DISCIPLINA: **MECÂNICA DO VOO - TURMA A** **Data: 29/11/2021**
PROFESSOR: **WILLIAM REIS SILVA** **E-MAIL:** reis.william@unb.br

Prova 3 – Mecânica do Voo

Nome:____ **Matrícula:** ___________ **Nota:** ______

1. (Valor: 2,0 pontos) Determine as equações do movimento de curto período para as seguintes aeronaves:
   i. Mirage III, com $V_e = 150\frac{m}{s}$ ao nível do mar $H_e = 0\ km$, considerando a entrada como uma entrada degrau de amplitude de 1°, tempo de $t_0 = 1\ s$

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

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

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

2. (Valor: 2,0 pontos) Sem as hipóteses simplificadoras, prove que as equações do movimento para um voo horizontal estabilizado linearizadas para um avião simétrico são:

$$\delta_r = \beta_e \frac{C_{l_\beta} C_{n_{\delta_a}} - C_{n_\beta} C_{l_{\delta_a}}}{C_{n_{\delta_r}} C_{l_{\delta_a}} - C_{n_{\delta_a}} C_{l_{\delta_r}}}$$

$$\delta_a = \beta_e \frac{C_{n_\beta} C_{l_{\delta_r}} - C_{l_\beta} C_{n_{\delta_r}}}{C_{n_{\delta_r}} C_{l_{\delta_a}} - C_{n_{\delta_a}} C_{l_{\delta_r}}}$$

$$sen\,\phi_1 = -\frac{\rho_e S V_e^2 \beta_e}{2m\,g}\left(C_{y_\beta} + \frac{\left(C_{l_\beta} C_{n_{\delta_a}} - C_{n_\beta} C_{l_{\delta_a}}\right) C_{y_{\delta_r}} + \left(C_{n_\beta} C_{l_{\delta_r}} - C_{l_\beta} C_{n_{\delta_r}}\right)\, C_{y_{\delta_a}}}{C_{n_{\delta_r}} C_{l_{\delta_a}} - C_{n_{\delta_a}} C_{l_{\delta_r}}}\right)$$

3. (Valor: 2,0 pontos) Sem as hipóteses simplificadoras, prove que as equações do movimento para um voo horizontal estabilizado linearizadas para um avião assimétrico, com pane no motor direito, são:
   i. Derrapagem nula $\beta = 0$.

$$sen\,\phi_1 = -\frac{1}{2}\frac{\rho_e S V_e^2}{m\,g}\left(C_{y_{\delta_a}}\delta_a + C_{y_{\delta_r}}\delta_r\right)$$

$$\delta_r = C_{n_F}\frac{C_{l_{\delta_a}}}{\Delta_2}$$

$$\delta_a = -C_{n_F}\frac{C_{l_{\delta_r}}}{\Delta_2}$$

Com

$$\Delta_2 = C_{n_{\delta_a}} C_{l_{\delta_r}} - C_{n_{\delta_r}} C_{l_{\delta_a}}$$

ii. Asas niveladas $\phi_1 = 0$.

$$\beta = -\frac{C_{n_F}}{K}$$

$$\delta_r = \beta \frac{C_{y_\beta} C_{l_{\delta_a}} - C_{y_{\delta_a}} C_{l_\beta}}{\Delta_1}$$

$$\delta_a = \beta \frac{C_{y_{\delta_r}} C_{l_\beta} - C_{y_\beta} C_{l_{\delta_r}}}{\Delta_1}$$

$$K = C_{n_\beta} + \frac{\left(C_{y_\beta} C_{l_{\delta_a}} - C_{y_{\delta_a}} C_{l_\beta}\right) C_{n_{\delta_r}} + \left(C_{y_{\delta_r}} C_{l_\beta} - C_{y_\beta} C_{l_{\delta_r}}\right) C_{n_{\delta_a}}}{\Delta_1}$$

Com

$$\Delta_1 = C_{y_{\delta_a}} C_{l_{\delta_r}} - C_{y_{\delta_r}} C_{l_{\delta_a}}$$

4. (Valor: 2,0 pontos) As equações do movimento para um voo curvilíneo horizontal linearizadas são dadas por:

$$\begin{gathered} \Omega V_e \cos\phi - Y_\beta \beta - Y_{\delta_r}\delta_r - Y_{\delta_a}\delta_a - g\, sen\phi = 0 \\ l_\beta \beta + l_r \Omega + l_{\delta_a}\delta_a + l_{\delta_r}\delta_r = 0 \\ n_\beta \beta + n_r \Omega + n_{\delta_a}\delta_a + n_{\delta_r}\delta_r = 0 \end{gathered}$$

Considere uma curva à esquerda ($\Omega < 0$) e desconsidere efeitos parasitas. Discuta detalhadamente o posicionamento da asa esquerda e as deflexões do leme e aileron para os seguintes casos particulares:

i. Curva com inclinação lateral nula $\varphi = 0$
ii. Curva com ângulo de derrapagem nulo $\beta = 0$
iii. Curva apenas com o manche $\delta_r = 0$
iv. Curva apenas com os pedais (leme de direção) $\delta_a = 0$

5. (Valor: 2,0 pontos) No estudo completo do movimento látero-direcional considere o caso de resposta aos controles ailerons e leme. Obtenha a função de transferência do movimento látero-direciona $G_{\varphi\delta_i}$, que são obtidas por uma fração racional da forma:

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

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

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

Para $f(0) = 0$.