

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**SISTEMA DE ÓRGÃO DE COMANDO**".

A presente invenção refere-se a um sistema de órgão de comando ativo para comando de uma aeronave com ao menos um órgão de comando de movimentação mecânica, ao menos uma regulação, ao menos  
5 um componente regulador, ou seja, atuador para comandar o órgão de comando e ao menos um meio de registro de ao menos uma grandeza de estado do órgão de comando.

Tais sistemas de órgãos de comando empregam um órgão de comando com mobilidade mecânica ao redor de vários eixos, especialmente  
10 na forma de um manípulo de comando que pode ser ativado pelo piloto para comandar o voo de uma aeronave. A inclinação do órgão de comando ao redor de um dos eixos influencia, por exemplo, a inclinação longitudinal e/ou transversal de uma aeronave ou o movimento de balanço transversal e rolamento, bem como o movimento vertical de um helicóptero.  
15

Diferente do comando clássico, no qual os movimentos de comando do piloto são realizados por cabos de aço, barras de empuxe ou outros sistemas hidráulicos, sendo assim transferidos para os dispositivos reguladores a serem controlados da aeronave, a posição de ajuste alterável do  
20 órgão de comando de movimentação mecânica é registrada por um sistema de sensores alocados e através de linhas elétricas é transferido para o dispositivo regulador correspondente da aeronave.

Uma concretização do chamado sistema Fly-by-Wire em comparação com a concretização clássica de manípulo de comando, as forças de comando incidentes não são retrocomunicados ao órgão de comando. Não  
25 obstante, frequentemente o piloto depende desta forma de transmissão de informações háptica a fim de sentir respectiva posição do voo da aeronave.

Os sistemas ativos do órgão de comando possibilitam uma simulação das forças de comando incidentes e as ajustam à respectiva situação do voo a fim de conseguir desta maneira um apoio otimizado para o piloto.  
30 Os retrocomunicados serão transmitidos, por exemplo, na forma de movimentos ou de sinais para o dispositivo de comando, com o que é facilitada

uma reação intuitiva do piloto com relação à respectiva situação do voo. Além disso, o piloto recebe uma retrocomunicação precisa sobre os dados de comando por ele realizados. Oferece-se, portanto, ao piloto, a oportunidade, também com o uso de um sistema de comando elétrico, sentir o comportamento da aeronave durante o voo.

Constitui objetivo da presente invenção propor um sistema de órgão de comando para aeronaves com uma geração de sensação aprimorada.

Esta tarefa será solucionada por um sistema de órgão de comando ativo de acordo com as características da reivindicação 1. Outras concretizações vantajosas do sistema de órgão de comando são objeto das reivindicações dependentes sequenciais à reivindicação principal.

Neste sentido, é ampliado um sistema de órgão de comando ativo desta espécie, para comando de aeronave, no sentido de que abrange ao menos um regulador para regular ao menos um componente regulador, ou seja, atuador e ao menos um meio gerador de sensação. O meio gerador de sensação está em ligação direta ou indireta com ao menos um meio de registro do sistema de órgão de comando. Considerando-se ao menos um estado de grandeza interno, com o auxílio de um ou de vários modelos físico-matemáticos pode ser determinada, por exemplo, uma grandeza teórica de regulação ao menos para a ativação do regulador. A ativação ajustada resultante do atuador/componente regulador gera uma sensação perceptível para o piloto que corresponde essencialmente às forças de comando convencionais de sistemas de comando clássicos.

Preferencialmente, estados de grandeza interna e externa serão combinados dentro do meio gerador de sensação e mediante auxílio de um ou de vários modelos físico-matemático serão usados para determinação da grandeza teórica de regulação.

Grandezas de estado interno se referem diretamente ao estado do órgão de comando, isto é, a posição e/ou a velocidade e/ou aceleração e/ou a influência de força com a qual o órgão de comando é ativado pelo piloto. Grandezas de estado externo descrevem preferencialmente ao estado

de componentes acoplados, ou seja, o estado de componentes externos que são importantes para o comando da aeronave.

O modelo físico-matemático permite a simulação fiel de detalhes e ajustável das forças de comando incidentes nos sistemas de comando  
 5 clássicos. A combinação de diferentes modelos físico-matemáticos permite uma configuração adaptável e ajustável aleatoriamente das reações de feedback perceptíveis para o piloto. O modo e a forma da respectiva geração de sensação poderão ser adequados à aeronave, ou seja, ao comportamento de voo.

