

**Mecânica do Voo****Lista de exercícios 7 – Movimento Longitudinal**

**Questão 1** – Calcule as condições de equilíbrio  $F_e$  e  $\delta_e$  para o Airbus em voo horizontal com  $V_e = 200 \frac{m}{s}$ ,  $\gamma_e = 1,45^\circ$  e  $H_e = 9 \text{ km}$ .

**Questão 2** – Calcule as condições de equilíbrio  $V_e, \delta_e$  e  $F_e$  para o Mirage III em voo horizontal com  $\alpha_e = 3,16^\circ$ ,  $\gamma_e = 1,35^\circ$  e  $H_e = 4 \text{ km}$ .

**Questão 3** – No caso do movimento longitudinal de curto período, pede-se:

- a equação característica associada a esse movimento;
- o amortecimento e a frequência própria;
- qual a influência do tamanho da aeronave no amortecimento do movimento;
- para que haja estabilidade dinâmica do movimento, qual o comportamento temporal esperado para as variáveis envolvidas?

LEMBRE SE: Equação do movimento linearizada sujeita a uma perturbação externa, com  $\delta_p - \delta_{pe} = 0$ , é dada por:

$$\begin{aligned}\dot{q} &= -m_q q - m_\alpha \bar{\alpha} \\ \dot{\bar{\alpha}} &= q - \left( \frac{L_\alpha}{V_e} + \frac{g}{V_e E'} \right) \bar{\alpha}\end{aligned}$$

**Questão 4** – Determine as equações do movimento de curto período (resposta a uma perturbação externa  $\delta_p = 0$ ) bem como o fator de amortecimento  $\xi$ , frequência  $\omega$  e período de oscilação  $T$  para as seguintes aeronaves:

- Mirage III, com  $V_e = 150 \frac{m}{s}$  ao nível do mar e  $H_e = 0 \text{ km}$ , com as condições iniciais  $\bar{\alpha}_0 = 1 \text{ deg}$  e  $q_0 = 0 \text{ deg/s}$ .
- Airbus, com  $V_e = 150 \frac{m}{s}$  ao nível do mar e  $H_e = 0 \text{ km}$ , com as condições iniciais  $\bar{\alpha}_0 = 1 \text{ deg}$  e  $q_0 = 0 \text{ deg/s}$ .

**Questão 5** – Determine as equações do movimento de curto período para as seguintes aeronaves:

- Mirage III, com  $V_e = 150 \frac{m}{s}$  ao nível do mar  $H_e = 0 \text{ km}$ , considerando a entrada como uma entrada degrau de amplitude de  $1^\circ$  com um tempo de  $t_0 = 1 \text{ s}$

$$\bar{\delta}_p(s) = \frac{1}{s} [1 - e^{-s}]$$

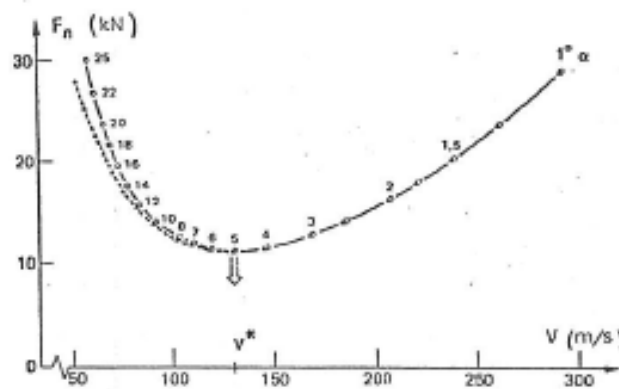
- Airbus, com  $V_e = 150 \frac{m}{s}$  ao nível do mar  $H_e = 0 \text{ km}$ , considerando a entrada como uma rampa dupla simétrica de amplitude de  $1^\circ$  com um tempo de  $2t_0 = 1 \text{ s}$

$$\bar{\delta}_p(s) = \frac{2}{s^2} - \frac{4}{s^2} e^{-s/2} + \frac{2}{s^2} e^{-s}$$



