

**Mecânica do Voo****Lista de exercícios 9 – Movimento Látero-direcional 2**

Questão 1 – No estudo simplificado do movimento látero-direcional, considere o movimento de rolamento puro. Discuta esse movimento, apresentando as simplificações realizadas e a equação do movimento. Se a solução da equação do movimento a uma entrada do tipo degrau negativa nos ailerons, para valor inicial de $p(0) = 0$ é dada por:

$$p(t) = -\frac{l_{\delta_a}}{l_p} (1 - e^{l_p t}) \delta_{a,0}$$

Qual a atuação no manche e posicionamento da asa esquerda?

Questão 2 – Considere o movimento de rolamento puro para uma entrada do tipo degrau negativa nos ailerons $\delta_{a,0} = -5^\circ$ (manche à direita), para valor inicial de $p(0) = 0$ para o avião Airbus nos nas condições de voo $H_e = 9120 \text{ km}$, $M_e = 0,8 \rightarrow V_e = 242,54 \text{ m/s}$. Determine sua respectiva equação do movimento.

Questão 3 – Considere o movimento de rolamento puro para uma entrada do tipo degrau negativa nos ailerons $\delta_{a,0} = 0,2^\circ$ (manche à esquerda), para valor inicial de $p(0) = 0$ para o avião Mirage III nos nas condições de voo $H_e = 9120 \text{ km}$, $M_e = 0,8 \rightarrow V_e = 242,54 \text{ m/s}$. Determine sua respectiva equação do movimento.

Questão 4 – No estudo simplificado do movimento látero-direcional, considere o movimento espiral. Se a solução da equação do movimento é dada por:

$$\begin{aligned} r &= r_0 e^{at} \\ \beta &= -\frac{Q_{p_r} r_0}{Q_{p_\beta} a} e^{at} \\ p &= -\frac{Q_{r_\beta} r_0}{Q_{p_\beta} a} e^{at} \\ \phi &= -\frac{Q_{r_\beta} r_0}{Q_{p_\beta} a} (e^{at} - 1) \end{aligned}$$

Analise o sinal de a .

Questão 5 – Para o movimento látero-direcional, analise o sinal de a para o movimento espiral para os seguintes aviões:

- Airbus* pra $I_{xz} = 0$, $V = 242,84 \text{ m/s}$, $H = 9120 \text{ m}$, $Q_{p_r} = 0,5090$, $Q_{p_\beta} = -4,529$, $Q_{r_\beta} = -0,8577$; $1 + \frac{Y_\beta Q_{p_r}}{V Q_{p_\beta}} = 1,0230$ e $W = 247,46$.
- Mirage III* pra $I_{xz} = 0$, $V = 242,84 \text{ m/s}$, $H = 9120 \text{ m}$, $Q_{p_r} = 0,9671$, $Q_{p_\beta} = -9,0418$, $Q_{r_\beta} = -6,7648$, $\frac{Y_\beta}{V_e} = -0,1622$, $1 + \frac{Y_\beta Q_{p_r}}{V Q_{p_\beta}} = 1,01753$ e $W = 246,77$



Questão 6 – No estudo simplificado do movimento látero-direcional, considere o movimento de dutch roll. Discuta esse movimento, apresentando as simplificações realizadas, a equação do movimento e a respectiva equação característica do modo vibracional.

Questão 7 – No estudo simplificado do movimento látero-direcional, considere o movimento de dutch roll. Encontre as respectivas raízes da equação característica e dessa forma determine a frequência natural ω_o , o amortecimento ξ e o período de oscilação do respectivo modo de vibração para os seguintes aviões:

- Airbus nas condições de voo $V = 242,84 \text{ m/s}$, $H = 9120 \text{ m}$
- Mirage III nas condições de voo $V = 242,84 \text{ m/s}$, $H = 9120 \text{ m}$

Questão 8 – No estudo completo do movimento látero-direcional encontre a equação característica do movimento definida por:

$$A_0 s^4 + A_1 s^3 + A_2 s^2 + A_3 s + A_4 = 0$$

E determine os respectivos coeficientes.

Questão 9 – No estudo completo do movimento látero-direcional considere o caso de resposta a uma perturbação externa. Encontre as respectivas raízes da equação característica e dessa forma determine a frequência natural ω_o , o amortecimento ξ e o período de oscilação dos respectivos modos de vibração para os seguintes aviões:

- Airbus nas condições de voo $V = 242,84 \text{ m/s}$, $H = 9120 \text{ m}$, $F_e = 85057 \text{ N}$; $\alpha_e = 3,838^\circ$, $\theta_e = \alpha_e = 3,838^\circ$ e $q_e = 0$
- Mirage III nas condições de voo $V = 242,84 \text{ m/s}$, $H = 9120 \text{ m}$, $F_e = 85057 \text{ N}$; $\alpha_e = 3,838^\circ$, $\theta_e = \alpha_e = 3,838^\circ$ e $q_e = 0$

Questão 10 – No estudo completo do movimento látero-direcional considere o caso de resposta aos controles ailerons e leme. Obtenha as funções de transferência do movimento látero-direcional $G_{\phi\delta_i}$, $G_{\beta\delta_i}$, $G_{p\delta_i}$, $G_{r\delta_i}$, que são obtidas por uma fração racional da forma:

$$\frac{N_0 s^3 + N_1 s^2 + N_2 s + N_3}{(s - a)(s - b)((s + u)^2 + v^2)}$$

Em seguida encontre o formato geral da solução dos estados considerando uma entrada degrau nos controles apresentada como:

$$f(t) = A(e^{at} - 1) + B(e^{bt} - 1) + Ke^{ut}(\sin(vt + \psi) + \sin \psi)$$

Para $f(0) = 0$.

Questão 11 – No estudo completo do movimento látero-direcional considere o caso de resposta aos controles ailerons e leme. Obtenha as funções de transferência do movimento látero-direcional $G_{\phi\delta_i}$, $G_{\beta\delta_i}$, $G_{p\delta_i}$, $G_{r\delta_i}$, para o Mirage III na seguinte condição de voo $H = 9120 \text{ m}$, $V_e = 242,5 \text{ m/s}$, $\rho = 0,4583 \text{ kg/m}^3$, $\alpha_e = 3,838^\circ$. Em seguida considere as seguintes entradas nas superfícies de controle e encontre a solução geral dos estados para $f(0) = 0$.

- Resposta a uma entrada degrau dos ailerons $\delta_a = -0,1^\circ$
- Resposta a uma entrada degrau no leme $\delta_r = 1^\circ$



Questão 12 – No estudo completo do movimento látero-direcional considere o caso de resposta aos controles ailerons e leme. Obtenha as funções de transferência do movimento látero-direcional $G_{\varphi\delta_i}$, $G_{\beta\delta_i}$, $G_{p\delta_i}$, $G_{r\delta_i}$, para o Airbus na seguinte condição de voo $H = 9120m$, $V_e = 242,5 m/s$, $\rho = 0,4583 kg/m^3$, $\alpha_e = 3,838^\circ$. Em seguida considere as seguintes entradas nas superfícies de controle e encontre a solução geral dos estados para $f(0) = 0$.

- i. Resposta a uma entrada degrau dos ailerons $\delta_a = -0,1^\circ$
- ii. Resposta a uma entrada degrau no leme $\delta_r = 1^\circ$