneos e independentes da barra de controle (50, 50') em relação ao seu eixo longitudinal, de maneira que os movimentos longitudinais da barra de controle (50, 50') ficam isolados do membro de rolamento interno (72-2', 74-2') em resposta às entradas de comando de arfagem, mas os movimentos rotacionais da barra de controle (50, 50') são transferidos ao membro de rolamento interno (72-2', 74-2') em resposta às entradas de comando de rolagem, provocando a rotação do membro de rolamento interno (72-1', 74-1) em relação ao membro de rolamento externo (72-1', 74-1');

o método sendo **caracterizado pelo fato de** que compreende, ainda:

(b) o estabelecimento de uma conexão operativa entre a barra de controle (50, 50') e um engate articulado (90, 90') conectado a um tubo de torque (100) por uma alavanca angular (92, 92'), o engate articulado (90, 90') compreendendo:

um membro de rolamento (94) para receber uma extremidade terminal da barra de controle (50, 50') para permitir movimentos rotacionais independentes; e

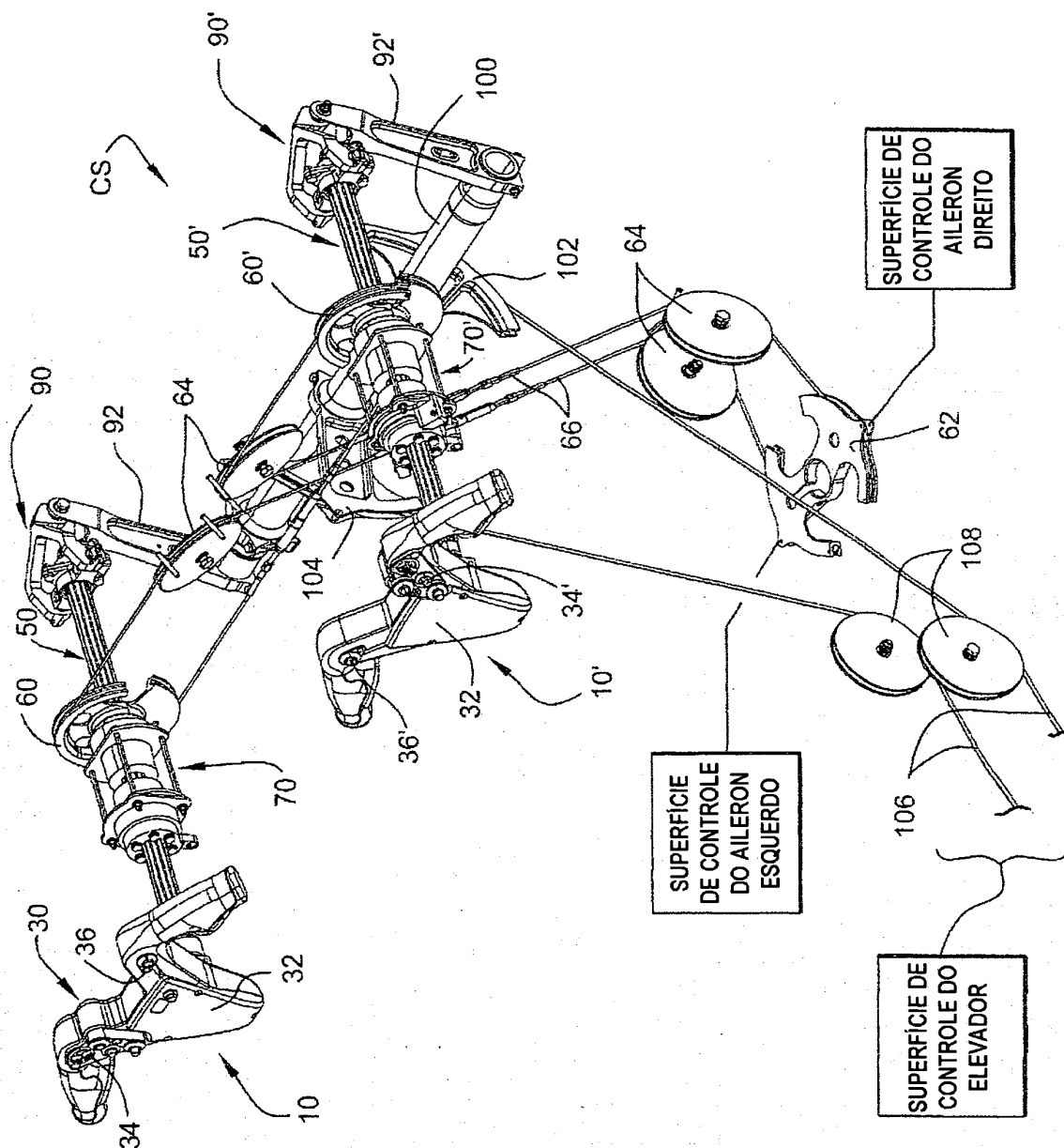
um garfo de controle (96) conectado a uma extremidade do membro de rolamento (94) por braços de garfo e conectado em uma extremidade oposta à alavanca angular (92, 92') por um braço central para permitir os respectivos movimentos articulados do garfo de controle (96) em relação ao membro de rolamento (94) e à alavanca angular (92, 92') sobre os respectivos eixos de articulação perpendiculares à barra de controle (50, 50'), de modo que entradas de comando de rolagem na barra de controle (50, 50') são isoladas do tubo de