**Questão 6** – No movimento do CG considere o caso da tração constante, com variação apenas do ângulo de ataque. Considere a curva abaixo. Pergunta-se:

- O que representa a velocidade  $V^*$ ?
- Qual pilotagem é mais difícil, no primeiro ou segundo regime? Por que? Em voos práticos, quando se utiliza a pilotagem no segundo regime?
- Se você está em voo no 1º regime, e ocorre um aumento do ângulo de ataque, como o piloto deve proceder para manter o avião em um voo horizontal em qualquer altitude, se o piloto verifica que a velocidade está diminuindo.
- Se você está em voo no 2º regime, e ocorre uma diminuição do ângulo de ataque, como o piloto deve proceder para manter o avião em voo horizontal a uma altitude pré-determinada.



**Questão 7** – Considere um voo de equilíbrio horizontal e que se deseja entrar em um voo de descida com velocidade constante atuando apenas na manete de combustível, mantendo a posição do profundor fixa. Pede-se:

- Qual deve ser a atuação do piloto?
- Qual a variação inicial da velocidade e ângulo de trajetória de voo?
- Qual a condição de voo final em termos da velocidade, ângulo de trajetória de voo e altitude?
- Qual a característica do movimento transitório? Represente graficamente.

**Questão 8** – Considere a pilotagem prática para os seguintes voos:

- Voo de subida com velocidade constante. Qual o procedimento do piloto se ele constata que a velocidade aumentou?



- ii. Voo horizontal acelerado. Qual o procedimento do piloto se ele constata que a altitude aumenta? Justifique.

**Questão 9** – Determine as equações do movimento fugoidal (resposta a uma perturbação externa  $\delta_p = 0$ ) frequência  $\omega$  e período de oscilação  $T$  para as seguintes aeronaves:

- i. Airbus, com  $V_e = 200 \frac{m}{s}$  ao nível do mar  $H_e = 9000 \text{ km}$  com condições iniciais
- $\Delta \hat{V}_0 = 0,01 \text{ (} \Delta V = 2 \text{ m/s)}$      $\Delta H_o = 0$      $\Delta \gamma_o = \gamma_o = 0$
  - $\Delta \hat{V}_0 = 0$      $\Delta H_o = 100m$      $\Delta \gamma_o = \gamma_o = 0$
  - $\Delta \hat{V}_0 = 0,01 \text{ (} \Delta V = 2 \text{ m/s)}$      $\Delta H_o = 10m$      $\Delta \gamma_o = \gamma_o = 1^\circ (0,01745 \text{ rad})$
- ii. Mirage III, com  $V_e = 200 \frac{m}{s}$  ao nível do mar  $H_e = 9000 \text{ km}$
- $\Delta \hat{V}_0 = 0,01 \text{ (} \Delta V = 2 \text{ m/s)}$      $\Delta H_o = 0$      $\Delta \gamma_o = \gamma_o = 0$
  - $\Delta \hat{V}_0 = 0$      $\Delta H_o = 100m$      $\Delta \gamma_o = \gamma_o = 0$
  - $\Delta \hat{V}_0 = 0,01 \text{ (} \Delta V = 2 \text{ m/s)}$      $\Delta H_o = 10m$      $\Delta \gamma_o = \gamma_o = 1^\circ (0,01745 \text{ rad})$

**Questão 10** – Obtenha as seis funções de transferência do movimento fugoidal  $G_{V\alpha}$ ,  $G_{H\alpha}$ ,  $G_{\gamma\alpha}$ ,  $G_{VF}$ ,  $G_{HF}$ ,  $G_{\gamma F}$  que são obtidas por uma fração racional da forma:

$$\frac{N_0 s^2 + N_1 s + N_2}{s^3 + A_1 s^2 + A_2 s + A_3}$$