

FLY-BY-WIRE - A EVOLUÇÃO DO SISTEMA DE COMANDOS DE VÔO

¹ *Marcos Diniz*, ² *Dr. Rogerio Frauendorf de Faria Coimbra*

¹Estudante de Engenharia Aeronáutica e Espaço – UNIVAP/FEAU, Av. Shishima Hifumi 2911- 12244-000 São José dos Campos – SP , aerodiniz@ibest.com.br

²UNIVAP/FEAU, Av. Shishima Hifumi 2911- 12244-000 São José dos Campos – SP , prof_rogerio_coimbra@yahoo.com

Resumo- Este trabalho descreve o funcionamento de um sistema de comandos de vôo baseado num computador e na transmissão de ordens via sinais elétricos, denominado Fly-by-Wire (FBW). Neste sistema, os comandos do piloto aplicados através do manche localizado na cabine de pilotagem, são transformados em sinais eletrônicos e digitalizados para, em seguida serem interpretados por uma rede de computadores que compõem o cérebro do FBW e que então, envia uma ordem através de sinais elétricos para as servo-válvulas de atuadores hidráulicos que atuam nas superfícies de comandos de vôo da aeronave. Este sistema substitui todo o sistema de atuadores hidro-mecânicos ou eletromecânico de comandos das superfícies de comandos de vôo e todo o sistema mecânico convencional.

Palavras-chave: Comandos de vôo, fly-by-wire (FBW), servo-válvulas, atuadores hidráulicos.

Área do Conhecimento: : III – Engenharias

Introdução

As aeronaves do começo do século XX utilizavam sistemas de comandos de vôo puramente mecânicos, ou seja, o movimento proveniente do manche, que esta localizada na cabine de pilotagem, é transmitida às superfícies de comando através do movimento de cabos de aço, passando por polias, guinóis e quadrantes. Este tipo de concepção foi viável até meados da década de 40, pois com advento da segunda grande guerra, as aeronaves militares sofreram constantes melhorias a fim de conseguirem superioridade aérea perante o inimigo. Enquanto as aeronaves iam ficando cada vez mais rápidas e com capacidade de carregamento de carga ou armamentos melhorados, o controle direcional ficava prejudicado, pois os comandos de vôo tradicionais eram pesados quando precisavam ser atuados a altas velocidades, requerendo assim grande esforço do piloto que momento precisava estar com a atenção voltada para a missão. Para solucionar este problema e conseguir um aumento de manobrabilidade da aeronave foram desenvolvidos os sistemas de comandos de vôo conhecidos como hidro-mecânicos. Este tipo de sistema também possui os cabos de aço, que estão presentes no manche, mas não está mais ligado à superfície e sim a atuadores hidráulicos que são responsáveis pelo movimento das superfícies de comando, desta maneira conseguiu-se reduzir os esforços do piloto para controlar a aeronave e, além disso, ganhou-se em manobrabilidade.

Desde então esta concepção tem sido a mais utilizada principalmente em aplicações civis. Durante a década de 70, foram projetados alguns tipos de aeronaves aerodinamicamente instáveis, e que por isso eram altamente manobráveis, porém, se não houvesse intervenção do piloto ou de algum sistema de monitoramento a tendência é que ela não percorresse uma trajetória pré-definida. Novamente, para tornar realidade estes projetos, foram necessários novos estudos a respeito dos sistemas de comandos de vôo, visto que nem os puramente mecânicos e nem os hidro-mecânicos supriam a necessidade. Foram desenvolvidos alguns sistemas computacionais de controle, aplicados, por exemplo, no modelo Northrop F-5. Esta aeronave possui o sistema hidromecânico de comandos de vôo, e alguns computadores que monitoram as acelerações a que esta submetida e que a partir do comando de entrada de dado pelo piloto faz correções para manter-se na trajetória desejada.

Este sistema foi logo superado por outro chamado de fly-by-wire (FBW), onde os cabos de comandos foram substituídos por sensores de posição, que transmitem os movimentos desejados pelo piloto a computadores que processam esta informação e controlam as superfícies de comandos. Os comandos de vôo tipo fly-by-wire permite uma maior capacidade de manobrabilidade, permitindo voar aeronaves com configurações de alta instabilidade aerodinâmica, ou aeronaves em condições de perdas parciais de sistemas. O sistema fly-by-wire também é projetado de tal maneira que o piloto seja capaz

de executar uma manobra e obter respostas sempre seguras do sistema a fim de garantir a segurança.

Portanto, o objetivo deste trabalho é descrever a aplicação do sistema fly-by-wire em uma superfície de comandos e seu funcionamento, no qual na verdade é um sistema de alta tecnologia com maturidade suficiente para conferir uma integração com as características físicas e dinâmicas de uma aeronave, implementada de forma relativamente econômica e com as normas de segurança e confiabilidade sendo cumpridas. O sistema fly-by-wire depende de outros sistemas da aeronave para que tenha um bom desempenho, porém estes não serão apresentados neste trabalho.

