



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SÃO PAULO

Introdução ao Projeto de Aeronaves

Aula 27 – Servos Para AeroDesign e
Projeto Elétrico

TAPERÁ

Aerodesign



Tópicos Abordados

- Dimensionamento e Seleção de Servo-Comandos para AeroDesign.
- Projeto Elétrico da Aeronave.

Servos Para AeroDesign

- Os servo-comandos para uma aeronave que participa da competição AeroDesign devem ser criteriosamente dimensionados em função da força necessária para a deflexão dos comandos.

Superfícies de Comando com Servos

- Em uma configuração básica existe a necessidade de seis servos na aeronave.
- 1) Servo da bequilha.
- 2) Servo do profundor.
- 3) Servo do leme.
- 4) Servo do motor.
- 5) Dois servos para os ailerons.

Servo do Trem de Pouso

- É um dos mais importantes da aeronave juntamente com o profundor.
- Esse servo deve prover um comando eficaz no trem de pouso com a finalidade de manter a direção da aeronave durante as operações de decolagem e pouso.
- O seu dimensionamento incorreto pode acarretar em grandes problemas durante a corrida de decolagem.

Servo do Profundor

- Também é de fundamental importância nas manobras de arfagem da aeronave.
- Deve ser capaz de movimentar o profundor para o ângulo desejado.
- Seu dimensionamento é realizado em função da força necessária para mover a superfície de comando.
- A incapacidade ou perda do servo do profundor acarretará em queda da aeronave.

Servo do Leme

- Atua em conjunto com o servo do trem de pouso através de um cabo Y.
- Sua finalidade principal é permitir a deflexão do leme de direção e posicionar o nariz da aeronave na proa desejada.
- Seu dimensionamento também se fundamenta na força de deflexão necessária.

Servo do Motor

- É o servo menos solicitado da aeronave, pois somente possui a função de avançar ou recuar.
- Porém sua mal funcionalidade acarreta em perda de tração no motor e compromete diretamente o desempenho da aeronave.

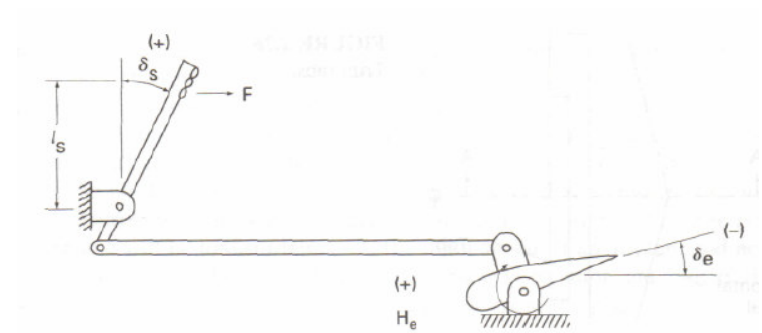
Servo dos Ailerons

- Responsáveis pelo movimento de rolamento da aeronave.
- São ligados na aeronave independentes em cada aileron por meio de um cabo Y.
- Seu dimensionamento também é realizado a partir da determinação da força necessária para a deflexão do aileron.
- Devem trabalhar em sentidos opostos de funcionamento.

Força de Deflexão nos Comandos

- É proporcional ao momento de articulação na superfície de comando.

$$F = G \cdot C_{he} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot S_e \cdot \bar{c}_e \quad \longrightarrow \quad G = \frac{\delta_e}{l_s \cdot \delta_s}$$



- \$G\$ = relação de transmissão.
- \$S_e\$ = Área após a linha de articulação.
- \$\bar{c}_e\$ = Corda medida da linha de articulação até o bordo de fuga da superfície.
- A partir das equações, é possível observar que as forças de deflexão aumentam com o tamanho da aeronave e variam com o quadrado da velocidade.

Teste dos Servos

- **É altamente recomendado testar os servos utilizados quanto ao seu torque máximo.**
- É muito importante especialmente no projeto de aeronaves para o AeroDesign (seja na Classe Abarte ou Regular), validar os dados fornecidos pelo fabricante. Casos históricos de servos rompidos durante ensaios em vôo, já levaram a perda total de aeronaves da Classe Aberta no AeroDesign, fazendo com que itens deste tipo sejam considerados críticos no quesito 'segurança'.
- Sugere-se verificar a compatibilidade entre todos os elementos dos servos. Servos 'metal gear' com links em 'nylon' podem não ser compatíveis se o link não for de qualidade, isto é, o link pode espanar ou perder as ranhuras responsáveis pela transmissão de torque.

