Nichtlineare Luftwidestands-Modell

3. Teil

$$mv' = -mg + kv^2 \qquad v(0) = 0$$

Wobei

$$k = \frac{1}{2}\ell\left(C_w^b A_w^b + C_w^a A_w^a\right)$$

$$k = \frac{1}{2}\ell\begin{cases} 1.95\,b_0 & t \le t_0 \\ 1.95\,b_0 + 0.35\,b_1 l \dfrac{t - t_0}{t_1 - t_0} & t_0 < t \le t_1 \\ 0.35\,b_1 h + 1.33\,A_{1,2}^a(t) & t_1 < t \le t_2 \\ 0.35\,b_1 h + 1.33\,A_{2,3}^a(t) & t_2 < t \le t_3 \\ 0.35\,b_1 h + 1.33\,a_1 & t > t_3 \end{cases}$$

Die Grundidee :

Die Lösung vom letzten Intevall ist als die Anfangsbedingung vom nächsten Intervall.

Die notwendige Bedingung :

$$k(t) = \frac{1}{2}\,\ell \begin{cases} 1.95\ b_0 & t \leq t_0 \\ 1.95\ b_0 + 0.35\ b_1 l \dfrac{t - t_0}{t_1 - t_0} & t_0 < t \leq t_1 \\ 0.35\ b_1 h + 1.33\ A^{a}_{1,2}(t) & t_1 < t \leq t_2 \\ 0.35\ b_1 h + 1.33\ A^{a}_{2,3}(t) & t_2 < t \leq t_3 \\ 0.35\ b_1 h + 1.33\ a_1 & t > t_3 \end{cases}$$

Die Funktion k(t) muss stetig sein.

Der Grenzwerte vor oder nach jedem Rangpunkt t_i sind gleich fuer i=0,1,2,3,

$$\lim_{t \to t_i^-} k(t_i) = \lim_{t \to t_i^+} k(t_i) \qquad i = \{0,1,2,3,4\}$$

Auf den t_0, $t \to t_0$:

$$1.95\ b_0 = 1.95\ b_0 + 0.35\ b_1 l\left(\frac{t - t_0}{t_1 - t_0}\right)$$

$$\xrightarrow{t=t_0} \qquad 1.95\ b_0 = 1.95\ b_0$$

Auf den t_1 , $t \to t_1$:

$$1.95\ b_0 + 0.35\ b_1 l \frac{t - t_0}{t_1 - t_0} = 0.35\ b_1 h + 1.33\ A_{1,2}^a(t)$$

$$\xrightarrow{t=t_1} \qquad A_{1,2}^a(t_1) = \frac{1.95\ b_0 + 0.35\ b_1 (l - h)}{1.33}$$

Auf den t_2 , $t \to t_2$:

$$0.35 b_1 h + 1.33 A^{a}_{1,2}(t) = 0.35 b_1 h + 1.33 A^{a}_{2,3}(t)$$

$$\xrightarrow{t=t_2} \quad A^{a}_{1,2}(t_2) = A^{a}_{2,3}(t_2)$$

Auf den t_3 , $t \to t_3$:

$$0.35\, b_1 h + 1.33\, A^{a}_{2,3}(t) = 0.35\, b_1 h + 1.33\, a_1$$

$$\xrightarrow{t=t_3} \quad A^{a}_{2,3}(t_3) = a_1$$

Die experimentale Daten der Querschnittsflaechen zwisch t1 und t2 .

(in Recovery Systems Design Guide, Technical Report)

$$A^{a}_{1,2}(t) = \alpha_0 e^{\beta_0 (t - t_1) / (t_2 - t_1)}$$

wenn

$$\alpha_0 = \frac{1.95 b_0 + 0.35 b_1 (l - h)}{1.33}$$

$$\beta_0 = \ln \frac{a_1}{\alpha_0}$$

$$\xrightarrow{t=t_1} A^{a}_{1,2}(t_1) = \alpha_0 = \frac{1.95 b_0 + 0.35 b_1 (l - h)}{1.33}$$

$$\xrightarrow{t=t_2} A^{a}_{1,2}(t_2) = \alpha_0 e^{\ln \frac{a_1}{\alpha_0}} = a_1 = A^{a}_{2,3}(t_2) = A^{a}_{2,3}(t_3)$$