Metodologia

O sistema de comandos de vôo é dividido em duas categorias: comando de vôo primário (ailerons, profundores, leme de direção e multi-function spoilers) e comandos de vôo secundário (estabilizador horizontal, flap, slat, speed brake e ground spoilers).

O sistema eletrônico de comandos de vôo é composto de duas partes complementares: O controle eletrônico do atuador, que por sua vez provê controle analógico direto, ou seja sem software para o atuador da superfície, na verdade, este substitui o controle por cabos do sistema convencional, e a segunda parte, é o módulo de comando de vôo que provê assistência de software para o controle eletrônico do atuador e também mantém interface com a unidade principal de avionica de uma aeronave para permitir acesso total aos dados dos sensores e outros sistemas da aeronaves.

O sistema abaixo representa um esquemático de dispositivos e componentes que compõem o sistema fly-by-wire instalado em uma aeronave.

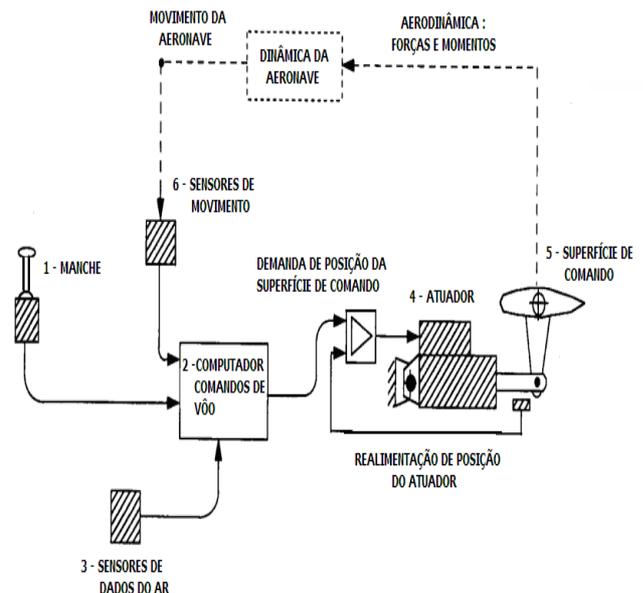


Figura 1

Função dos componentes básicos

Conforme é ilustrado na figura 1, o funcionamento do sistema proposto no trabalho é descrito como segue:

Manche (1): O manche instalado na cabine de pilotagem, permite tanto o piloto quanto o co-piloto executar o comando de rolamento da aeronave. O manche esta montado em um eixo horizontal e transmite seu movimento de rotação através de uma roda dentada e um conjunto de correntes, que por meios de cabo de comando movimentam os tubos de torque e guinhões dianteiros, no qual a estes são instalados sensores de posição, dispositivos de sensibilidade e outros componentes. Os sensores de posição instalados nos tubos de torque possuem canais duplos e que fazem a interface direta com o controlador eletrônico do atuador.

Computador de comandos de vôo (2):, o input, ou seja o comando do piloto partindo da cabine de pilotagem através do comando executado pelo volante, coluna do manche ou através do pedal é enviado diretamente ao computador que elabora os sinais de comandos elétricos, que envia uma ordem através destes sinais para o servo-válvulas dos atuadores hidráulicos que atuam nas superfícies de vôo.

Atuador (4): recebe os sinais enviados para o servo-válvula de seu atuador, que este está situado em cada superfície de comando. Os atuadores são ativados eletricamente e operados hidráulicamente e cada atuador é provido de sensores que monitoram o comando e atuam na detecção de falhas. Os sensores quanto as suas funções internas pode ser classificados em:

sensores de pressão, sensores para posição, compensador de posição e sensores para detecção de falhas do próprio atuador.

Sensores de movimento da aeronave (6): os sensores de movimento da aeronave compreendem:

- Giroscópios com a base fixada na estrutura da aeronave, com a finalidade de medir as razões de rotação sobre os eixos de rotação, arfagem e guinada.

- Acelerômetros lineares para medir as componentes de aceleração normal e lateral.

- Sensores de dados de ar para medir a altitude e velocidade relativa do ar.

- Sensores de fluxo de ar para medir o ângulo de incidência do fluxo de ar nos plano longitudinal e lateral

Sensores de dados do ar (3): acusa a altitude e velocidade relativa do ar, no qual o tubo de pitot é empregado para medição da velocidade. O sistema de instrumentos de pitot estático trabalha para a medição de pressão ou diferenças de pressão para dar uma indicação de velocidade e altitude. O sensor de pressão estática é usado em todas as medidas, enquanto o sensor de pressão é usado somente para determinar a velocidade do ar.