Bancada para Teste dos Servos

- É possível se montar uma bancada para testes dos servos, essa bancada pode constituir de vários modelos fixados e conectados ao receptor do rádio.
- Colocam-se pesos em cada um dos servos e aciona-se o movimento para verificar a capacidade de carga de cada servo.

Servos Utilizados no AeroDesign

- Principais Fabricantes:
- Hobbico; Futaba; JR.
- Verificar torque máximo, velocidade de resposta, massa e dimensões.
- Verificar se possuem engrenagens de aço ou de nylon.
- Ambos fornecem boa capacidade de controle.

Aplicações e Seleção - Futaba

| SERVO USE | SMALL | | | | | | | | | | | STANDARD | | | | | | | | | | | | | | LARGE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------|-------|-------|---------|-------|---------|--------|---------|---------|-------|-------|----------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|----|----|----|
| | S3002 | S3101 | S3102 | S3103/6 | S3107 | S3108/M | S3109M | S3110/M | S3111/M | S3150 | S9602 | S9650 | S1366 | S148 | S3001 | S3003 | S3004 | S3010 | S3050 | S3151 | S3152 | S3305 | S3802 | S9001 | S9102 | S9150 | S9151 | S9154 | S9202 | S9206 | S9250 | S9251 | S9252 | S9254 | S9255 | S9256 | S9350 | S9351 | S9402 | S9405 | S9451 | S9550 | S3104 | S3302 | S3801 | S5050 | S5301 | S5302 | S5801 | S9152 | S9153 | | | | |
| Car | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mini Car | | | | ● | ● | | | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nitro Car | | | | | | | | | | ■ | | | | | | | | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | ● | | | ■ | | ■ | | | | | ■ | | ■ | | | | | | |
| EP Car | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ■ | ● | ■ | | ● | ● | | | | | | | | | | | ● | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | |
| Boat | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EP, Nitro Boat | | | | | | | | | | | | | | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | ● | ● | | | | | | | | | | | | | | ● | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| Yacht | | | | | | | | | | | | | | | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | ■ | ● | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Airplane | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Glider | ■ | | ■ | | | | | | | | | | | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | ● | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EP Plane | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | ● | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Small Plane | ● | ● | ● | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | |
| Nitro Plane | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | |
| Helicopter | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EP Helicopter | ● | ● | ● | | ● | ● | ● | ● | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Helicopter | | | | | | | | | | | | | | | | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Features | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ball Bearings | 2 | | | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | |
| Metal Gear | ★ | ★ | | | | | | | ★ | ★ | | | | | | | | | ★ | ★ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Water Protected | | | | | | | | | | | | | | ◆ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Motor Type | 3P | 3P | 3P | 3P | 3P | 3P | 3P | 3P | 3P | CM | CM | 3P | 3P | 3P | 3P | 3P | 3P | 3P | 3P | 3P | 3P | 3P | 3P | 3P | CM | CM | CM | CM | CM | CM | CM | CM | CM | CM | CM | CM | CM | CM | CM | CM | CM | CM | CM | CM | CM | 3P | 3P | 3P | 5P | 5P | 5P | 5P | 5P | CM | CM |

■ = Recommended ● = Compatible CM = Coreless Motor 3P = 3-pole Motor 5P = 5-pole Motor BB = Ball Bearing MG = Metal Gear WP = Water Protected