10 Preferencialmente, ao menos, um abrange o modelo físico-matemático, com uma linha característica e/ou um modelo de amortecedor de mola-massa de ordem e/ou dimensão aleatória.

Com o auxílio do meio gerador de sensação, diversas funções podem ser transformadas em meios geradores de sensação. A combinação  
 15 de diferentes funções é possível. Modelos físico-matemáticos viáveis abrangem linhas características de posição de força, linhas características de posição de torque ou linhas características de velocidade de amortecimento, preferencialmente lineares ou não lineares.

Além disso, pode-se imaginar o modelo físico-matemático para  
 20 transformação de uma ação chamada Detend, uma posição Break-Out, uma limitação de posição ou uma função de parada suave. Também é possível a realização de um modelo de fricção, de um Offset de força, um Offset de posição ou de um chamado Stick-Chakers (Sistema de alerta primário). Além disso, pelo modelo físico-matemático poderá ser limitada a velocidade e/ou a  
 25 aceleração e/ou a força. Uma combinação aleatória das funções acima mencionadas dentro do meio gerador de sensação é imaginável.

As grandezas de estado interno serão preferencialmente registradas pelo meio de registro inicialmente mencionado, sendo transferidas para o meio gerador de sensação. Aqui se enquadra, por exemplo, a força  
 30 manual e/ou o torque manual e que atua sobre o órgão de comando.

Grandezas de estado externo abrangem convenientemente um ou vários sinais de um piloto automático. Na mesma maneira podem ser u-

sados valores medidos, ou seja, dados relevantes de outros componentes acoplados. Neste caso, enquadra-se, por exemplo, um sistema de órgão de comando ativo instalado em paralelo. Dados de comando como grandezas de estado aleatório, bem como grandezas teóricas determinadas de um sistema de órgão de comando paralelo e ativo serão transmitidos para o meio gerador de sensação do sistema de órgão de comando ativo de acordo com a invenção. Sistemas de órgão de comando instalados em paralelo desempenham, por exemplo, em aeronaves, uma função sendo controlada por mais do que uma pessoa. Além disso, sistemas de órgão de comando paralelos podem aceitar várias funções de comando de uma aeronave. Também pode se imaginar uma conformação redundante do sistema de órgão de comando conforme a invenção de acordo com os aspectos já mencionados.

O meio gerador de sensação de acordo com a invenção gera – considerando-se as grandezas de estado interno e/ou externo – gera uma ou várias grandezas teóricas de regulação para a arquitetura de regulação do sistema de órgão de comando conforme a invenção. Preferencialmente, a arquitetura reguladora está baseada em ao menos um regulador de movimento.

Especialmente o regulador está conformado como regulador de posição e o meio gerador de sensação gera uma grandeza de posição teórica para o regulador.

Além disso, o regulador pode ser conformado como regulador de velocidade e o meio gerador de sensação gera uma grandeza de velocidade teórica para o regulador.

Também pode se imaginar a conformação do regulador como regulador de aceleração e o meio gerador de sensação gera uma grandeza de aceleração teórica para o regulador.

Também é viável uma combinação de todas as três arquiteturas reguladoras.

Além disso, a invenção abrange uma aeronave com um sistema de órgão de comando ativo de acordo com uma das concretizações vantajosas acima explicadas. As propriedades e os efeitos da aeronave de acordo

com a invenção correspondem evidentemente àqueles de modalidades vantajosas do sistema de órgão de comando ativo, razão porque neste ponto será evitada uma explicação repetida.

Outras vantagens e detalhes da invenção resultam dos exemplos de execução das figuras 1 e 2. As figuras mostram:

figura 1 – diagrama de bloco da arquitetura do sistema de órgão de comando ativo e

figura 2 – representação esquemática do modo de funcionamento do meio gerador de sensação.

A figura 1 apresenta um diagrama de bloco de uma unidade de órgão de comando ativo. A arquitetura abrange um órgão de comando de mobilidade mecânica na forma de um manípulo de comando 10, o qual está mecanicamente em conexão com ao menos um componente regulador 30, ou seja, com ao menos um atuador 40 ativo. De preferência, o atuador 40 é conformado como motor elétrico, cujo eixo propulsor, através de uma estrutura de engrenagem, exerce uma força mecânica sobre o manípulo de comando 10, produzindo um movimento deste manípulo de comando. Como o manípulo de comando 10 é livremente móvel ao redor de um número aleatório de eixos, para cada eixo está previsto um componente regulador 30, ou seja, um atuador 40.

