Трипод с тремя степенями свободы

D-Method

Обозначения:

x1,.,x9-координаты вершин верхнего треугольника

Размеры

$R := 1.2$ $r := 1$ $a := r\cdot 1.7321$ $h1 := 2$ $h := 0$ $H := 1$

Координаты неподвижных шарниров

$xA := -R$ $yA := 0$ $zA := -h1$

$xB := 0.5\cdot R$ $yB := \frac{1.7321}{2}\cdot R$ $zB := -h1$

$xC := 0.5\cdot R$ $yC := \left(-\frac{1.7321}{2}\right)\cdot R$ $zC := -h1$

Координаты шарниров в начальном положении

$X0_1 := -r$ $X0_2 := 0$ $X0_3 := h + 10^{-12}$ $X0_4 := 0.5\cdot r + 10^{-12}$

$X0_5 := \frac{1.7321}{2}\cdot r + 10^{-9}$ $X0_6 := h + 10^{-8}$ $X0_7 := 0.5\cdot r + 10^{-7}$ $X0_8 := \left(-\frac{1.7321}{2}\right)\cdot r$ $X0_9 := h + 10^{-12}$

Уравнения геометрических связей

$f_1 := \left(x_4 - x_7\right)^2 + \left(x_5 - x_8\right)^2 + \left(x_6 - x_9\right)^2 - a^2$ Длина стороны верхнего треугольника

$f_2 := \left(x_1 - x_4\right)^2 + \left(x_2 - x_5\right)^2 + \left(x_3 - x_6\right)^2 - a^2$ Длина стороны верхнего треугольника

$f_3 := \left(x_1 - x_7\right)^2 + \left(x_2 - x_8\right)^2 + \left(x_3 - x_9\right)^2 - a^2$ Длина стороны верхнего треугольника

Через каждую штангу и ось OZ проводим вертикальную плоскость

$f_4 := x_2$ Вертикальная Плоскость AOD

$f_5 := \left(-\sqrt{3}\right)\cdot x_7 - x_8$ Вертикальная Плоскость COD

$f_6 := \sqrt{3}\cdot x_4 - x_5$ Плоскость BOD

$f_7 := x_6 + 4.25\cdot\sin\left(0.1\cdot\left(x_4\right)\right) - 0.19\cdot\sin\left(15\cdot\left(x_9\right)\right)$ Дополнительная связь для приведения к W=1

$f_8 := \frac{x_3 + x_6 + x_9}{3} + 0.1\cdot\sin\left(1.5\cdot x_3\right)$ Дополнительная связь для приведения к W=1

$tmin := 0$ $tmax := 40\cdot10^{-4}$ $\Delta t := 2\cdot10^{-4}$ $N := \frac{tmax}{\Delta t}$ $N = 20$

$BB := eval\left(submatrix\left(D(X0, tmin, tmax, N), 1, N+1, 2, rows(f)+2\right)\right)$

$B := eval\left(stack\left(BB, reverse(BB)\right)\right)$

$B1 := eval\left(submatrix(B, 1, 2\cdot N, 1, 3)\right)$

$B2 := eval\left(submatrix(B, 1, 2\cdot N, 4, 6)\right)$

$B3 := eval\left(submatrix(B, 1, 2\cdot N, 7, 9)\right)$

$$B\gamma := \begin{pmatrix} xA & yA & zA \\ xB & yB & zB \\ xC & yC & zC \\ xA & yA & zA \end{pmatrix}\cdot\gamma$$

$B11 := eval(B1\cdot\gamma)$
$B33 := eval(B3\cdot\gamma)$
$B22 := eval(B2\cdot\gamma)$

$x1(k, t) := eval\left(col(B11, k)_{t+1}\right)$

$x2(k, t) := eval\left(col(B22, k)_{t+1}\right)$

$x3(k, t) := eval\left(col(B33, k)_{t+1}\right)$

$C1(t) := eval\left(\frac{x1(1, t) + x2(1, t) + x3(1, t)}{3}\right)$

$C2(t) := eval\left(\frac{x1(2, t) + x2(2, t) + x3(2, t)}{3}\right)$

$ax(t) := col(B1, 1)_{t+1}$ $ay(t) := col(B1, 2)_{t+1}$ $az(t) := col(B1, 3)_{t+1}$

$bx(t) := col(B2, 1)_{t+1}$ $by(t) := col(B2, 2)_{t+1}$ $bz(t) := col(B2, 3)_{t+1}$