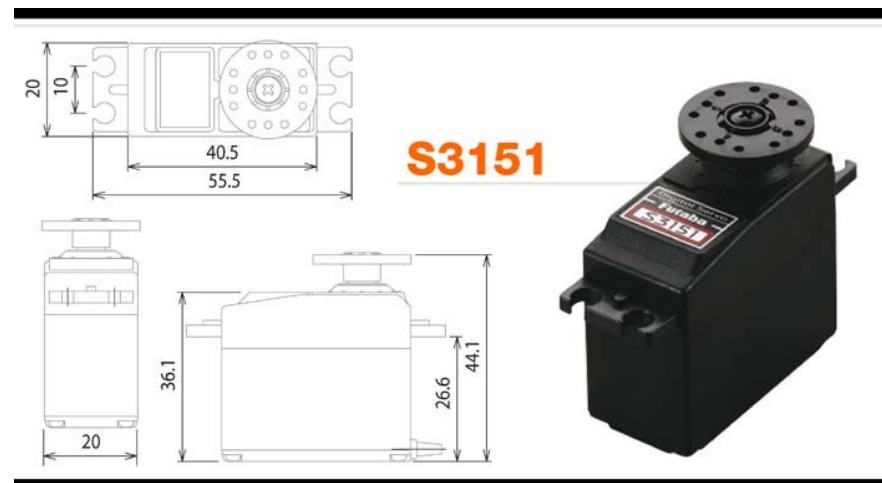
Servos Mais Utilizados – Futaba S3003

| Volts | Torque | Speed |
|---------------------|-------------|--------------|
| 4.8V | 44.4 oz-in. | 0.23 sec/60° |
| 6.0V | 56.9 oz-in. | 0.19 sec/60° |
| Dimensions | | Weight |
| 1.6 x 0.8 x 1.4 in. | | 1.3 oz. |



Servos Mais Utilizados – Futaba S3151

| FUTM0310 | | |
|---------------------|-----------|--------------|
| Volts | Torque | Speed |
| 4.8V | 43 oz-in. | 0.21 sec/60° |
| 6.0V | n/a | n/a |
| Dimensions | | Weight |
| 1.6 x 0.8 x 1.4 in. | | 1.5 oz. |



Projeto Elétrico

- Os principais componentes do projeto elétrico da aeronave são:
- Seis servos de comandos da aeronave.
- Extensões para profundor e motor.
- Cabo Y para ailerons e conjunto leme/trem de pouso.
- Receptor do rádio.
- Bateria.
- Medidor de carga da bateria.

Características da Bateria para AeroDesign (Classe Regular)

- Um pack de 500mAh é a característica mínima permitida. As baterias poderão ser carregadas a qualquer momento no solo desde que respeitadas as normas de segurança para cada tipo.
- Os tipos de baterias permitidas são:
 - Níquel Cádmio (NiCd)
 - Níquel Metal Hidreto (NiMH)
 - Lítio Íon Polímero (LiPo): esta última possui severas recomendações de segurança. Risco de explosões ou flamabilidade principalmente durante o processo de carregamento ou sob temperatura mais alta (50°C (possível temperatura no interior da aeronave sob Sol forte)).

Medidor de Carga da Bateria

- É obrigatório para todas as classes da competição a instalação de um “VoltWatch Receiver Battery Monitor” (ou medidor de tensão on board).
- O “VoltWatch” é utilizado para verificação de carga da bateria sem o uso de equipamento auxiliar e o seu uso tem como principal objetivo proporcionar um aumento na segurança bem como agilizar a verificação de segurança eletrônica. Por isso, ele deve estar VISÍVEL, para que a carga da bateria seja verificada imediatamente antes de decolar.
- É obrigatório o uso de um “VoltWatch” comercial por questões de confiabilidade.



Sistemas Eletrônicos

- A fiação deve ser compatível com comprimento e corrente (mostrar no Relatório o diagrama elétrico). Este diagrama elétrico será avaliado por um juiz especializado.
- No caso de extensões fabricadas pela equipe observar os seguintes aspectos.
- Não são permitidos nenhum tipo de emenda sem o uso de conectores.
- Todas as conexões deverão ser feitas com conectores macho/fêmea.
- Todas as ligações dos conectores com os fios deverão ser ‘crimpados’.
- Os conectores recomendados são do tipo MODUL de 3 vias ou equivalente.
- Os fios recomendados para a confecção das extensões de servo / energia são do tipo AWG 24 ou AWG 26 não rígido e filamentado.
- É expressamente proibido o uso de “fiação desemcapada”. Todas as extensões deverão ser feitas utilizando-se cablagem padrão empregadas em aeronaves radiocontroladas. Fios de cobre sem o isolamento padrão não serão autorizados.

Diagrama Elétrico e Dimensionamento

- Mostrar diagrama elétrico do avião.
- Identificar o comprimento de fiação e a carga necessária para movimentação dos comandos.
- Verificar em condição crítica de decolagem se a carga necessária é suportada pela carga da bateria.

Tema da Próxima Aula

- Introdução ao Estudo de Cargas nas Aeronaves.