Além disso, a arquitetura abrange meios de registro 20, integrados na mecânica do manípulo e que servem para determinar a posição de ajuste atual do manípulo de comando 10. Parâmetros, como seja velocidade, aceleração e a força que na ativação do manípulo de comando 10 sobre ele atuam, também podem ser determinados pelos meios de registro 20. Outro sistema sensorial determina as grandezas de estado atuais 31, 41 dos atuadores empregados 40, ou seja, dos componentes reguladores 30 para ativação do manípulo de comando 10.

Para gerar o retroacoplamento eletronicamente regulado na dependência da ativação do manípulo de comando serve o meio gerador de sensação 50. Estão aplicados na entrada do meio gerador de sensação 50 os sinais dos estados de grandeza 20, 31, 41 internos, gerados pelos senso-

res. Além disso, o regulador de posição 70 recorre às linhas sinalizadoras mencionadas dos sensores.

Para considerar a atual posição de voo da aeronave, além disso, grandezas de estado externo 90 são registradas por sistemas sensoriais externos e transmitidos para o meio gerador de sensação 60. Enquadram-se nas grandezas de estado externo 90, por exemplo, a velocidade atual do voo, a altura do voo, o ângulo dos flapes regulado, bem como os dados dos giroscópios empregados na aeronave e sinais correspondentes do piloto automático.

Normalmente, o modelo do órgão de comando virtual 60 baseia-se em um modelo matemático que gera um manípulo de comando virtual. O modelo de órgão de comando 60 – considerando as grandezas de estado 20, 31, 41 recebidos – gera grande número de valores simulados que envolvem uma posição virtual, bem como demais grandezas auxiliares do manípulo de comando 10. Os dados simulados serão encaminhados para o regulador de posição 70, bem como para o meio gerador de sensação 50. Por exemplo, pode-se abrir mão de uma medição explícita de determinadas grandezas de estado, já que estas podem ser calculadas com o auxílio do modelo de órgão de comando 60 virtual, considerando-se as grandezas de estado 20, 31, 41 recebidas.

Com o emprego do modelo do órgão do comando virtual 60 pode-se dispensar teoricamente completamente a uma medição de força, ou seja, a uma regulação de força.

A partir das grandezas de estado 20, 31, 41 dos sensores e que foram conduzidos, o meio gerador de sensação 50 gera as grandezas virtuais de estado e auxiliares do modelo de órgão de comando 60 virtual e as grandezas de estado externo 90 determinando uma posição teórica para o manípulo de comando 10. A posição teórica pode ser gerada mediante o emprego de uma linha característica memorizada ou o modelo de sensação ao qual terão de ter alocadas diferentes características comportamentais. Um exemplo reside no emprego de um modelo de mola-massa ou de uma linha característica de posição de força aleatória que na dependência de

uma grandeza de estado de força recebida determina uma posição teórica predeterminada para um manípulo de comando 10. Outras modalidades empregam uma linha característica de velocidade de amortecimento ou simulam uma posição Detend- e/ou Break-Out e/ou uma função limitadora de posição e/ou de parada suave e/ou um modelo de fricção e/ou um Offset de  
5 força ou de posição e/ou uma limitação da velocidade de força e/ou velocidade.

Na entrada real do regulador de posição 10 estão aplicadas grandezas de estado 20, 31, 41 do órgão de comando 10, bem como dos  
10 atuadores 40, ou seja, dos componentes reguladores 30. Considerando-se a posição teórica gerada pelo meio gerador de sensação 50, bem como se considerando as grandezas auxiliares virtuais determinadas pelo modelo do órgão de comando virtual 60, será gerada uma grandeza reguladora correspondente 71 para os componentes reguladores 30 da arquitetura do órgão  
15 de comando. A grandeza reguladora 71 contém, por exemplo, aleatórias tensões de comando, correntes de comando, bem como demais grandezas de comando para a operação do motor, ou seja, dos componentes reguladores.