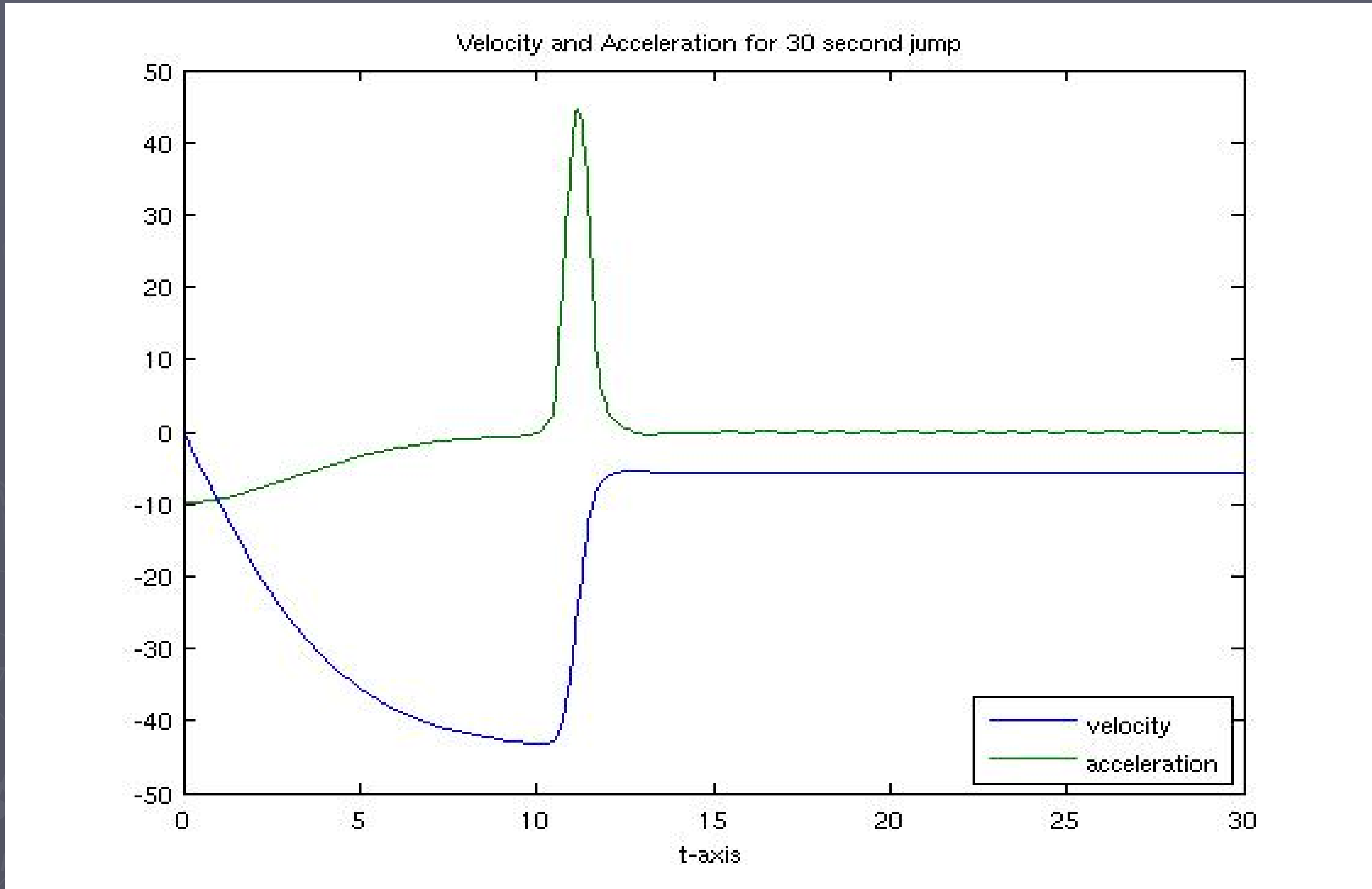
Die Fläche in 4.Phase ist von Meade geschätzet

(Differential Equations in the New Millennium: the parachut Problem)

$$a_1 = A^{a}_{2,3}(t) = \alpha_1 (1 + \beta_1 \sin(\pi \frac{t - t_2}{t_3 - t_2}))$$

β_1 ist die Anstieg im Vergleich zur originale Fläche

Eine vernünftige Wahl $\beta_1 = 0.15$


Velocity and Acceleration for 30 second jump
50
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
-50
0
5
10
15
20
25
30
t-axis
velocity
acceleration

Ende

Vielen Dank