$cx(t) := col(B3, 1)_{t+1}$ $cy(t) := col(B3, 2)_{t+1}$ $cz(t) := col(B3, 3)_{t+1}$

$$BA(t) := \frac{\left(bx(t)-ax(t)\;\; by(t)-ay(t)\;\; bz(t)-az(t)\right)^{T}}{\sqrt{\left(bx(t)-ax(t)\right)^{2}+\left(by(t)-ay(t)\right)^{2}+\left(bz(t)-az(t)\right)^{2}}}$$

$$CA(t) := \frac{\left(cx(t)-ax(t)\;\; cy(t)-ay(t)\;\; cz(t)-az(t)\right)^{T}}{-\sqrt{\left(bx(t)-ax(t)\right)^{2}+\left(by(t)-ay(t)\right)^{2}+\left(bz(t)-az(t)\right)^{2}}}$$

$$V(t) := \mathrm{eval}\left[\left(BA(t)\times CA(t)^{T}\right)^{T}\right] \qquad V\gamma(t) := \mathrm{eval}\left[\left(BA(t)\times CA(t)^{T}\right)\cdot\gamma^{T}\right]$$

$$\cos\alpha(t) := \frac{V(t)_{1}}{\sqrt{\left(V(t)_{1}\right)^{2}+\left(V(t)_{2}\right)^{2}+\left(V(t)_{3}\right)^{2}}} \qquad \cos\beta(t) := \frac{V(t)_{2}}{\sqrt{\left(V(t)_{1}\right)^{2}+\left(V(t)_{2}\right)^{2}+\left(V(t)_{3}\right)^{2}}}$$

$$\cos\gamma(t) := \frac{V(t)_{3}}{\sqrt{\left(V(t)_{1}\right)^{2}+\left(V(t)_{2}\right)^{2}+\left(V(t)_{3}\right)^{2}}}$$

$$\alpha1(t) := -\mathrm{Re}\left(\mathrm{acos}\left(\cos\alpha(t)\right)\right)+\frac{\pi}{2} \qquad \varphi1(t) := \mathrm{Re}\left(\mathrm{acos}\left(\cos\beta(t)\right)\right)-\frac{\pi}{2} \qquad \psi1(t) := \mathrm{acos}\left(\cos\gamma(t)\right)$$

$$\gamma1(t) := \Omega3\left(\psi1(t)\right)\cdot\Omega2\left(\varphi1(t)\right)\cdot\Omega1\left(\alpha1(t)\right)$$

$$F0(u, v) := \begin{pmatrix} \frac{r}{6}\cdot\frac{(H-u)}{H}\cdot\sin(v) \\ \frac{r}{6}\cdot\frac{(H-u)}{H}\cdot\cos(v) \\ 0.9\cdot r\cdot u \end{pmatrix} \qquad F1(u, v) := \begin{pmatrix} \frac{r}{1}\cdot\sin(v) \\ \frac{r}{1}\cdot\cos(v) \\ \frac{r}{1}\cdot u \end{pmatrix} \qquad F3(u, v) := \begin{pmatrix} 0.08\cdot\sin(v) \\ u \\ 0.08\cdot\cos(v) \end{pmatrix}$$

$$e1(t) := \mathrm{CreateMesh}\left(F0(u, v), 0, 1, 0, 2\cdot\pi, 5, 10\right)\cdot\gamma1(t)$$

$$c2(t) := \mathrm{augment}\left(\mathrm{col}\left(e1(t), 2\right), \mathrm{col}\left(e1(t), 1\right), \mathrm{col}\left(e1(t), 3\right)\right)$$

$$cone(t) := \mathrm{eval}\left(\mathrm{augment}\left(\mathrm{col}\left(c2(t)\cdot\gamma, 1\right)+C1(t), \mathrm{col}\left(c2(t)\cdot\gamma, 2\right)+C2(t)\right)\right)$$

$$d1(t) := \mathrm{CreateMesh}\left(F1(u, v), 0, 0.1, 0, 2\cdot\pi, 4, 20\right)\cdot\gamma1(t)$$

$$d2(t) := \mathrm{augment}\left(\mathrm{col}\left(d1(t), 2\right), \mathrm{col}\left(d1(t), 1\right), \mathrm{col}\left(d1(t), 3\right)\right)$$

$$dno(t) := \mathrm{eval}\left(\mathrm{augment}\left(\mathrm{col}\left(d2(t)\cdot\gamma, 1\right)+C1(t), \mathrm{col}\left(d2(t)\cdot\gamma, 2\right)+C2(t)\right)\right)$$

$c1 := \mathrm{CreateMesh}(F3(u, v), -0.15, 0.15, 0, 2\cdot\pi, 5, 10)$

$c11 := \mathrm{eval}(c1\cdot\gamma)$ $\quad c12 := \mathrm{eval}\left(c1\cdot\gamma\cdot\Omega 3\left(\frac{2\cdot\pi}{3}\right)\right)$ $\quad c13 := \mathrm{eval}\left(c1\cdot\gamma\cdot\Omega 3\left(\frac{(-2)\cdot\pi}{3}\right)\right)$

$cil1 := \mathrm{eval}\left(\mathrm{augment}\left(\mathrm{col}(c11, 1) + \mathrm{col}(B\gamma, 1)_1, \mathrm{col}(c11, 2) + \mathrm{col}(B\gamma, 2)_1\right)\right)$

$cil2 := \mathrm{eval}\left(\mathrm{augment}\left(\mathrm{col}(c12, 1) + \mathrm{col}(B\gamma, 1)_2, \mathrm{col}(c12, 2) + \mathrm{col}(B\gamma, 2)_2\right)\right)$

$cil3 := \mathrm{eval}\left(\mathrm{augment}\left(\mathrm{col}(c13, 1) + \mathrm{col}(B\gamma, 1)_3, \mathrm{col}(c13, 2) + \mathrm{col}(B\gamma, 2)_3\right)\right)$

$\tau := 0 .. 2\cdot N - 1$