Por motivos técnicos de segurança, o sistema acoplador de comando  
20 abrange um meio de consolidação, ou seja, de monitoramento 80 que controla as grandezas geradas do regulador de posição 70, bem como as grandezas geradas do meio gerador de sensações 50 e do modelo do órgão de comando virtual 60, submetendo-os eventualmente a um check de plausibilidade. Os respectivos do monitoramento, ou seja, do meio de consolidação 80 serão opcionalmente liberados através de um elemento indicador  
25 de forma acústica ou óptica, como comunicado de status.

O esboço simples da figura 2 apresenta mais uma vez um modo de funcionamento do meio gerador de sensação 50 de acordo com a invenção. A arquitetura básica do meio gerador de sensação 50, considerando-se  
30 uma ou várias grandezas de estado interno e externo e na base de um modelo físico-matemático de seleção aleatória, gera uma grandeza teórica reguladora que é integrada no regulador 70 subsequente. A grandeza regula-

dora 71 produzida na saída do regulador será oferecida para os componentes reguladores 30, 40 individuais para ativação do manípulo de comando 10. A grandeza real reguladora na saída do percurso regulador é reciclada para o meio gerador de sensação 50 na qualidade de grandeza de estado interno.

Como uma aeronave frequentemente é equipada, por motivos de redundância, com várias unidades de órgãos de comando de acordo com a figura 1, entre os sistemas integrados tem que se verificar um acoplamento. A comunicação entre os dois sistemas será transformada por meio da ligação elétrica. Entre as arquiteturas de comando dos sistemas acoplados, entre outras, serão trocadas comunicações de status do monitoramento ou do meio de consolidação ou as grandezas de estado utilizadas dos atuadores, ou seja, componentes reguladores, bem como os órgãos de comando.

Alternativamente, será usada uma variedade de órgãos de comando, ou seja, de sistemas de órgãos de comando, não por motivos de redundância, mas, ao invés disso, para concretizar diversas tarefas de comando. Por exemplo, um Sidestick serve para realizar um movimento de rolamento e de balanço transversal de um helicóptero, enquanto que um segundo Sidestick comanda o movimento vertical. Também aqui são forçosamente necessários a geração de sensação sincronizada nos dois sticks como o intercâmbio de diversos comunicados de status e de grandezas de estado.



## REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de órgão de comando ativo para comando de uma aeronave com ao menos um órgão de comando de mobilidade mecânica, com ao menos uma regulação de ao menos um componente regulador, ou  
5 seja, atuador para comandar o órgão de comando, e com ao menos um meio registrador de ao menos uma das grandezas de estado do órgão de comando, **caracterizado pelo fato de que** o sistema de órgão de comando ativo abrange ao menos um regulador para ativar ao menos um componente regulador, ou seja, atuador, e ao menos um meio gerador de sensação, sen-  
10 do que o meio gerador de sensação combina grandezas de estado internas e/ou externas e mediante auxílio de um ou de vários modelos físico-matemáticos determina uma grandeza reguladora teórica.

2. Sistema de órgão de comando ativo de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** ao menos um modelo físico-matemático abrange uma linha característica e/ou um modelo amortecedor  
15 mola-massa de ordem e/ou dimensão aleatória.

3. Sistema de órgão de comando ativo de acordo com uma das reivindicações precedentes, **caracterizado pelo fato de que** uma grandeza de estado interna leva em conta a força manual e/ou o torque manual que  
20 atua sobre o órgão de comando.

4. Sistema de órgão de comando ativo de acordo com uma das reivindicações precedentes, **caracterizado pelo fato de que** as grandezas de estado externas abrangem dados do piloto automático, ou seja, valores de medição ou dados de componentes acoplados.

25 5. Sistema de órgão de comando ativo de acordo com uma das reivindicações precedentes, **caracterizado pelo fato de que** o regulador empregado é um regulador de posição e o meio gerador de sensação gera uma grandeza teórica de posição.

30 6. Sistema de órgão de comando ativo de acordo com uma das reivindicações precedentes, **caracterizado pelo fato de que** o regulador empregado é um regulador de velocidade e o meio gerador de sensação gera uma grandeza teórica de velocidade.