Resultados

Entendido o sistema fly-by-wire, podemos dizer que este pode ser configurado com uma implementação elétrica direta em substituição a um sistema mecânico já existente, trazendo com vantagens:

- o controle da aeronave é mais transparente para o piloto. A aeronave responde da mesma maneira que antes quando era totalmente mecânica, isto é uma grande vantagem em aeronaves de uso civil onde os pilotos operam diversos tipos de aeronaves, algumas com sistemas fly-by-wire e outras totalmente mecânicas.

- capacidade de limitar o controle de força normalmente disponível para o piloto. O sistema pode entretanto ser desenvolvido de tal maneira que permita ao piloto quebrar os limites especificados no envelope de vôo e atingir condições de estol (perda de sustentação, no caso de aviação militar).

- redução de peso pela eliminação de peças de controle mecânicas, além de eliminar problemas como folga de comandos e atritos de cabos.

- Os atuadores das superfícies de controle são controlados pela diferença, ou erro, entre o sinal de comando do piloto e o movimento da aeronave medido por sensores apropriados.

- O computador de comandos de vôo faz a derivada do movimento requerido pela superfície de comando de vôo para que a aeronave siga

mais rapidamente os comandos dados pelo piloto e de maneira amortecida. Deve ser reforçado que para alcançar a resposta ideal do sistema, deve-se testar e desenvolver o sistema exaustivamente e contar também com uma boa integração da aeronave com o sistema.

Discussão

Ainda existe o sistema de comandos de vôo convencional todo com mecanismos, cabos, hastes e guinhóis e este ainda é bem aceito e empregado em aeronaves de pequeno porte, mas este sistema convencional não deixa de ser uma escola de aprendizagem para a formação de profissionais que adquirem grande conhecimento, técnicas e amadurecimento para se adaptar a um sistema mais complexo que é o fly-by-wire. Considerando o grande avanço tecnológico nos nossos dias e nesta área de aviação que a inovação tecnológica a cada dia surge com força, trazendo cada vez mais segurança para as aeronaves podemos dizer que o sistema de comandos de vôo convencional gradualmente deixara de ser empregado num futuro bem próximo.

Conclusão

Com o desenvolvimento de linguagens mais acessíveis do ponto de vista da programação e de processadores que suportam uma carga de dados muito alta, o sistema fly-by-wire forma-se tornando maioria na aviação militar, onde estar na frente tecnologicamente pode ser a diferença entre a vida e a morte em uma batalha real.

Atualmente diversas aeronaves de uso civil utilizam este tipo de sistema, porém buscando alto nível de segurança no vôo, além de conforto para os passageiros e custo de operação e de manutenção reduzidos, se comparados com os sistemas convencionais. Apesar de toda a tecnologia embarcada nas aeronaves atualmente, ao contrário do que se imagina, está se tornando cada vez mais imprescindível a presença humana nas tomadas de decisão dentro de uma cabine de comando. Isto se deve porque sistemas modernos possuem inúmeros alarmes, sinais e códigos que devem ser corretamente interpretados pelas tripulações.

Ao que tudo indica, as pesquisas caminham para sistemas cada vez mais simples de serem interpretados, com o menor número de mensagens possíveis, onde a tecnologia da inteligência artificial é empregada e onde os fios que toma conta de um sistema fly-by-wire darão lugar a cabos de fibra óptica com diversas vantagens. Estes sistemas são conhecidos como fly-by-light, e hoje ainda estão em estudos em bancos de provas.

Agradecimentos

Quero aproveitar esta oportunidade para ser grato à:

Todos que me conhecem e que sabendo do meu interesse de me formar em Engenharia me apoiaram.

Aqueles me disseram para ir em frente, pois, por simples que seja esta frase, posso dizer que segui em frente e cheguei aqui.

Aos amigos de classe e de trabalho que me ajudaram com informações.

Aos meus pais, que compreenderam e tomaram para si a dor, a falta de tempo e muitos outros fatores que faltam para quem decide seguir este caminho.

Referência

- SCHMITT, VERNON R. Fly-by-wire: a historical and design perspective – Vernon R. Schmitt, James W. Morris, Gavin D. Jenney. TL 678.5.S35 1998.

- AFFDL. Proceedings of the fly-by-wire flight control system conference. December 1968. AFFDL-TR-69-58.

- AMIES, G., C. Clark, C. JONES, and M.SMYTTH. Survivable Flight Control System Studies, Analyses, Approach. May 1971. AFFDL-TR-71-20 Supplement N_o 3.

- BAZILL, D., and G. JENNEY. Research on Flight Control Systems, Vol.III: Fly-by-Wire Techniques. October 1970. AFFDL-TR-69-119 Vol.III.- RAYMOND, E.T, CHENOWETH, CC. Aircraft light Control Actuation System Design – 1.ed. Society of Automotive Engineers, 1993.

- ANDRADE, D. Fundamentos da Engenharia Aeronáutica. 1.ed., 1993
EMFINGER, J.E.A Prototype Fly-by-Wire Flight Control System. August 1969. AFFDL-TR-69-9.