torque (100), mas as entradas de comando de arfagem na barra de controle (50, 50') são transferidas pelo engate articulado (90, 90') ao tudo de torque (100).

7. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que a etapa (a) inclui prover uma conexão por ranhuras entre a barra de controle (50, 50') e o membro de rolamento interno (72-2', 74-2') rotativo provendo-se ali rolamentos longitudinais.

8. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de compreender prover uma barra de controle (50, 50') com canaletas longitudinais (52, 52') para receber os rolamentos (94-1) longitudinais.

9. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de compreender prover uma canaleta em forma de circunferência (78) entre os membros de rolamento interno (72-2', 74-2') e externo (72-1', 74-1') e posicionar rolamentos (80) na canaleta em forma de circunferência (78).



704

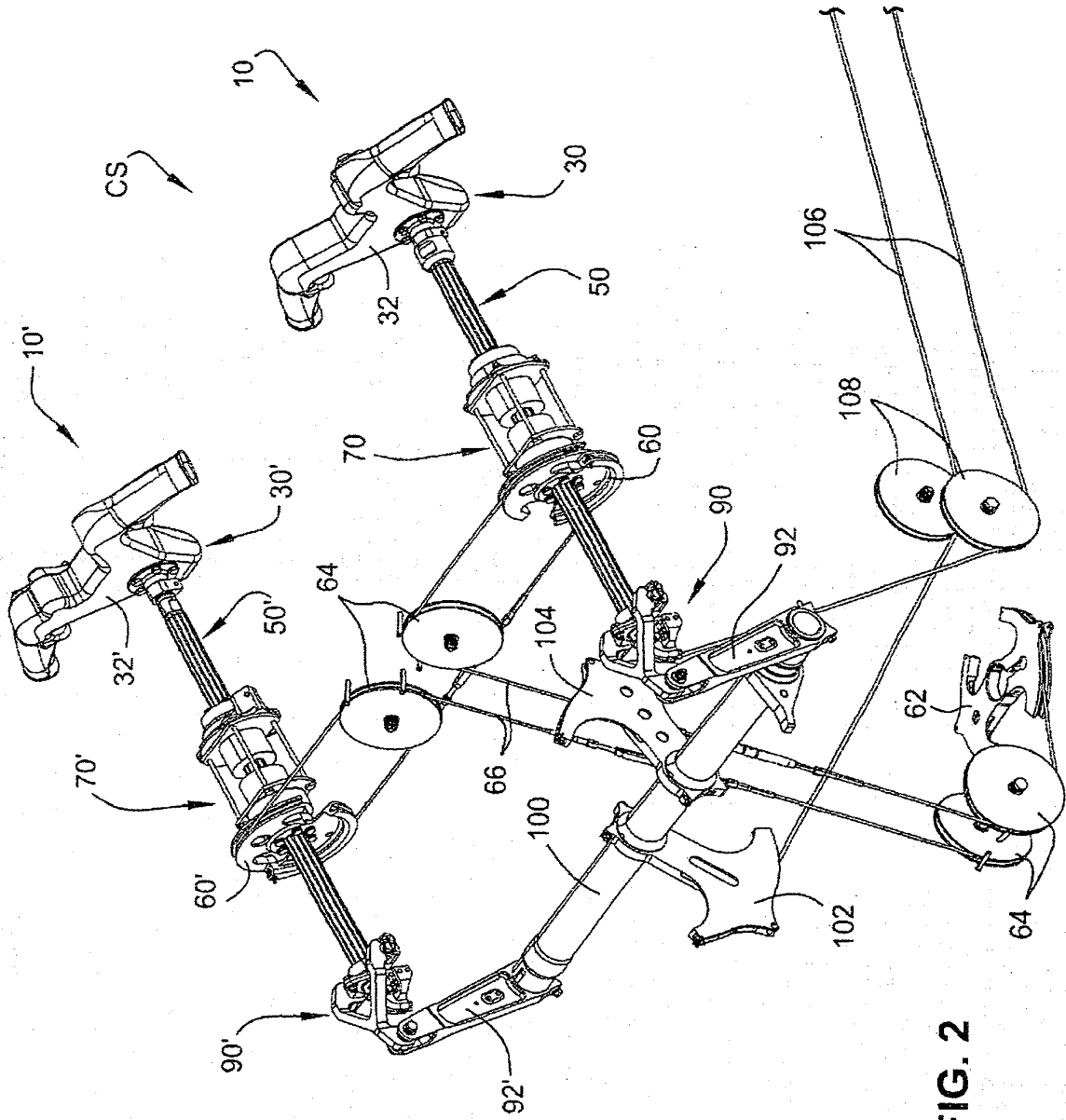


FIG. 2

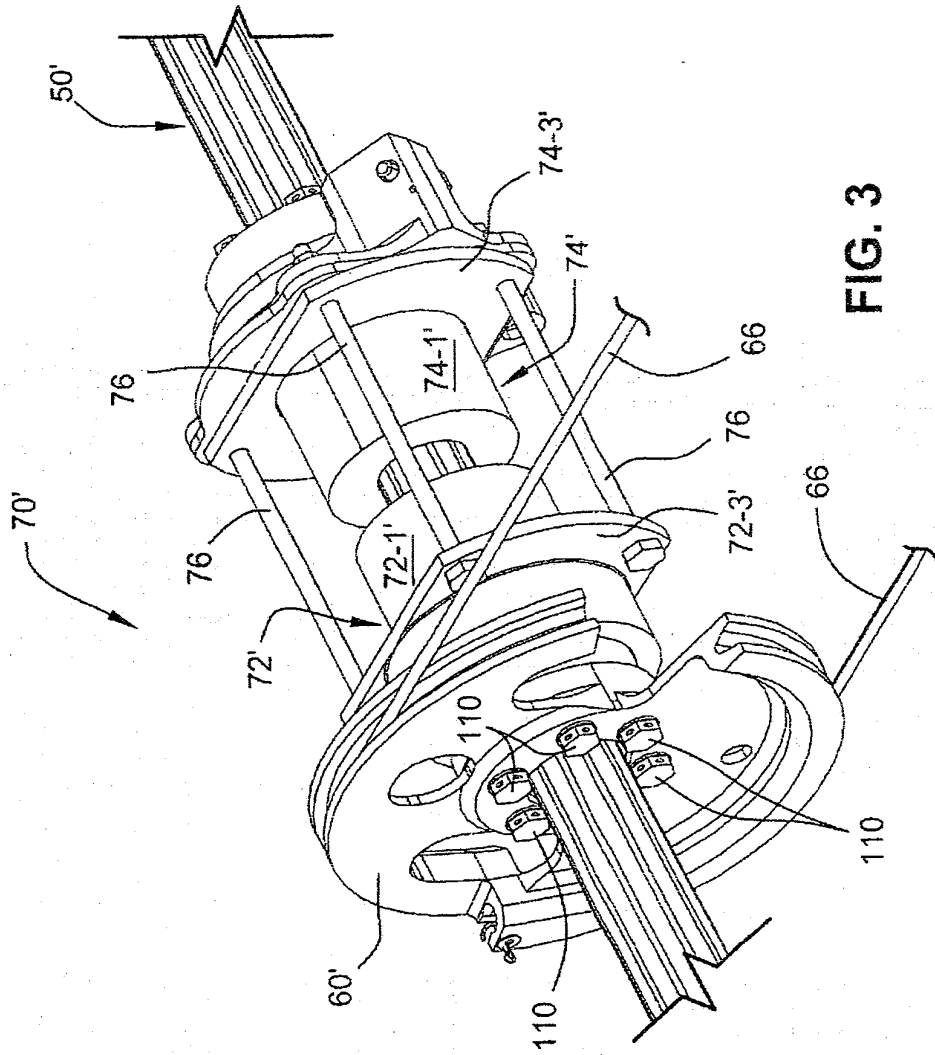


FIG. 3

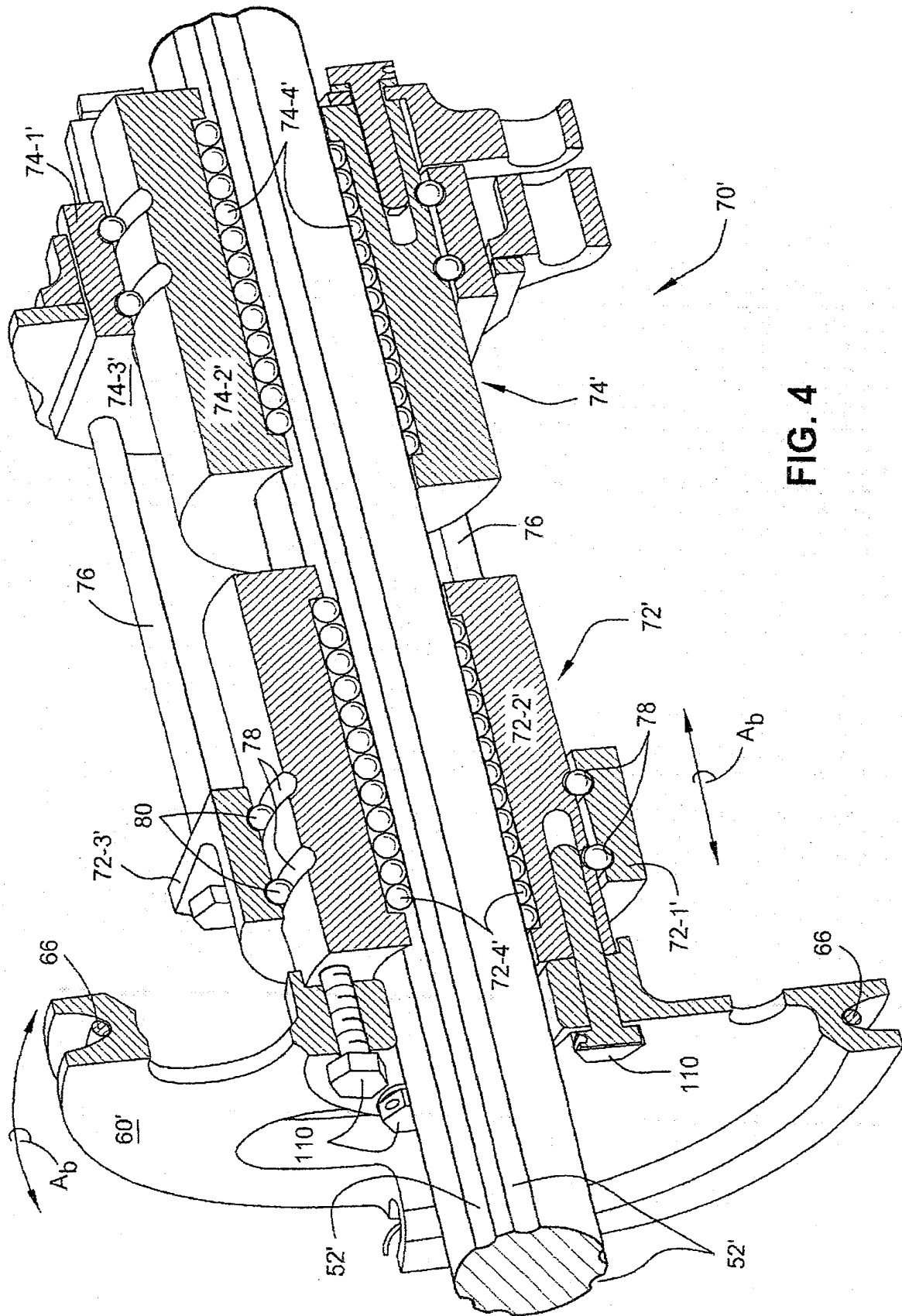


FIG. 4