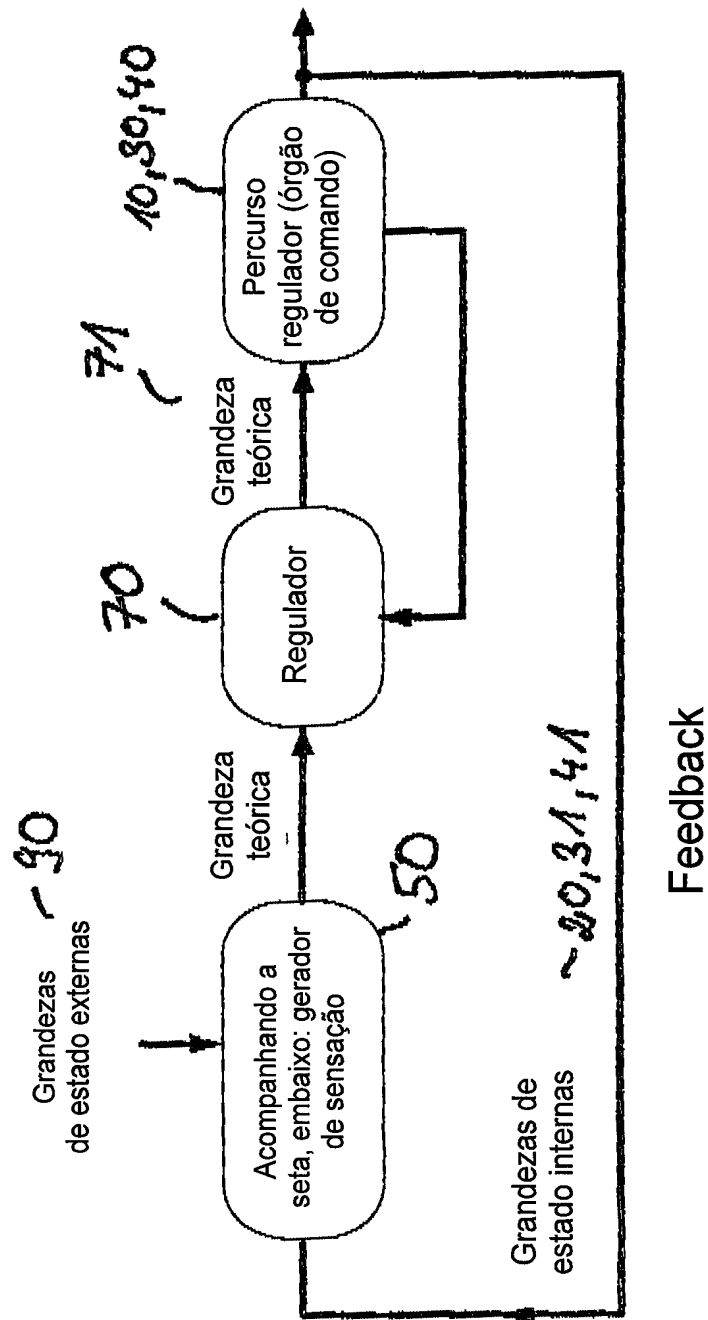
7. Sistema de órgão de comando ativo de acordo com uma das reivindicações precedentes, **caracterizado pelo fato de que** o regulador usado é um regulador acelerador e o meio gerador de sensação gera uma grandeza teórica de aceleração.

5                    8. Sistema de órgão de comando ativo de acordo com uma das reivindicações precedentes, **caracterizado pelo fato de que** a arquitetura reguladora é realizada conforme uma das combinações aleatórias das reivindicações de 5 a 7.

10                   9. Aeronave com um sistema de órgão de comando ativo como definido em uma das reivindicações 1 a 8.



Fig.2



**RESUMO**

Patente de Invenção: "**SISTEMA DE ÓRGÃO DE COMANDO**".

5 A presente invenção refere-se a um sistema de órgão de comando ativo para o comando de uma aeronave, com ao menos um órgão de comando de mobilidade mecânica, com ao menos uma regulação, ao menos um componente regulador, ou seja, atuador, para ativar o órgão de comando, e com ao menos um meio registrador de ao menos uma grandeza de estado de órgão de comando, sendo que o órgão de comando ativo abrange ao menos um regulador para ativar ao menos um componente regulador, ou seja, um atuador, e ao menos um meio gerador de sensação, sendo  
10 do que o meio gerador de sensação combina grandezas de estado interna e/ou externa e mediante o auxílio de um ou de vários modelos físico-matemáticos pode ser determinada uma grandeza teórica de regulação.